

PHẠM NGỌC HỒ
ĐỒNG KIM LOAN – TRỊNH THỊ THANH

GIÁO TRÌNH

CƠ SỞ MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

PHẠM NGỌC HỒ
ĐỒNG KIM LOAN – TRỊNH THỊ THANH

Giáo trình
CƠ SỞ MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

Công ty Cổ phần sách Đại học - Dạy nghề – Nhà xuất bản Giáo dục giữ quyền
công bố tác phẩm.

Lời nói đầu

Cơ sở Môi trường không khí là giáo trình được các tác giả giàu kinh nghiệm biên soạn trên cơ sở các bài giảng cho sinh viên ngành Môi trường ở Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – Đại học Quốc gia Hà Nội trong vòng 10 năm qua (kể từ khi Khoa Môi trường được thành lập năm 1995 – Khoa đầu tiên hình thành trong hệ thống đào tạo chính quy ngành Khoa học Môi trường ở nước ta). Nội dung của giáo trình không chỉ phản ánh những kiến thức cốt lõi của môn học theo **Chương trình khung đã được Bộ Giáo dục và Đào tạo thông qua** mà còn chứa đựng một số nội dung nâng cao, giúp sinh viên hiểu biết sâu, rộng về môi trường không khí. Vì vậy, giáo trình được sử dụng làm tài liệu chính thức trong giảng dạy và học tập cho sinh viên ngành Môi trường thuộc các trường đại học trong hệ thống Đại học Quốc gia cũng như các trường đại học, cao đẳng trên phạm vi cả nước.

Giáo trình gồm 5 chương:

Chương 1 và 2 trình bày về các thành phần của môi trường không khí và cấu trúc khí quyển như sự hình thành lớp khí quyển Trái Đất; cấu trúc của khí quyển theo chiều thẳng đứng; các yếu tố khí tượng và quy luật biến đổi của chúng theo độ cao, ảnh hưởng trực tiếp đến các quá trình khuếch tán và lan truyền chất ô nhiễm trong môi trường không khí.

Chương 3 trình bày các nguồn phát thải gây ô nhiễm, bao gồm các nguồn tự nhiên và nhân tạo, cũng như các chất gây ô nhiễm dưới dạng hạt (bụi, sol khí) và các khí (SO_2 , CO , NO_x , O_3 , H_2S v.v...). Đặc biệt, phương pháp mô hình hoá toán học để mô phỏng tính toán và dự báo quá trình lan truyền các chất ô nhiễm trong lớp biên khí quyển có xét đến ảnh hưởng của các yếu tố khí tượng, tầng kết nhiệt (độ ổn định của khí quyển) và địa hình được trình bày khá chi tiết, giúp bạn đọc hiểu được bản chất vấn đề và biết ứng dụng để giải quyết các bài toán thực tiễn về bức tranh phân bố nồng độ chất ô nhiễm trong môi trường không khí.

Chương 4 trình bày các khái niệm và định nghĩa liên quan đến các hiện tượng suy giảm tầng ôzôn, lỗ thủng ôzôn ở tầng bình lưu vùng cực, sự gia tăng nồng độ ôzôn trong tầng đối lưu; sự gia tăng khí nhà kính ảnh hưởng đến biến đổi khí hậu toàn cầu; các hiện tượng mưa axit và lắng đọng axit gây ô nhiễm nghiêm trọng môi trường đất, nước và các hệ sinh thái. Đây là những hiểm hoạ đã và đang diễn ra nghiêm trọng trên phạm vi toàn cầu, ảnh hưởng trực tiếp đến

cuộc sống của nhân loại và thế giới sinh vật. Các chương trình hành động nhằm giảm thiểu các hiện tượng trên với quy mô quốc gia và toàn cầu cũng được phân tích kỹ trong chương này.

Cuối cùng, chương 5 đề cập đến 4 quan điểm và các nguyên tắc cơ bản trong hệ thống kiểm soát chất lượng không khí nhằm quản lý, bảo vệ môi trường không khí trong sạch đã và đang được áp dụng ở các nước phát triển cũng như ở Việt Nam.

Giáo trình được biên soạn lần đầu nên không tránh khỏi các khiếm khuyết, rất mong bạn đọc đóng góp ý kiến để lần tái bản sau giáo trình được cập nhật và hoàn thiện hơn. Mọi ý kiến đóng góp xin gửi về Ban Biên tập sách Đại học – Cao đẳng, Công ty Cổ phần sách Đại học – Dạy nghề, 25 Hàn Thuyên, Hà Nội.

Các tác giả

MỤC LỤC

Chương 1. Những vấn đề chung và cấu trúc của khí quyển

1.1. Môi trường không khí và sự hình thành lớp khí quyển Trái Đất	9
1.1.1. Định nghĩa	9
1.1.2. Sự hình thành lớp khí quyển Trái Đất	9
1.2. Thành phần không khí khô của khí quyển [2]	10
1.2.1. Thành phần không khí khô ở lớp dưới của khí quyển	10
1.2.2. Phương trình trạng thái của không khí khô	12
1.2.3. Phương trình trạng thái của hơi nước và mối liên hệ giữa các đặc trưng của độ ẩm	13
1.2.4. Phương trình trạng thái của không khí ẩm. Nhiệt độ ảo	14
1.2.5. Hơi nước trong khí quyển	16
1.2.6. Sol khí	18
1.3. Phân lớp của khí quyển	22
1.4. Sự bất đồng nhất ngang của tầng đối lưu. Các khối khí và front	25
1.5. Các dòng không khí và hoàn lưu chung khí quyển	28
1.5.1. Các dòng khí	28
1.5.2. Hoàn lưu chung khí quyển	31

Chương 2. Các yếu tố khí tượng và quy luật biến đổi của chúng theo chiều cao

2.1. Các yếu tố khí tượng cơ bản	34
2.1.1. Nhiệt độ không khí	34
2.1.2. Áp suất khí quyển	34
2.1.3. Độ ẩm không khí	35
2.1.4. Tốc độ và hướng gió	36
2.1.5. Mây	37
2.2. Quy luật biến đổi của áp suất khí quyển theo độ cao	39
2.2.1. Phương trình cơ bản của tĩnh học khí quyển	39
2.2.2. Công thức khí áp tổng quát và các công thức khí áp riêng	39
2.2.3. Công thức khí áp toàn phần (công thức Laplace)	44
2.2.4. Công thức khí áp rút gọn. Bậc khí áp	46
2.2.5. Công thức khí áp đối với những lớp khí quyển trên cao	48
2.2.6. Ứng dụng của các công thức khí áp	49
2.2.7. Mặt đẳng áp và đường đẳng áp. Các trung tâm khí áp	51
2.2.8. Địa thế vị. Công thức khí áp của địa thế vị	53
2.2.9. Địa thế vị tuyệt đối và tương đối. Bản đồ hình thể khí áp	56
2.3. Quy luật biến đổi của nhiệt độ theo chiều cao	58
2.3.1. Tầng kết nhiệt của khí quyển	58
2.3.2. Các profin thẳng đứng của nhiệt độ	58
2.4. Các quy luật biến đổi của tốc độ gió theo chiều cao (các profin thẳng đứng của tốc độ gió) [2]	60
2.4.1. Profin của tốc độ gió trong lớp không khí sát đất ở điều kiện cân bằng	60
2.4.2. Profin của tốc độ gió trong lớp khí quyển sát đất ở điều kiện không cân bằng	64

Chương 3. Ô nhiễm không khí và mô hình hoá quá trình lan truyền chất ô nhiễm

3.1. Nguồn gây ô nhiễm môi trường không khí	70
3.1.1. Các nguồn gây ô nhiễm	70
3.1.2. Nguồn ô nhiễm công nghiệp	70
3.1.3. Nguồn ô nhiễm giao thông vận tải [1]	74
3.1.4. Nguồn ô nhiễm sinh hoạt [1]	75
3.2. Chất gây ô nhiễm môi trường không khí	75
3.2.1. Các chất khí	75
3.2.2. Bụi [8, 36]	78
3.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng môi trường không khí [31]	79
3.3.1. Ảnh hưởng của gió	79
3.3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ	82
3.3.3. Ảnh hưởng của độ ẩm và mưa	84
3.3.4. Ảnh hưởng của địa hình đối với sự phân bố chất ô nhiễm	84
3.3.5. Ảnh hưởng của nhà và công trình đối với sự phân bố chất ô nhiễm trong môi trường không khí	84
3.4. Mô hình tính toán sự lan truyền chất ô nhiễm trong môi trường không khí	85
3.4.1. Các phương pháp mô hình hoá	85
3.4.2. Sự phân bố chất ô nhiễm và phương trình vi phân cơ bản	86
3.4.3. Mô hình lan truyền chất ô nhiễm trong môi trường không khí của Berliand	90
3.4.4. Mô hình lan truyền chất ô nhiễm trong môi trường không khí của Sutton và Gauss	93
3.4.5. Mô hình lan truyền chất ô nhiễm trong môi trường không khí đối với nguồn đường [9, 12, 45]	96
3.4.6. Mô hình lan truyền chất ô nhiễm trong không khí đối với nguồn mặt [1, 8]	98
3.5. Phương pháp cải tiến xác định các tham số khuếch tán rối ứng với điều kiện khí hậu Việt Nam [6, 10, 42]	100
3.5.1. Hệ số khuếch tán rối	100
3.5.2. Phương pháp xác định hệ số khuếch tán rối K_y từ số liệu quan trắc khí tượng	102
3.5.3. Xác định kích thước rối ngang K_n	105
3.5.4. Xác định các hệ số khuếch tán rối suy rộng của Sutton	105
3.5.5. Xác định các hệ số phát tán Gauss σ_y , σ_z	105
3.5.6. Xác định các hệ số tỷ lệ a, b trong công thức biểu diễn quy luật biến đổi của hệ số khuếch tán rối ngang K_y theo khoảng thời gian τ	106
3.5.7. Xác định tham số nhám z_0 và chỉ số mũ lũy thừa n [30]	108
3.6. Phương pháp đánh giá chất lượng môi trường [21, 22]	109
3.6.1. Phương pháp truyền thông đánh giá chất lượng môi trường thành phần (Phương pháp đánh giá các chỉ tiêu riêng lẻ)	110
3.6.2. Phương pháp chỉ tiêu tổng hợp đánh giá chất lượng môi trường thành phần	110
3.6.4. Cải tiến phương pháp đánh giá chất lượng môi trường thành phần theo chỉ tiêu tổng hợp trong điều kiện Việt Nam [21, 22]	112
3.7. Dự báo mức độ ô nhiễm tiếng ồn giao thông [1, 11]	116
3.8. Phương pháp xử lý, đồng nhất chuỗi số liệu [15]	117

3.8.1. Hiệu chỉnh số liệu đo đạc bằng các thiết bị thông dụng theo số liệu quan trắc tự động	117
3.8.2. Phương pháp xử lý và đánh giá tính đồng nhất của chuỗi số liệu.....	119
Chương 4. Ôzôn, hiệu ứng nhà kính và mưa axit	
4.1. Ôzôn khí quyển	125
4.1.1. Vai trò của ôzôn trong khí quyển	125
4.1.2. Đơn vị đo của ôzôn trong khí quyển [39].....	127
4.1.3. Quá trình quang hoá tạo thành và phân huỷ ôzôn trong khí quyển	128
4.1.4. Bức xạ cực tím	129
4.1.5. Vận chuyển và phân bố của ôzôn trong khí quyển.....	130
4.1.6. Cơ chế suy giảm tầng ôzôn và lỗ thủng ôzôn.....	137
4.1.7. Các chất và các hoạt động của con người làm suy giảm tầng ôzôn.....	143
4.1.8. Ảnh hưởng của sự biến đổi TLO bình lưu đến sinh học và khí hậu	149
4.1.9. Ảnh hưởng của ôzôn đối lưu đến sinh học và khí hậu	151
4.1.10. Kế hoạch hành động bảo vệ tầng ôzôn [33].....	152
4.1.11. Chương trình quốc gia của Việt Nam về bảo vệ tầng ôzôn [27]	155
4.2. Hiệu ứng nhà kính	156
4.2.1. Khái niệm và định nghĩa	156
4.2.2. Bản chất của hiệu ứng nhà kính.....	157
4.2.3. Các tác động của hiệu ứng nhà kính	158
4.2.4. Sự gia tăng hiệu ứng nhà kính [50].....	160
4.2.5. Các giải pháp nhằm giảm thiểu sự gia tăng hiệu ứng nhà kính.....	163
4.3. Mưa axit	181
4.3.1. Khái niệm và định nghĩa về mưa axit	181
4.3.2. Nguồn gốc và cơ chế hình thành mưa axit.....	181
4.3.3. Tác hại của mưa axit	182
4.3.4. Lãng động axit – vấn đề toàn cầu [40].....	184
Chương 5. Kiểm soát ô nhiễm môi trường không khí	
5.1. Giới thiệu chung.....	190
5.1.1. Một vài nét lịch sử của kiểm soát ô nhiễm không khí.....	190
5.1.2. Loại bỏ không khí bẩn hay kiểm soát phát thải	192
5.1.3. Phát thải, di chuyển, tiếp nhận	194
5.2. Luật và những quy định về kiểm soát ô nhiễm không khí, nguyên tắc kiểm soát ô nhiễm	196
5.2.1. Các quy định và luật kiểm soát ô nhiễm không khí	196
5.2.2. Nguyên tắc kiểm soát ô nhiễm không khí.....	199
5.2.3. Bốn quan điểm trong hệ thống kiểm soát	199
5.2.4. Kiểm soát thị trường và quyền phát thải	204
5.3. Các biện pháp kiểm soát ô nhiễm môi trường	204
5.3.1. Các biện pháp kiểm soát nguồn ô nhiễm.....	204
5.3.2. Kiểm soát môi trường không khí xung quanh	205
Phụ lục.....	207

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

BVMT	Bảo vệ môi trường
CTQG	Chương trình quốc gia
CDM	Cơ chế phát triển sạch
CLMT	Chất lượng môi trường
DPSIR	Driving Pressures State Impacts Responses (Mô hình DPSIR theo quan niệm của EEA)
DU	Đơn vị đo tổng lượng ôzôn bằng Dobson
EPA	Cục Bảo vệ môi trường
EIA	Cục Môi trường châu Âu
KKXQ	Không khí xung quanh
LRTAP	Công ước về ô nhiễm không khí xuyên biên giới phạm vi rộng
NAAQS	Các tiêu chuẩn Quốc gia về CLMT không khí xung quanh
NGO	Tổ chức phi Chính phủ
NSPS	Các tiêu chuẩn thực hiện cho nguồn mới
NESHAP	Tiêu chuẩn Quốc gia về nguồn phát thải cho các chất ô nhiễm không khí độc hại
ODS	Các chất làm suy giảm tầng ôzôn
OMB	Cơ quan quản lý ngân sách
PM ₁₀	Bụi lơ lửng có kích thước $\leq 10\mu\text{m}$
PM _{2.5}	Bụi lơ lửng có kích thước $\leq 2,5\mu\text{m}$
PSD	Ngăn chặn sự suy giảm nghiêm trọng/sự ô nhiễm nghiêm trọng
RBO	Ban quản lý lưu vực
SST	Máy bay siêu âm
SIP	Lập kế hoạch thực hiện của Bang
TLO	Tổng lượng ôzôn
TCCP	Tiêu chuẩn cho phép
TCVN	Tiêu chuẩn Việt Nam
TNNQG	Tài nguyên nước quốc gia
TNNM	Tài nguyên nước mặt
TNNN	Tài nguyên nước ngầm
TSP	Bụi lơ lửng tổng số
UNEP	Chương trình môi trường của Liên hợp quốc
UVR	Bức xạ cực tím
WMO	Tổ chức Khí tượng thế giới
WHO	Tổ chức Y tế thế giới

Chương 1

NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG VÀ CẤU TRÚC CỦA KHÍ QUYỂN

1.1. MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ VÀ SỰ HÌNH THÀNH LỚP KHÍ QUYỂN TRÁI ĐẤT

1.1.1. Định nghĩa

Môi trường không khí là lớp khí quyển bao quanh Trái Đất, được giới hạn từ bề mặt thủy quyển và thạch quyển đến giới hạn trên bởi không gian giữa các hành tinh và được xem như một hợp phần của môi trường tự nhiên.

Vì vậy, trước khi đề cập đến cấu trúc, các quá trình vật lý, hoá học xảy ra trong lớp khí quyển cũng như tương tác giữa khí quyển và bề mặt Trái Đất, cần hiểu về nguồn gốc hình thành các chất khí tạo nên khí quyển.

1.1.2. Sự hình thành lớp khí quyển Trái Đất

Thật khó kể hết được tất cả các chất cấu tạo nên không khí, nhất là không khí trong sinh cầu, vì sự hình thành của khí quyển có liên quan rất nhiều đến các hoạt động trên bề mặt Trái Đất. Tất cả các chất đều tồn tại trong không khí và hầu hết chúng đều xuất phát từ mặt đất, ngay cả thành phần quan trọng nhất và cần thiết nhất cho sự sống là ôxi, cũng bắt nguồn từ thảo mộc. Vậy, quá trình hình thành lớp khí quyển diễn ra như thế nào.

Theo các thuyết gần đây nhất thì *khí quyển Trái Đất bắt đầu từ một đám mây khí nóng bỏng, quay xung quanh một tâm điểm là Mặt Trời*; 98 % khí của đám mây này là heli và hydro. Khi nhiệt độ hạ, các nguyên tố ngưng tụ lại thành những phân tử nhỏ gồm hydro, ôxi (nước hay nước đá), nitơ, lưu huỳnh và cacbon. Các khí còn lại bốc lên cao, phân tử lớn dần, và khối mây của các phân tử co rút lại. Vì sự rút nhỏ về một khối đặc phải có sự phóng thích nhiệt năng, nên đến một giai đoạn nào đấy, cách đây khoảng vài nghìn triệu năm thì băng giá tan chảy và một lượng nước quan trọng được tụ trên mặt đất.

Vào thời kỳ này, trong khí quyển gần như không có một loại khí nào khác hơn là hơi nước. Hơi nước bị tia tử ngoại của Mặt Trời phân huỷ thành ôxi và hydro. Hydro bay thoát lên cao, còn ôxi thì bị vỏ quả đất và cacbon giữ lại để tạo ra khí cacbonic. Như vậy, khí CO_2 xuất hiện ở ngay giai đoạn đầu, nhưng với nồng độ nhỏ hơn nồng độ hiện nay rất nhiều, vì phần lớn

CO₂ được sử dụng trong các tiến trình lý hóa, chẳng hạn như sự tạo ra muối cacbonat. Các dạng đầu tiên của sự sống chỉ được hình thành và phát triển trong biển, vì trong khí quyển chưa có ôxi và có quá nhiều tia tử ngoại. Tuy nhiên, khi Trái Đất bão hòa ôxi, thì ôxi bắt đầu tích lũy dần trong không khí. Trong khi lượng ôxi tăng lên thì lớp ôzôn ở trên cao bắt đầu phát triển. Từ đấy trở về sau, một phần quan trọng tia tử ngoại bị lớp ôzôn chặn giữ lại không xuống tới mặt đất. Do đó, các điều kiện sinh tồn trên mặt đất trở thành thuận tiện và sự sống lan dần từ biển cả lên trên đất liền làm nồng độ khí ôxi tăng lên do hiện tượng quang hợp. Khí nitơ có thể chỉ xuất hiện trong khí quyển sau khi có hoạt động của vi khuẩn phân hủy nitorat và nitơ tự do.

Trên đây là sự hình thành của các khí chính (nitơ, ôxi và khí cacbonic), lớp ôzôn trên không trung, lớp heli và lớp hydro ở phần trên cùng của khí quyển. Ở phần dưới, trong sinh cầu cũng có mặt các khí ôzôn, heli và hydro nhưng với nồng độ rất nhỏ, cùng chung với các chất khác từ mặt đất bốc lên như bụi, phấn hoa, vi trùng, các hạt muối nhỏ, hydrosunfua, anhydrit sunfuarơ, hydroclorua do bão, gió, núi lửa phun, hãm mỏ, sự cháy rừng v.v... Hiện nay, các đo lường và phân tích hóa học cho biết không khí sạch và khô gồm có các thành phần thay đổi và không thay đổi như được trình bày trong bảng 1.1.

1.2. THÀNH PHẦN KHÔNG KHÍ KHÔ CỦA KHÍ QUYỂN [2]

Thành phần của khí quyển bao gồm *không khí sạch khô, hơi nước và các phần tử rắn hoặc lỏng có nguồn gốc khác nhau*. Tập hợp các phần tử này (như: bụi, khói, sản phẩm ngưng kết của hơi nước v.v... tồn tại lơ lửng trong khí quyển) gọi là *sol khí*. Dưới đây chúng ta xét về thành phần và phân bố của chúng.

1.2.1. Thành phần không khí khô ở lớp dưới của khí quyển

Không khí sạch, khô là hỗn hợp của nhiều chất khí, trong đó nhiều hơn cả là nitơ, ôxi, argon, cacbonic. Ở bảng 1.1 trình bày thành phần cơ bản của không khí sạch (không có sol khí) và khô (không có hơi nước). Ở lớp dưới của khí quyển (đến độ cao khoảng 20 – 25km) thành phần trên hầu như không thay đổi. Những đặc trưng cơ bản của không khí khô được chỉ ra trong bảng 1.2, là những đặc trưng vật lý ứng với trường hợp không khí đứng yên. Trong trường hợp không khí chuyển động, các giá trị độ nhớt, hệ số dẫn nhiệt, hệ số dẫn điện còn phụ thuộc vào mức độ xáo trộn của khí quyển.

Bảng 1.1. Thành phần không khí khô

Tên khí	Trọng lượng phân tử	Phần trăm thể tích	Mật độ		Nhiệt độ tới hạn (°C)
			Tuyệt đối (g/m ³)	Tỷ lệ với không khí khô	
Nitơ	28,016	78,084 ± 0,004	1,250	0,967	-147,2 (33,5) ¹
Ôxi	32,000	20,946 ± 0,002	1,429	1,105	-118,9 (49,7)
Argon	39,944	0,934 ± 0,001	1,786	1,379	-122,0 (48,7)
Cacbonic	44,010	0,033 ± 0,001	1,977	1,529	31,0 (73,0)
Neon	20,183	(18,18 ± 0,04)10 ⁻⁴	900	0,695	-228,0 (26,0)
Heli	4,003	(5,24 ± 0,04)10 ⁻⁴	178	0,138	-258 (2,3)
Metan	16,04	≈ 2,2.10 ⁻⁴	717	—	—
Krypton	83,7	(1,14 ± 0,01)10 ⁻⁴	3,736	2,868	-63 (54,0)
Oxit nitơ	44,016	(0,5 ± 0,1)10 ⁻⁴	1978	—	—
Hyđrô	2,016	≈ 0,5.10 ⁻⁴	90	0,070	-239 (12,8)
Xenon	131,3	(0,087 ± 0,001)10 ⁻⁴	5,891	4,524	16,6 (58,2)
Ôzôn	48,00	Biến đổi lớn: 0÷0,07.10 ⁻⁴ gần mặt đất và (1-3)10 ⁻⁴ ở độ cao 20-30km	2140	1,624	-5 (92,3)
Không khí khô	28,966	100	1,293	1,000	-140,7 (32,7)

Bảng 1.2. Đặc trưng của không khí khô

Mật độ: $\rho_0 = 1,293.10^{-3}\text{g/cm}^3$ khi $T = 273^\circ\text{K}$; $P = 760\text{mmHg}$.
$\rho_0 = 1,276.10^{-3}\text{g/cm}^3$ khi $T = 273^\circ\text{K}$; $P = 1.000\text{mbar}$.
Thể tích 1mol ở $T = 273^\circ\text{K}$; $p = 760\text{mmHg}$; $V = 22,4\text{l}$.
Nhiệt dung đẳng áp: $C_p = 0,2388 = 0,24 \text{ cal/g.độ}$
Nhiệt dung đẳng tích: $C_v = 0,1712 = 0,17 \text{ cal/g.độ}$
$C_p/C_v = 1,404 \approx 1,4$
Hệ số dẫn nhiệt khi $T = 273^\circ\text{K}$; $\lambda = 5,8.10^{-5} \text{ cal/cm.s.độ}$
Hệ số dẫn nhiệt độ: $a^2 = \lambda/C_p \cdot \rho = 1,7.10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
Hệ số giãn nở nhiệt: 0 – 100°C: $\alpha = 0,00367 = 0,004 (\text{độ})^{-1}$
Độ nhớt $\eta = 1,72.10^{-4} \text{ g/cm.s} = 1,72.10^{-3} \text{ kg/m.s}$

¹ Giá trị trong dấu ngoặc ở cột nhiệt độ tới hạn là giá trị áp suất.

Theo chiều ngang, thành phần của hầu hết các chất rất ít biến đổi. Duy chỉ có khí cacbonic là có thay đổi mang tính chất địa phương. Lượng khí cacbonic ở những vùng cháy rừng hoặc núi lửa tăng lên đột ngột. Theo thống kê, những năm gần đây lượng khí cacbonic có phần tăng lên (năm 1900: độ chứa của CO_2 trong không khí là $292\text{cm}^3/\text{m}^3$, năm 1935 là $310\text{cm}^3/\text{m}^3$ và hiện nay là hơn $330\text{cm}^3/\text{m}^3$). Sự tăng lên đó một phần là do sự phát triển của công nghiệp và các hoạt động khác của con người gây ra. Khí cacbonic đóng vai trò quan trọng đối với sự sống trên Trái Đất, nó hấp thụ mạnh tia bức xạ hồng ngoại và rất cần cho sự phát triển của thực vật trong quá trình quang hợp.

Ôzôn cũng là chất khí có vai trò quan trọng đối với các hiện tượng của khí quyển, được trình bày trong chương 4.

1.2.2. Phương trình trạng thái của không khí khô

Những thông số chính đặc trưng cho trạng thái của chất khí là nhiệt độ T , áp suất p và mật độ ρ (hoặc thể tích riêng $v = 1/\rho$). Giữa các thông số này có sự phụ thuộc lẫn nhau qua một hệ thức gọi là *phương trình trạng thái*. Đối với chất khí lý tưởng, sự phụ thuộc này được biểu diễn qua công thức Mendeleev – Clapyron:

$$p = (\rho/\mu).R^*.T \quad (1.1)$$

Trong đó:

μ là trọng lượng phân tử;

R^* là hằng số khí vạn năng (còn gọi là hằng số khí tổng hợp), có giá trị bằng công sản ra của 1 mol khí khi nóng lên 1°C trong quá trình giãn nở đẳng áp;

$R^* = 8,314.10^7 \text{ec/mol.độ}$. Không khí khô có thể coi là khí lý tưởng, vì vậy có thể áp dụng được công thức (1.1) với $\mu = 28,966\text{kg/kmol}$. Gọi tỷ số giữa hằng số khí vạn năng và trọng lượng phân tử của không khí khô là hằng số khí riêng của không khí khô R , ta có:

$$R = R^*/\mu = 2,87.10^6 \text{ec/g.độ} = 2,87.10^2 \text{J/kg.độ}$$

Khi đó, phương trình trạng thái của không khí khô có dạng:

$$p = \rho RT \text{ hay } \rho = p/RT \quad (1.2)$$

Thay $\rho = 1/v$ vào (1.2) ta có dạng khác:

$$pv = RT \quad (1.3)$$

Ở áp suất chuẩn p_0 , nhiệt độ chuẩn $T_0 = 273^\circ\text{K}$ (0°C) ta có:

$$\rho_o = \frac{p_o}{RT_o} \quad (1.2)$$

Chia từng vế (1.2) cho (1.2') ta có:

$$\frac{\rho}{\rho_o} = \frac{pT_o}{Tp_o} \rightarrow \rho = \rho_o \frac{pT_o}{p_o T} = \rho_o \frac{p}{p_o} \cdot \frac{1}{1 + \alpha t} \quad (1.4)$$

Khi $p_o = 1.000\text{mbar}$ thì $\rho_o = 1,28.10^{-3}\text{g/cm}^3 = 1,28\text{kg/m}^3$. Từ (1.4) cho thấy, mật độ không khí tỷ lệ thuận với áp suất và tỷ lệ nghịch với nhiệt độ tuyệt đối.

1.2.3. Phương trình trạng thái của hơi nước và mối liên hệ giữa các đặc trưng của độ ẩm

a) Phương trình trạng thái của hơi nước

Do nhiệt độ tối hạn của hơi nước thường lớn hơn nhiệt độ không khí trong khí quyển, nên đúng ra không thể coi nó là chất khí lý tưởng. Tuy vậy, những nghiên cứu thực nghiệm đã chứng tỏ rằng tính chất vật lý của hơi nước chỉ khác tính chất vật lý của khí lý tưởng rất ít, nên trong thực tế có thể coi hơi nước là khí lý tưởng. Khi đó có thể áp dụng phương trình trạng thái dưới dạng (1.1) đối với hơi nước:

$$e = \frac{R^*}{\mu_h} \cdot T_h \cdot \rho_h \quad (1.5)$$

Trong đó: e là sức trương hơi nước, chỉ số h là đặc trưng cho hơi nước.

Vì $\mu_h = 18,016$ nên hằng số của hơi nước R_h bằng:

$$R_h = R^*/\mu_h = 4,615.10^6 \text{cc/g.độ} = 4,615.10^2 \text{J/kg.độ}$$

So sánh R_h và R ta có hệ thức:

$R_h = 1,6R$, thay vào (1.5) ta được

$$e = 1,6R \cdot \rho_h \cdot T_h \quad (1.6)$$

b) Mối liên hệ giữa các yếu tố đặc trưng độ ẩm

Theo định nghĩa, độ ẩm tuyệt đối a là lượng hơi nước có trong đơn vị thể tích không khí. Vậy

$$a \equiv \rho_h \quad (1.7)$$

Rút ρ_h từ (1.6) và thay vào công thức (1.7) ta được:

$$a = \frac{e}{R_h \cdot T_h} = \frac{2,17.10^{-3} e}{T} (\text{kg} / \text{m}^3) \quad (1.8)$$

(Ở đây, coi nhiệt độ hơi nước T_h bằng nhiệt độ không khí T). Song ở trong khí tượng, a thường được tính ra g/m^3 , còn e tính ra mbar, do đó thay vào (1.8) ta có:

$$a = \frac{2,17e}{T} (g/m^3) \quad (1.8')$$

Nếu ký hiệu ρ_k là mật độ không khí khô, thì theo định nghĩa về độ ẩm riêng q và tỷ hỗn hợp s ta có:

$$q = \frac{\rho_h}{\rho_k + \rho_h} \quad ; \quad s = \frac{\rho_h}{\rho_k},$$

từ đó
$$q = \frac{s}{s+1} \quad ; \quad s = \frac{q}{1-q} \quad (1.9)$$

$$\text{Nhưng vì } \rho_h = \frac{e}{R_h T} \text{ và } \rho_k = \frac{p-e}{RT} \quad (1.10)$$

Trong đó, $p - e$ là áp suất riêng của không khí khô nên:

$$q = \frac{\frac{e}{R_h T}}{\frac{e}{R_h T} + \frac{p-e}{RT}} \quad \text{và} \quad s = \frac{\frac{e}{R_h T}}{\frac{p-e}{RT}} \quad (1.11)$$

Thay $R_h = 1,608R$ ta được:

$$q = \frac{e}{1,608(p-e + \frac{e}{1,608})} = \frac{0,622e}{p-0,378e} (kg/kg)$$

$$s = \frac{e}{1,608(p-e)} = 0,622 \frac{e}{p-e} (kg/kg) \quad (1.12)$$

Do trong tự nhiên giá trị áp suất khí quyển p lớn hơn rất nhiều áp suất riêng của hơi nước e ($p \gg e$) nên từ (1.12) có thể lấy gần đúng:

$$q = s = 0,622e/p (kg/kg) = 622e/p (g/kg) \quad (1.13)$$

1.2.4. Phương trình trạng thái của không khí ẩm. Nhiệt độ ảo

Xét không khí ẩm như là hỗn hợp không khí khô và hơi nước. Gọi ρ là mật độ, T là nhiệt độ và p là áp suất không khí ẩm. Từ (1.10) ta có:

$$\rho_h = \frac{e}{R_h T}; \quad \rho_k = \frac{p-e}{RT}; \quad \rho = \rho_k + \rho_h = \frac{p-e}{RT} + \frac{e}{R_h T}$$

Thay $R_b = 1,6R$ ta được:

$$\rho = \frac{p - e}{RT} + \frac{e}{1,6RT} = -\frac{p}{RT} \left[1 - \frac{e}{p} + \frac{e}{1,6p} \right] = \frac{p}{RT} \left[1 - 0,378 \frac{e}{p} \right] \quad (1.14)$$

Vì $e \ll p$ nên có thể coi gần đúng:

$$\rho \approx \frac{p}{RT \left[1 + 0,378e/p \right]} \quad (1.14')$$

Thay $q = 0,622.e/p$ vào (1.14') ta được:

$$\rho = \frac{p}{RT(1 + 0,608q)}$$

Đây chính là *phương trình trạng thái của không khí ẩm*.

$$\text{Nếu đặt: } T_a = T \left[1 + 0,378e/p \right] = T \left[1 + 0,608q \right] \quad (1.15)$$

thì T_a có đơn vị của nhiệt độ và (2.14') có dạng

$$\rho = \frac{p}{RT_a} \quad (1.16)$$

Nhiệt độ giả định T_a được gọi là *nhiệt độ ảo*. Nếu dùng khái niệm này ta có thể viết phương trình trạng thái không khí ẩm dưới dạng tương tự phương trình trạng thái đối với không khí khô (1.2). Cũng từ (1.16) ta có thể rút ra ý nghĩa của nhiệt độ ảo T_a : đó là nhiệt độ không khí khô cần có để mật độ của nó bằng mật độ không khí ẩm ở cùng áp suất.

Từ (1.15) cho thấy, nhiệt độ ảo luôn luôn lớn hơn nhiệt độ không khí. Bởi vậy, với cùng áp suất, mật độ không khí ẩm nhỏ hơn mật độ không khí khô. Khi xét hiệu giữa nhiệt độ ảo và nhiệt độ không khí trong điều kiện hơi nước bão hoà ($e = E$):

$$\Delta T_a = T_a - T = 0,378(E/p)T = 0,608qT \approx 0,6qT \quad (1.17)$$

cho thấy hiệu này phụ thuộc vào áp suất và nhiệt độ (vì E phụ thuộc vào T).

Giá trị của hiệu này ứng với nhiệt độ và áp suất khác nhau được trình bày trong bảng 1.3.

Từ bảng 1.3 cho thấy, ở mặt đất, hiệu ΔT_a có thể đạt tới vài độ, song ít khi vượt quá 2°C . Ở trên cao, do nhiệt độ nhỏ nên ΔT_a chỉ vào khoảng vài phần mười độ. Hơn nữa, càng lên cao, độ ẩm riêng càng giảm nên ΔT_a cũng giảm theo. Từ độ cao 3 – 4km trở lên, hiệu này không vượt quá sai số quan trắc cao không nên có thể dùng nhiệt độ T của không khí thay cho nhiệt độ ảo.

Bảng 1.3. Hiệu giữa nhiệt độ ảo và nhiệt độ không khí ΔT_a (°C)

p (mbar)	Nhiệt độ (°C)								
	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
1.000	0,0	0,0	0,1	0,3	0,6	1,3	2,6	4,9	8,8
500	0,0	0,0	0,2	0,3	1,2	–	–	–	–

Đối với mật độ cũng có tình trạng tương tự, tức là sự khác biệt mật độ không khí khô và không khí ẩm nhỏ khi ở nhiệt độ thấp và trở nên đáng kể ở nhiệt độ cao (xem bảng 1.4).

Bảng 1.4. Mật độ không khí khô và không khí ẩm đã bão hòa nước ở áp suất 1.000mbar

Mật độ không khí (10 ⁻³ g/cm ³)	Nhiệt độ					
	-20	-10	0	10	20	30
Khô	1,38	1,32	1,276	1,231	1,189	1,150
Ẩm bão hòa	1,37	1,32	1,273	1,225	1,178	1,132

1.2.5. Hơi nước trong khí quyển

Hơi nước có trong khí quyển là do quá trình bay hơi từ mặt đệm và lan truyền vào khí quyển dưới ảnh hưởng của các quá trình xáo trộn thẳng đứng. Do tính chất bão hòa của hơi nước mà khí quyển chỉ chứa được một lượng hơi nước nhất định. Khi đạt tới trạng thái bão hòa, hơi nước thừa phải ngưng kết tạo thành giọt nước. Nhìn chung, lượng hơi nước giảm dần theo chiều cao. Sức trương hơi nước giảm khá nhanh theo chiều cao với quy luật:

$$e = e_0 \cdot 10^{-\beta z} \quad (1.18)$$

Trong đó: e_0 là sức trương hơi nước tại mặt đệm; e là sức trương hơi nước ở mực z ; β là thông số xác định qua thực nghiệm. Khi z tính bằng đơn vị mét thì $\beta = 5.000\text{m}$. Do đó đến độ cao 5km, e giảm đi 10 lần, đến độ cao 1,5 – 2km e giảm đi 2 lần. Như vậy, e giảm nhanh hơn áp suất khí quyển p .

Những kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm cho thấy độ ẩm tuyệt đối và độ ẩm riêng cũng giảm theo độ cao với quy luật hàm mũ. Chẳng hạn, sự phân bố trung bình của độ ẩm riêng theo chiều cao có thể biểu diễn bằng công thức:

$$q = q_0 10^{-Az - Bz^2}$$

Ở đây: A, B là hệ số phụ thuộc vào các mùa trong năm.

Các kết quả tính toán dựa theo công thức trên cho thấy tính trung bình đến độ cao 2,43km thì q giảm đi 2 lần; đến độ cao 4,46km, q giảm đi 5 lần so với độ ẩm riêng ở mặt đất.

Các công thức trên biểu thị sự phân bố trung bình của độ ẩm theo chiều cao. Trong thực tế, sự phân bố của độ ẩm phức tạp hơn nhiều, đôi khi xuất hiện những lớp “nghịch ẩm”, tức là trong lớp đó độ ẩm tăng theo chiều cao. Các lớp “nghịch ẩm” thường quan sát được ở độ cao dưới 2km vào mùa đông cùng với nghịch nhiệt (nhiệt độ tăng theo chiều cao).

Các quan trắc cao không cho thấy, ở những lớp không khí cao hơn 10km, các công thức trên kém chính xác và phải thay bằng những công thức khác. Trong lớp không khí từ 11 – 16km độ ẩm vẫn giảm theo chiều cao, sau đó tăng theo chiều cao và đạt giá trị cực đại tại độ cao $z = 25 - 30$ km. Giá trị cực đại này lớn hơn giá trị tại độ cao 11km hàng trăm lần. Ở độ cao này, khi có điều kiện, hơi nước sẽ ngưng kết tạo thành những đám mây xà cừ. Ở độ cao hơn nữa (độ cao 80 – 85km), theo một số nghiên cứu gần đây cho thấy, có thể hình thành những đám mây bạc. Khi biết quy luật phân bố theo độ cao của độ ẩm, ta có thể tính được lượng hơi nước tổng cộng có trong cột không khí tiết diện 1cm^2 kéo dài từ mặt đệm đến giới hạn trên của khí quyển. Chẳng hạn, khi độ ẩm tuyệt đối biến đổi theo chiều cao theo quy luật hàm mũ:

$$a_z = a_0 e^{-\beta z} \quad (1.19)$$

Trong đó, a_0 là độ ẩm tuyệt đối ở mặt đệm, thì lượng hơi nước tổng cộng sẽ là:

$$W = \int_0^z a_z dz = a_0 \int_0^z e^{-\beta z} dz \quad (1.19')$$

Nhưng vì biểu thức $\int_0^z e^{-\beta z} dz$ biểu diễn độ cao của khí quyển đồng nhất hơi nước và trị số của nó là $H_n = 2.080\text{m}$ nên:

$$W = H_n \cdot a_0 = 2.080 a_0 \text{ (kg/m}^2\text{)} \quad (1.20)$$

Ở đây, a_0 tính bằng kg/m^3 .

Nếu toàn bộ lượng hơi nước trong cột không khí này ngưng kết hoàn toàn thì tạo nên một lớp nước. Độ cao lớp nước này là đặc trưng thuận lợi để đánh giá lượng hơi nước trong khí quyển. Hơi nước có trong khí quyển đóng vai trò quan trọng trong việc hấp thụ bức xạ và phát xạ. Ngoài ra, các quá trình ngưng kết của hơi nước tạo thành mây mưa là những đối tượng nghiên cứu cơ bản của khí tượng học.

1.2.6. Sol khí

Ngoài hơi nước, trong khí quyển luôn luôn có mặt những sản phẩm ngưng kết của hơi nước (như giọt nước, tinh thể băng), những hạt bụi, khói, những ion mang điện v.v... Tập hợp tất cả những hạt nhỏ này ở trạng thái rắn và lỏng, bay lơ lửng trong khí quyển được gọi chung là *sol khí*. Các hạt này tồn tại được trong khí quyển là do kích thước của chúng rất nhỏ (bán kính của chúng không vượt quá 10 – 20 μ m) và do xáo trộn rối theo chiều thẳng đứng và chiều nằm ngang của các dòng khí. Ngoài sol khí, trong khí quyển còn có các hạt kích thước lớn nhưng chúng không thể tồn tại lâu mà phải rơi xuống mặt đất (như mưa, tuyết và bụi).

Sự có mặt của các hạt kể trên có ý nghĩa to lớn đối với các quá trình và hiện tượng xảy ra trong khí quyển. Những hạt nước rất nhỏ trong không khí làm giảm độ trong suốt của khí quyển; giọt nước, hạt băng to lớn tạo thành mây, sương mù. *Các hạt sol khí đều hấp thụ, phản xạ bức xạ Mặt Trời làm thay đổi nhiệt độ của không khí.* Những hạt bụi nhỏ thấm nước còn góp phần quan trọng đẩy nhanh quá trình ngưng kết của hơi nước được gọi là *nhân ngưng kết*.

Theo nguồn gốc tạo nên các hạt sol khí, người ta chia chúng thành hai nhóm cơ bản:

Nhóm 1: Sol khí từ mặt đất

- Bụi đất được gió cuốn lên;
- Bụi nước;
- Bụi hữu cơ (phấn hoa, bào tử, vi khuẩn v.v...);
- Khói (từ các nhà máy và các vụ cháy rừng);
- Các chất phóng xạ phát ra từ các vụ thử vũ khí nguyên tử.

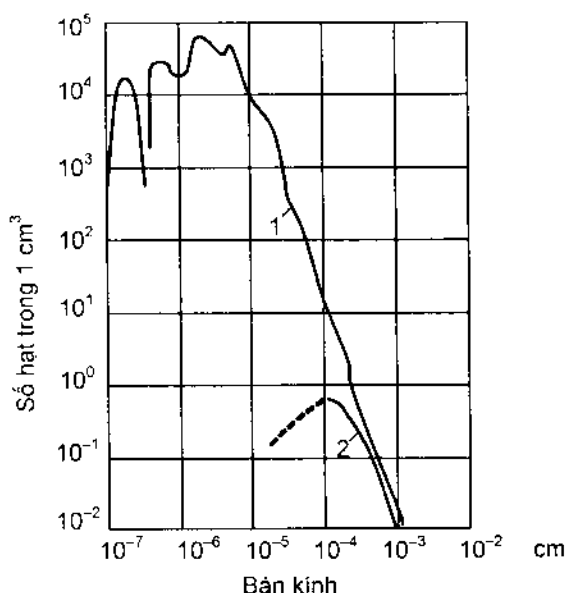
Nhóm 2: Sol khí vũ trụ (bụi vũ trụ), bao gồm các hạt rơi từ không gian vũ trụ vào khí quyển. Phần lớn các hạt này phát sinh do quá trình phân hủy các sao băng. Các kết quả nghiên cứu cho thấy, khoảng 40.000 tấn vật chất và bụi vũ trụ rơi xuống Trái Đất mỗi năm. Ngày nay, việc nghiên cứu sự

phân bố của bụi vũ trụ vẫn đang gặp khó khăn, chưa có được kết quả đáng tin cậy.

Dưới đây xét kỹ hơn về sự phân bố của sol khí thuộc nhóm 1.

Sự phân bố trung bình của các hạt sol khí theo kích thước hạt được chỉ ra trên hình 1.1 (dựa theo kết quả nghiên cứu thực nghiệm của Jung). Từ hình 1.1 cho thấy, toàn bộ phổ của hạt sol khí nằm trong khoảng kích thước $10^{-7} - 10^{-3}$ cm, cực đại trong khoảng kích thước $10^{-6} - 10^{-5}$ cm.

Lượng bụi và các nhân ngưng kết ở các địa điểm khác nhau cũng khác nhau. Mật độ các hạt sol khí sẽ lớn ở những nơi gần nguồn phát sinh ra chúng, đặc biệt ở các thành phố có công nghiệp phát triển, số hạt trong 1 cm^3 có thể lên tới hàng vạn hoặc lớn hơn. Mật độ sol khí sẽ giảm khi về các vùng nông thôn và vùng núi (xem bảng 1.5).



Hình 1.1. Sự phân bố nhân ngưng kết theo kích thước (theo Jung)

1 – Hạt loại lớn; 2 – Các phần tử muối biển.

Do kích thước các hạt sol khí nhỏ nên nó được mang đi xa nguồn phát sinh bởi dòng khí, lắng đọng rất chậm. Chính vì vậy, các sol khí thường tồn tại lơ lửng trong khí quyển.

Sự phân bố theo chiều thẳng đứng của các hạt sol khí do nhiều yếu tố quyết định, trong đó phải kể đến sự xáo trộn theo chiều ngang và theo chiều thẳng đứng của không khí; sự liên kết các hạt, sự lắng đọng dưới tác dụng của trọng lực cũng như sự tạo thành giọt nước và rơi xuống dưới dạng giáng thủy.

Bảng 1.5. Mật độ các nhân ngưng kết

Địa điểm quan trắc	Số nhân trong 1cm ³		
	Trung bình	Cực đại	Cực tiểu
Thành phố	150.000	4.000.000	3.500
Nông thôn	30.000	400.000	600
Vùng núi	900	40.000	2

Tuy vậy, khi đưa ra những giả thiết nhất định, có thể tìm được quy luật phân bố thẳng đứng của sol khí bằng lý thuyết. Trong trường hợp đơn giản, có thể coi với sự phân bố xác định (phân bố trung bình), *dòng phần tử hướng lên trên do xáo trộn rối đúng bằng dòng phần tử lắng xuống*. Với điều kiện này ta có:

$$vn = -K \frac{dn}{dz} \quad (1.21)$$

Ở đây: n – mật độ phần tử có kích thước nhất định, tức là số hạt trong 1m³;

v – tốc độ rơi;

K – hệ số rối đặc trưng cho cường độ xáo trộn.

Tích phân (1.21) trong giới hạn từ $z = 0$ nơi $n = n_0$ đến z , ở đó $n = n_z$ và coi K không đổi ta được:

$$n_z = n_0 e^{-(v/K)z} \quad (1.22)$$

Từ (1.22) cho thấy, cường độ xáo trộn rối càng mạnh (K càng lớn), lượng bụi giảm theo chiều cao càng chậm và bụi có khả năng truyền lên những lớp cao. Mặt khác, nếu hạt có kích thước lớn và nặng hơn sẽ giảm theo chiều cao nhanh hơn hạt có kích thước bé và nhẹ hơn. *Công thức trên còn có nhiều hạn chế vì chưa tính đến những nhân tố ảnh hưởng khác như chưa tính đến mối liên kết giữa các hạt*. Xeleneva và Iudin đã đưa ra mô hình khác có tính đến sự liên kết giữa các hạt.

Các tác giả cho rằng, vận tốc rơi của các hạt rất nhỏ nên có thể bỏ qua. Khi đó, phương trình vận chuyển sol khí có dạng:

$$K \frac{d^2 n}{dz^2} - \alpha n^2 = 0 \quad (1.23)$$

ở đây: α là hằng số liên kết. Tích phân (1.23) ta được:

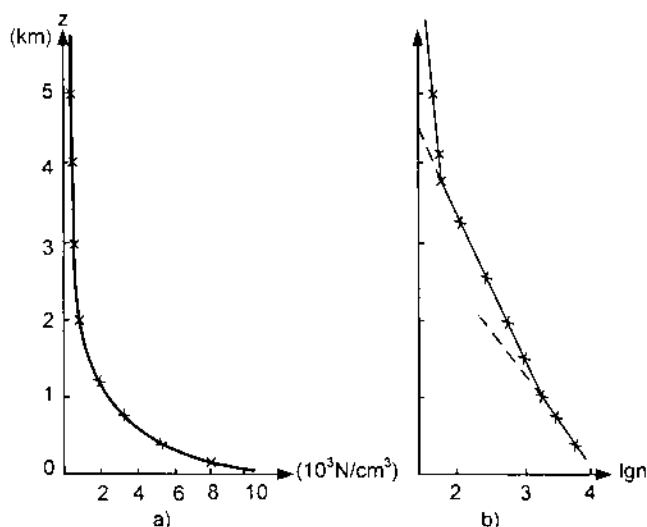
$$n_z = n_0 \frac{C^2}{(z + C)^2} \quad (1.24)$$

Hằng số tích phân $C = \sqrt{6K / \alpha n_0}$ có thể tìm được theo tài liệu quan trắc dựa vào điều kiện $C = z$ khi $(n_z/n_0) = 1/4$.

Công thức (1.24) đã được kiểm nghiệm qua khối lượng lớn số liệu quan trắc vào năm Vật lý địa cầu quốc tế ở Liên Xô. Kết quả kiểm tra được đưa ra trên hình 1.2. Từ hình 1.2 cho thấy công thức (1.24) mô tả khá chính xác sự phân bố trung bình của các nhân ngưng kết trong lớp không khí từ mặt đất đến độ cao 5 – 6km. Cũng từ hình 1.2b cho thấy, quy luật hàm mũ chỉ đúng trong từng lớp riêng biệt khi thoả mãn tương quan $\log n = \log n_0 - az$.

Đối với những hạt sol khí có kích thước lớn hơn 1µm được nghiên cứu riêng gắn liền với sự tạo thành giáng thủy. Các kết quả nghiên cứu cho thấy, nồng độ các hạt này có thể lên tới vài chục hạt trong một lít không khí.

Trong giới hạn ngày đêm, lượng bụi ở các độ cao khác nhau thay đổi khá lớn. Ban đêm, khi xáo trộn yếu, lượng bụi tập trung ở lớp dưới và xảy ra hiện tượng lắng đọng bụi. Ban ngày bụi có khả năng truyền tới lớp cao hơn do xáo trộn rối mạnh hơn. Song nhìn chung biến trình ngày đêm của lượng sol khí khá phức tạp, phụ thuộc nhiều vào điều kiện địa phương, đặc biệt là phụ thuộc vào sự gần hay xa nguồn phát sinh sol khí.



Hình 1.2. Sự phân bố trung bình của nhân ngưng kết theo chiều thẳng đứng trên lãnh thổ châu Âu của Liên Xô theo tài liệu quan trắc trong năm Vật lý địa cầu quốc tế (theo E. X. Xeleneva)

a) Sự thay đổi theo độ cao của các nồng độ nhân (n); b) Sự thay đổi theo $\log n$;
Dấu — ứng với kết quả đo đạc bằng thực nghiệm; dấu xxx ứng với kết quả tính toán theo công thức (1.24).

1.3. PHÂN LỚP CỦA KHÍ QUYỂN

Khí quyển *không đồng nhất* cả theo phương thẳng đứng lẫn phương nằm ngang. Song sự khác biệt về trạng thái, tính chất của nó theo phương thẳng đứng rõ nét hơn. Theo thành phần, chế độ nhiệt, đặc trưng điện và những tính chất vật lý khác của khí quyển có thể chia thành các lớp khác nhau theo phương thẳng đứng. *Một trong những khác biệt rõ theo phương thẳng đứng là khác biệt về chế độ nhiệt. Theo sự khác biệt này người ta chia khí quyển thành 5 tầng* (xem bảng 1.6).

Bảng 1.6. Các tầng chính và các lớp chuyển tiếp của khí quyển

Tên	Độ cao trung bình (km)	Lớp chuyển tiếp	Độ cao trung bình (của lớp chuyển tiếp) (km)
Đối lưu	0 – 10	Đối lưu hạn	10 – 11
Bình lưu	11 – 50	Bình lưu hạn	50 – 55
Trung quyển	55 – 80	Trung quyển hạn	80 – 85
Nhiệt quyển	85 – 450	Nhiệt quyển hạn	450 – 500
Ngoại quyển	> 500		

Ghi chú: Độ cao trong bảng ứng với vĩ độ trung bình.

Giữa các tầng là lớp chuyển tiếp như đối lưu hạn, bình lưu hạn v.v... Sau đây sẽ trình bày những đặc điểm và tính chất của các tầng nêu trên.

Tầng đối lưu: là tầng khí quyển thấp nhất, mỏng nhất so với các tầng khác cũng như so với bề dày của khí quyển, song trong tầng này lại tập trung phần lớn khối lượng khí quyển (3/4 toàn bộ khối lượng khí quyển). Đặc điểm chính của tầng này là nhiệt độ giảm theo chiều cao, trung bình giảm khoảng 6 – 7°C trên 1km. Trong tầng đối lưu, xáo trộn theo chiều thẳng đứng xảy ra mạnh, đặc biệt là có sự trao đổi nhiệt với mặt đệm. Trong tầng này chứa hầu hết hơi nước có trong khí quyển và luôn xảy ra các hiện tượng ngưng kết tạo thành mây, mưa (trừ mây xà cừ và mây bạc). Cũng ở đây, xảy ra các quá trình thời tiết chủ yếu, *ảnh hưởng trực tiếp đến các quá trình khuếch tán và lan truyền chất ô nhiễm.*

Độ cao của tầng đối lưu thay đổi phụ thuộc vào vĩ độ, thời gian và tính chất của mặt đệm.

Tầng bình lưu: Trong tầng này, nhiệt độ hầu như không đổi hoặc tăng theo chiều cao. Nhiệt độ thấp nhất của nó cũng là nhiệt độ ở lớp đối lưu hạn, và bằng khoảng –70 đến –80°C ở vùng xích đạo; –55 đến –60°C ở vùng vĩ độ trung bình. Trong lớp dưới tầng bình lưu nhiệt độ hầu như không thay đổi

theo độ cao cho tới độ cao 35km. Từ độ cao 35km trở lên, nhiệt độ tăng nhanh theo độ cao và tại bình lưu hạn (50 – 55km) nhiệt độ đạt xấp xỉ 0°C. Sự tăng nhiệt độ ở đây là do các quá trình hấp thụ bức xạ Mặt Trời của ôzôn tại các độ cao này.

Khác hẳn với tầng đối lưu, trong tầng bình lưu hầu như không có dòng không khí thẳng đứng và mức độ xáo trộn không khí rất nhỏ.

Tầng trung quyển: Nhiệt độ trong tầng này giảm theo chiều cao, đến trung quyển hạn nhiệt độ xuống tới -70°C (vào mùa hè) và -40 đến -50°C (vào mùa đông).

Tầng nhiệt quyển: Là tầng có bề dày lớn nhất, nhiệt độ trong tầng này tăng liên tục theo chiều cao cho tới nhiệt quyển hạn. Nguyên nhân chính của sự tăng nhiệt độ theo chiều cao là do các quá trình hấp thụ bức xạ Mặt Trời của phân tử ôxi đối với những bước sóng $\lambda < 0,175\mu\text{m}$ để phân ly thành nguyên tử ôxi.

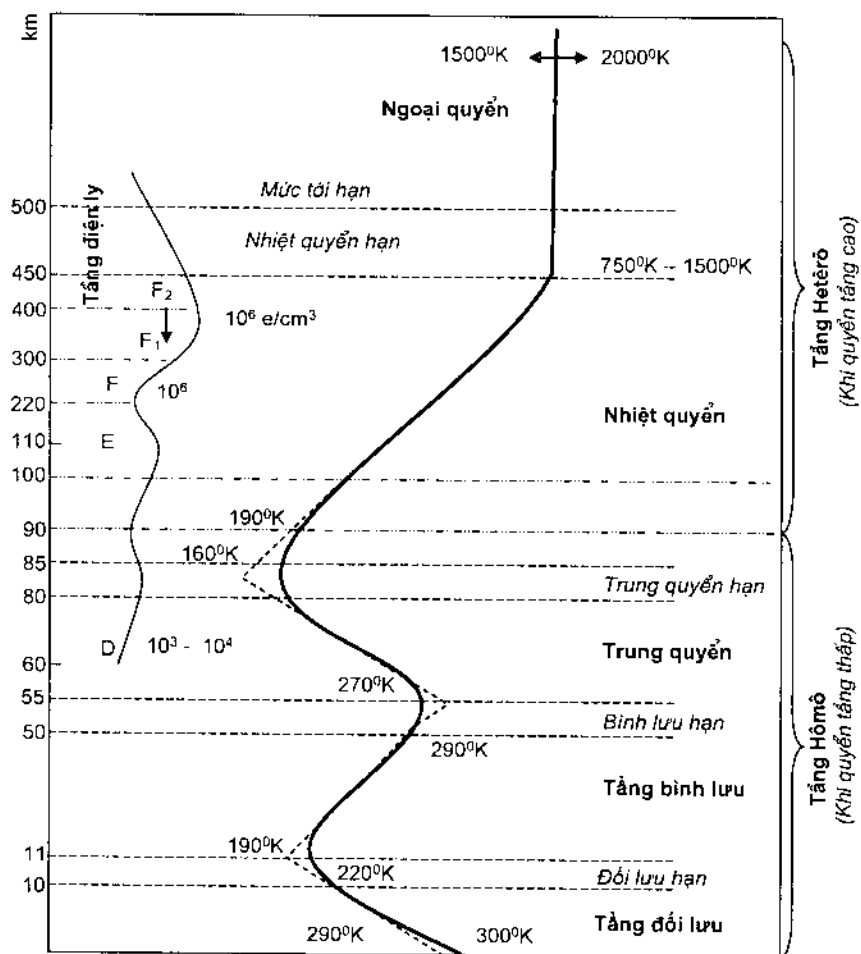
Tầng ngoại quyển (còn gọi là tầng Ekdo): Trong tầng này nhiệt độ không thay đổi theo chiều cao hoặc tăng chút ít. Giá trị nhiệt độ ở tầng này rất lớn, có thể lớn hơn 1.500 – 2.000°K. Ở tầng này luôn xảy ra hiện tượng các chất khí bay khỏi khí quyển vào trong không gian vũ trụ. Tầng này lan đến độ cao 2.000 – 3.000km, nơi khí quyển tiếp giáp với các chất liên hành tinh.

Tầng nhiệt quyển và tầng ngoại quyển chưa được nghiên cứu nhiều, song có thể thấy ở những tầng này mật độ không khí rất nhỏ. Dưới ảnh hưởng của tia vũ trụ và tia tử ngoại Mặt Trời, các phản ứng kích thích, phân hủy, ion hoá và các quá trình ngược lại: phát xạ, liên kết v.v... luôn luôn xảy ra. Điều đó dẫn đến tạo thành các lớp dẫn điện tốt, tạo thành cực quang, sự phát sáng ban đêm v.v...

Ngoài ra, theo một số nguyên tắc khác người ta đã chia khí quyển thành những tầng khác nhau. Chẳng hạn, theo thành phần không khí người ta chia thành 2 tầng là tầng Hômo và tầng Hetêrô. Tầng khí quyển Hômo kéo dài từ mặt đệm đến độ cao 90–95km (còn gọi là khí quyển tầng thấp). Thành phần không khí trong tầng này chủ yếu là nitơ (N_2), ôxi (O_2), argon (Ar). Tầng cao hơn 95km là tầng Hetêrô (còn gọi là khí quyển tầng cao); trong tầng này ngoài các phân tử nitơ, ôxi còn có cả các nguyên tử. Trong tầng Hômo có lớp mật độ ôzôn lớn, lớp này được gọi là tầng ôzôn, có độ cao từ 20 – 55km. Trong các tầng này còn có các lớp có mật độ ion lớn, có tính dẫn điện mạnh. Các lớp này được gộp lại thành tầng điện ly với các lớp: Lớp D ở độ cao 60km, lớp E ở độ cao 110 – 140km, còn lớp F nằm ở độ cao lớn hơn 220km.

Xét đến mức độ ảnh hưởng của mật độ tới các quá trình xảy ra trong khí quyển, người ta chia khí quyển thành 2 tầng: tầng biên khí quyển và tầng khí quyển tự do.

Tầng biên khí quyển (lớp biên hành tinh) có độ cao khoảng 1.500m, là tầng chịu ảnh hưởng lớn của mật độ. Trong tầng này, lực ma sát rối giữ vai trò quan trọng đối với chuyển động khí quyển. Do đó, các yếu tố khí tượng ở tầng này biến đổi rõ rệt theo không gian và thời gian. Trong tầng này, người ta lại tách ra một lớp mỏng gần mặt đất, gọi là lớp khí quyển sát đất. Lớp này chỉ có bề dày khoảng vài chục mét đến 100m nhưng ở đó diễn ra sự trao đổi rối và nhiệt ẩm trực tiếp với mặt đệm.



Hình 1.3. Sơ đồ cấu trúc thẳng đứng của khí quyển theo Kôiper [2]

Tầng khí quyển tự do: có độ cao lớn hơn 1,5km. Trong tầng này có thể bỏ qua ảnh hưởng của lực ma sát nhớt phân tử đến chuyển động khí quyển.

Hình 1.3 chỉ ra sơ đồ cấu trúc của khí quyển, giúp ta có khái niệm về những tầng khí quyển đã nêu trên ứng với vùng vĩ độ trung bình.

1.4. SỰ BẤT ĐỒNG NHẤT NGANG CỦA TẦNG ĐỐI LƯU. CÁC KHỐI KHÍ VÀ FRONT

Khi nghiên cứu trạng thái của khí quyển trên khoảng không gian rộng lớn cho thấy: *khí quyển có sự bất đồng nhất ngang*, đặc biệt là ở tầng đối lưu, nơi chịu ảnh hưởng trực tiếp của sự bất đồng nhất của mặt đệm. Có sự khác biệt về tính chất của không khí là do sự nóng lên và lạnh đi khác nhau giữa các phần của bề mặt Trái Đất, do mức độ ẩm ướt khác nhau của mặt đệm, do chuyển động khác nhau và do những nguyên nhân khác gây nên. Song trong khí quyển luôn luôn tồn tại những vùng không gian đủ lớn có những điều kiện thời tiết tương đối đồng nhất. Kích thước đặc trưng của vùng này theo chiều ngang có thể tới vài nghìn km, theo chiều thẳng đứng khoảng vài km, đôi khi lên tới đối lưu hạn. *Phần khí quyển khá đồng nhất như vậy được gọi là khối khí*. Khối khí liên tục di chuyển theo bề mặt Trái Đất và giữ được tính chất của mình trong một thời gian khá lâu, sau đó bị biến tính, khi đó tính chất cơ bản của nó đã bị thay đổi trong quá trình di chuyển.

Giữa các khối khí khác nhau có một đới chuyển tiếp hẹp gọi là *đới front*, tại đây một số yếu tố khí tượng (nhiệt độ, độ ẩm, tốc độ và hướng gió) biến đổi đáng kể. Chiều rộng của các đới chuyển tiếp chỉ khoảng vài trăm km, song cũng có khi nó rất hẹp đến mức thấy rõ sự biến đổi đột ngột của các yếu tố khí tượng. Khi đó, có thể coi đới này như là mặt phân cách giữa hai khối khí và được gọi là *mặt front* hay đơn giản là *front*.

Các mặt front thường tạo với mặt nằm ngang một góc rất nhỏ (khoảng $0,5^\circ$). Giao tuyến giữa mặt front và mặt đất gọi là đường front. Nếu đi qua *đường front* (chính xác là qua khoảng hẹp) ta sẽ thấy sự biến đổi đột ngột của các yếu tố khí tượng: nhiệt độ, độ ẩm, gió, mây, v.v...

Việc xác định vị trí và nghiên cứu khối khí, front được tiến hành trên bản đồ Synop. Đó chính là bản đồ địa lý bao quát vùng lãnh thổ đủ rộng (có khi cả nửa Trái Đất), trên đó điền thêm giá trị của các yếu tố khí tượng cơ bản, quan trắc được vào cùng thời điểm ở các vị trí khác nhau. Việc xây dựng các loại bản đồ Synop ở mặt đất và trên cao sẽ được nêu ở những phần sau và trong giáo trình khí tượng Synop. Với những bản đồ Synop, chúng ta có thể phân tích, đánh giá trạng thái của khí quyển của cả vùng rộng lớn tại một thời điểm nhất định. Trên đó có thể xác định được vị trí các khối khí,

các đường front và dự đoán được quá trình di chuyển của chúng. Tập hợp tất cả các bản đồ này ở những thời điểm khác nhau giúp ta có thể theo dõi được tiến trình phát triển của các quá trình và hiện tượng xảy ra trong khí quyển.

Phương pháp nghiên cứu các tính chất vật lý của khí quyển và các quá trình diễn ra trong đó nhờ các bản đồ Synop được gọi là *phương pháp Synop*. Phương pháp này được sử dụng rộng rãi để dự báo thời tiết nên các bản đồ Synop còn được gọi là *bản đồ thời tiết*.

Các khối khí có nguồn gốc phát sinh và tính chất, đặc điểm gắn liền với điều kiện địa lý. Vì vậy, trong giai đoạn đầu thường người ta phân biệt các loại khối khí sau:

1. Các khối khí cực đới, được hình thành ở các vùng cực (đôi khi còn gọi là khối khí băng dương).
2. Các khối khí ôn đới.
3. Các khối khí nhiệt đới, hình thành ở các vùng nhiệt đới hoặc cận nhiệt đới, mùa hè có thể vượt lên cả vùng ôn đới.
4. Các khối khí xích đạo, được hình thành ở vùng xích đạo và có thể chuyển dịch từ bán cầu này sang bán cầu khác.

Ngoài ra, người ta còn phân biệt thêm tính chất đại dương hoặc lục địa của các khối khí dựa theo địa điểm hình thành; ví dụ, khối khí nhiệt đới biển, khối khí ôn đới lục địa v.v...

Như trên đã nói, sau khi hình thành, khối khí bắt đầu di chuyển. Dưới tác động của mặt trái dưới mà nó đi qua, các tính chất của khối khí bị thay đổi. Ở mỗi thời điểm khối khí ở trong giai đoạn phát triển nhất định của nó, vì vậy tính chất vật lý có ở giai đoạn đầu có thể bị thay đổi một cách căn bản. *Quá trình thay đổi như vậy được gọi là sự biến tính của khối khí*. Từ đó cho thấy, việc phân loại khối khí theo điều kiện địa lý rõ ràng là không đầy đủ.

Nghiên cứu chi tiết hơn, người ta đã phân loại các khối khí dựa theo tính chất nhiệt động của chúng. Tổng quát nhất là phân biệt các khối khí dựa vào đặc trưng nhiệt: nóng hoặc lạnh. Khối khí nóng (hoặc lạnh) là khối khí nóng hơn (hoặc lạnh hơn) khối khí cạnh nó. Các khối khí còn có thể nóng hơn (hoặc lạnh hơn) bề mặt trái dưới. Khi đó, chúng có thể gọi tương ứng là *khối khí ổn định* (hoặc *bất ổn định*) gắn liền với sự phân tầng khí quyển. Tính ổn định và bất ổn định của khối khí sẽ được xét trong các phần sau.

Khi khối khí chuyển động thì front cũng chuyển động theo. Hướng và tốc độ chuyển dịch của front được xác định bởi sự phân bố của các dòng khí

gần front. Dựa theo hướng dịch chuyển của đường front người ta chia thành front nóng và front lạnh:

Front nóng là front di chuyển về phía khối khí lạnh. Khối khí nóng trong trường hợp này chuyển động lên trên dọc nêm không khí lạnh.

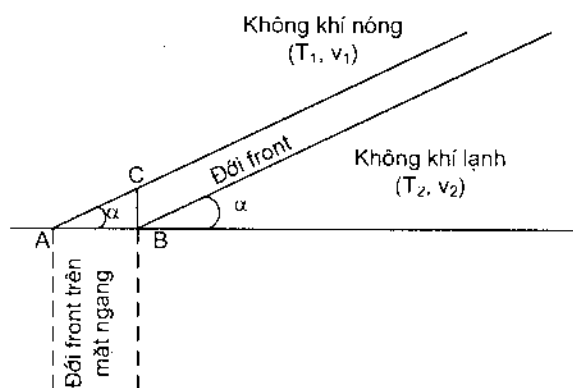
Front lạnh là front di chuyển về phía khối khí nóng. Trong trường hợp này, khối khí lạnh chen vào khối khí nóng và đẩy khối khí nóng lên trên.

Ngoài ra, người ta còn phân biệt các loại front dựa vào phân loại địa lý của các khối khí:

– *Front cực* (hay *front băng dương*) ngăn cách giữa khối khí cực đới và khối khí ôn đới.

– *Front ôn đới* ngăn cách khối khí ôn đới và khối khí nhiệt đới.

– *Front nhiệt đới* ngăn cách khối khí nhiệt đới và khối khí xích đạo.



Hình 1.4. Sơ đồ đới front

Trên hình 1.4 trình bày sơ đồ mặt cắt đới front, góc α đã được phóng đại lên nhiều lần. Sự khác biệt về giá trị các yếu tố khí tượng ở hai bên của đới front là rất lớn, đặc biệt là theo hướng vuông góc với mặt front. Về nhiệt độ, sự khác biệt có thể lên tới $10 - 15^{\circ}\text{C}$. Đây là dấu hiệu quan trọng để xác định đới front và đường front.

Như trên đã nói, mỗi khối khí được đặc trưng bởi một chế độ thời tiết nhất định. Vì vậy, việc phân tích, nghiên cứu chi tiết các khối khí và front, các tính chất của chúng, sự di chuyển của chúng, điều kiện thành tạo và tan rã của chúng có ý nghĩa lớn trong dự báo thời tiết và là nhiệm vụ của ngành khí tượng Synop. Đối với ngành môi trường, chúng ta chỉ quan tâm đến quá trình di chuyển front ảnh hưởng đến sự khuếch tán và lan truyền chất ô nhiễm.

1.5. CÁC DÒNG KHÔNG KHÍ VÀ HOÀN LƯU CHUNG KHÍ QUYỂN

1.5.1. Các dòng khí

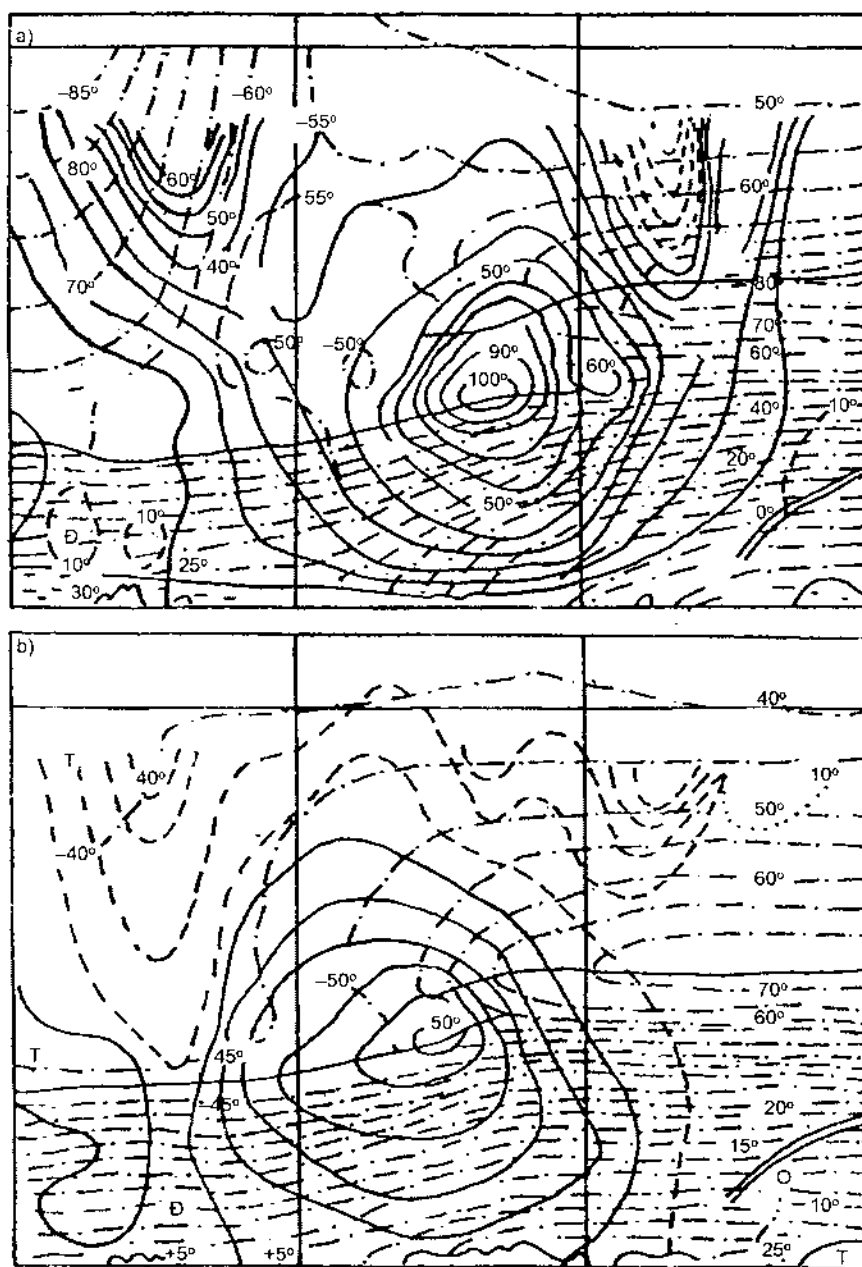
Bằng phương pháp cao không người ta chỉ nghiên cứu được các dòng khí ở tầng thấp (độ cao dưới 20 – 30km). Ở những lớp cao hơn người ta phải sử dụng những phương pháp khác kém chính xác hơn. Những năm gần đây, đã có thêm tài liệu quan trắc từ tên lửa hoặc vệ tinh cho phép nghiên cứu kỹ hoàn lưu khí quyển trên những lớp cao.

Nguyên nhân đầu tiên gây nên chuyển động của không khí là sự *đổi nóng không đều ở những phần khác nhau của mặt đệm và khí quyển*. Kết quả là tạo nên sự *bất đồng nhất ngang không chỉ của nhiệt độ mà của cả áp suất*. Hiệu áp suất giữa hai điểm trên cùng một mực (chẳng hạn trên mực biển) là nguyên nhân trực tiếp gây ra chuyển động của không khí. Nếu có lực khí áp (do sự chênh lệch khí áp sinh ra) tác động thì không khí sẽ chuyển động về phía có áp thấp. Song chuyển động của không khí phức tạp hơn do có những lực khác nhau tác động như lực làm lệch hướng do sự quay của Trái Đất (lực Côriôlit), lực ma sát, lực ly tâm (trong trường hợp chuyển động cong), v.v..

Sự bất đồng nhất ngang về nhiệt độ, áp suất có quy mô rất lớn, chẳng hạn giữa vùng cực và vùng xích đạo, giữa lục địa và biển, nên quy mô của dòng khí cũng rất lớn. Ở vùng vĩ độ trung bình, quan trắc thấy dòng khí hướng Tây, tốc độ tăng dần theo độ cao, đạt cực đại ở đối lưu hạn (9 – 12km); ở vĩ độ cao hơn, tốc độ gió giảm. Vào mùa hạ, tốc độ gió đạt cực tiểu ở độ cao 22 – 25km và hướng gió chuyển thành hướng Đông. Trong mùa đông ở hầu hết các vĩ độ (trừ vùng xích đạo) gió bảo tồn hướng Tây đến độ cao khá lớn. Trên đỉnh tầng đối lưu (đối lưu hạn), sự giảm tốc độ gió theo chiều cao có thể được giải thích do sự đổi hướng của gradien nhiệt độ theo chiều ngang. Một trong những dòng khí đáng quan tâm là *dòng chảy xiết* có ở lớp trên của tầng đối lưu.

Dòng chảy xiết là dòng khí hẹp có trục gần nằm ngang, tốc độ di chuyển lớn. Kích thước dòng chảy xiết vào khoảng vài nghìn km (kilômét) chiều dài, hàng trăm km bề rộng và vài km chiều cao. Tốc độ gió mạnh nhất quan trắc được ở tâm dòng chảy xiết thường lớn hơn 30m/s, có khi tới 100 – 150m/s hoặc lớn hơn. Gradien ngang của tốc độ gió trong dòng chảy xiết khá lớn: 10 – 15m/s trên 100km, đôi khi tới 30m/s trên 100km. Đối với chiều thẳng đứng, gradien tốc độ gió còn cao hơn nhiều: 1– 4m/s trên 100m. Thường

dòng chảy xiết không phân bố dọc đường vĩ tuyến mà uốn khúc, đôi chỗ có đoạn song song với kinh tuyến.



Hình 1.5. lát cắt thẳng đứng qua dòng chảy xiết dọc kinh tuyến 80°W

a) Tháng giêng; b) Tháng bảy; — Đường đẳng tốc độ gió Tây;
 - - - - Đường đẳng tốc độ gió Đông; - · - · - Đường đẳng nhiệt.

Dòng chảy xiết được quan sát thấy ở hầu hết các địa điểm trên Trái Đất, nhưng có tần suất và tính chất khác nhau ở những vùng khác nhau. Trên hình 1.5 trình bày lát cắt thẳng đứng qua dòng chảy xiết dọc kinh tuyến 80°W . Từ hình 1.5a cho thấy trục dòng chảy xiết vùng vĩ độ cận nhiệt đới nằm ở độ cao 12 – 12,5km, trong khi đó, xuống phía Nam dòng chảy xiết lại nằm cao hơn (14 – 15km). Đối lưu hạn ở khu vực này cũng mất tính liên tục mà chia làm hai nhánh rõ rệt, nhánh phía Nam nằm cao hơn nhánh phía Bắc và lạnh hơn. Trên các bản đồ Synop trên cao chúng ta thấy có mối liên hệ chặt chẽ giữa dòng chảy xiết với đới có sự tương phản lớn về nhiệt độ theo chiều nằm ngang, đới này có tên là đới front hành tinh trên cao. Mức độ tương phản nhiệt độ càng lớn thì tốc độ gió theo đới được trên trục dòng chảy xiết càng lớn (xem bảng 1.7).

Bảng 1.7. Tương quan giữa hiệu nhiệt độ ngang của các khối khí với tốc độ gió trên trục dòng chảy xiết

$\Delta T (^{\circ}\text{C})$	20 – 35	10 – 20	7 – 10
U (km/h)	> 201	151 – 200	101 – 150
Số trường hợp theo đới	13	46	8

Các dòng khí trên các độ cao lớn hơn 30km chỉ được nghiên cứu qua số liệu nhận được bằng các phương pháp gián tiếp. Song các số liệu cao không về sự phân bố nhiệt độ và áp suất cho phép ta xác định rõ thêm về dòng khí trên cao. Trên hình 1.5b đã đưa ra lát cắt kinh tuyến mùa đông và mùa hè của Bắc bán cầu do V. R. Dubenxop thành lập. Từ hình này cho thấy: trong mùa hè, từ cực tới vùng nhiệt đới có dòng hướng Tây yếu bao quát toàn bộ tầng đối lưu, còn từ vùng nhiệt đới tới xích đạo có gió Đông. Ở độ cao lớn hơn 20km (thuộc tầng bình lưu) ở khắp bán cầu có dòng hướng Đông và đạt cực đại trên độ cao 50 – 70km (cỡ 60 – 70m/s). Ở cao hơn (80 – 90km), dòng khí chuyển sang hướng Tây. Về mùa đông, hầu như khắp bán cầu (trừ vùng xích đạo) đều có dòng khí hướng Tây lan đến độ cao cỡ 40 – 50km.

Theo các số liệu quan trắc bằng các phương pháp khác nhau, ở trên cao tồn tại những lớp có tốc độ gió rất lớn cỡ hàng trăm m/s.

Từ các lập luận trên có thể rút ra kết luận tổng quát sau: dựa vào đặc trưng các dòng khí, có thể chia khí quyển thành ba lớp: Lớp dưới cùng, mùa đông đạt đến độ cao 20 – 25km, mùa hè đến 40 – 50km, trong lớp này có gió Tây ở hầu khắp mọi nơi. Lớp cao hơn, đến độ cao khoảng 60 – 70km có gió Đông ở hầu khắp mọi nơi. Cao hơn nữa là lớp có hướng gió thay đổi.

1.5.2. Hoàn lưu chung khí quyển

Tập hợp các dạng chuyển động quy mô lớn của không khí trong phạm vi khí quyển tầng thấp, nhờ đó có sự trao đổi không khí theo hướng thẳng đứng và hướng nằm ngang, được gọi là hoàn lưu chung khí quyển. Trong đó phải kể đến chuyển động do sự khác biệt nhiệt độ giữa vĩ độ cao và vĩ độ thấp gây nên, chuyển động do khác biệt nhiệt độ giữa đại dương và lục địa. Ngoài ra phải kể đến dạng quan trọng khác, đó là hoạt động của xoáy thuận và xoáy nghịch mà nhờ nó có sự trao đổi không khí giữa các vĩ độ.

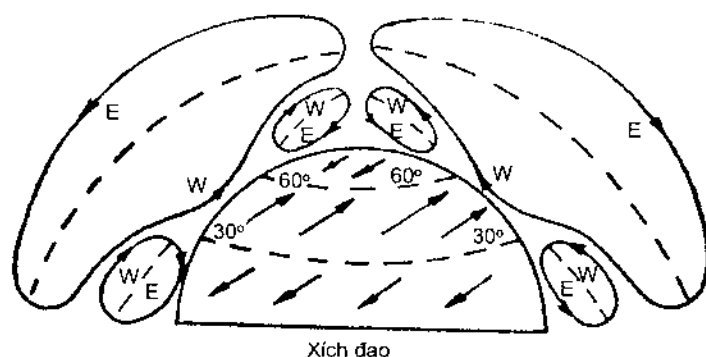
Nghiên cứu hoàn lưu chung khí quyển là vấn đề quan trọng nhưng cũng rất phức tạp. Vấn đề này luôn được chú ý nghiên cứu, bởi vì các dòng của hoàn lưu là nhân tố quan trọng xác định thời tiết và hình thành khí hậu. Trong khí hậu, hoàn lưu chung khí quyển được nghiên cứu dựa trên việc phân tích tài liệu khí áp và gió được lấy trung bình trong khoảng thời gian dài (tháng, mùa, năm). Như vậy, khi sử dụng tài liệu đã lấy trung bình ta được bức tranh đại thể của hoàn lưu, hướng vận chuyển chính trong khoảng thời gian dài. Khi đó nhiều nét riêng, cá biệt của quá trình khí quyển bị bỏ qua.

Trong khí tượng Synop, hoàn lưu chung được nghiên cứu nhờ những bản đồ Synop trên cơ sở các số liệu cao không. Hoàn lưu khí quyển trong trường hợp này là biểu hiện cụ thể của hoàn lưu chung khí quyển tại một thời điểm nhất định. Tập hợp nhiều bản đồ Synop trong khoảng thời gian ngắn, trên nhiều mực khác nhau cho ta hiểu được sự phân bố không gian, thay đổi thời gian của hoàn lưu khí quyển. Điều này phục vụ cho việc dự báo thời tiết với thời hạn khác nhau.

Về lý thuyết, hoàn lưu chung được nghiên cứu trong giáo trình khí tượng động lực. Tuy việc mô hình hoá lý thuyết hoàn lưu chung khí quyển vẫn còn gặp nhiều khó khăn nhưng một số mô hình đơn giản về hoàn lưu chung khí quyển đặt nền móng ban đầu được trình bày dưới đây.

Mô hình đơn giản nhất về hoàn lưu chung khí quyển là mô hình, trong đó chỉ tính đến một nguồn chuyển động – hiệu nhiệt độ giữa xích đạo và cực. Như vậy, công thức hiện khi nó được xét như là kết quả tác động của máy nhiệt khổng lồ với nguồn nóng ở xích đạo và nguồn lạnh ở cực. Máy nhiệt như vậy được V. V. Suláyskin gọi là máy nhiệt loại một. Sơ đồ đơn giản này không xét đến sự khác biệt về mặt đệm mà coi mặt đất là đồng nhất. Hình 1.6 chỉ ra sơ đồ loại này có tính đến sự quay của Trái Đất. Theo sơ đồ này, ở mỗi bán cầu có 3 vòng hoàn lưu. Vòng thứ nhất không khí đi xuống ở vùng vĩ độ 30° và đi lên ở vùng xích đạo, trong lớp dưới của vòng này thịnh hành

gió tín phong Đông Bắc và trong lớp trên có gió phản tín phong hướng Tây Nam. Vòng thứ hai được đặc trưng bởi chuyển động đi xuống ở cực và đi lên ở vùng vĩ độ 60^0 . Ở mặt đất quan trắc thấy gió Đông Bắc, còn lớp trên thấy gió Tây Nam. Vòng thứ ba bao quát không gian rộng lớn cả tầng đối lưu lẫn tầng bình lưu. Vòng này thống nhất với hai vòng trên, ở phần dưới có gió hướng Tây Nam, còn ở tầng trên gió Đông Bắc.



Hình 1.6. Sơ đồ hoàn lưu đối với mặt đệm đồng nhất

Sơ đồ này phản ánh được nét quan trọng của hoàn lưu chung khí quyển song còn xa với điều kiện thực. Điều đó có thể giải thích là do trong sơ đồ này chưa tính đến tính bất đồng nhất của mặt đệm, đặc biệt là giữa đại dương và lục địa. Điều kiện đốt nóng và lạnh đi của bề mặt đại dương và lục địa khác nhau và có đặc trưng theo mùa. Nếu như trong mùa lạnh, bề mặt lục địa lạnh nhanh hơn so với biển nên nó là nguồn lạnh thì trong mùa nóng, nó hấp thụ được nhiều nhiệt hơn và trở thành nguồn nóng. Do vậy, hiệu nhiệt độ giữa lục địa và đại dương thay đổi dấu theo mùa; điều ấy gây nên hoàn lưu thứ cấp theo mùa. V. V. Suláyskin gọi máy nhiệt như vậy là máy nhiệt loại hai. Hoàn lưu thứ cấp do nó gây nên được gọi là gió mùa.

Hoàn lưu thực tế của khí quyển còn phức tạp hơn khi có hoạt động của xoáy thuận và xoáy nghịch. Trong trường hợp này, lý thuyết về máy nhiệt không áp dụng được. Đặc trưng thực tế của hoàn lưu khí quyển tại mỗi điểm phải được nghiên cứu trên cơ sở xác định dạng hoàn lưu điển hình, cường độ của nó và sự luân phiên theo mùa. Về môi trường, hoàn lưu khí quyển được xem xét dưới góc độ tác động của nó đến xu thế biến đổi tầng ôzôn bình lưu và ôzôn đối lưu trong lý thuyết động lực học mô phỏng các vòng xoáy cực (trình bày trong chương 4).

CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 1

1. Trình bày quá trình hình thành lớp khí quyển Trái Đất và định nghĩa về môi trường không khí.
2. Thành phần của không khí tự nhiên và nhân tạo có những đặc điểm gì giống và khác nhau? Những chất nhân tạo nào gây đáng kể đến sự suy giảm chất lượng môi trường không khí hiện nay?
3. Trình bày 4 nguyên tắc chủ yếu để phân chia cấu trúc của khí quyển theo chiều thẳng đứng. Vẽ sơ đồ cấu trúc của khí quyển dựa trên nguyên tắc phân chia theo profin thẳng đứng của nhiệt độ. Nêu tính chất và đặc điểm chủ yếu của các lớp (tầng) theo sơ đồ trên.
4. Trong mô phỏng và đánh giá chất lượng môi trường không khí, người ta sử dụng cách phân chia nào của khí quyển theo chiều thẳng đứng? Vì sao?
5. Thiết lập các phương trình trạng thái của không khí khô và không khí ẩm. Nêu ý nghĩa của nhiệt độ ảo.
6. Sol khí và hơi nước có vai trò và tác động gì đến chất lượng môi trường không khí?
7. Hoàn lưu chung khí quyển có ảnh hưởng gì đến quá trình vận chuyển của các dòng ô nhiễm trong khí quyển? Cho ví dụ.

Chương 2

CÁC YẾU TỐ KHÍ TƯỢNG VÀ QUY LUẬT BIẾN ĐỔI CỦA CHÚNG THEO CHIỀU CAO

2.1. CÁC YẾU TỐ KHÍ TƯỢNG CƠ BẢN

Các đặc trưng định tính và định lượng của trạng thái khí quyển nhận được do quan trắc liên tục tại mạng lưới đài, trạm khí tượng được gọi là *các yếu tố khí tượng*. Các yếu tố khí tượng có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình khuếch tán, lan truyền của bụi và các chất khí trong môi trường không khí.

2.1.1. Nhiệt độ không khí

Đại lượng vật lý đặc trưng cho mức nóng, lạnh của không khí được gọi là nhiệt độ không khí. Trong khí tượng, thường biểu diễn nhiệt độ không khí theo thang độ bách phân ($^{\circ}\text{C}$), nhưng trong các tính toán lý thuyết đại lượng này thường biểu diễn theo thang độ tuyệt đối (T°K). Giữa T°K và $^{\circ}\text{C}$ có mối quan hệ sau:

$$T = 273,16 + t \approx 273 (1 + \alpha t)$$

Ở đây, α là hệ số giãn nở thể tích của chất khí ; $\alpha = 1/273 \approx 0,003667$.

2.1.2. Áp suất khí quyển

Áp suất khí quyển chính là áp lực thủy tĩnh của không khí tác động lên một đơn vị diện tích (1m^2). Trong trường hợp không có chuyển động, áp suất chính là sức trương của không khí và tại mỗi điểm sức trương này bằng trọng lượng cột không khí thẳng đứng tiết diện đơn vị (1m^2) nằm bên trên điểm đó.

Đơn vị đo áp suất trong hệ CGS là bar, bằng $1\text{dyn}/\text{cm}^2$. Song trong các tính toán khí tượng, đơn vị này khá nhỏ, vì vậy người ta sử dụng đơn vị khác gọi là *bar khí tượng*, và bằng $10^6 \text{dyn}/\text{cm}^2$. Vì chỉ dùng đơn vị bar khí tượng nên từ nay về sau ta chỉ gọi đơn giản là bar cũng ký hiệu là bar). Trong thực tế thường dùng đơn vị milibar (ký hiệu là mbar):

$$1\text{mbar} = 10^{-3}\text{bar} = 10^3\text{dyn}/\text{cm}^2 = 10^2\text{N}/\text{m}^2$$

Ngoài đơn vị bar, người ta còn hay sử dụng đơn vị *milimét thủy ngân* (ký hiệu là mmHg). Để chuyển giá trị đo được bằng áp kế thủy ngân ở mỗi

điểm thành mbar ta phải chuẩn hoá nó, nghĩa là đưa về điều kiện chuẩn: nhiệt độ 0°C ; độ cao trên mặt biển bằng 0; vĩ độ điểm đo là 45° . Với điều kiện chuẩn này, áp suất chuẩn (P_0) sẽ bằng áp suất cột thủy ngân cao 760mm, tiết diện 1cm^2 , có mật độ $\rho_0 = 13,596\text{g/cm}^3$ với gia tốc trọng trường là $980,6\text{cm/s}^2$.

$$P_0 = 76\rho_0 g_0 = 76 \times 13,596 \times 980,6 = 1.013.250\text{dyn/cm}^2 \\ = 1.013,25\text{mbar} = 101.325\text{N/m}^2$$

Từ đó có thể tính được mối liên hệ giữa hai đơn vị này là:

$$1\text{mbar} \approx 0,75\text{mmHg} \approx 3/4\text{mmHg}$$

$$1\text{mmHg} \approx 1,333\text{mbar} \approx 4/3\text{mbar}.$$

2.1.3. Độ ẩm không khí

Đại lượng vật lý đặc trưng cho mức độ tồn tại hơi nước trong không khí gọi là độ ẩm. Để đo độ ẩm thường dùng các đại lượng sau:

Sức trương (áp suất riêng) của hơi nước (thường ký hiệu là e) có trong không khí. Nó được đo bằng đơn vị áp suất: N/m^2 , mbar hoặc mmHg.

Độ ẩm tuyệt đối a là khối lượng hơi nước có trong một đơn vị thể tích, được đo bằng đơn vị kg/m^3 .

Độ ẩm riêng q là khối lượng hơi nước có trong 1 đơn vị khối lượng không khí ẩm. Đơn vị đo là kg/kg , hoặc thường dùng là g/kg . Đại lượng này cho biết tỷ lệ giữa khối lượng hơi nước so với khối lượng không khí ẩm.

Tỷ hỗn hợp s là tỷ số khối lượng hơi nước và khối lượng không khí khô có trong thể tích không khí ẩm. Đơn vị đo cũng là kg/kg hoặc g/kg .

Độ ẩm tương đối f là tỷ số giữa sức trương hơi nước e chứa trong không khí và sức trương hơi nước bão hòa E ở cùng một nhiệt độ, được biểu diễn bằng phần trăm.

$$f = e/E.100\%$$

Sức trương hơi nước bão hòa E là sức trương cực đại đạt được ở nhiệt độ nhất định, khi nó ở trạng thái cân bằng trên bề mặt nước phẳng tinh khiết. Sức trương hơi nước bão hòa phụ thuộc vào nhiệt độ. Hàm phụ thuộc giữa chúng được trình bày trong các phần sau.

Độ hụt bão hòa d là hiệu giữa sức trương hơi nước bão hòa E với sức trương hơi nước e ở nhiệt độ đã cho:

$$d = E - e$$

Điểm sương τ là nhiệt độ mà khi hạ xuống tới nhiệt độ đó trong điều kiện áp suất không đổi thì hơi nước trong không khí đạt tới trạng thái bão hòa.

Các đại lượng trên đều đặc trưng cho độ ẩm không khí. Giữa chúng có mối liên hệ với nhau, sẽ được trình bày trong những phần sau.

2.1.4. Tốc độ và hướng gió

Gió là chuyển động của không khí đối với bề mặt Trái Đất. Bởi vì thành phần nằm ngang của chuyển động này lớn hơn rất nhiều so với thành phần thẳng đứng, nên trong quan trắc khí tượng người ta coi **thành phần nằm ngang là gió**. Gió được đặc trưng bởi hai đại lượng là tốc độ và hướng gió. Thành phần thẳng đứng của chuyển động tuy nhỏ nhưng đóng vai trò hết sức quan trọng trong nhiều quá trình và hiện tượng khí quyển. Ở đây ta chỉ xét thành phần nằm ngang của chuyển động không khí – gió.

a) Tốc độ gió

Tốc độ gió được đo bằng đơn vị m/s, km/h, hải lý/h.

$$1\text{m/s} = 1,9424 \text{ hải lý/h} = 3,6\text{km/h}.$$

Ngoài ra người ta còn dùng cấp gió để chỉ tốc độ gió (xem bảng 2.1).

Bảng 2.1. Các đơn vị được quy định để đo tốc độ gió

Đặc trưng gió	Cấp	Tốc độ	
		m/s	km/h
Lặng	0	0 – 0,5	0 – 1
Hơi gió	1	0,6 – 1,7	2 – 6
Gió nhẹ	2	1,8 – 3,3	7 – 12
Gió yếu	3	3,4 – 5,2	13 – 18
Gió vừa	4	5,3 – 7,4	19 – 26
Gió hơi mạnh	5	7,5 – 9,8	27 – 35
Gió khá mạnh	6	9,9 – 12,4	36 – 44
Gió mạnh	7	12,5 – 15,2	45 – 54
Gió rất mạnh	8	15,3 – 18,2	55 – 65
Gió bão	9	18,3 – 21,5	66 – 77
Gió bão mạnh	10	21,6 – 25,1	78 – 90
Gió bão dữ dội	11	25,2 – 29,0	91 – 104
Tổ	12	> 29,0	> 104

Bảng cấp gió trên thường được dùng trong hàng hải và được gọi là cấp gió Bôpho.

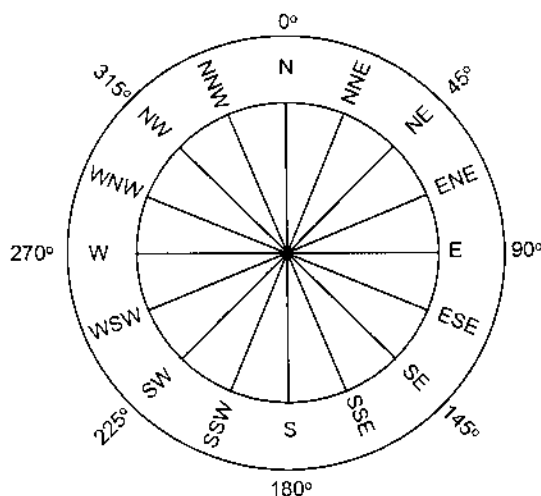
b) Hướng gió

Là hướng mà từ đó gió thổi tới điểm quan trắc. Có hai cách biểu diễn hướng gió.

– Bảng phương vị: Lấy 4 hướng chính là Đông (ký hiệu là E), Tây (W), Nam (S), Bắc (N). Giữa các hướng gió này có các hướng phụ như Đông – Nam (SE), Tây – Bắc (NW), Bắc – Tây Bắc (NNW) v.v...

– Bảng góc: Lấy hướng Bắc (ứng với góc 0°) làm mốc, góc được tính theo chiều kim đồng hồ. Như vậy, hướng Đông ứng với góc 90° , hướng Nam 180° , hướng Tây – 270° (xem hình 2.1).

Sơ đồ biểu diễn hướng gió được gọi là Hoa gió (hình 2.1)



Hình 2.1. Phương pháp biểu diễn hướng gió

Ngoài ra, người ta còn chú trọng quan trắc mức độ thay đổi của hướng và tốc độ gió theo thời gian. Nếu trong thời gian ngắn (vài phút) mà tốc độ và hướng gió ít biến đổi thì gọi là *gió ổn định*, ngược lại gọi là *gió giật*.

2.1.5. Mây

Trong những điều kiện nhất định, hơi nước có trong khí quyển đạt tới trạng thái bão hòa và bắt đầu ngưng kết thành các giọt nước, giọt nước quá lạnh và tinh thể băng. Tập hợp các sản phẩm ngưng kết đó với mật độ cao, có thể nhìn thấy được ở những độ cao lớn gọi là mây.

Mây được đo bằng lượng mây và phân thành các loại mây. Lượng mây được đo bằng mức độ che phủ bầu trời của nó. Người ta chia bầu trời thành 10 phần. Khi không có mây ứng với lượng mây là 0, còn khi mây che kín bầu trời lượng mây là 10/10.

Dựa theo độ cao và hình dáng bên ngoài của các đám mây người ta chia mây thành 4 họ cơ bản:

Họ 1: Bao gồm những đám mây tầng cao, độ cao chân mây trên 6km.

Họ 2: Bao gồm những đám mây tầng trung độ cao chân mây từ 2 – 6km.

Họ 3: Bao gồm những đám mây tầng thấp có độ cao chân mây dưới 2km.

Họ 4: Bao gồm những đám mây phát triển mạnh theo chiều thẳng đứng. Chân mây có thể ở tầng dưới nhưng đỉnh mây có thể ở tầng cao.

Về hình dáng, mây có 3 loại như sau:

- Dạng tách biệt thành khối mây riêng, không liên kết với nhau, thường dần lên trong giai đoạn phát triển và lan toả theo chiều ngang khi tan rã.

- Xếp thành những lớp ngang nhưng tách thành hàng, sợi, tấm, hoặc viên, hạt (lổn nhổn như đàn cừu).

- Làm thành màn liên tục.

Các dạng mây cơ bản được trình bày trong bảng 2.2 dưới đây.

Bảng 2.2. Phân loại mây theo họ và dạng mây cơ bản

Họ	Tên mây	Tên quốc tế	Ký hiệu
1	Tí	Cirrus	Ci
	Tí tích	Cirrocumulus	Cc
	Tí tầng	Cirrostratus	Cs
2	Trung tích	Alto cumulus	Ac
	Trung tầng	Altostratus	As
3	Tầng	Stratus	St
	Tầng tích	Stratocumulus	Sc
	Vũ tầng	Nimbostratus	Ni
4	Tích	Cumulus	Cu
	Vũ tích	Cumulonimbus	Cb

Ngày nay, người ta đã có bảng phân loại mây chi tiết hơn. Các dạng, loại mây được chụp thành những ảnh chuẩn và được lưu trữ trong các album mây tại các trạm quan trắc. Điều đó giúp các quan trắc viên nhận định đúng dạng loại mây có trên bầu trời.

2.2. QUY LUẬT BIẾN ĐỔI CỦA ÁP SUẤT KHÍ QUYỂN THEO ĐỘ CAO

2.2.1. Phương trình cơ bản của tĩnh học khí quyển

Xét khí quyển ở trạng thái không khí không chuyển động so với mặt đất. Trạng thái này được gọi là *trạng thái tĩnh* của khí quyển. Đồng thời giả thiết thêm rằng:

- Không khí được coi là khí lý tưởng.
- Thành phần không khí không thay đổi theo chiều cao.

Xét một cột không khí thẳng đứng tiết diện đơn vị. Khi đó, ở độ cao z bất kỳ, nếu không khí ở trạng thái tĩnh thì áp suất p phải bằng trọng lượng của cột khí bên trên mực z :

$$Q = p \quad (2.1)$$

Từ (2.1) cho thấy áp suất giảm dần theo độ cao do sự giảm của trọng lượng Q .

Trong trường hợp không khí chuyển động thì công thức (2.1) không hoàn toàn đúng. Song các phân tích chi tiết cho thấy: trong khí quyển thực, do chuyển động của không khí và gia tốc của nó nhỏ, nên đa số trường hợp ảnh hưởng của nó đến điều kiện tĩnh của khí quyển có thể bỏ qua. Chỉ trong trường hợp chuyển động với tốc độ lớn, đặc biệt là khi gia tốc thẳng đứng lớn thì có ảnh hưởng đến áp suất.

Xét trường hợp không có xáo trộn thẳng đứng, tại độ cao nào đó ta tách ra một cột không khí tiết diện đơn vị. Giả sử áp suất ở đáy dưới là p , đáy trên là $p - dp$, nên hiệu áp suất theo phương nằm ngang bằng không thì mức giảm áp suất $-dp$ theo (2.1) sẽ được xác định bởi trọng lượng cột không khí. Gọi ρ là mật độ không khí ở độ cao z đã cho, còn g là gia tốc trọng trường, ta có:

$$-dp = \rho g dz, \text{ hay } \frac{dp}{dz} = -\rho g \quad (2.2)$$

Phương trình (2.2) được gọi là phương trình tĩnh học của khí quyển.

2.2.2. Công thức khí áp tổng quát và các công thức khí áp riêng

Từ phương trình (2.2) ta có thể tìm được quy luật biến đổi áp suất p và mật độ ρ theo chiều cao. Sử dụng phương trình trạng thái:

$$\rho = p \frac{\mu}{R * T} = \frac{p}{RT}$$

Ta biến đổi (2.2) thành dạng:

$$-dp = p \frac{\mu g}{R * T} dz = \frac{p g}{RT} dz \quad (2.3)$$

$$\text{Hay} \quad \frac{dp}{p} = -\frac{g}{RT} dz \quad (2.3')$$

Tích phân (2.3') từ mực $z_0 = 0$ ứng với $p = p_0$ đến độ cao z ứng với $p = p_z$, ta được công thức khí áp tổng quát:

$$p_z = p_0 e^{-\int_0^z \frac{dz}{RT}} = p_0 e^{-\int_0^z \frac{\mu g}{R * T} dz} \quad (2.4)$$

$$\text{Từ} \quad \rho_z = \frac{p_z}{RT_z}; \quad \rho_0 = \frac{p_0}{RT_0} \text{ ta có } \frac{p_z}{p_0} = \frac{\rho_z T_z}{\rho_0 T_0}.$$

Thay vào (2.4) ta được công thức biểu diễn sự biến đổi mật độ theo chiều cao:

$$\rho_z = \rho_0 \frac{T_0}{T_z} e^{-\int_0^z \frac{\mu g}{R * T} dz} \quad (2.4')$$

Do $\rho = n.m$, trong đó n là số phân tử trong 1cm^3 , m là khối lượng trung bình của phân tử nên ta có:

$$n_z = n_0 \frac{T_0}{T_z} e^{-\int_0^z \frac{\mu g}{R * T} dz} \quad (2.4'')$$

Công thức (2.4'') cho biết quy luật phân bố tổng quát theo chiều cao của số phân tử trong một đơn vị thể tích.

Từ các công thức (2.4), (2.4') cho thấy: sự biến đổi của áp suất và mật độ chất khí bất kỳ theo độ cao phụ thuộc vào loại khí (trọng lượng phân tử μ); sự thay đổi theo nhiệt độ T và gia tốc trọng trường g .

Do sự biến đổi của nhiệt độ theo chiều cao rất phức tạp, không thể biểu diễn bằng công thức tổng quát nên không thể tính được tích phân trong các công thức (2.4), (2.4'), (2.4'') dưới dạng tổng quát. Tích phân đó chỉ lấy được trong các trường hợp riêng khi biết quy luật thay đổi của nhiệt độ theo chiều cao. Thông thường, có thể coi thành phần không khí không thay đổi ($\mu = \text{const}$) và bỏ qua sự thay đổi của g theo chiều cao ($g(z) = \text{const}$) trong lớp khí quyển dưới 80 – 100km.

Trong khí tượng, thường xét các trường hợp riêng sau:

– Mật độ khí quyển ρ không đổi theo chiều cao, khí quyển có tính chất này gọi là *khí quyển đồng nhất*.

– Nhiệt độ không biến đổi theo chiều cao – *khí quyển đẳng nhiệt*.

– Nhiệt độ không khí giảm theo độ cao với quy luật tuyến tính:

$$T_z = T_0 - \gamma z$$

Trong đó: $\gamma = -\partial T/\partial z$ là gradien nhiệt độ thẳng đứng. Khí quyển có tính chất này gọi là *khí quyển đa nguyên*.

Việc tách khí quyển thành các trường hợp trên có thể thực hiện được đến một độ cao nhất định. Khi đó các lớp sẽ có một trong những dạng đã nêu. Ta sẽ lần lượt xét sự phân bố áp suất trong từng trường hợp.

1. Khí quyển đồng nhất

Do $\rho(z) = \rho_0 = \text{const}$ nên tích phân (2.2) trong trường hợp $g = g_0 = \text{const}$ từ mực $z = 0$, khi đó $p = p_0$ đến mực z , ở đó $p = p_z$ ta được:

$$p_z = p_0 - g_0 \rho_0 z \quad (2.5)$$

Như vậy, áp suất trong trường hợp này giảm tuyến tính theo chiều cao và trở nên bằng không ở độ cao:

$$z = \frac{p_0}{\rho_0 g_0} = \frac{R \cdot T(0)}{\mu g_0} = H \quad (2.6)$$

ở đây, $T(0)$ là nhiệt độ tại mặt đệm: $z = 0$.

Độ cao H được gọi là *độ cao của khí quyển đồng nhất*. Về giá trị, với không khí khô ($\mu = 28,966$), khi $T(0) = T_0 = 273^\circ\text{K}$; $g_0 = 9,8\text{m/s}^2$ thì $H_0 = 7.990\text{m} \approx 8.000\text{m}$

Khi $T(0)$ khác T_0 và bằng T thì:

$$H = \frac{RT}{g_0} = \frac{RT_0 T}{g_0 T_0} = H_0 \frac{T}{T_0} = H_0 (1 + \alpha t) \quad (2.6')$$

Đối với từng chất khí riêng biệt ta cũng có độ cao H_0 tương ứng. Chẳng hạn, độ cao khí quyển đồng nhất ứng với khí N_2 là 8.860m, với O_2 là 7.230m, với CO_2 là 5.225m, với hơi nước là 12.830m.

Cùng với sự biến đổi của áp suất theo chiều cao, trong khí quyển đồng nhất, nhiệt độ cũng biến đổi theo chiều cao. Từ phương trình trạng thái $T = p/R\rho$, đạo hàm hai vế theo z và chú ý: $\rho = \rho_0 = \text{const}$ ta được:

$$-\frac{dT}{dz} = -\frac{1}{R\rho} \frac{dp}{dz} = +\frac{g}{R} = +3,24^\circ/100\text{m} \quad (2.7)$$

Đó chính là *gradien nhiệt độ của khí quyển đồng nhất*.

Độ cao H của khí quyển đồng nhất chỉ là độ cao giả định nhưng nó có ý nghĩa như là hằng số trong một số tính toán. Nhờ đại lượng này ta có thể viết phương trình tĩnh học dưới dạng:

$$-\frac{dp}{p} = \frac{g}{RT} dz = \frac{1}{H} dz \quad (2.8)$$

Như vậy, H có thể chọn làm một đơn vị để đo độ cao.

2. Khí quyển đẳng nhiệt

Ta viết lại (2.3) dưới dạng:

$$\frac{dp}{p} = -\frac{g}{RT} dz$$

Vì T không biến đổi theo chiều cao nên tích phân phương trình trên trong giới hạn (p_0, p_r) và $(0, z)$ ta được:

$$\ln \frac{p_z}{p_0} = -\frac{g_0}{RT} z = -\frac{g_0 H}{R \cdot T} z \quad (2.9)$$

$$\text{Hoặc} \quad p_r = p_0 e^{-\frac{g_0 H}{R \cdot T} z} = p_0 e^{-\frac{g_0 z}{RT}} \quad (2.9')$$

$$\text{Vì} \quad (g_0/RT) = (1/H)$$

$$\text{nên:} \quad p_r = p_0 e^{-z/H} \quad (2.9'')$$

Như vậy, trong khí quyển đẳng nhiệt, áp suất giảm theo quy luật hàm mũ.

Từ (2.9'') cho thấy, khí quyển đẳng nhiệt không có giới hạn trên, còn khi $z = H$ thì áp suất giảm đi e lần. Cũng từ (2.9'') ta có thể tính được độ cao z khi biết áp suất p_r trong khí quyển đẳng nhiệt.

$$z = H \ln(p_0/p_r) \quad (2.10)$$

$$\text{hay} \quad z = H_0 \cdot (1 + \alpha t) \cdot 2,3 \cdot \lg(p_0/p_r)$$

Lấy $H_0 = 8.000\text{m}$ ta được

$$z = 18400(1 + \alpha t) \lg(p_0/p_r) \quad (2.10')$$

Từ (2.10') cho thấy, khi $t = 0$ thì ở độ cao $z = 18,4\text{km}$ áp suất giảm đi 10 lần, còn ở độ cao $z = 37\text{km}$ áp suất giảm đi 100 lần. Đối với khí quyển thực thì giá trị này nhỏ hơn vì nhiệt độ trung bình của lớp $\bar{t} < 0^\circ$.

3. Khí quyển đa nguyên

Trong khí quyển đa nguyên, ta giả thiết *nhiệt độ giảm theo chiều cao với quy luật tuyến tính*.

$$T = T_0 - \gamma z \quad (2.11)$$

Trong đó, $\gamma = -\partial T/\partial z$ là gradien nhiệt độ thẳng đứng. Khi đó phương trình tĩnh học có dạng:

$$\frac{dp}{p} = -\frac{g}{RT} dz = -\frac{g dz}{R(T_0 - \gamma z)} = \frac{g dT}{R\gamma T} \quad (2.12)$$

Tích phân (2.12) theo các giới hạn (p_0, p_z) , (T_0, T_z) , $(0, z)$ ta được:

$$\ln \frac{p_z}{p_0} = \frac{g}{R\gamma} \ln \frac{T_z}{T_0}$$

$$\text{Hay} \quad \frac{p_z}{p_0} = \left(\frac{T_z}{T_0} \right)^{\frac{R\gamma}{g}} = \left(1 - \frac{\gamma z}{T_0} \right)^{\frac{R\gamma}{g}} \quad (2.13)$$

chính là quy luật biến đổi của áp suất theo chiều cao trong khí quyển đa nguyên.

Độ cao z ứng với áp suất p , tính được khi biến đổi công thức (2.13) thành dạng:

$$1 - \frac{\gamma z}{T_0} = \left(\frac{p_z}{p_0} \right)^{\frac{R\gamma}{g}}$$

$$\text{Và:} \quad z = \frac{T_0}{\gamma} \left[1 - \left(\frac{p_z}{p_0} \right)^{\frac{R\gamma}{g}} \right] \quad (2.14)$$

phụ thuộc vào γ .

Giới hạn trên của khí quyển đa nguyên H_γ nơi áp suất bằng không, được tính từ công thức (2.14):

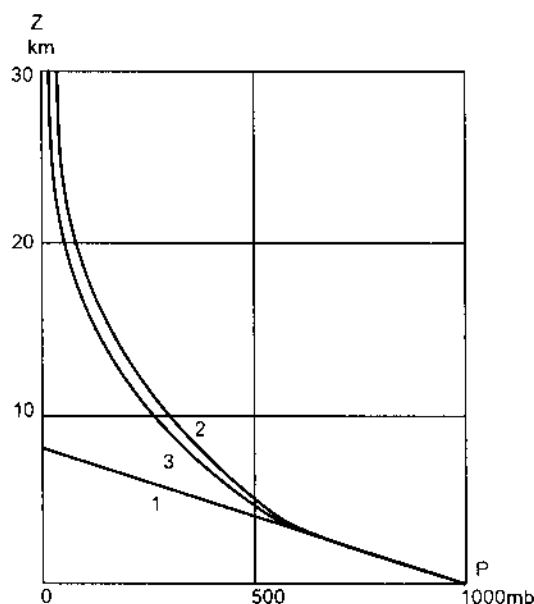
$$H_\gamma = T_0/\gamma \quad (2.15)$$

– Nếu lấy $T^0 = 273^0\text{K}$, $\gamma = 6^0/\text{km}$ thì $H_\gamma = 45\text{km}$. Nếu $\gamma \rightarrow 0$ thì $H_\gamma \rightarrow \infty$ ta được kết quả trùng với trường hợp khí quyển đẳng nhiệt.

– Nếu lấy $\gamma = + 3,42^0/100\text{m}$ và $T^0 = 273^0\text{K}$ thì $H_\gamma = 8.000\text{m}$ bằng độ cao khí quyển đồng nhất. Như vậy, khí quyển đa nguyên là trường hợp tổng quát của khí quyển đồng nhất và khí quyển đẳng nhiệt.

So sánh sự biến đổi áp suất theo chiều cao trong ba trường hợp riêng ở trên cho thấy: áp suất giảm nhanh nhất trong khí quyển đồng nhất, sau đó đến khí quyển đa nguyên và khí quyển đẳng nhiệt (hình 2.2).

Trong một số tính toán thực tế (đặc biệt trong hàng không) người ta đưa vào khái niệm “khí quyển chuẩn”. Đó là khí quyển có sự giảm nhiệt độ tuyến tính theo chiều cao với gradien nhiệt độ $\gamma = 0,65^\circ/100\text{m}$, cho đến độ cao 11km, lớp từ 11km đến 30km là đẳng nhiệt ($T' = 216,5^\circ\text{K}$). Như vậy, cho đến độ cao 11km có thể áp dụng cho các công thức của khí quyển đa nguyên, còn lớp từ 11 – 30km có thể áp dụng các công thức của khí quyển đẳng nhiệt.



Hình 2.2. Sự phân bố áp suất trong khí quyển đồng nhất (1), đẳng nhiệt (2) và đa nguyên (3)

2.2.3. Công thức khí áp toàn phần (công thức Laplace)

Xét sự thay đổi áp suất theo chiều cao trong lớp có độ cao từ z_1 đến z_2 . Khi đó công thức khí áp có dạng:

$$p_2 = p_1 e^{-\int_{z_1}^{z_2} (g/RT) dz} \quad (2.16)$$

Trong đó, p_1 và p_2 là áp suất ở độ cao z_1 và z_2 .

Nếu gọi đại lượng:

$$\bar{T}_{ka} = \frac{z_1 - z_2}{\int_{z_1}^{z_2} (g/RT) dz} \quad (2.17)$$

có thứ nguyên nhiệt độ là nhiệt độ khí áp trung bình thì (2.16) có thể viết dưới dạng:

$$p_2 = p_1 e^{\frac{R}{T_{ka}} (z_2 - z_1)} \quad (2.18)$$

Hiệu độ cao $z_2 - z_1$ có thể tính được theo công thức

$$z_2 - z_1 = \frac{R}{g} \bar{T}_{ka} \ln \frac{p_1}{p_2} \quad (2.19)$$

Như vậy, nhiệt độ khí áp trung bình chính là nhiệt độ của lớp đẳng nhiệt ảo có bề dày và hiệu áp suất ở giới hạn của nó bằng bề dày và hiệu áp suất ở giới hạn của lớp khí quyển thực. Trong thực tế, với một lớp không dày lắm, nhiệt độ trung bình số học của lớp: $\bar{T} = (1/2)(T_1 + T_2)$ chỉ lớn hơn nhiệt độ khí áp trung bình chút ít nên có thể sử dụng chúng thay cho nhiệt độ khí áp trung bình. Chỉ với những lớp có bề dày lớn hơn 5km và có gradien nhiệt độ thẳng đứng lớn ($\gamma = 1^\circ/100m$) thì sai số khi dùng nhiệt độ trung bình số học thay cho nhiệt độ khí áp trung bình mới vượt quá 1mbar, tức là vượt quá sai số quan trắc khí áp.

Khi dùng nhiệt độ $\bar{T}$, ta có thể viết công thức (2.19) dưới dạng:

$$z_2 - z_1 = \frac{R}{g} \bar{T} \ln \frac{p_1}{p_2} \quad (2.20)$$

Nếu sử dụng trong khí quyển thực có hơi nước ta phải dùng nhiệt độ ảo:

$$T_a = T [1 + \beta(e/p)] = T_0 (1 + \alpha t) [1 + \beta(e/p)]$$

Trong đó, $\beta = 0,378$; e là sức trương hơi nước; $T_0 = 273^\circ K$. Khi đó, công thức (2.20) có thể viết dưới dạng:

$$z_2 - z_1 = \frac{R}{g} \bar{T}_a \ln \frac{p_1}{p_2} = \frac{R}{g} T_0 (1 + \alpha \bar{t}) \left[1 + \beta \frac{\bar{e}}{p} \ln \frac{p_1}{p_2} \right] \quad (2.21)$$

$\bar{t}$ và $\bar{e}$ là những giá trị trung bình số học. Sự biến đổi của gia tốc trọng trường theo độ cao và vĩ độ được xác định bởi công thức:

$$g = g_{0,45} (1 - a \cos 2\varphi) (1 - b.h) \quad (2.22)$$

Trong đó: φ là vĩ độ địa phương; h là độ cao trên mặt biển; $g_{0,45} = 980,6 m/s^2$ là giá trị gia tốc trọng trường ở mực biển tại vĩ độ $\varphi = 45^\circ$; $a = 0,00264$ và $b = 3,14 \cdot 10^{-7} m^{-1}$. Áp dụng công thức trên ta có thể viết (2.21) dưới dạng:

$$z_2 - z_1 = \frac{RT_0(1 + \alpha \bar{t}) \left[1 + \beta \left(\bar{e} / p \right) \right]}{g_{0,45}(1 - a \cos 2\phi)(1 - b\bar{h})} \ln \frac{p_1}{p_2} \quad (2.23)$$

Trong đó, $\bar{h} = (z_1 + z_2)$ là độ cao trung bình của lớp. Nhân cả tử và mẫu của (2.23) với $(1 + a \cos 2\phi)(1 + b\bar{h})$ và chú ý $(a \cos 2\phi)^2$; $(b\bar{h})^2$ rất nhỏ, ta được:

$$z_2 - z_1 = \frac{RT_0}{g_{0,45}}(1 + \alpha \bar{t}) \left[1 + \beta \frac{\bar{e}}{p} \right] (1 + a \cos 2\phi)(1 + b\bar{h}) \ln \frac{p_1}{p_2} \quad (2.24)$$

Công thức (2.24) được gọi là công thức Laplace. Người ta còn viết công thức Laplace dưới dạng khác:

$$z_2 - z_1 = 18400(1 + \alpha \bar{t}) \left[1 + \beta \frac{\bar{e}}{p} \right] (1 + a \cos 2\phi)(1 + b\bar{h}) \lg \frac{p_1}{p_2} \quad (2.25)$$

Trong trường hợp không khí khô và bỏ qua sự thay đổi của gia tốc trọng trường ta có:

$$z_2 - z_1 = 18400(1 + 0,00366\bar{t}) \lg \frac{p_1}{p_2} \quad (2.26)$$

Đây là công thức đơn giản tính bề dày của lớp khi biết áp suất ở giới hạn trên và dưới cùng với nhiệt độ trung bình của nó.

2.2.4. Công thức khí áp rút gọn. Bậc khí áp

1. Công thức khí áp rút gọn

Trong một số trường hợp, để tính bề dày của lớp người ta sử dụng công thức khí áp rút gọn (còn được gọi là công thức Babinê):

$$z_2 - z_1 = 2H_0(1 + \alpha \bar{t}_a) \frac{p_1 - p_2}{p_1 + p_2} \quad (2.27)$$

$$\text{Trong đó: } 2H_0 = 2(273.R/g) \approx 16.000\text{m} \quad (2.27')$$

Công thức Babinê chỉ sử dụng được đối với lớp mỏng. Nó được rút ra từ công thức (2.9'') đối với lớp có bề dày $z_2 - z_1$:

$$p_2 = p_1 e^{-\frac{z_2 - z_1}{H}} \quad (2.28)$$

Khi đó với $z_2 - z_1$ đủ nhỏ, ta có thể khai triển $e^{-\frac{z_2 - z_1}{H}}$ thành chuỗi và lấy tới số hạng bậc nhất ta được:

$$e^{\frac{z_2 - z_1}{H}} = 1 - \frac{z_2 - z_1}{H}$$

Thay vào (2.28) ta có:

$$p_2 = p_1 \left(1 - \frac{z_2 - z_1}{H} \right)$$

Biến đổi tiếp ta được:

$$z_2 - z_1 = H \frac{p_1 - p_2}{p_1}$$

Khi thay $H = H_0(1 + \alpha t)$ và đưa vào nhiệt độ ảo ta thu được:

$$z_2 - z_1 = H_0(1 + \alpha t_a) \frac{p_1 - p_2}{p_1} \quad (2.28')$$

Thay giá trị p_1 bằng $(p_1 + p_2)/2$ ta được công thức Babinê (2.27).

2. Bậc khí áp

Trong trường hợp không cần độ chính xác lớn, chúng ta có thể sử dụng đại lượng bậc khí áp để đặc trưng cho biến đổi của khí áp theo chiều cao. Bậc khí áp là độ cao tính bằng mét mà khi đi lên hoặc hạ xuống thì áp suất thay đổi 1mbar. Từ phương trình tĩnh học cơ bản dạng (2.2) đối với sai phân hữu hạn ta được:

$$-\frac{\Delta z}{\Delta p} = \frac{1}{g\rho} = \frac{RT}{pg} = \frac{H}{p} = \frac{H_0(1 + \alpha t)}{p} \quad (2.29)$$

Như vậy, bậc khí áp tỷ lệ nghịch với mật độ ρ do đó sẽ tăng theo chiều cao. Trong trường hợp cùng áp suất thì bậc khí áp trong không khí nóng lớn hơn trong không khí lạnh.

Từ (2.29) cho thấy, khi $p = 1.000\text{mbar}$ và $t = 0^\circ\text{C}$ thì $\Delta z/\Delta p = 8\text{m/mbar}$. Các giá trị của bậc khí áp ứng với giá trị p , t khác nhau được đưa ra trong bảng 2.3.

Bảng 2.3. Các giá trị của bậc khí áp (m/mbar)

Áp suất (mbar)	Nhiệt độ ($^\circ\text{C}$)				
	- 40	- 20	0	20	40
1.000	6,7	7,4	8,0	8,6	9,3
500	13,4	14,7	16,0	17,3	18,6
100	67,2	73,6	80,0	86,4	92,8

Đại lượng nghịch đảo của bậc khí áp được gọi là gradien khí áp thẳng đứng, nó cho biết sự thay đổi áp suất trên một đơn vị độ cao. Ký hiệu G_z là gradien khí áp thẳng đứng, ta có:

$$G_z = -\frac{\partial p}{\partial z} \quad (2.30)$$

$$\text{Vì: } \frac{\partial p}{\partial z} = -g\rho = -\frac{g}{R} \frac{p}{T}$$

$$\text{ta có: } G_z = \frac{981}{2,87 \cdot 10^6} \frac{p}{T} \quad (\text{mbar}/100\text{m}) \quad (2.30')$$

Với các giá trị p , T nào đó đã cho, ta có thể tính được giá trị của gradien khí áp thẳng đứng theo (2.30').

2.2.5. Công thức khí áp đối với những lớp khí quyển trên cao

Khi sử dụng công thức khí áp để tính áp suất trên những độ cao lớn, ta không thể coi gia tốc trọng trường là hằng số mà phải tính đến sự thay đổi của nó theo chiều cao cho bởi công thức:

$$g_h = g_0 \left(\frac{a}{a+h} \right)^2, \text{ trong đó } a \text{ là bán kính Trái Đất.}$$

Khi đó có thể viết công thức khí áp dưới dạng tổng quát sau:

$$-dp = \frac{p}{RT} g_0 \left(\frac{a}{a+h} \right)^2 dz$$

$$\text{Hay } -\frac{dp}{p} = \frac{g_0}{RT} a^2 \frac{dz}{(a+h)^2} = \frac{g_0}{RT} a^2 \frac{dh}{(a+h)^2} \quad (2.31)$$

Tích phân công thức trên khi coi nhiệt độ không đổi theo chiều cao trong giới hạn (p_0, p_h) , $(0, h)$ ta được:

$$p_h = p_0 e^{-\frac{g_0}{RT} \frac{a^2}{a+h} h} \quad (2.32)$$

Từ (2.32) cho thấy: sự giảm áp suất (cả nhiệt độ) theo chiều cao trong trường hợp này nhỏ hơn so với trường hợp $g = \text{const}$. Khi $h \geq 100\text{km}$ thì mức độ giảm chậm hơn này trở nên đáng kể.

Giả thiết $T = \text{const}$ thực ra không thực tế vì nhiệt độ các lớp cao thay đổi theo chiều cao rất phức tạp, chưa được nghiên cứu đầy đủ. Ngoài ra, cũng cần xét đến khái niệm áp suất được áp dụng như thế nào đối với các lớp cao

của khí quyển, ở đó không khí rất loãng, số phân tử ít, sự va chạm giữa các phân tử xảy ra là hữu hạn, vì vậy quãng đường tự do của các phân tử sẽ lớn, có cùng bậc với độ cao của khí quyển đồng nhất H. Song các kết quả nghiên cứu vấn đề này đã cho thấy có thể áp dụng được công thức khí áp đến độ cao 1.000km chứ không thể cao hơn.

2.2.6. Ứng dụng của các công thức khí áp

Các công thức khí áp biểu thị mối liên hệ giữa ba đại lượng cơ bản: áp suất p , nhiệt độ ảo T_a và độ cao z . Khi biết hai trong ba đại lượng trên có thể tìm được đại lượng thứ ba. Thông thường người ta sử dụng các công thức khí áp để giải các bài toán sau:

1. Tính sự phân bố áp suất theo chiều cao

Để tính áp suất p_2 tại mực z_2 đã cho ta phải biết áp suất p_1 tại mực z_1 nào đó và nhiệt độ ảo trung bình $\bar{t}_a$ của lớp giữa z_1 và z_2 . Khi đó, có thể áp dụng công thức khí áp đối với khí quyển đẳng nhiệt.

2. Tính hiệu độ cao tại hai điểm

Để tính hiệu độ cao tại 2 điểm $\Delta z = z_2 - z_1$ ta phải biết áp suất và nhiệt độ ảo tương ứng tại hai điểm đó. Khi đó có thể sử dụng công thức Laplace với độ chính xác cao. Song trong thực tế, thường dùng công thức đối với khí quyển đẳng nhiệt (trong lớp 1 – 2km) và coi

$$\bar{t}_a = (1/2)[(t_a)_1 + (t_a)_2]$$

Để tiện tính toán người ta đã lập giản đồ.

3. Chuyển đổi áp suất về mực biển

Đây là bài toán được áp dụng rộng rãi trong khí tượng và môi trường. Ở các trạm quan trắc có độ cao trên mặt biển khác nhau, nên để có thể so sánh áp suất ở các điểm khác nhau ta phải chuyển hoá áp suất về mực biển. Giả sử, biết áp suất tại trạm là p_2 , độ cao trạm là z_2 , nhiệt độ ảo tại trạm và nhiệt độ tại mực biển (do nội ngoại suy), ta có thể tính được áp suất tại mực biển.

4. Xác định nhiệt độ trung bình của lớp

Trong trường hợp biết áp suất tại hai mực z_1 và z_2 là p_1 và p_2 , có thể xác định được nhiệt độ ảo trung bình của lớp.

5. Xác định khối lượng khí quyển và sự phân bố của nó theo độ cao

Áp suất khí quyển tại một mực nào đó bằng trọng lượng cột không khí tiết diện đơn vị trải từ mực đó tới giới hạn trên của khí quyển. Vậy, nếu ký

hiệu áp suất khí quyển tại mặt đất là p_0 , khối lượng cột không khí đơn vị trải từ mặt đất tới giới hạn trên của khí quyển là m_0 , ta có mối liên hệ:

$$p_0 = m_0 g \quad (2.33)$$

Từ đó có thể tính được m_0 khi biết p_0 và g . Coi p_0 là áp suất chuẩn tại mực biển và $p_0 = 1,0132 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ và $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ta tính được:

$$m_0 = \frac{1,0132 \cdot 10^5}{9,81} \text{ kg} = 10.336 \text{ kg}$$

Khối lượng của toàn bộ khí quyển sẽ là:

$$M = m_0 S = m_0 4\pi a^2$$

Trong đó: S là diện tích bề mặt Trái Đất, a là bán kính Trái Đất.

Với $a = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$ ta dễ dàng tính được:

$$M = 5,3 \cdot 10^8 \text{ kg} = 5,3 \cdot 10^{15} \text{ tấn}$$

Trong khi đó, khối lượng của Trái Đất bằng $6 \cdot 10^{21}$ tấn. Từ đây ta suy ra khối lượng của khí quyển nhỏ hơn của Trái Đất cỡ 10^6 lần.

Để biết sự phân bố theo phương thẳng đứng của khối lượng khí quyển ta cần tính tỷ số m_z/m_0 , trong đó m_z là khối lượng cột không khí đơn vị trải từ mặt đất tới mực z . Gọi m_1 là khối lượng cột không khí đơn vị trải tiếp từ mực z tới giới hạn trên của khí quyển, ta có mối liên hệ:

$$m_z = m_0 - m_1 \quad (2.34)$$

Còn m_1 , tương tự như hệ thức (2.33) ta có:

$$m_1 = \frac{p(z)}{g}$$

Đưa hệ thức này vào (2.34) và lưu ý tới công thức khí áp tổng quát ta được:

$$\begin{aligned} m_z &= m_0 - \frac{p(z)}{g} = m_0 - \frac{p_0 e^{-\int_0^z \frac{g dz}{RT}}}{g} \\ &= m_0 - m_0 e^{-\int_0^z \frac{g dz}{RT}} \\ &= m_0 \left(1 - e^{-\int_0^z \frac{g dz}{RT}} \right) \end{aligned}$$

$$\text{Từ đó: } \frac{m_z}{m_0} = 1 - e^{-\int_0^z \frac{g dz}{RT}} \quad (2.35)$$

Như vậy, tỷ số m_z/m_0 hoàn toàn tính được nếu biết sự biến đổi của T và g theo z . Để dễ dàng tính toán, ta giả thiết khí quyển là đẳng nhiệt và g ít biến đổi theo độ cao. Khi đó (2.35) trở thành:

$$\frac{m_z}{m_0} = 1 - e^{-z/H} \quad (2.36)$$

Trong đó, H là độ cao của khí quyển đẳng nhiệt ở nhiệt độ T , có thể lấy $H \approx H_0 \approx 8.000\text{m}$. Từ hệ thức (2.36) ta tính được tỷ số m_z/m_0 với các mực z khác nhau. Chẳng hạn, với: $z = 8.000\text{m}$ thì $m_z/m_0 = 0,63$; $z = 5.500\text{m}$ thì $m_z/m_0 = 0,50$.

Như vậy, trong lớp từ mặt đất đến độ cao $z = 8.000\text{m}$ đã chiếm 63% toàn bộ khối lượng khí quyển. Với khí quyển đẳng nhiệt $t = 0^\circ\text{C}$ thì 50% khối lượng khí quyển trong lớp dưới 5,5km, 99% trong lớp dưới 36km.

Thực tế, trong khí quyển, nhiệt độ thay đổi theo chiều cao, vì vậy kết quả trên có sai khác ít nhiều so với giá trị thực. Song sự sai khác không lớn lắm nên vẫn có thể dùng công thức trên để mô tả sự phân bố khối lượng khí quyển theo chiều cao.

2.2.7. Mặt đẳng áp và đường đẳng áp. Các trung tâm khí áp

Mặt đẳng áp là mặt mà áp suất tại các điểm trên đó có giá trị như nhau. Hình dạng các mặt đẳng áp nhìn chung rất phức tạp.

Khi cắt các mặt đẳng áp bởi một mặt đẳng mực (mặt đẳng độ cao) ta sẽ được họ các đường đẳng áp tại mực này. Nếu cắt các mặt đẳng áp bởi mặt phẳng thẳng đứng (chẳng hạn theo một mặt phẳng thẳng đứng qua một kinh tuyến nào đấy) ta cũng được họ các đường đẳng áp. Các đường đẳng áp trên mặt đẳng mực hoặc mặt phẳng thẳng đứng cho ta biết sự phân bố khí áp tương ứng theo chiều ngang và theo chiều thẳng đứng tại các mặt này.

Thông thường, trong khí tượng người ta chọn mặt phẳng đẳng mực là mực biển.

Như vậy, số liệu khí áp quan trắc được ở các đài trạm đều phải đưa về mực biển. Các bản đồ trên có thể xây dựng dựa theo số liệu quan trắc đồng thời tại một thời điểm nào đó hoặc theo số liệu đã được lấy trung bình trong khoảng thời gian nào đó: tháng, mùa hoặc năm. Loại bản đồ xây dựng tại một thời điểm được gọi là bản đồ Synop, còn loại xây dựng theo số liệu

trung bình được gọi là bản đồ khí hậu. Các đường đẳng áp trên các loại bản đồ này thường có giá trị cách nhau 5mbar.

Để đặc trưng cho mức độ thay đổi khí áp theo phương nằm ngang ta sử dụng gradient khí áp ngang: $G_n = - \partial p / \partial n$, trong đó n là pháp tuyến với đường đẳng áp. Gradient khí áp hướng về phía áp thấp và giá trị của nó được tính bằng mbar trên một độ kinh tuyến (khoảng 111km).

Trên các bản đồ Synop hoặc bản đồ khí hậu bao quát một vùng rộng lớn, ta có thể thấy các hình thế khí áp điển hình sau:

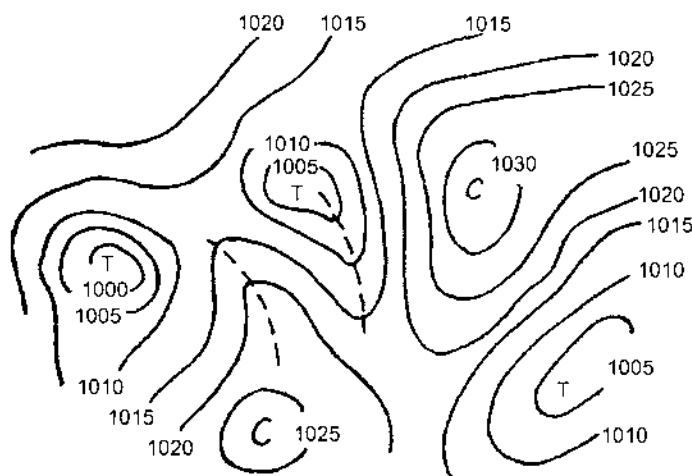
Xoáy thuận: là hình thế được tạo bởi hệ các đường đẳng áp khép kín sắp xếp xung quanh một điểm, tại đó áp suất cực tiểu, điểm này được gọi là tâm xoáy thuận.

Xoáy nghịch: là hình thế được tạo bởi hệ các đường đẳng áp khép kín sắp xếp xung quanh điểm tại đó có áp suất cực đại -- tâm xoáy nghịch.

Rãnh khí áp: là hệ thống các đường đẳng áp không khép kín, kéo dài dưới dạng những cái lưỡi, đường này bao bọc đường kia. Trục rãnh là đường tại đó áp suất có giá trị nhỏ nhất.

Lưỡi khí áp: tương tự như rãnh khí áp, nhưng lưỡi khí áp có trục là đường tại đó áp suất có giá trị lớn nhất.

Yên khí áp: được đặc trưng bởi hai xoáy thuận hoặc rãnh đối nhau kề với hai xoáy nghịch hoặc lưỡi khí áp đối nhau. Điểm giữa của hình thế này được gọi là tâm của yên khí áp. Các hình thế khí áp cơ bản được trình bày trên hình 2.3.



Hình 2.3. Các dạng của trường khí áp

Việc phân tích các trường khí áp thành các dạng hình thế cơ bản được áp dụng trong các nghiệp vụ dự báo thời tiết.

Các bản đồ khí hậu cho ta hình dung sự phân bố trường khí áp trung bình. Người ta đã xây dựng các bản đồ loại này cho toàn cầu theo số liệu trung bình nhiều năm của áp suất trung bình năm hoặc trung bình tháng giêng (đại diện cho mùa đông) và tháng bảy (đại diện cho mùa hè).

Phân tích bản đồ khí áp trung bình toàn năm cho thấy ở xích đạo có đối áp thấp, từ xích đạo về phía Bắc và phía Nam, áp suất tăng dần, đạt cực đại ở khoảng vĩ độ $30 - 40^{\circ}\text{N}$ (S), sau đó áp suất lại giảm đạt cực tiểu ở vùng vĩ độ $60 - 70^{\circ}\text{N}$ (S), từ vĩ độ này về cực áp suất có tăng chút ít. Phân tích bản đồ khí áp trung bình tháng giêng và tháng bảy cho thấy sự phân bố khí áp phức tạp hơn. Trên các bản đồ này thể hiện rõ những trung tâm áp cao và áp thấp với nhiều đường đẳng áp khép kín bao quát không gian rộng lớn.

Sự phân bố khí áp không đều trên mặt đất do nguyên nhân nhiệt lực và nguyên nhân động lực quyết định. Nguyên nhân đầu xuất hiện do sự đốt nóng không đều của mặt đệm, bên trên mặt đệm lạnh áp suất ở gần mặt đất sẽ có điều kiện tăng lên và ngược lại. Ngoài ra có thể thấy rõ ảnh hưởng của nguyên nhân động lực thể hiện ở vùng có sự hội tụ hoặc phân kỳ của không khí, ở vùng hội tụ áp suất tăng, ở vùng phân kỳ áp suất giảm đi. Hai nguyên nhân trên tác động đồng thời và quyết định sự phân bố thực của áp suất.

Ở Bắc bán cầu do phân lực địa khá lớn, sự phân bố áp suất phức tạp hơn nhiều so với Nam bán cầu. Ở lục địa lớn, xuất hiện những trung tâm khí áp theo mùa, chẳng hạn ở vùng châu Á, mùa đông là áp cao, mùa hè lại biểu hiện áp thấp. Các trung tâm khí áp có ảnh hưởng lớn đến các dòng khí, đến điều kiện thời tiết, khí hậu ở vùng lãnh thổ rộng lớn, vì vậy còn được gọi là trung tâm tác động của khí quyển.

2.2.8. Địa thế vị. Công thức khí áp của địa thế vị

Trong khí tượng, khi nghiên cứu sự phân bố của áp suất và chuyển động của không khí, việc sử dụng đại lượng thế vị của trọng lực cho kết quả khá tốt. Thế năng của trọng trường còn được gọi là địa thế vị. *Như vậy, địa thế vị hay thế vị của trọng lực tại một điểm nào đó có độ cao z cách mặt đất (chính xác hơn là mặt biển) là công sản ra của vector trọng lực để đưa một đơn vị khối lượng không khí từ mực ban đầu đến điểm nào đó.* Rõ ràng địa thế vị là hàm của toạ độ điểm mà đạo hàm của nó theo hướng nào đó sẽ cho ta lực tác

động tại điểm này theo hướng đó. Địa thế vị cũng đặc trưng cho năng lượng thế vị (thế năng) của phần tử khí nằm tại điểm xác định.

Bất kỳ điểm nào trong khí quyển (toạ độ x, y, z) cũng được đặc trưng bởi giá trị địa thế vị tại điểm đó: $\Phi(x, y, z)$. Nếu giả thiết $\Phi(x, y, z) = A = \text{const}$ thì ta được mặt đẳng thế vị hay mặt địa thế vị.

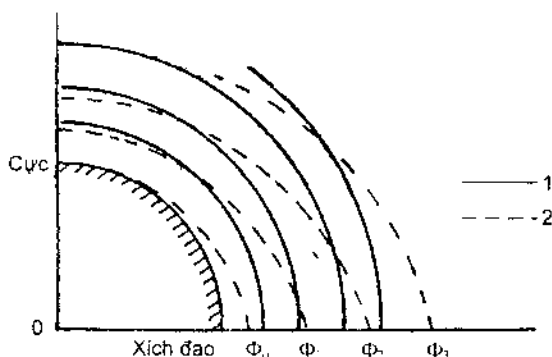
Khi thay hằng số A bằng các giá trị khác nhau ta được các mặt địa thế vị khác nhau. Nếu tại một điểm nào đó trên mặt địa thế vị $\Phi = A$, theo hướng pháp tuyến với mặt này ta lấy một điểm khác rất gần điểm đã cho, cách điểm đã cho một đoạn dz thì địa thế vị tại điểm đó sẽ là $\Phi + d\Phi = A_1$, khi đó công vận chuyển một đơn vị khối lượng từ điểm đầu đến điểm thứ hai sẽ là

$$d\Phi = g dz \quad (2.37)$$

trong đó, g là gia tốc trọng trường.

Nếu giá trị $d\Phi$ là hằng số nào đó thì từ (2.37) cho thấy:

- Khoảng cách giữa 2 mặt địa thế vị rất gần nhau tỷ lệ nghịch với g .
- dz không thể bằng không, chứng tỏ hai mặt địa thế vị không thể cắt nhau hoặc tiếp xúc nhau nếu giá trị địa thế vị của chúng khác nhau. Hay nói cách khác, tại điểm đã cho chỉ có một mặt địa thế vị đi qua.



Hình 2.4. Sự phân bố của các bề mặt đẳng cao (1) và bề mặt đẳng thế (2) trong khí quyển

Người ta quy ước mặt khối điểm có $\Phi_0 = 0$ là mặt biển không xáo động.

Do giá trị của g giảm dần từ cực tới xích đạo nên khoảng cách giữa hai mặt địa thế vị tăng từ cực về xích đạo (xem hình 2.4).

Từ hình 2.4 cho thấy, ở cùng độ cao trên mặt biển, nhưng ở hai vĩ độ khác nhau mà địa thế vị ở điểm A khác địa thế vị tại điểm B (Φ_1 và Φ_2 ; $\Phi_2 > \Phi_1$).

Do đó, dọc bề mặt đẳng cao tồn tại một lực có xu hướng chuyển dịch các điểm vật chất từ cực về xích đạo.

Do quy ước địa thế vị tại mực biển ($z = 0$) bằng 0 nên địa thế vị tại mực z có thể tính bằng cách tích phân công thức (2.37) trong giới hạn $(0, \Phi_2)$, $(0, z)$:

$$\Phi_z = gz \quad (2.38)$$

Đơn vị để đo địa thế vị là $1\text{m}^2/\text{s}^2$, nhưng do nó quá nhỏ nên trong khí tượng người ta dùng đơn vị khác lớn gấp 10 lần và bằng $10\text{m}^2/\text{s}^2$ và gọi là *mét động lực*. Ý nghĩa của đơn vị này có thể thấy từ công thức (2.38) khi lấy $g = 10\text{m}/\text{s}^2$, khi đó giá trị địa thế vị biểu diễn bằng mét động lực bằng giá trị độ cao z tính theo mét hình học.

Giữa độ cao của điểm nào đấy z có mối quan hệ với địa thế vị tại điểm đó theo (2.38) nên để đặc trưng cho vị trí của điểm ta có thể dùng giá trị địa thế vị tại điểm này – gọi là *độ cao địa thế vị* H – thay cho độ cao hình học. Khi đó:

$$H (\text{mét động lực}) = \frac{1}{10} \Phi = \frac{g}{10} z \quad (2.39)$$

Trong đó, z tính bằng mét (m).

Vì g nhỏ hơn $10\text{m}/\text{s}^2$ nên về giá trị, H và z khác nhau. Do đó, từ năm 1952 người ta đã dùng đơn vị khác là mét địa thế vị (mđtv) thay cho mét động lực.

Mét địa thế vị là giá trị của công phải sản ra để đưa một đơn vị khối lượng lên khoảng cách một mét chống lại lực trọng trường có gia tốc là $9,8\text{m}/\text{s}^2$. Như vậy $1\text{mđtv} = 9,8\text{m}^2/\text{s}^2$ và $H (\text{mđtv}) = gz/9,8$ (z tính bằng m).

Do gia tốc trọng trường: $g \approx 9,8\text{m}/\text{s}^2$ nên về giá trị, H (mđtv) và z (m) khác nhau rất ít, nên trong thực tế có thể coi như nhau. Việc đưa vào khái niệm địa thế vị cho phép ta biểu diễn mối liên hệ giữa sự biến đổi của áp suất theo chiều cao với sự biến đổi của địa thế vị. Thật vậy, từ phương trình tĩnh học $dp = -\rho g dz$ ta có

$$dp = -\rho d\Phi \quad (2.40)$$

$$\text{Vì} \quad \rho = p/RT_a$$

$$\text{nên} \quad d\Phi = -RT_a(dp/p) \quad (2.41)$$

Từ đó

$$\int_{\Phi_1}^{\Phi_2} d\Phi = -RT_a \int_{p_1}^{p_2} dp/p \quad (2.42)$$

Ở đây, Φ_1 và Φ_2 là hai giá trị địa thế vị tương ứng trên mực z_1 và z_2 , nơi có áp suất bằng p_1 và p_2 . Từ (2.42) ta có:

$$\Phi_2 - \Phi_1 = R \bar{T}_a \ln \frac{p_1}{p_2} \quad (2.43)$$

Hoặc khi $\Phi_1 = 0$ ứng với $p_1 = p_0$ thì Φ_z ở độ cao nào đó ứng với áp suất p sẽ là:

$$\Phi_z = R \bar{T}_a \ln \frac{p_0}{p} \quad (2.44)$$

Công thức (2.44) có dạng giống các công thức khí áp, vì vậy nó được coi là công thức khí áp của địa thế vị. Nếu đo địa thế vị bằng mét địa thế vị và ký hiệu bằng H , từ (2.43) ta có:

$$\begin{aligned} H_2 - H_1 &= \frac{R}{9,8} \bar{T}_a \ln \frac{p_1}{p_2} = 0,102.2,3.287. \bar{T}_a \lg \frac{p_1}{p_2} \\ &= 67,44. \bar{T}_a \lg \frac{p_1}{p_2} \quad (\text{mdtv}) \end{aligned} \quad (2.45)$$

2.2.9. Địa thế vị tuyệt đối và tương đối. Bản đồ hình thế khí áp

Ta xét trong khí quyển một mặt đẳng áp nào đấy. Độ cao trên mặt biển của các điểm khác nhau trên bề mặt này nói chung là khác nhau. Giá trị địa thế vị tại mỗi điểm, hoặc độ cao địa thế vị của nó H_p được gọi là địa thế vị tuyệt đối của mặt đẳng áp p đã cho và được xác định bởi công thức:

$$\Phi_p = R \bar{T}_a \ln \frac{p_0}{p} \quad (2.46)$$

$$\text{Hoặc} \quad H_p = \frac{1}{9,8} \Phi_p$$

Như vậy, với mặt đẳng áp cho trước ($p = \text{const}$) thì độ cao địa thế vị của nó phụ thuộc vào $\bar{T}_a$ của lớp không khí từ mực biển đến mặt đẳng áp và vào áp suất tại mực biển p_0 . Để thấy rõ điều đó ta vi phân hai vế của (2.46):

$$d\Phi_p = R \ln \frac{p_0}{p} d\bar{T}_a + R \bar{T}_a \frac{dp_0}{p_0} \quad (2.47)$$

Từ đó cho thấy, khi $\bar{T}_a$ tăng hoặc giảm (với $p_0 = \text{const}$) thì địa thế vị tuyệt đối cũng tăng và giảm theo. Cùng mức độ thay đổi của $\bar{T}_a$ nhưng ở các mặt đẳng áp khác nhau, mức độ thay đổi của Φ_p cũng khác nhau, cụ thể là

với p càng nhỏ thì Φ_p thay đổi càng lớn. Khi tăng $\overline{T_a}$ lên 1° thì độ cao địa thế vị mặt 700mbar, ứng với $p_0 = 1.000\text{mbar}$, sẽ tăng lên $80\text{m}^2/\text{s}^2$. Khi tăng p_0 lên 1mbar tất cả các mặt địa thế vị tăng lên khoảng $80\text{m}^2/\text{s}^2$.

Ngoài địa thế vị tuyệt đối, trong khí tượng còn sử dụng địa thế vị tương đối, đó là hiệu địa thế vị của hai mặt đẳng áp p_1 và p_2 , ký hiệu là $H_{p_1}^{p_2} = H_{p_1} - H_{p_2}$. Từ (2.45) ta có:

$$H_{p_1}^{p_2} = 67,44 \cdot \overline{T_a} \lg \frac{p_1}{p_2}$$

Do p_1 và p_2 không đổi nên địa thế vị tương đối chỉ phụ thuộc nhiệt độ ảo trung bình của lớp nằm giữa hai mặt đẳng áp, tăng khi $\overline{T_a}$ tăng và giảm khi $\overline{T_a}$ giảm. Chẳng hạn, lấy $p_1 = 1.000\text{mbar}$, $p_2 = 500\text{mbar}$ ta có:

$$H_{500} - H_{1000} = H_{1000}^{500} = 67,44 \cdot \overline{T_a} \lg \frac{1000}{500} = 20,3 \overline{T_a} \quad (\text{mdtv}) \quad (2.48)$$

Như vậy, nếu $\overline{T_a}$ thay đổi 1° thì bề dày của lớp thay đổi 20m địa thế vị (mdtv).

Người ta dùng khái niệm địa thế vị tương đối và tuyệt đối để xây dựng các bản đồ hình thể khí áp. Các bản đồ này được xây dựng như sau:

Trên bề mặt đẳng áp nào đấy bao phủ mặt lãnh thổ rộng lớn ta vẽ những đường cùng độ cao địa thế vị tuyệt đối của nó. Những đường này chính là giao tuyến của mặt đẳng áp với các mặt địa thế vị và được gọi là đường đẳng cao. Như vậy, vùng bề mặt đẳng áp nằm cao hơn (vùng có độ cao địa thế vị của mặt đẳng áp lớn hơn) sẽ trùng với vùng có khí áp trên cùng độ cao hình học lớn hơn và ngược lại. Loại bản đồ này được gọi là bản đồ hình thể tuyệt đối và được ký hiệu là AT_p ; chẳng hạn $AT_{1.000}$, AT_{850} , AT_{700} , AT_{500} , AT_{300} , AT_{200} , AT_{100} , v.v...

Ngoài bản đồ hình thể tuyệt đối, người ta còn xây dựng bản đồ hình thể tương đối và ký hiệu là $OT_{p_1}^{p_2}$ (p_2 là mực nằm trên). Trên bản đồ này người ta cũng vẽ các đường đẳng cao nhưng thực chất là đường đẳng hiệu độ cao giữa hai mặt đẳng áp. Như trên đã nêu, hiệu độ cao địa thế vị đặc trưng cho nhiệt độ ảo trung bình của lớp nằm giữa hai mặt đẳng áp, vì vậy trên bản đồ tương đối, vùng có giá trị hiệu độ cao lớn sẽ trùng với vùng nóng và ngược lại. Trên thực tế, thường xây dựng bản đồ $OT_{1.000}^{500}$, bản đồ này đặc trưng cho lớp khí quyển từ mặt biển ($p = 1.000\text{mbar}$) đến độ cao khoảng 5 – 5,5km ($p = 500\text{mbar}$), tức là lớp chiếm gần một nửa khối lượng khí quyển.

2.3. QUY LUẬT BIẾN ĐỔI CỦA NHIỆT ĐỘ THEO CHIỀU CAO

2.3.1. Tầng kết nhiệt của khí quyển

Để đánh giá độ biến thiên của nhiệt độ khí quyển theo chiều cao, người ta dùng gradien thẳng đứng của nhiệt độ, xác định bởi công thức sau:

$$\gamma = -\frac{\partial T}{\partial z} \quad (2.49)$$

Trong đó, T là nhiệt độ không khí của khí quyển ($^{\circ}\text{K}$), đại lượng này biến đổi theo không gian và thời gian. Tuy nhiên, trong các bài toán lan truyền chất ô nhiễm và bụi, ảnh hưởng của nhiệt độ tới quá trình khuếch tán chủ yếu phụ thuộc vào độ biến thiên của nhiệt độ theo phương đứng (vuông góc với mặt đất) trong lớp khí quyển khảo sát. Độ biến thiên này liên quan chặt chẽ với độ ổn định của khí quyển. Vì vậy, để đưa ra tiêu chí đánh giá độ ổn định của khí quyển, người ta lấy gradien nhiệt độ thẳng đứng của phân tử không khí khô di chuyển đoạn nhiệt để làm thước đo, nó được xác định bởi công thức:

$$\gamma_a = -\frac{\partial T^*}{\partial z} \quad (2.50)$$

Ở đây, T^* là nhiệt độ của phân tử không khí khô. Giá trị này tính theo lý thuyết $\approx 1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, nghĩa là cứ lên cao 100m thì nhiệt độ T^* của phân tử không khí khô di chuyển đoạn nhiệt sẽ giảm đi 1°C . Dựa vào các công thức (2.49) và (2.50) người ta đưa ra chỉ tiêu để đánh giá độ ổn định của khí quyển như sau:

1. Nếu khí quyển có gradien nhiệt độ thẳng đứng $\gamma < \gamma_a$ thì khí quyển ở trạng thái tầng kết nhiệt ổn định (hay khí quyển được gọi là ổn định).
2. Nếu khí quyển có $\gamma = \gamma_a$ thì khí quyển ở trạng thái cân bằng nhiệt (khí quyển được gọi là cân bằng phiếm định).
3. Nếu $\gamma > \gamma_a$ thì khí quyển có tầng kết nhiệt bất ổn định (khí quyển được gọi là bất ổn định).

Ví dụ: khi quan trắc sự biến đổi của nhiệt độ thực tế trong một lớp không khí nào đó, giá trị trung bình $\bar{\gamma}$ của lớp đó $= 0,65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ thì kết luận rằng trạng thái của lớp khí quyển này là ổn định.

2.3.2. Các profin thẳng đứng của nhiệt độ

1. Trường hợp $\gamma = 0$

Từ (2.49) suy ra $-\frac{\partial T}{\partial z} = 0$ hay $T = \text{const}$, khí quyển trong trường hợp này có nhiệt độ không đổi, được gọi là *khí quyển đẳng nhiệt độ*.

2. Trường hợp $\gamma > 0$

Từ (2.49) suy ra $-\frac{\partial T}{\partial z} > 0 \rightarrow \frac{\partial T}{\partial z} < 0$, nghĩa là nhiệt độ giảm theo chiều cao, đây là trạng thái thông thường diễn ra trong khí quyển, càng lên cao thì nhiệt độ càng giảm (lực đẩy Acsimet có giá trị lớn hơn trọng lực của phần tử không khí, do đó phần tử không khí dễ rời mặt đất để di chuyển lên trên).

3. Trường hợp $\gamma < 0$

Từ (2.49) suy ra $-\frac{\partial T}{\partial z} < 0 \rightarrow \frac{\partial T}{\partial z} > 0$, nghĩa là nhiệt độ tăng theo chiều cao. Trường hợp này được gọi là *hiện tượng nghịch nhiệt*, thông lượng nhiệt hướng từ trên xuống dưới, hạn chế sự phát tán của các phần tử vật chất (các chất ô nhiễm) lên trên, gây ô nhiễm lớp không khí sát đất.

4. Trường hợp $\gamma = \gamma_0 = \text{const}$

Từ (2.49) suy ra $-\frac{\partial T}{\partial z} = \gamma_0 \rightarrow \partial T = -\gamma_0 \partial z$, lấy tích phân 2 vế của đẳng thức này từ mực z_0 có nhiệt độ T_0 đến mực z có nhiệt độ T , ta được:

$$\int_{T_0}^T \partial T = -\gamma_0 \int_{z_0}^z \partial z$$

$$\text{hay} \quad T = T_0 - \gamma_0(z - z_0) = \beta - \gamma_0 z \quad (2.51)$$

$$\text{Với} \quad \beta = T_0 + z_0 \gamma_0$$

Nếu $z_0 = 0$ (tại bề mặt Trái Đất) thì (2.51) trở thành:

$$T = T_0 - \gamma_0 z \quad (2.52)$$

Các công thức (2.51) và (2.52) cho thấy, trong trường hợp $\gamma = \text{const}$ thì profin thẳng đứng của nhiệt độ có dạng tuyến tính, nghĩa là nhiệt độ giảm tuyến tính theo chiều cao. Khí quyển ứng với trường hợp này được gọi là *khí quyển đa nguyên*. Trong trường hợp tổng quát khi $\gamma \neq \text{const}$, sự phụ thuộc của T vào z là hàm số phức tạp, không thể lấy tích phân trực tiếp, khi đó profin thẳng đứng của T là một đường cong, đường cong này có thể xấp xỉ theo số liệu quan trắc thực tế bằng phương pháp bình phương tối thiểu.

2.4. CÁC QUY LUẬT BIẾN ĐỔI CỦA TỐC ĐỘ GIÓ THEO CHIỀU CAO (các profin thẳng đứng của tốc độ gió) [2]

Quá trình lan truyền bụi và các chất ô nhiễm thải ra từ các nguồn giao thông, công nghiệp được khuếch tán và lan truyền ảnh hưởng trực tiếp đến sức khoẻ con người và hệ sinh thái chủ yếu tập trung trong lớp không khí sát đất (tính từ mặt đất đến 100 – 200m). Vì vậy, phần này chỉ trình bày các quy luật biến đổi của tốc độ gió theo độ cao trong lớp không khí nói trên, các quy luật này có tác động trực tiếp đến sự phân bố nồng độ bụi và chất ô nhiễm ứng với các điều kiện tầng kết nhiệt của khí quyển (độ ổn định của khí quyển).

2.4.1. Profin của tốc độ gió trong lớp không khí sát đất ở điều kiện cân bằng

Từ các khái niệm vật lý đơn giản ta thấy ngay rằng, sự trao đổi rối trong lớp khí quyển sát đất phụ thuộc vào các nhân tố sau:

- Gió ở ranh giới trên của lớp khí quyển sát đất.
- Mức độ lồi lõm của mặt đệm.
- Độ bền vững nhiệt (tầng kết nhiệt) của khí quyển.

Hai nhân tố đầu có bản chất động lực, còn nhân tố thứ ba là nhân tố nhiệt lực.

Khi các nhân tố động lực giống nhau, sự trao đổi rối sẽ diễn ra mạnh mẽ trong trường hợp tầng kết bất ổn định và bị cản trở trong trường hợp tầng kết ổn định. Nếu khí quyển ở trạng thái cân bằng phiếm định, rối hoàn toàn xác định bởi nhân tố động lực. Trong lớp khí quyển sát đất, điều kiện cân bằng phiếm định tương đương với điều kiện đẳng nhiệt ($T(z) = \text{const}$), do vậy các phân tử khí di chuyển theo các xoáy rối đến mỗi mực nào đó đều có nhiệt độ như nhiệt độ của môi trường xung quanh. Vì lẽ đó, người ta thường gọi trạng thái cân bằng phiếm định của lớp khí quyển sát đất là *trạng thái cân bằng*.

Tại ngay sát mặt đất, quãng đường dịch chuyển l từ vị trí phát sinh xoáy đến chỗ nó tan biến đi (hoà vào không khí xung quanh) do bị ảnh hưởng của bề mặt trái dưới nên có giá trị nhỏ. Càng lên cao (càng xa mặt đất) l càng tăng và do l và z đều cùng thứ nguyên, nên *trong điều kiện cân bằng* có thể sử dụng giả thiết có ý nghĩa vật lý rõ ràng nhất là *giả thiết về sự phụ thuộc tuyến tính của l vào z* :

$$l = \chi z \quad (2.53)$$

Trong công thức (2.53), hệ số tỷ lệ χ hiển nhiên phải là một đại lượng vạn năng (còn gọi là đại lượng thông dụng) vô thứ nguyên. Giá trị của χ thu được lần đầu tiên trong phòng thí nghiệm (theo Karman) bằng 0,38, được gọi là hằng số Karman. Việc khảo sát những kết quả áp dụng giả thiết 2.53 vào những điều kiện cân bằng trong lớp khí quyển sát đất đã chứng tỏ rằng ở đây χ cũng không đổi và có giá trị xấp xỉ như giá trị Karman tìm được. Thực ra, các tác giả khác nhau cũng đã thu được những giá trị của χ khác nhau, song chúng đều nằm trong giới hạn từ 0,36 đến 0,43. Trong các tính toán thực tế, người ta thường dùng giá trị $\chi = 0,4$.

Ta sẽ sử dụng giả thiết (2.53) để nghiên cứu sự phân bố của tốc độ gió theo chiều cao trong lớp khí quyển sát đất, và lưu ý rằng ở lớp không khí này thì coi hướng gió không biến đổi theo độ cao.

Xét sự phụ thuộc của độ lớn tốc độ gió V theo chiều cao. Để đơn giản ta hướng trục X dọc theo chiều chuyển động, lúc đó $v = 0$, $u = V$; $\tau_y = 0$; $\tau_x = \tau_0$ đồng thời bỏ qua sự biến đổi không đáng kể của mật độ ρ trong giới hạn của lớp khí quyển sát đất ($\rho / \rho_0 \approx 1$), khi đó các phương trình biểu diễn mối quan hệ giữa ứng suất rối τ_0 tại mặt đất với gradient thẳng đứng của tốc độ được xác định bởi công thức sau [2] :

$$K \frac{\partial u}{\partial z} = K \frac{\partial V}{\partial z} = \frac{\tau_0}{\rho} = v_*^2$$

$$\text{Hay} \quad \frac{\partial V}{\partial z} = \frac{v_*^2}{K} \quad (2.54)$$

Mặt khác, hệ số rối K liên quan với quãng đường dịch chuyển l theo hệ thức:

$$K = l^2 \frac{\partial u}{\partial z} \quad (2.55)$$

Thay (2.55) vào (2.54) ta được:

$$\frac{\partial V}{\partial z} = \frac{v_*}{l} = \frac{v_*}{\chi \cdot Z} \quad (2.56)$$

Tích phân hai vế phương trình (2.56) theo z ta được:

$$V = \frac{v_*}{\chi} \ln z + a \quad (2.56')$$

Ở đây, a là hằng số tích phân được xác định từ điều kiện sau: do sự không bằng phẳng của mặt đệm nên tốc độ gió trung bình V không bằng 0 tại $z = 0$ mà tại mực $z = z_0$, nào đó; ở dưới mực này chỉ tồn tại các nhiễu động của tốc độ. Mực z_0 được gọi là *tham số gồ ghề hoặc tham số nhám*. Sử dụng tham số nhám ta có thể viết (2.56') dưới dạng:

$$V = \frac{v_*}{\chi} \ln \frac{z}{z_0} \quad (2.57)$$

Theo các kết quả quan trắc thực tế z_0 bằng khoảng 1/30 của độ cao các mấp mô. Trên các thảm thực vật z_0 bằng 1/7 đến 1/8 độ cao của cây cối.

Gọi V_1 là tốc độ gió tại mực z_1 ta có

$$V_1 = \frac{v_*}{\chi} \ln \frac{z_1}{z_0} \quad (2.57')$$

Trừ (2.57) với (2.57') ta được:

$$V - V_1 = \frac{v_*}{\chi} \ln \frac{z}{z_1} \quad (2.58)$$

Như vậy, trong điều kiện cân bằng, độ lớn của gió trong lớp khí quyển sát mặt đất tăng theo độ cao với quy luật phân bố logarit - đó chính là nội dung định luật phân bố logarit của tốc độ gió trong lớp khí quyển sát đất mà lần đầu tiên được đề cập đến trong công trình của Prant và Karman.

Thay (2.56) vào (2.55) ta tìm được công thức tính hệ số rối K như sau:

$$K = lv_* = \chi v_* z \quad (2.59)$$

Như vậy, hệ số rối trong lớp khí quyển sát đất tăng tuyến tính theo chiều cao.

Nếu ký hiệu K_1 là hệ số rối tại độ cao $z = 1m$ ta có:

$$K(z) = K_1 \cdot z \quad (2.60)$$

$$\text{Trong đó } K_1 = \chi \cdot v_* \quad (2.61)$$

Khi biết tốc độ gió ở hai mực, theo (2.58) ta dễ dàng xác định được v_* , sau đó theo (2.61) xác định được K_1 và do đó xác định được $K_{(z)}$ ở tất cả các độ cao trong lớp khí quyển sát đất. Từ đó có thể tính được ứng suất τ theo công thức:

$$\tau = \tau_0 = \rho_0 v_*^2 \quad (2.62)$$

Và tham số nhám z_0 theo (2.57).

Tuy vậy, cần lưu ý rằng độ chênh lệch giữa giá trị của tốc độ ở hai mực được xác định với mức độ chính xác không cao. Vì vậy, khi tiến hành xác định các yếu tố mà chỉ dùng số liệu ở hai mực sẽ gặp phải sai số lớn tới 50%. Muốn nâng độ chính xác cần phải sử dụng số liệu quan trắc ở nhiều mực và chỉnh lý theo phương pháp đồ thị hoặc phương pháp thống kê.

Vì z_0 thường nhỏ, không ảnh hưởng nhiều đến việc tính toán tốc độ gió tại các độ cao khác nhau, nên có thể sử dụng các giá trị trung bình của chúng đối với một số dạng mặt đệm khác nhau. Các giá trị như vậy được chỉ ra trong bảng 2.4.

Bảng 2.4. Tham số nhám z_0 của một số mặt đệm

Đặc tính mặt đệm	z_0 (cm)
Cánh đồng thực vật cao	5
Cánh đồng cỏ và ruộng đã cày	1
Đất bằng phẳng	0,5
Mặt tuyết phủ	0,5

Tương tự, ta cũng có thể xác định được quy luật phân bố của độ ẩm riêng theo độ cao z trong lớp khí quyển sát đất khi có điều kiện cân bằng. Thật vậy, khi biểu thị hệ số rối K_q qua K theo hệ thức sau [2]:

$$Q_q = -\rho\alpha_q K \frac{\partial q}{\partial z} = -\rho\alpha_q \chi v_z \frac{\partial q}{\partial z} \quad (2.63)$$

Vì α_q có bậc đơn vị, nên người ta thường coi $\alpha_q = 1$ hay $K = K_q$, khi đó

$$\frac{\partial q}{\partial z} = -\frac{Q_q}{\rho\chi v_z} \quad (2.64)$$

Lấy tích phân phương trình trên ta thu được:

$$q = -\frac{Q_q}{\rho\chi v_z} \ln z + b \quad (2.65)$$

Trong đó, b là hằng số tích phân.

Như vậy, khi có những điều kiện cân bằng profin của độ ẩm riêng trong lớp khí quyển sát đất cũng là một đường logarit. Nếu ký hiệu độ ẩm riêng ở mực z_1 nào đó là q_1 thì từ (2.65) ta có:

$$q - q_1 = -\frac{Q}{\rho\chi v_z} \ln \frac{z}{z_1} \quad (2.66)$$

Dấu trừ trong công thức (2.66) chỉ ra rằng, khi dòng nhiệt dương (hướng từ dưới lên), tức là có sự bốc hơi từ mặt đệm thì độ ẩm riêng giảm theo chiều cao, còn khi dòng nhiệt âm độ ẩm tăng theo chiều cao. Nếu có những số liệu quan trắc về độ ẩm và tốc độ gió ở hai mực ta có thể xác định được dòng ẩm rồi Q_v thông qua phương trình (2.66). Trong thực tế, để có kết quả chính xác hơn người ta phải quan trắc ở nhiều mực và dùng phương pháp đồ thị hoặc phương pháp thống kê để xác định dòng ẩm rồi.

2.4.2. Profin của tốc độ gió trong lớp khí quyển sát đất ở điều kiện không cân bằng

Trong thực tế, điều kiện cân bằng của lớp khí quyển sát đất xảy ra không nhiều. Điều đó có thể thấy khi lập đồ thị phân bố tốc độ gió theo chiều cao trong lớp khí quyển sát đất qua các số liệu quan trắc. Nhìn chung, đa số trường hợp, profin tốc độ gió lệch khỏi đường logarit, chứng tỏ phân tầng nhiệt không phải ở điều kiện cân bằng. Trong trường hợp như vậy, sự trao đổi loạn lưu sẽ phụ thuộc cả hai nhân tố động lực và nhiệt lực. Do đó, khi xây dựng các mô hình lý thuyết về profin gió trong những điều kiện không cân bằng, người ta cố gắng đưa vào các tham số đặc trưng cho mức độ ổn định của khí quyển. Dưới đây ta xét một số mô hình được xây dựng theo kiểu đó.

1. Mô hình profin lũy thừa

Phương pháp đơn giản nhất để thiết lập quy luật phân bố của tốc độ gió theo chiều cao trong lớp khí quyển sát đất là xấp xỉ profin gió bằng các công thức giải tích trong đó chứa những tham số đặc trưng cho mức độ ổn định của khí quyển. Các tham số này được xác định dựa trên các số liệu quan trắc thực tế. Trong số các mô hình xây dựng theo phương thức đó mà hiện nay vẫn còn giữ được ý nghĩa thực tiễn nhất định là mô hình profin lũy thừa có dạng sau:

$$V = V_1 \left(\frac{z}{z_1} \right)^n \quad (2.67)$$

Ở đây, V và V_1 là tốc độ gió ở mực z và z_1 còn n là tham số phụ thuộc độ ổn định của khí quyển.

Thay biểu thức này vào công thức đối với ứng suất ma sát rồi ta được:

$$\tau = \rho K \frac{\partial V}{\partial z} = \frac{V_1 \rho K n}{z_1} \left(\frac{z}{z_1} \right)^{n-1}$$

từ đó có thể xác định được profin của K dưới dạng:

$$K = K_1 \left(\frac{z}{z_1} \right)^{1-n} \quad (2.68)$$

Ở đây, $K_1 = \frac{\tau_{z_1}}{V_1 \rho n}$ là hệ số rối tại mực z_1 .

Vì tốc độ gió cũng như hệ số rối luôn tăng theo chiều cao nên n phải là phân số đúng ($0 < n < 1$).

Những kết quả tính toán dựa trên các số liệu quan trắc thực tế đã chứng tỏ rằng n có phụ thuộc vào độ ổn định của khí quyển. *Giá trị đặc trưng của nó ở điều kiện cân bằng vào khoảng 1/7, khi có nghịch nhiệt vào khoảng 1/4, còn ở điều kiện siêu đoạn nhiệt là khoảng 1/10.*

Thực tế cho thấy, nếu trong điều kiện nghịch nhiệt có thể biểu diễn profin gió theo công thức (2.67) với mức độ chính xác khá cao thì trong những điều kiện cân bằng và siêu đoạn nhiệt việc biểu diễn như vậy lại mắc sai số lớn.

2. Mô hình Buducô và Laithman

M. I. Buducô và D. L. Laithman đã đưa ra những mô hình biểu diễn profin tốc độ gió trong lớp khí quyển sát đất có mức chính xác và hiệu quả cao hơn. Cả hai tác giả này đều xuất phát từ sự phụ thuộc của quãng đường dịch chuyển l vào độ cao z .

a) *Mô hình Buducô.* Buducô cho rằng, trong những điều kiện không cân bằng, quãng đường dịch chuyển cũng tỷ lệ tuyến tính với độ cao nhưng với một hệ số tỷ lệ khác hằng số Karman $\chi = 0,38$. Nghĩa là, trong trường hợp này có thể biểu diễn l qua biểu thức:

$$l = m\chi z \quad (2.69)$$

Trong đó, m là tham số đặc trưng cho ảnh hưởng của dòng nhiệt, khi không có dòng nhiệt m nhận giá trị đơn vị. Ngoài ra, Buducô còn giả thiết sự phụ thuộc của tham số nhám z'_0 vào tầng kết nhiệt như sau:

$$z'_0 = \frac{z_0}{m} \quad (2.70)$$

Trong đó, z_0 là tham số nhám ứng với điều kiện cân bằng. Công thức (2.70) cho thấy trong những điều kiện không cân bằng tốc độ gió không bằng không tại mực z_0 mà tại mực $z'_0 = z_0/m$. Với các giả thiết trên Buducô

đã thu được biểu thức profin gió dạng tương tự (2.57) với χ và z_0 được thay tương ứng bằng $m\chi$ và z'_0 :

$$V = \frac{v_*}{m\chi} \ln \frac{mz}{z'_0} \quad (2.71)$$

Sử dụng mối liên hệ giữa K , l và v_* ta cũng thu được biểu thức về profin của hệ số rối dạng:

$$K = lv_* = m \cdot \chi \cdot v_* \cdot z \quad (2.72)$$

Nghĩa là: *hệ số rối trong mô hình Budzic cũng tăng tuyến tính theo chiều cao.*

Khi có điều kiện cân bằng ($m = 1$), các công thức (2.71), (2.72) lại trở về các công thức (2.57), (2.59).

b) Mô hình Laithman. Laithman giả thiết tổng quát hơn về sự phụ thuộc của l vào z :

$$l = Az^{1-\varepsilon} \quad (2.73)$$

Trong đó, ε và A là các tham số phụ thuộc vào tầng kết nhiệt của lớp khí quyển sát đất, ở điều kiện cân bằng $\varepsilon = 0$.

$$\text{Vì} \quad l^2 \left(\frac{\partial V}{\partial z} \right)^2 = \frac{\tau}{\rho} = v_*^2 \quad (2.74)$$

$$\text{Nên} \quad \frac{\partial V}{\partial z} = \frac{v_*}{l} = \frac{v_*}{A \cdot z^{1-\varepsilon}} \quad (2.75)$$

Tích phân biểu thức cuối cùng theo z ta được

$$V = \frac{v_*}{A\varepsilon} z^\varepsilon + a \quad (2.76)$$

Trong đó, a là hằng số tích phân được xác định qua điều kiện $V = 0$ tại mực $z = z_0$. Khi đó (2.76) có dạng:

$$V = \frac{v_*}{A\varepsilon} (z^\varepsilon - z_0^\varepsilon) \quad (2.77)$$

với z_0 là tham số nhám.

Tương tự, tại mực $z = z_1$ nào đó có tốc độ gió là V_1 thì ta cũng có

$$V_1 = \frac{v_*}{A\varepsilon} (z_1^\varepsilon - z_0^\varepsilon) \quad (2.77')$$

Chia (2.77) cho (2.77') và biến đổi ta thu được:

$$V = V_1 \frac{z^\varepsilon - z_0^\varepsilon}{z_1^\varepsilon - z_0^\varepsilon} \quad (2.78)$$

Công thức (2.78) được gọi là định luật lũy thừa tổng quát về profin gió trong lớp khí quyển sát đất của Laithman.

Ta cũng có thể chứng tỏ được rằng, trong điều kiện cân bằng công thức (2.78) trở về dạng công thức logarit (2.57). Thật vậy, khi $\varepsilon \rightarrow 0$ ta có:

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{z^\varepsilon - z_0^\varepsilon}{z_1^\varepsilon - z_0^\varepsilon} = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{(d/d\varepsilon)(z^\varepsilon - z_0^\varepsilon)}{(d/d\varepsilon)(z_1^\varepsilon - z_0^\varepsilon)} = \left(\frac{z^\varepsilon \ln z - z_0^\varepsilon \ln z_0}{z_1^\varepsilon \ln z_1 - z_0^\varepsilon \ln z_0} \right)_{\varepsilon=0} = \frac{\ln(z/z_0)}{\ln(z_1/z_0)}$$

thay vào (2.78) ta được:

$$V = V_1 \frac{\ln(z/z_0)}{\ln(z_1/z_0)}$$

Đây chính là một dạng của công thức logarit thu được bằng cách chia (2.57) cho (2.57') trình bày trong 2.4.1.

Khi kiểm tra (2.78) theo các quan trắc thực tế đã chỉ ra rằng: Khi có nghịch nhiệt, tham số ε có giá trị dương và nằm trong khoảng $0 < \varepsilon < 0,5$; còn khi có đối lưu thì ε âm và nằm trong khoảng $-0,5 < \varepsilon < 0$. Đại lượng z_0 trong trường hợp này cũng thay đổi phụ thuộc nhiều vào độ ổn định của khí quyển (tức phụ thuộc vào ε), do vậy nó không còn là một đặc trưng chỉ riêng cho độ nhám của mặt đệm. Giá trị của z_0 tăng khi độ bất ổn định tăng (tức là khi ε âm tăng) và giảm khi độ ổn định tăng (khi ε dương giảm).

Profin của hệ số ma sát rối K trong mô hình này được biểu diễn qua công thức:

$$K = lv_* = Av_* z^{1-\varepsilon} \quad (2.79)$$

Từ đây suy ra hệ số rối K_1 ở mực z_1 sẽ bằng:

$$K_1 = Av_* z_1^{1-\varepsilon} \quad (2.79')$$

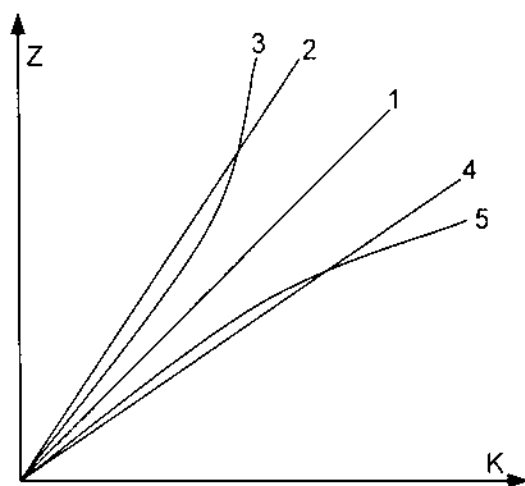
Từ hai công thức trên có thể suy ra:

$$K = K_1 \left(\frac{z}{z_1} \right)^{1-\varepsilon} \quad (2.80)$$

Nghĩa là, hệ số rối trong mô hình Laithman cũng tăng theo độ cao z với định luật lũy thừa tương tự (2.68). Song cần chú ý là ε có thể nhận giá trị dương hoặc âm còn n trong (2.68) chỉ nhận các giá trị dương.

Từ (2.80) cho thấy, khi có nghịch nhiệt ($\epsilon > 0$) hệ số rối tăng chậm hơn khi có đối lưu ($\epsilon < 0$).

Trên hình 2.5 trình bày sự phụ thuộc của hệ số rối K vào độ cao z theo các mô hình Bưđucô và Laithman. Qua đó cho thấy ảnh hưởng của độ ổn định khí quyển đến sự trao đổi rối theo mô hình Bưđucô và Laithman được thể hiện khác nhau. Tuy nhiên, cả hai mô hình đều cho thấy ảnh hưởng này khá rõ rệt. Ở cùng độ cao z , hệ số rối trong điều kiện bất ổn định, đặc biệt khi có điều kiện siêu đoạn nhiệt ($\gamma > \gamma_a$) hệ số rối có thể gấp vài lần trong trường hợp nghịch nhiệt sâu. Theo các kết quả đo đạc tại độ cao 1m, khi có nghịch nhiệt K có bậc cỡ $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, còn khi có điều kiện cân bằng $K \sim 0,1 \text{ m}^2/\text{s}$, và trong điều kiện đối lưu trung bình $K \sim 0,2 - 0,3 \text{ m}^2/\text{s}$. Việc áp dụng mô hình Bưđucô và Laithman vào điều kiện thực tế cho thấy rằng trong điều kiện nghịch nhiệt, mô hình Laithman mô tả profin thực tế của gió tốt hơn so với mô hình của Bưđucô.



Hình 2.5. Profin của hệ số rối K ứng với các tầng kết nhiệt khác nhau

1. Khi có điều kiện cân bằng; 2. Khi có nghịch nhiệt (theo Bưđucô); 3. Khi có nghịch nhiệt (theo Laithman); 4. Khi có đối lưu (theo Bưđucô); 5. Khi có đối lưu (theo Laithman)

CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 2

1. Trình bày các yếu tố khí tượng cơ bản. Vì sao trong quan trắc chất lượng môi trường không khí, người ta cần quan trắc đồng thời các yếu tố khí tượng?

2. Thiết lập quy luật biến đổi của áp suất theo độ cao trong khí quyển đồng nhất và khí quyển đa nguyên. Công thức khí áp nào được ứng dụng trong quan trắc môi trường? Nêu mục đích và cho ví dụ cụ thể.

3. Định nghĩa về tầng kết nhiệt (độ ổn định) của khí quyển. Nêu các chỉ tiêu đánh giá độ ổn định của khí quyển theo gradien thẳng đứng của nhiệt độ. Vận dụng các chỉ tiêu này trong việc đánh giá độ ổn định của lớp không khí sát đất (từ mặt đất đến độ cao 300m). Cho ví dụ cụ thể.

4. Thiết lập các công thức về profin thẳng đứng của nhiệt độ ứng với trạng thái khí quyển ở điều kiện cân bằng và không cân bằng (ổn định và bất ổn định). Công thức nào thường được ứng dụng trong bài toán khuếch tán và lan truyền chất ô nhiễm trong lớp biên khí quyển?

5. Trình bày khái niệm về gió địa chuyển và gió ma sát rối. Nêu quy luật vận chuyển của gió địa chuyển và vẽ sơ đồ minh họa.

6. Thiết lập các profin của tốc độ gió trong lớp khí quyển sát đất ở điều kiện cân bằng và không cân bằng. Profin dạng nào thường được ứng dụng có tính khả thi trong mô hình lan truyền và khuếch tán chất ô nhiễm?

Chương 3

Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ VÀ MÔ HÌNH HOÁ QUÁ TRÌNH LAN TRUYỀN CHẤT Ô NHIỄM

3.1. NGUỒN GÂY Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ

3.1.1. Các nguồn gây ô nhiễm

Không khí bị ô nhiễm khi có mặt một chất hoặc có một sự biến đổi trong thành phần không khí làm giảm độ trong sạch của không khí và gây mùi khó chịu, giảm tầm nhìn xa v.v... [45, 47]

Hiện nay, hầu hết các quốc gia trên thế giới đều đã xây dựng các chỉ tiêu về nồng độ giới hạn cho phép đối với từng chất đặc trưng cho chất lượng môi trường không khí. Vì vậy, có thể định nghĩa về ô nhiễm không khí như sau: *Không khí bị ô nhiễm nếu chất đặc trưng cho chất lượng môi trường không khí có nồng độ vượt tiêu chuẩn giới hạn cho phép (TCCP).*

Có 2 loại nguồn gây ô nhiễm cơ bản đối với môi trường không khí:

– Nguồn ô nhiễm thiên nhiên do các hoạt động tự nhiên gây ra như: núi lửa phun bụi nham thạch thải vào không khí CO_2 , CO và tro bụi; các quá trình phân huỷ động thực vật thải ra NH_3 , CH_4 ; sấm chớp làm xuất hiện axit nitric, NH_3 , v.v...

– Nguồn ô nhiễm nhân tạo do các hoạt động của con người gây ra như nguồn ô nhiễm sản xuất công nghiệp, nguồn ô nhiễm giao thông vận tải và nguồn ô nhiễm sinh hoạt v.v...

Đối tượng chính được trình bày ở đây là nguồn ô nhiễm nhân tạo gây ra do quá trình đốt cháy nhiên liệu (than đá, dầu khí) trong các hoạt động kinh tế – xã hội.

3.1.2. Nguồn ô nhiễm công nghiệp

Ô nhiễm công nghiệp là do các ống khói của nhà máy thải vào môi trường không khí rất nhiều chất độc hại. Đồng thời, nguồn ô nhiễm công nghiệp còn phát sinh từ quá trình công nghệ sản xuất do bốc hơi, rò rỉ, thất thoát trên dây chuyền sản xuất và trên các đường ống dẫn tải.

Công nghiệp hiện đại có rất nhiều loại nguồn thải khác nhau như là nguồn cao, nguồn thấp, nguồn điểm, nguồn đường hay nguồn mặt, loại có tổ chức hay không có tổ chức, loại ổn định thường xuyên hay loại theo chu kỳ.

Bảng 3.1. Lượng thải các chất ô nhiễm môi trường không khí toàn cầu năm 1982
(Đơn vị: triệu tấn)

Nguồn gây ô nhiễm	Các chất ô nhiễm chính				
	CO	Bụi	SO _x	HC	NO _x
1. Giao thông vận tải					
Xe ô tô chạy xăng	53,5	0,5	0,2	13,8	6,0
Xe ô tô chạy dầu diesel	0,2	0,3	0,1	0,4	0,5
Máy bay	2,4	0,0	0,0	0,3	0,0
Tàu hoả và các loại khác	2,0	0,4	0,5	0,6	0,8
Cộng	58,1	1,2	0,8	15,1	7,3
2. Đốt nhiên liệu					
- Than	0,7	7,4	18,3	0,2	3,6
Dầu xăng	0,1	0,3	3,9	0,1	0,9
- Khí đốt tự nhiên	0,0	0,2	0,0	0,0	4,1
- Gỗ, củi	0,9	0,2	0,0	0,4	0,2
Cộng	1,7	8,1	22,2	0,7	8,8
3. Quá trình sản xuất công nghiệp	8,8	6,8	6,6	4,2	0,2
4. Xử lý chất thải rắn	7,1	1,0	0,1	1,5	0,5
5. Hoạt động khác					
Cháy rừng	6,5	6,1	0,0	2,0	1,1
Đốt các chất nông nghiệp	7,5	2,2	0,0	1,5	0,3
- Đốt rác thải bằng than	1,1	0,4	0,5	0,2	0,2
- Hàn nối xây dựng	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0
Cộng	15,3	8,7	0,5	7,7	1,6
Tổng cộng toàn bộ	90	25,7	30,2	29,1	18,7

Ghi chú: CO – Cacbon ôxit; SO_x – Các loại lưu huỳnh ôxit, đặc trưng là SO₂; HC – hydrocacbon; NO_x – Các loại nitơ ôxit, đặc trưng là NO₂.

Đặc điểm chất thải do công nghiệp là nồng độ chất độc hại rất cao và tập trung trong khoảng không gian hẹp, thường là hỗn hợp khí và hơi độc hại. Đối với ngành công nghiệp, tùy thuộc vào loại nhiên liệu được sử dụng

và công nghệ đốt nhiên liệu, công nghệ sản xuất cũng như trình độ sản xuất mà các nguồn thải độc hại có độc tính riêng.

Bảng 3.1 trình bày tổng lượng thải do quá trình đốt nhiên liệu sản xuất công nghiệp và các hoạt động khác của thế giới năm 1982.

Ở nước ta đang diễn ra quá trình đô thị hoá và công nghiệp hoá tương đối nhanh, đặc biệt là ở ba vùng trọng điểm phát triển kinh tế: Hà Nội – Hải Phòng – Quảng Ninh, TP. Hồ Chí Minh – Biên Hoà – Vũng Tàu, Đà Nẵng – Nha Trang – Quảng Ngãi [1]. Vì vậy, hiện trạng chất lượng môi trường đô thị và khu công nghiệp nước ta biến đổi hàng năm, theo chiều hướng bất lợi, vì chất thải ô nhiễm từ sản xuất công nghiệp, giao thông vận tải và sinh hoạt đô thị ngày càng tăng về số lượng, chủng loại và tính độc hại. Có nhiều khu chế xuất và khu công nghiệp mới đang hình thành, đó là các khu công nghiệp mới, nguồn thải tập trung trong phạm vi lãnh thổ không nhỏ, chúng sẽ gây ô nhiễm các vùng xung quanh, do đó sẽ mở rộng diện tích các vùng bị ảnh hưởng của ô nhiễm sản xuất công nghiệp. Tuy vậy, phần lớn các nhà máy mới này đang ở giai đoạn đầu tư xây dựng, số nhà máy đưa vào sản xuất năm 1996 còn rất ít; mặt khác, các nhà máy này đều áp dụng các giải pháp xử lý và kiểm soát ô nhiễm môi trường theo báo cáo “Đánh giá tác động môi trường” đã đề ra, cho nên môi trường ở các khu công nghiệp mới này cho đến nay chưa nảy sinh các vấn đề gay gắt nghiêm trọng.

Các ngành công nghiệp cơ bản gây ô nhiễm gồm [31]:

1. Công nghiệp năng lượng

Ngành công nghiệp này thường sử dụng loại nhiên liệu chính là than và dầu FO, dầu diezen. Việc tiêu thụ hàng triệu tấn nhiên liệu như vậy đã thải vào môi trường hàng triệu tấn CO_2 , hàng trăm ngàn tấn SO_2 và lượng bụi khổng lồ. Các ống khói của nhà máy nhiệt điện là nguồn gây ô nhiễm lớn cho các vùng xung quanh. Các nhà máy nhiệt điện như Phả Lại, Ninh Bình trong quá trình sản xuất đã thải vào khí quyển tro bụi và nhiều khí độc hại như CO , CO_2 , SO_x , NO_x với nồng độ lớn gây ô nhiễm cả một vùng rộng lớn xung quanh nhà máy.

2. Công nghiệp hoá chất

Các nhà máy hoá chất thường thải vào không khí nhiều chất độc hại ở thể khí và thể rắn. Ví dụ, nhà máy sản xuất sơn thải vào khí quyển các chất hoà tan như hơi etxăng, toluen. Các cơ sở sản xuất phân lân nung chảy và supe photphat thải ra một lượng lớn bụi: SO_2 , SO_3 , H_2SO_4 , HF, v.v... rất độc hại. Các ống khói có độ cao tương đối thấp thường ở độ cao 25 – 40m, ít khi

cao hơn 50m. Các chất thải của nhà máy hoá chất có đặc trưng là nhiệt độ của khí thải chênh lệch ít so với nhiệt độ không khí môi trường xung quanh nên hạn chế được sự khuếch tán của các chất độc hại tập trung ở gần nguồn. Các chất khí thải ra của nhà máy hoá chất thường có khả năng hoà hợp với các chất khí khác tạo thành chất độc hại mới, đôi khi còn độc hại hơn cả chất độc hại ban đầu thải ra.

3. Công nghiệp luyện kim (luyện cốc, đúc, luyện thép)

Đặc trưng của các chất thải độc hại từ các nhà máy luyện kim là có rất nhiều bụi kích thước lớn phát sinh trong công đoạn tuyển quặng; CO phát sinh trong quá trình luyện gang; SO_2 , NO_x phát sinh trong quá trình đốt cháy nhiên liệu v.v... Hơi và bụi chứa nhiều chất độc hại như ôxit đồng (CuO), thạch tín, thuỷ ngân sinh ra trong quá trình luyện Cu, Zn và các kim loại màu khác.

Chất thải của các nhà máy luyện kim có đặc điểm là nhiệt độ cao ($300 - 400^\circ\text{C}$) đôi khi lên đến 500°C . Độ cao ống khói cao 50 – 200m và hơn nữa. Do khí thải có nhiệt độ cao, ống khói cao nên chất ô nhiễm ở các nhà máy luyện kim được phân bố rất rộng song nhiều trường hợp nồng độ chất ô nhiễm không khí quanh nhà máy vẫn vượt giới hạn cho phép nhiều lần.

4. Công nghiệp cơ khí

Nguồn gây ô nhiễm là các phân xưởng đúc, sơn của các nhà máy chế tạo ô tô, máy kéo. Các nguồn ô nhiễm, độ cao ống khói, nồng độ hỗn hợp chất thải cũng như tình trạng ô nhiễm môi trường ở các xưởng đúc có tính chất giống như ở các nhà máy luyện kim. Riêng ở các xưởng sơn lại giống như ở các xưởng hoá chất.

5. Công nghiệp vật liệu xây dựng

Ngành công nghiệp vật liệu xây dựng bao gồm công nghiệp xi măng, sản xuất vôi, gạch ngói, thuỷ tinh, kính xây dựng. Đây là những nguồn gây ô nhiễm lớn đối với môi trường không khí và cũng là nguồn thải chính tạo ra các cơn mưa axit. Đặc biệt là lò nung gạch và nung vôi với công nghệ đốt lò thủ công lạc hậu thải ra lượng chất thải độc hại rất lớn. Chất thải của ngành công nghiệp vật liệu xây dựng chủ yếu là SO_2 , NO_x , CO.

Nói chung, tính đa dạng của các nguồn gây ô nhiễm công nghiệp đã gây phức tạp và khó khăn trong việc xác định các biện pháp xử lý ô nhiễm môi trường không khí, đặc biệt là ở các khu công nghiệp lớn có nhiều loại nhà máy khác nhau.

Theo Phạm Ngọc Đăng [1], về xi măng có nhà máy xi măng Hải Phòng, Hoàng Thạch, Bim Sơn, Hà Tiên 1, Hà Tiên 2 và một số cơ sở xi măng lò đứng được xây dựng rải rác khắp nơi. Năm 1994, tổng sản lượng xi măng đạt 5,7 triệu tấn, trong đó theo công nghệ lò quay và nghiền ướt có 1,7 triệu tấn (năng lượng tiêu hao là 1.600 – 1.800kcal/kg clinker). Đối với xi măng lò đứng, tuy tổng tỷ lệ nhiên liệu dùng ít hơn so với xi măng sản xuất theo phương pháp lò quay nằm, nhưng trong thành phần nguyên liệu của nó thường có thêm hợp chất fluo để hạ thấp nhiệt độ làm việc. Vì vậy, trong khí thải còn chứa cả fluo và cũng do công nghệ thô sơ nên phần xử lý ô nhiễm rất kém, không có thiết bị lọc bụi, hoặc chỉ lọc bụi bằng xyclon, không có lọc bụi bằng tĩnh điện. Trong tương lai nên hạn chế hoặc huỷ bỏ xi măng lò đứng. Trong thời gian qua, nước ta đã xây dựng mới một loạt nhà máy xi măng lò quay có công nghệ hiện đại, tiết kiệm năng lượng và giảm thiểu ô nhiễm môi trường, như Ching Phong – Hải Phòng, Hòn Chông – Hà Tiên, Nghi Xuân – Thanh Hoá, Bút Sơn – Hà Nam, Luksvaxi – Thừa Thiên Huế, v.v...

3.1.3. Nguồn ô nhiễm giao thông vận tải [1]

Giao thông vận tải cũng là một nguồn gây ô nhiễm không khí lớn. Như số liệu ở bảng 3.1 cho thấy, chúng đã sản sinh ra gần 2/3 khí cacbon ôxit (CO), 1/2 khí hydrocacbon (HC) và khí nitơ ôxit (NO). Đặc biệt, ô tô còn gây ô nhiễm bụi đất đá đối với môi trường không khí (bụi thứ cấp) và bụi rất độc hại qua ống xả là bụi hơi chì và tàn khói. Tàu hoả, tàu thuỷ chạy bằng nhiên liệu than hay xăng dầu cũng gây ra ô nhiễm môi trường tương tự như ô tô.

Đặc điểm nổi bật của nguồn ô nhiễm giao thông vận tải là nguồn ô nhiễm rất thấp, di động, nếu cường độ giao thông lớn thì nó giống như nguồn đường (nguồn tuyến), chủ yếu chúng gây ra ô nhiễm cho hai bên đường. Khả năng khuếch tán các chất ô nhiễm giao thông vận tải phụ thuộc rất nhiều vào địa hình và quy hoạch kiến trúc các phố phường hai bên đường.

Máy bay cũng là nguồn gây ô nhiễm bụi, hơi độc hại và tiếng ồn. Bụi và hơi độc hại do máy bay thải ra, nói chung là nhỏ, tính tỷ lệ trên lượng nhiên liệu tiêu hao trên đường bay cũng ít hơn ô tô. Tổng số chất thải do máy bay gây ra chỉ chiếm khoảng 2,5% tổng chất thải cacbon ôxit và 1% chất thải hydrocacbon (xem bảng 3.1). Chất thải của máy bay khác với khu công nghiệp là nó gây ra trên đường bay cao, không chỉ bó hẹp trong một tiểu khu hay một thành phố. Khói phụt của máy bay phản lực làm giảm độ nhìn rõ và thường gây phiền lòng cho mọi người dưới tuyến đường hàng không và xung quanh sân bay. Một điều đáng chú ý là máy bay siêu âm bay ở độ cao lớn thải ra khí nitơ ôxit gây nguy hiểm đối với các phân tử ôzôn trong khí quyển.

3.1.4. Nguồn ô nhiễm sinh hoạt [1]

Nguồn ô nhiễm do sinh hoạt của con người chủ yếu là bếp đun và lò sưởi sử dụng nhiên liệu than đá, củi, dầu hoả và khí đốt. Nhìn chung, nguồn ô nhiễm này là nhỏ, nhưng có đặc điểm là thường gây ô nhiễm cục bộ trong nhà. Hiện nay, việc dùng than để đun nấu lan tràn trong đô thị là điều đáng quan tâm đối với nhà tập thể có hành lang kín và các căn hộ khép kín, nồng độ khí CO tại bếp đun thường là lớn, có thể gây hiểm hoạ đối với con người.

Đun bếp than tổ ong sẽ thải ra nhiều chất khí độc hại như SO_2 , CO, CO_2 và bụi. Số liệu điều tra cuối năm 1994 ở Hà Nội như sau: ở phường Thanh Xuân Bắc có 50,3% số hộ dùng than tổ ong để đun nấu, ở phường Bách Khoa là 29,2% và ở phường Hàng Đào là 8,7%.

Cống rãnh và môi trường nước mặt như ao, hồ, kênh rạch, sông ngòi bị ô nhiễm cũng bốc hơi, thoát khí độc hại và gây ô nhiễm môi trường không khí. ở các đô thị chưa thu gom và xử lý rác tốt thì sự thối rữa, phân huỷ rác hữu cơ vớt bừa bãi hoặc chôn ứ không đúng kỹ thuật cũng là một nguồn gây ô nhiễm môi trường không khí.

Các khí ô nhiễm từ các nguồn thải sinh hoạt trên chủ yếu là khí metan, H_2S , urê và mùi hôi thối làm ô nhiễm không khí các khu dân cư ở đô thị.

3.2. CHẤT GÂY Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ

3.2.1. Các chất khí

Các chất khí gây ô nhiễm môi trường không khí được chia thành 2 loại:

- Các chất gây ô nhiễm sơ cấp là những chất trực tiếp phát ra từ các nguồn và bản thân chúng đã có đặc tính độc hại.
- Các chất gây ô nhiễm thứ cấp là những chất được tạo ra trong khí quyển do tương tác hoá học giữa các chất gây ô nhiễm sơ cấp với các chất vốn là thành phần của khí quyển.

Sau đây là một số chất khí ô nhiễm chính thải ra từ các nguồn thải công nghiệp:

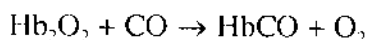
1. Khí sunfuro (SO_2)

Khí SO_2 là chất ô nhiễm được xem là quan trọng nhất trong họ sunfuaôxit. SO_2 sinh ra do quá trình đốt nhiên liệu than đá và dầu. Đây là loại khí không màu, có mùi vị hăng, không cháy, có độ tan lớn. SO_2 tác dụng với nước trong môi trường không khí ẩm ướt tạo thành H_2SO_3 . SO_2 trong khí quyển gặp mưa và các tác nhân ôxi hoá (sấm chớp) tạo thành mưa axit. SO_2

gây nguy hại đối với các công trình kiến trúc. SO_2 làm hư hỏng, giảm tuổi thọ của các sản phẩm vải nilon, tơ nhân tạo, đồ da giày. SO_2 gây ảnh hưởng xấu đến quá trình sinh trưởng của rau quả. Đối với con người và động vật, SO_2 gây ra các bệnh về đường hô hấp và có thể gây tử vong ở nồng độ cao.

2. Khí ôxit cacbon (CO)

Khí CO sinh ra do quá trình đốt nhiên liệu, đặc biệt trong trường hợp cháy không hoàn toàn từ các ống khói nhà máy, ống xả của xe máy, ô tô. CO là loại khí không màu, không mùi, không vị. Ở nồng độ thấp, CO không độc đối với thực vật vì cây xanh có thể chuyển hoá CO sang CO_2 và sử dụng trong quá trình quang hợp. Nhưng ở nồng độ cao CO là loại khí rất độc. Tác hại của khí CO đối với con người và động vật xảy ra khi nó hoá hợp thuận nghịch với Hemoglobin (Hb) trong máu gây thiếu O_2 theo phản ứng:



Mức độ ngộ độc CO phụ thuộc vào hàm lượng Hemoglobin đã kết hợp với CO , nếu trầm trọng có thể gây tử vong. Do CO có tính độc hại lớn nên người ta thường làm giảm nồng độ này trong không khí, phổ biến nhất là đốt cháy để ôxi hoá khí này thành CO_2 .

3. Cacbonđiôxit (CO_2)

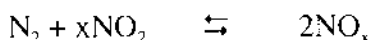
CO_2 là chất khí không màu, nặng hơn không khí 1,5 lần và chủ yếu lưu động ở tầng đối lưu. CO_2 không duy trì sự cháy và thở. Khi tiếp xúc với CO_2 ở nồng độ cao, người và động vật có thể chết ngạt. CO_2 có ý nghĩa lớn đối với thực vật. Cây xanh hút khí CO_2 , dưới tác dụng của ánh sáng Mặt Trời và chất diệp lục tố của lá cây sẽ tạo thành tinh bột và giải phóng O_2 . Hàng năm, lượng CO_2 được sinh ra rất lớn do đốt nhiên liệu, củi và hô hấp của sinh vật thải vào khí quyển. Người ta ước tính rằng, riêng đốt than đá hàng năm đã thải vào khí quyển hơn $2.5.10^{13}$ tấn CO_2 .

Nồng độ CO_2 tăng là nguyên nhân chính gây hiệu ứng nhà kính làm nhiệt độ của Trái Đất tăng, dẫn đến dâng cao mực nước biển, phá vỡ cân bằng sinh thái trên Trái Đất, đặc biệt đối với các hệ sinh thái nhạy cảm (hệ sinh thái san hô, hệ sinh thái rừng ngập mặn, v.v...), tăng hiệu ứng thiên tai như lũ lụt, hạn hán, v.v...

4. Nitơ ôxit (NO_x)

Có nhiều loại nitơ ôxit như NO , NO_2 , NO_3 , N_2O , N_2O_3 , N_2O_4 , N_2O_5 do hoạt động của con người thải vào khí quyển, nhưng chỉ NO và NO_2 là có số lượng quan trọng nhất trong khí quyển. Chúng được hình thành do phản ứng

hoá học của khí nitơ với ôxi trong khí quyển khi đốt cháy ở nhiệt độ cao (vượt quá 1.100°C) và làm lạnh nhanh chóng để tránh sự phân huỷ:



Hàng năm, do hoạt động sản xuất của con người sản sinh ra khoảng 4,8 triệu tấn NO_x (chủ yếu là khí NO_2). Khí NO_x thường tồn tại trong khí quyển khoảng 4 – 5 ngày.

Ở khu vực ngoài thành phố, nồng độ khí NO và NO_2 trong không khí rất nhỏ, chỉ khoảng vài phần trăm tỷ.

Môi trường không khí bị ô nhiễm chất khí NO_x chủ yếu là ở các thành phố và khu công nghiệp, nồng độ khí NO thông thường là khoảng 1ppm, và nồng độ khí NO_2 thông thường khoảng trên 0,5ppm. Cả hai loại khí này đều có vai trò quan trọng trong sự hình thành khói quang hoá.

Khí NO_2 có phản ứng với các gốc hydroxyl (HO) trong khí quyển để hình thành axit nitric (HNO_3). Khi trời mưa, nước mưa sẽ rửa trôi không khí bị ô nhiễm khí NO_2 và hình thành mưa axit.

Các nghiên cứu khoa học cho thấy, nitơ ôxit có tác dụng làm phai màu thuốc nhuộm vải, làm hư hỏng vải bông và nilon, làm gỉ kim loại và sản sinh ra các phân tử nitrat. Mặc dù vậy, đến nay vẫn chưa xác định được nồng độ NO_x bằng bao nhiêu thì gây tác hại đáng kể.

Một số thực vật có tính nhạy cảm đối với môi trường sẽ bị tác hại khi nồng độ NO_2 khoảng 1ppm và thời gian tác động là khoảng một ngày. Nếu nồng độ NO_2 nhỏ, khoảng 0.35ppm thì thời gian tiếp xúc tác động là một tháng. (NO với nồng độ thường có trong không khí nó không gây tác hại đối với sức khỏe của con người, chỉ nguy hại khi nó bị ôxi hoá thành NO_2).

Hemoglobin có ái lực rất lớn đối với khí NO (bằng khoảng 1.500 lần đối với CO), nhưng may mắn thay NO của khí quyển hầu như không có khả năng thâm nhập vào mạch máu để phản ứng với hemoglobin.

NO_2 là khí có màu hơi hồng, có thể phát hiện thấy mùi khi nồng độ khoảng 0,12ppm. Tính chất quan trọng của NO_2 nằm trong phản ứng quang hoá là hấp thụ bức xạ tử ngoại.

Khí NO_2 với nồng độ khoảng 100ppm có thể gây tử vong cho con người và động vật sau vài phút tiếp xúc; nồng độ khoảng 5ppm sau vài phút tiếp xúc có thể dẫn đến ảnh hưởng xấu đối với bộ máy hô hấp. Ví dụ, cho khí tiếp xúc trực tiếp với khí NO_2 có nồng độ 15 – 50ppm trong vòng vài giờ đã gây nguy hiểm cho phổi, tim và gan.

Con người tiếp xúc lâu với không khí có nồng độ khí NO_2 khoảng 0,06ppm đã bị trầm trọng thêm các bệnh về phổi.

Vì vậy, có thể nói rằng, không khí ở các vùng đô thị bị nhiễm bẩn khí NO_2 sẽ gây tác hại đối với sức khoẻ của con người.

3.2.2. Bụi [8, 36]

1. Định nghĩa và phân loại

Bụi là tập hợp các phần tử vật chất tồn tại dưới dạng khí, rắn hoặc lỏng có kích thước (đường kính) lớn hơn kích thước phân tử nhưng nhỏ hơn $500\mu\text{m}$.

Tuỳ theo kích thước của các hạt cấu tạo nên bụi, người ta chia thành:

Bụi lắng (bụi trọng lượng): có kích thước lớn hơn $100\mu\text{m}$ ¹ nhưng nhỏ hơn $500\mu\text{m}$. Các bụi này có kích thước tương đối lớn nên không tồn tại lâu trong khí quyển và rơi xuống mặt đất gây ô nhiễm môi trường đất, nước và hệ sinh thái.

Bụi lơ lửng (bụi lơ lửng tổng số TSP) là tập hợp các hạt bụi có kích thước $\leq 100\mu\text{m}$ ².

Do kích thước nhỏ, nên tốc độ rơi của bụi không đáng kể, coi như bằng 0. Vì thế, bụi lơ lửng tồn tại lâu trong khí quyển gây ô nhiễm cho con người thông qua con đường hô hấp. Kích thước của bụi lơ lửng càng nhỏ càng dễ xâm nhập vào cơ thể gây nên bệnh ung thư phổi và đường ruột ở người và động vật. Vì vậy, trong nghiên cứu tác động của bụi lơ lửng đến sức khoẻ cộng đồng, người ta còn chia bụi lơ lửng tổng số thành các loại bụi sau:

Bụi PM_{10} là tập hợp các hạt có kích thước $\leq 10\mu\text{m}$.

Bụi PM_5 là tập hợp các hạt có kích thước $\leq 5\mu\text{m}$.

Bụi $\text{PM}_{2,5}$ là tập hợp các hạt có kích thước $\leq 2,5\mu\text{m}$.

Bụi PM_1 là tập hợp các hạt có kích thước $\leq 1\mu\text{m}$.

2. Tác hại của bụi

Bụi lơ lửng có khả năng hấp thụ và khuếch tán ánh sáng Mặt Trời nên làm giảm độ trong suốt của khí quyển, tức là làm giảm tầm nhìn xa của con người, ảnh hưởng trực tiếp đến các phương tiện giao thông đường bộ, đường thuỷ và đường hàng không. Nếu nồng độ bụi trong không khí bằng $0,1\text{mg}/\text{m}^3$ thì tầm nhìn xa chỉ còn 12km, trong khi đó tầm nhìn xa lớn nhất là 36km.

^{1, 2} Theo TCVN

Bụi gây tác hại làm gỉ kim loại, bẩn nhà cửa, quần áo, vải vóc, tranh ảnh, tượng đài, đặc biệt gây tác hại đối với thiết bị và mối hàn điện vào những ngày ẩm ướt hoặc có độ ẩm cao.

Một số loại bụi như bụi kim loại, sỏi đá, các hydrocacbon thơm đa vòng v.v... là những tác nhân gây bệnh ung thư đối với người và động vật. Nếu con người tiếp nhận nồng độ bụi trung bình năm vào khoảng $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ thông qua con đường hô hấp thì đã bắt đầu sinh bệnh viêm mãn tính cuống phổi, phù thũng v.v...

Bụi lơ lửng có thể di chuyển qua hàng nghìn km, xuyên qua cả biển và lục địa, ví dụ không khí đã mang theo bụi cát lơ lửng của sa mạc Sahara xuyên qua biển Arabian và thổi đến Ấn Độ, gây ô nhiễm không khí trên quy mô lớn.

Bụi lơ lửng còn gây thiệt hại cho một số công nghiệp cần vô trùng như công nghiệp dược phẩm và công nghiệp thực phẩm.

3.3. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN CHẤT LƯỢNG MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ [31]

3.3.1. Ảnh hưởng của gió

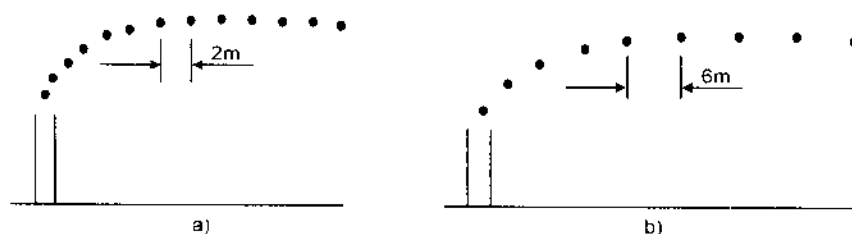
Gió hình thành bởi các dòng chuyển động rối của không khí trên mặt đất, đây là yếu tố khí tượng cơ bản nhất có ảnh hưởng đến sự lan truyền chất ô nhiễm. Trên thực tế, gió không phải là dòng chảy ổn định, hướng và tốc độ của nó luôn luôn thay đổi.

Chuyển động của không khí gây ra sự phát tán cũng như dịch chuyển có trật tự của chất ô nhiễm. Nếu kích thước của các xoáy khí quyển nhỏ hơn kích thước của phễu khí thì có hiện tượng phát tán chất ô nhiễm. Ngược lại, dịch chuyển của chất ô nhiễm dưới tác dụng của gió sẽ phát tán theo hướng chuyển động như là kết quả của sự trao đổi rối theo hướng cắt ngang hoặc thẳng đứng. Hình 3.1 trình bày ví dụ về sự phát tán của bụi (biểu thị bằng dấu tròn đen) từ ống khói với công suất phát thải không đổi.

Nếu tốc độ gió bằng 2m/s, khoảng cách giữa hai hạt bụi là 2m, còn khi tốc độ gió là 6m/s thì khoảng cách này là 6m (hình 3.1a, b). Như vậy, tốc độ gió càng lớn thì thể tích không khí đi qua điểm cửa ra của bụi trong 1 đơn vị thời gian càng lớn, nồng độ của bụi càng nhỏ hơn. Nồng độ giảm do giãn nở của phễu bụi, theo hướng gió và phụ thuộc vào cường độ, tốc độ của dòng khí. Tốc độ gió cũng ảnh hưởng đến cường độ của đối lưu cưỡng bức được

tạo ra trong lớp biên bởi độ đứt của gió và bởi sự tương tác của dòng khí với các yếu tố nhám của mặt đệm.

Tốc độ gió lớn nhất tương ứng với cường độ rối lớn. Khi đó, xoáy sinh ra có kích thước không lớn và sự tác động của nó đến phễu bụi sẽ đẩy nhanh quá trình pha trộn với không khí sạch xung quanh. Quá trình này biểu thị trên hình 3.1b. Xung động rối cũng gây ra chuyển động ngang của xoáy dẫn đến suy giảm phễu bụi ở các đường mép viền (theo phương ngang và thẳng đứng). Hướng gió cũng quan trọng đối với dịch chuyển của bụi. Do sự biến đổi liên tục của hướng gió, nên quỹ đạo của bụi có dạng ngoằn ngoèo.



Hình 3.1. Ảnh hưởng của tốc độ gió trung bình (U) đến quá trình lan truyền

Hướng gió cũng có thể gây ra sự dịch chuyển của bụi trên khoảng cách lớn. Khi gió mạnh, khoảng cách này có thể rất lớn nhưng nồng độ lại giảm đi nhiều. Sự dịch chuyển của bụi như vậy từ một nguồn duy nhất không gây ra hậu quả đáng kể. Điều kiện tối ưu nhất để ô nhiễm mạnh xuất hiện là khi có gió yếu, vì trong trường hợp này dịch chuyển có trật tự theo phương ngang và khuếch tán rối là yếu nhất.

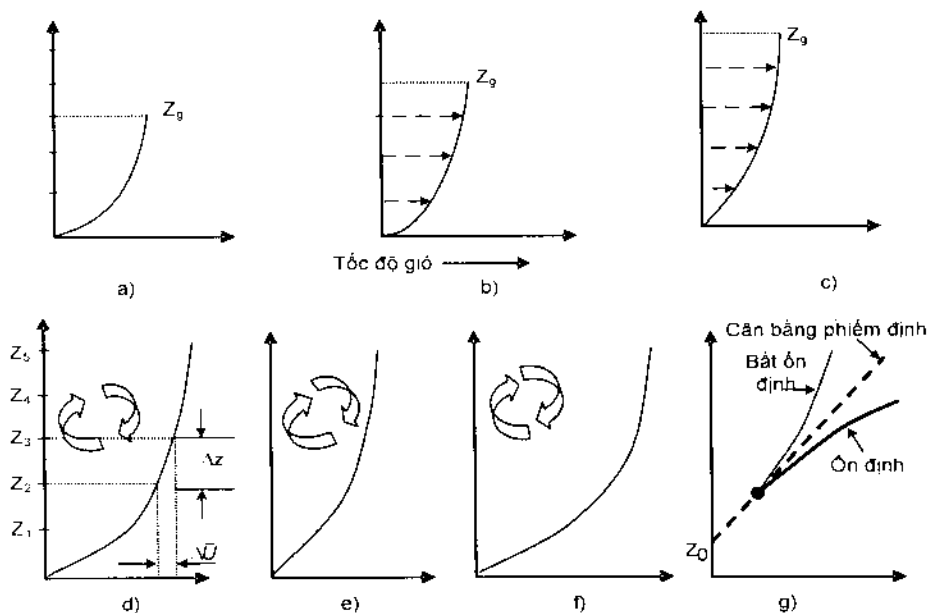
Chuyển động rối có ảnh hưởng đến profin thẳng đứng của gió. Cường độ rối mạnh gây ra sự tăng chậm của gió theo độ cao, còn chuyển động rối yếu thì ngược lại.

Trường gió trong lớp biên được xác định bởi lực ma sát, lực này sinh ra khi có sự tương tác của dòng chảy với mặt đệm và làm giảm *tốc độ gió trung bình (U)* ở gần mặt đệm. Khi không có sự tác động mạnh của nhiệt, độ dày của lớp biên chủ yếu phụ thuộc vào độ nhám của mặt đệm (bề mặt trải dưới) (hình 3.2).

Profin tốc độ gió chỉ ra trên hình 3.2, được xây dựng theo số liệu quan trắc gió mạnh. Độ cao Z_g là giới hạn trên của lớp biên, trên độ cao này tốc độ gió là không đổi.

Độ cao của lớp này tăng lên khi độ dày của lớp nhám tăng. Vì vậy, gradient thẳng đứng của tốc độ gió trung bình $\Delta \bar{U} / \Delta z$ đạt cực đại trên bề mặt phẳng nhẵn và cực tiểu trên mặt nhám. Ngoài ra, tốc độ gió còn phụ thuộc vào phân tầng kết nhiệt của khí quyển (hình 3.2g).

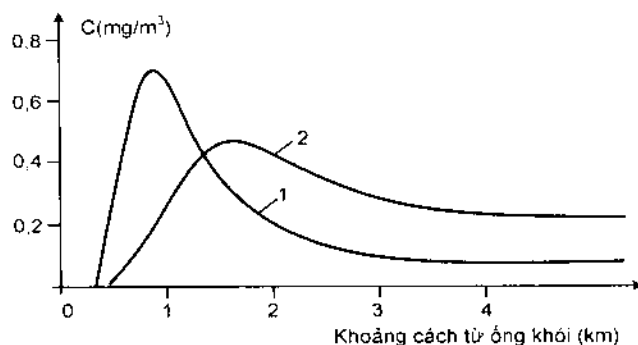
Tốc độ gió sẽ tăng lên theo sự tăng chênh lệch áp lực của khí quyển. Đối với lớp không khí sát mặt đất thì tốc độ gió vào ban ngày lớn hơn, ngược lại ở trên cao vào ban đêm lại có tốc độ lớn hơn.



Hình 3.2. Profin tốc độ gió phụ thuộc vào độ nhám mặt đất (a, b, c) và tầng kết nhiệt khí quyển (d, e, f, g)

a) Bằng phẳng, thoáng mát; b) Thảm cỏ, rừng (ngoại ô); c) Trung tâm thành phố; d) Tầng kết cân bằng phiếm định; e) Bất ổn định; f) Ổn định; g) Các profin; d, e, f) Quy mô bán loga theo độ cao.

(Theo Davenport (a, b, c – 1965) và theo Tom (d, e, f, g – 1975))



Hình 3.3. Đường cong phân bố nồng độ khí SO_2 $C(\text{mg}/\text{m}^3)$ theo trục gió thổi phụ thuộc vào tốc độ gió đối với khí quyển bất ổn định (phát tán từ ống khói) nhà máy cao su Sao Vàng – Thượng Đình, tính theo mô hình Berliand (1. Tốc độ gió = 1m/s; 2. Tốc độ gió = 3m/s)

Đã có nhiều công trình nghiên cứu mối quan hệ giữa phân bố nồng độ chất ô nhiễm không khí trong thành phố với tốc độ gió, kết quả cho thấy nồng độ cực đại chất ô nhiễm sẽ lớn nhất khi gió có tốc độ nhỏ $0 - 1\text{m/s}$; diện tích vùng ô nhiễm được giới hạn bởi trục hoành với đường cong phân bố chất ô nhiễm (hình 3.3).

3.3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ

1. Ảnh hưởng của độ ổn định (phân tầng nhiệt của khí quyển)

Sự lan truyền chất ô nhiễm theo phương thẳng đứng trong lớp biên chủ yếu phụ thuộc vào mức độ ổn định của khí quyển, tức là phụ thuộc vào phân tầng kết nhiệt. Đối lưu tự do gây ra sự phát tán mạnh của chất ô nhiễm theo thể tích và độ dày của lớp xáo trộn xác định giới hạn trên của thể tích này.

Do vậy, điều kiện tốt nhất để phát tán bụi và chất ô nhiễm là ứng với tầng kết nhiệt bất ổn định mạnh cũng như sự phát triển khá cao của lớp xáo trộn. Điều đó cũng xảy ra khi bầu trời quang mây hoặc nắng vào mùa hè. Ngược lại, điều kiện xấu để phát tán ứng với hiện tượng nghịch nhiệt khi trong lớp biên có tầng kết ổn định. Trong trường hợp này, chuyển động rối và chuyển động thẳng đứng xảy ra rất yếu, do đó các chất ô nhiễm khó phát tán lên trên và gây ô nhiễm nặng lớp không khí sát đất.

Theo định nghĩa, *sự tăng nhiệt độ theo độ cao gọi là hiện tượng nghịch nhiệt*. Nghịch nhiệt nảy sinh khi không khí bị lạnh đi ở phía dưới (do ảnh hưởng của những nhân tố bức xạ) và nóng lên ở phía trên (chẳng hạn khi hạ đoạn nhiệt), cũng như khi xuất hiện bình lưu nóng hay không khí lạnh.

2. Nghịch nhiệt bức xạ

Nghịch nhiệt bức xạ được hình thành với *sự lạnh đi của bề mặt Trái Đất do hiệu ứng phát xạ của bề mặt Trái Đất vào khí quyển*. Nghịch nhiệt có thể lan truyền đến độ cao 50 – 100m. Nghịch nhiệt bức xạ xảy ra đối với những lớp thấp của khí quyển vào những đêm quang mây và gió yếu. Cường độ và độ kéo dài theo phương thẳng đứng của lớp nghịch nhiệt có thể tăng lên bởi gió. Về mùa đông, những đêm ở cực thuộc vùng vĩ độ cao nghịch nhiệt có thể tồn tại tới một vài tuần.

Sự lạnh đi của bề mặt trái đất dưới do bay hơi cũng có thể dẫn tới xuất hiện nghịch nhiệt ở lớp không khí sát đất trong những giờ ban ngày khi thời tiết tốt. Cần lưu ý rằng, hiệu ứng do bụi cây nhỏ ở sa mạc trùng hợp với sự xuất hiện nghịch nhiệt, bởi vì không khí khô nóng trượt trên mặt đệm lạnh ẩm. Mưa rào vào mùa hè cũng có thể làm lạnh mặt đệm do bay hơi và tạo ra profin nghịch nhiệt của nhiệt độ.

3. Nghịch nhiệt bình lưu

Nghịch nhiệt bình lưu thường kèm theo front. Vì front di chuyển nên nghịch nhiệt xuất hiện ở vùng nào đó ít ảnh hưởng đến sự phát tán bụi.

Nghịch nhiệt bình lưu cũng hình thành khi có sự trượt của không khí nóng bên trên bề mặt đệm lạnh.

Nhiệt độ của không khí có ảnh hưởng đến phân bố nồng độ chất ô nhiễm trong không khí gần mặt đất. Tính năng hấp thụ và bức xạ nhiệt của mặt đất ảnh hưởng đến sự phân bố nhiệt độ không khí theo chiều thẳng đứng. Trong điều kiện thông thường thì càng lên cao nhiệt độ không khí càng giảm, gradient nhiệt độ thẳng đứng vào khoảng $0,6 - 1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$.

Tuỳ theo trạng thái bề mặt trái dưới và địa hình khác nhau mà trị số gradient theo chiều thẳng đứng của nhiệt độ cũng khác nhau. Người ta phân biệt nghịch nhiệt ở sát mặt đất và nghịch nhiệt ở tầng cao. Nghịch nhiệt này làm suy yếu sự trao đổi đối lưu, làm giảm sự khuếch tán nên làm tăng nồng độ hơi độc hại trong không khí gần mặt đất. Thảm họa bị ngộ độc vì nồng độ chất ô nhiễm lớn ở thung lũng sông Manse (Bi) có liên quan đến hiện tượng nghịch nhiệt này. Tương tự, hiện tượng này đã xảy ra nhiều lần ở London, Los Angeles v.v...

Nghịch nhiệt có tính địa phương, vì vậy khi xây dựng nhà máy ở một địa điểm mà ta phỏng đoán có thể xảy ra hiện tượng nghịch nhiệt thì phải nghiên cứu kỹ điều kiện khí hậu nơi đó. Điều quan trọng là các miệng ống thải chất độc hại phải đặt cao hơn tầng nghịch nhiệt. Theo tài liệu của Đài khí tượng Liên Xô trước đây thì khi có tầng nghịch nhiệt mà giới hạn dưới của tầng nghịch nhiệt này nằm trên nguồn thải chất ô nhiễm sẽ làm tăng 50–100% nồng độ chất ô nhiễm vùng không khí sát mặt đất.

Theo tính toán, nồng độ chất độc hại do nguồn cao 100 – 150m thải ra trong vùng lặng gió sẽ tăng lên khoảng 70% so với trường hợp không có hiện tượng lặng gió.

Đối với trường hợp nguồn thải thấp thì nguy hiểm nhất là xảy ra sự trùng hợp hiện tượng nghịch nhiệt và tốc độ gió yếu. Nguy hiểm nhất là đối với các nguồn thải chất độc hại nguy hại (như ở các nhà máy hoá chất) mà tầng nghịch nhiệt nằm kề với nguồn thải, xảy ra trùng hợp với lúc gió yếu. Giải bài toán về sự phân bố chất độc hại trong không khí khi xảy ra hiện tượng nghịch nhiệt và lặng gió là vô cùng khó khăn. Do đó, người ta thường xác định chúng bằng cách mô phỏng trong phòng thí nghiệm.

Nhưng trong thực tế không phải lúc nào cũng cần phải giải bài toán này chính xác. Khi thiết kế các khu công nghiệp đã xét kỹ hướng gió thịnh hành thì xác suất xảy ra các hiện tượng trên không vượt quá 25%.

3.3.3. Ảnh hưởng của độ ẩm và mưa

Trong điều kiện độ ẩm lớn, các hạt bụi lơ lửng trong không khí có thể liên kết với nhau thành các hạt to hơn và rơi nhanh xuống đất. Từ mặt đất, các vi sinh vật phát tán vào không khí, độ ẩm lớn tạo điều kiện vi sinh vật phát triển nhanh chóng và bám vào các hạt bụi ẩm lơ lửng trong không khí lan truyền đi xa, truyền nhiễm bệnh. Độ ẩm còn có tác dụng hoá học với các chất khí thải công nghiệp, ví dụ SO_2 , SO_3 hoá hợp với hơi nước trong không khí tạo thành H_2SO_3 và H_2SO_4 . Mưa có tác dụng làm sạch môi trường không khí, nhưng các hạt mưa kéo theo các hạt bụi và hoà tan một số chất độc hại rồi rơi xuống đất, gây ô nhiễm đất và ô nhiễm nước. Mưa làm sạch bụi ở các lá cây, do đó làm tăng khả năng hút bụi của các dải cây xanh cách ly bảo vệ khu dân cư.

3.3.4. Ảnh hưởng của địa hình đối với sự phân bố chất ô nhiễm

Địa hình, thậm chí các gò đất, đồi núi, công trình với độ cao không lớn lắm, cũng ảnh hưởng đến khí hậu và sự phân bố chất ô nhiễm. Các nghiên cứu thực nghiệm chứng tỏ không khí ở phía sau đồi, gò, do hiệu ứng quán gió nên nồng độ chất ô nhiễm lớn hơn. Hướng chuyển động và lực của dòng không khí sát mặt đất trong khu vực có đồi núi khác xa với hướng và tốc độ gió ở những nơi cao hơn đồi núi hay ở các vùng trống trải.

Ngoài ra, còn phải chú ý đến các hoàn lưu địa phương như *hoàn lưu đất – biển*, gió thổi từ biển vào đất liền và ngược lại, *hoàn lưu núi – thung lũng*, tức là luồng gió lạnh thổi theo sườn núi từ đỉnh xuống thung lũng. Khi xây dựng khu công nghiệp ở vùng có nhiều đồi núi, tốt nhất là đặt nhà máy ở trên đỉnh đồi hay trên sườn đồi về phía cuối của hướng gió thịnh hành, còn khu dân cư đặt ở thung lũng hoặc sườn đồi đón gió. Khu gang thép Thái Nguyên đã quy hoạch vị trí khu dân cư và nhà máy ngược với nguyên tắc này, nên đã phải gánh chịu hậu quả ô nhiễm nghiêm trọng. Các địa điểm ở ven biển trong phạm vi khoảng 100km cách bờ cần lưu ý đến hoàn lưu đất – biển, vì lý do thay đổi ngược lại vào ban ngày và ban đêm của hoàn lưu này.

3.3.5. Ảnh hưởng của nhà và công trình đối với sự phân bố chất ô nhiễm trong môi trường không khí

Trong khu công nghiệp, sự chuyển động của không khí cùng với các phần tử bụi và hơi khí chứa trong nó khác với ở vùng trống trải (không có vật cản). Nhà cửa, công trình sẽ làm thay đổi trường vận tốc của không khí. Ở phía trên công trình vận tốc chuyển động của không khí tăng lên; phía sau

công trình, vận tốc không khí giảm xuống và đến khoảng cách xa nào đó vận tốc gió mới đạt tới trị số ban đầu. Ở phía trước công trình, một phần động năng của gió biến thành thế năng và tạo thành áp lực dư; ở phía sau công trình có hiện tượng gió xoáy và làm loãng không khí, tạo ra áp lực âm. Ngoài ra, trong khu vực công nghiệp, còn có các dòng không khí chuyển động do các nguồn nhiệt công nghiệp thải ra, cũng như các lượng nhiệt bức xạ mặt trời đốt nóng các mái nhà, đường sá và sân bãi gây nên sự chênh lệch nhiệt độ và tạo thành sự chuyển động của không khí ảnh hưởng trực tiếp đến sự phân bố các chất ô nhiễm.

3.4. MÔ HÌNH TÍNH TOÁN SỰ LAN TRUYỀN CHẤT Ô NHIỄM TRONG MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ

Trong công tác kiểm soát và quản lý chất lượng môi trường không khí, việc đánh giá và dự báo ô nhiễm môi trường theo phương pháp định lượng là hết sức quan trọng, giúp các nhà quản lý, hoạch định chính sách và các nhà công nghệ đưa ra quyết định đúng đắn trong việc giải quyết vấn đề môi trường.

Phần này trình bày phương pháp mô hình hoá toán học để nghiên cứu quá trình lan truyền các chất ô nhiễm trong môi trường không khí bằng việc sử dụng các mô hình khuếch tán rối chất ô nhiễm của các tác giả nước ngoài với các hệ số được xử lý trong điều kiện khí hậu của Việt Nam.

3.4.1. Các phương pháp mô hình hoá

Để đánh giá hiện trạng và dự báo ô nhiễm môi trường không khí tại một vùng nào đó, trên thế giới cũng như ở Việt Nam hiện nay thường sử dụng hai phương pháp sau:

- Phương pháp thực nghiệm. Khảo sát, đo đạc tại nhiều điểm trên hiện trường của một vùng và bằng phương pháp thống kê để phân tích, đánh giá chất lượng không khí vùng đó.
- Phương pháp mô hình hoá. Dùng các mô hình toán học mô phỏng và dự báo sự lan truyền các chất ô nhiễm theo không gian và thời gian, sau đó kết hợp với số liệu đo đạc thực nghiệm để kiểm chứng độ chính xác của mô hình. Trên cơ sở đó xây dựng các phần mềm tính toán tối ưu và thương mại hoá.

Theo tài liệu của Tổ chức Khí tượng thế giới (WMO) và Chương trình Môi trường của Liên hợp quốc (UNEP), hiện nay trên thế giới có hơn 20 dạng mô hình tính toán và dự báo ô nhiễm môi trường không khí, nhưng có thể tập hợp thành 3 phương pháp chính sau đây:

1. Mô hình thống kê kinh nghiệm dựa trên cơ sở lý thuyết của Gauss với giả thiết rằng sự phân bố nồng độ chất ô nhiễm tuân theo quy luật phân bố chuẩn (vì thế gọi là mô hình Gauss). Các nhà khoa học đầu tiên áp dụng và cải tiến theo hướng này là Sutton, Tunner, Pasquyl v.v... [46, 48].

2. Mô hình động lực – rối thống kê sử dụng lý thuyết khuếch tán rối trong điều kiện khí quyển có phân tầng kết nhiệt. Mô hình này được Berliand xây dựng và áp dụng thành công ở Nga (nên còn gọi là mô hình Berliand, hay mô hình khuếch tán rối K).

3. Mô hình số trị dựa trên việc giải hệ phương trình đầy đủ của nhiệt động lực học khí quyển bằng phương pháp số. Hướng này mới được triển khai ứng dụng trong mấy năm gần đây nên kết quả thu được còn rất hạn chế.

Hai mô hình Berliand và Sutton (dạng cải tiến của Gauss) hiện nay được sử dụng rộng rãi nhất trên thế giới và ở Việt Nam để đánh giá, dự báo các chất ô nhiễm không khí thải ra từ các nguồn thải công nghiệp, đô thị (dân sinh), giao thông, xây dựng và khai khoáng.

3.4.2. Sự phân bố chất ô nhiễm và phương trình vi phân cơ bản

Khi mô tả quá trình khuếch tán chất ô nhiễm trong không khí bằng các mô hình toán học thì mức độ ô nhiễm không khí thường được đặc trưng bởi trị số trung bình của nồng độ chất ô nhiễm phân bố theo không gian và thời gian.

Dưới tác dụng của gió tự nhiên, các luồng khí phụt lên từ miệng ống khói sẽ bị uốn cong theo chiều gió thổi. Chất ô nhiễm dần dần bị khuếch tán rộng tạo thành vệt khói. Kết quả khảo sát cho thấy, các chất khí thải và bụi lơ lửng lan truyền chủ yếu theo vệt khói trong phạm vi góc cung hẹp 10° – 20° . Một số hạt bụi nặng sẽ tách khỏi vệt khói và rơi xuống mặt đất gần ống khói. Nếu coi góc mở của vệt khói không đổi theo khoảng cách thì diện tích do vệt khói gây ô nhiễm sẽ tăng theo tỷ lệ với bình phương của khoảng cách.

Vùng không khí sát đất thường bị ô nhiễm bắt đầu từ khoảng cách tới chân ống khói ước chừng từ 4 – 20 lần chiều cao ống khói và vị trí bị ô nhiễm cực đại cách chân ống khói khoảng 10 – 40 lần chiều cao ống khói. Trên mặt cắt ngang của vệt khói, nồng độ ở trục lớn nhất và càng ra xa, nồng độ càng giảm dần. Khi trời lặng gió, luồng khí thải sẽ phụt thẳng đứng lên trên và gây ô nhiễm không khí chủ yếu trong phạm vi không gian xung quanh ống khói.

Trong trường hợp tổng quát, trị số trung bình của nồng độ chất ô nhiễm trong không khí phân bố theo thời gian và không gian được mô tả từ phương trình xuất phát của vận chuyển, khuếch tán rối và biến đổi hoá học đầy đủ như sau [3]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} + V_x \frac{\partial C}{\partial x} + V_y \frac{\partial C}{\partial y} + V_z \frac{\partial C}{\partial z} = \\ = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + \alpha C - \beta C \end{aligned} \quad (3.1)$$

Trong đó:

C – Nồng độ trung bình chất ô nhiễm (mg/m³).

x, y, z – Các thành phần tọa độ theo 3 trục Ox, Oy, Oz.

t – Thời gian.

K_x, K_y, K_z – Thành phần của hệ số khuếch tán rối theo 3 trục Ox, Oy, Oz.

V_x, V_y, V_z – Thành phần của tốc độ trung bình theo 3 trục Ox, Oy, Oz.

α – Hệ số tính đến sự liên kết của chất ô nhiễm với các phân tử khác của môi trường không khí.

β – Hệ số tính đến sự biến đổi của chất ô nhiễm thành các chất khác do các quá trình phản ứng hoá học xảy ra trên đường lan truyền.

Tuy nhiên, phương trình (3.1) rất phức tạp và không khép kín, nó chỉ là một hình thức mô phỏng sự lan truyền chất ô nhiễm. Trên thực tế, để giải phương trình này người ta phải tiến hành đơn giản hoá trên cơ sở thừa nhận một số điều kiện gần đúng bằng cách đưa ra các giả thiết phù hợp với điều kiện cụ thể. Những giả thiết này xuất phát từ các lập luận sau đây:

Công suất của nguồn điểm phát thải là liên tục và coi không đổi theo thời gian. Vì vậy, quá trình lan truyền chất ô nhiễm xem như là *quá trình dừng*, nghĩa là:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = 0 \quad (3.2)$$

Nếu hướng trục Ox trùng với hướng gió thì thành phần vận tốc gió chiếu lên trục Oy sẽ bằng 0:

$$\begin{aligned} V_x = |\vec{V}| = U \text{ -- Tốc độ gió trung bình.} \\ V_y = 0 \end{aligned} \quad (3.3)$$

Trên thực tế, thành phần khuếch tán rối theo chiều gió nhỏ hơn rất nhiều lần so với thành phần khuếch tán rối theo phương vuông góc với chiều gió, vì thế:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) \quad (3.4)$$

được bỏ qua so với các số hạng khác.

Tốc độ thẳng đứng V_z nhỏ hơn so với tốc độ gió nên có thể bỏ qua, O_z thường lấy chiều dương hướng lên trên, do đó đối với bụi nặng thì thành phần V_z ở phương trình (3.1) sẽ bằng tốc độ rơi của hạt W ($V_z = -W$), còn đối với chất khí và bụi nhẹ thì $V_z \approx 0$.

Nếu bỏ qua hiện tượng chuyển “pha” của chất ô nhiễm cũng như không xét đến chất ô nhiễm được bổ sung trong quá trình khuếch tán thì

$$\alpha = \beta = 0 \quad (3.5)$$

1. Điều kiện ban đầu

Điều kiện ban đầu của bài toán lan truyền các chất ô nhiễm trong môi trường không khí được thiết lập trên cơ sở định luật bảo toàn vật chất.

– Nếu nguồn có độ cao H đặt ở gốc toạ độ, hướng trục Ox theo chiều gió với vận tốc trung bình là U thì tại thời điểm $t = t_0$ hay ($t = 0$), điều kiện ban đầu có dạng:

$$\begin{cases} t = 0 \\ x = 0 \\ y = 0 \\ z = H \end{cases} \quad U.C = M.\delta(y).\delta(z-H) \quad (3.6)$$

Trong đó:

H – Độ cao hiệu dụng của nguồn điểm (m); $H = h + \Delta H$.

h – Độ cao thực tế của nguồn điểm (độ cao hình học của ống khói, (m)).

ΔH – Độ nâng ban đầu của luồng khí thải (vệt khói), (m).

C – Nồng độ trung bình của chất ô nhiễm (mg/m^3).

M – Công suất nguồn thải (mg/s).

$\delta(y), \delta(z - H)$: Các hàm toán học đặc thù.

Hàm toán học đặc thù $\delta(x)$ có dạng:

$$\delta(x) = \int_a^b \varphi(\xi) \delta[(\xi) - x] d\xi \quad (3.7)$$

$\delta(x) \neq 0$ khi $x \in [a, b]$

$\delta(x) = 0$ khi $x < a$; $x > b$

$\varphi(\xi)$ – Hàm tùy ý.

– Nếu như nguồn thải không phải là ống khói mà thải ra ở mặt đất $h=0$ thì một số tác giả cho rằng, tại thời điểm $t = 0$ chất phát thải chưa hoạt động. Khi đó, giả sử nguồn đặt ở gốc toạ độ thì điều kiện ban đầu có dạng:

$$\begin{cases} t = 0 \\ x = 0 \\ y = 0 \\ z = 0 \end{cases} \Rightarrow C = 0 \quad (3.8)$$

2. Điều kiện biên

Trong lớp không khí khảo sát thường giới hạn bởi mặt đất, còn độ cao thường là vô hạn hoặc hữu hạn tùy theo sự phân lớp của khí quyển.

Thông thường, điều kiện biên được thiết lập cho 2 trường hợp phù hợp với điều kiện thực tế của quá trình khuếch tán rối.

Trong trường hợp này cần xét hai điều kiện sau:

* Điều kiện xa vô cùng:

Điều kiện này xuất phát từ cơ chế vật lý: Nồng độ của chất ô nhiễm giảm dần khi ra xa vô tận:

$$\begin{matrix} x, z & \rightarrow & \infty \\ |y| & \rightarrow & \infty \end{matrix} \text{ thì } C \rightarrow 0 \quad (3.9)$$

* Điều kiện bề mặt trái dưới

– Nếu bề mặt trái dưới có chứa nước (sông, hồ, ao, biển v.v...) thì khả năng hấp thụ chất ô nhiễm của nước rất lớn, nên nồng độ chất ô nhiễm tại mặt trái dưới được xem như bằng 0:

$$C = 0 \text{ khi } z = 0 \quad (3.10)$$

– Nếu bề mặt trái dưới là khô thì điều kiện phản xạ của mặt trái dưới rất lớn, do đó các dòng chất thải đến mặt trái dưới bị phản xạ hoàn toàn vào khí quyển. Do đó thông lượng rối thẳng đứng của chất ô nhiễm tại bề mặt trái dưới phải bằng 0, nghĩa là:

$$K_z \frac{\partial C}{\partial z} = 0 \text{ khi } z = 0 \quad (3.11)$$

3.4.3. Mô hình lan truyền chất ô nhiễm trong môi trường không khí của Berliand

Berliand đã tiến hành nghiên cứu sự khuếch tán chất ô nhiễm trong môi trường không khí theo *phương pháp động lực rối thống kê*. Trên cơ sở đó, ông đã tìm ra công thức xác định nồng độ trung bình chất ô nhiễm tại điểm có toạ độ x, y trên mặt phẳng gần mặt đất ($z = 1 - 2\text{m}$) đối với nguồn điểm.

Xuất phát từ phương trình vi phân tổng quát (3.1):

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} + V_x \frac{\partial C}{\partial x} + V_y \frac{\partial C}{\partial y} + V_z \frac{\partial C}{\partial z} = \\ = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + \alpha C - \beta C \end{aligned}$$

Berliand giả thiết quá trình khuếch tán rối là dừng, trục Ox hướng theo chiều gió có vận tốc trung bình là U , bỏ qua các lực liên kết và biến chất (một số điều kiện gần đúng từ phương trình (3.2) đến (3.5)), khi đó phương trình vi phân trên được viết dưới dạng sau:

$$V_x \frac{\partial C}{\partial x} + V_z \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) \quad (3.12)$$

Với các điều kiện phụ:

* Điều kiện ban đầu:

$$\begin{cases} t = 0 \\ x = 0 \\ y = 0 \\ z = H \end{cases} \quad U.C = M.\delta(y).\delta(z - H) \quad (3.13)$$

* Điều kiện biên:

+ Mặt trái dưới có chứa nước hoặc độ ẩm cao:

$$C = 0 \text{ tại } z = 0 \quad (3.14)$$

+ Mặt trái dưới là khô:

$$K_z \frac{\partial C}{\partial z} = 0 \text{ tại } z = 0 \quad (3.15)$$

* Điều kiện xa vô cùng:

$$\begin{aligned} x, z &\rightarrow \infty \\ |y| &\rightarrow \infty \end{aligned} \quad \text{thì } C \rightarrow 0 \quad (3.16)$$

Với các điều kiện biên và điều kiện ban đầu, Berliand đã giải phương trình (3.12) bằng phương pháp phân ly biến số, kết quả được nghiệm của bài toán lan truyền chất ô nhiễm tại mặt đất ($z = 1 - 2m$) ứng với nguồn điểm liên tục như sau:

$$C(x, y, 0) = \frac{M}{2(1+n)K_1\sqrt{\pi K_0 x}} \exp\left[-\frac{U_1 H^{1+n}}{(1+n)^2 K_1 x} - \frac{y^2}{4K_0 x}\right] \quad (3.17)$$

Phân bố chất ô nhiễm trên mặt đất có trị số nồng độ trung bình cực đại C_{max} ở điểm có toạ độ X_{max} trên trục Ox (theo hướng gió) được xác định từ công thức (3.17) thoả mãn điều kiện cực trị sau:

$$\frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial C}{\partial y} = 0 \quad (3.18)$$

Từ (3.18) sẽ tìm được nồng độ trung bình cực đại của chất ô nhiễm tại khoảng cách cực đại tương ứng:

$$C_{max} = \frac{0,116(1+n)^2 M}{U_1 H^{1.5(1+n)}} \sqrt{\frac{K_1}{K_0 u_1}} \quad (3.19)$$

$$X_{max} = \frac{2}{3} \frac{U_1 H^{1+n}}{K_1 (1+n)^2} \quad (3.20)$$

Trong các công thức (3.17) và (3.20) ta có:

M – Lượng phát thải trên một đơn vị thời gian (công suất nguồn thải) (mg/s).

K_1 – Hệ số khuếch tán rối ở mực $z = 1m$ (m^2/s).

n – Số mũ của hàm biến đổi tốc độ gió theo độ cao, $n = 0,14 - 0,20$. Thường lấy $n = 0,14$ trong điều kiện khí quyển bất ổn định và $n = 0,20$ khi khí quyển ổn định.

K_0 – Kích thước khuếch tán rối ngang (m), đặc trưng cho sự biến đổi của hình chiếu phễu khói trên mặt phẳng xOy , nó được liên hệ với hệ số khuếch tán rối ngang K_y và tốc độ gió trung bình U theo công thức:

$$K_0 = K_y/U$$

U_1 – Tốc độ gió tại độ cao $z = 1m$. Để giải bài toán lan truyền chất ô nhiễm, Berliand đã sử dụng các profin thẳng đứng của tốc độ gió và hệ số khuếch tán rối để khép kín phương trình (3.12) với ẩn số duy nhất là nồng độ trung bình C , các profin này có dạng lũy thừa như sau:

$$U_z = U_1 \left(\frac{z}{z_1} \right)^n \quad (3.21)$$

$$K_z = K_1 \left(\frac{z}{z_1} \right)^m \quad (3.22)$$

U_z – Tốc độ gió trung bình tại độ cao z (m/s).

K_z – Hệ số khuếch tán rối tại độ cao z (m^2/s).

K_1 – Hệ số khuếch tán rối tại độ cao $z_1 = 1m$ (m^2/s).

n, m – Các chỉ số đặc trưng cho sự biến đổi của tốc độ gió và hệ số khuếch tán rối trong khí quyển theo chiều cao. Đối với lớp không khí gần mặt đất thì chỉ cần giới hạn sự phụ thuộc tuyến tính của K_z vào z , khi đó coi $m = 1$.

Hệ số K_1 được xác định bằng công thức sau:

$$K_1 = 0,104 \Delta U \left[1 + 1,38 \frac{\Delta T}{(\Delta U)^2} \right]$$

Trong đó:

$\Delta U = U_2 - U_{0,5}$ – Hiệu tốc độ gió ở mực 2m và 0,5m.

$\Delta T = T_{0,5} - T_2$ – Hiệu nhiệt độ không khí tại mực 2m và 0,5m.

H – Độ cao hiệu dụng của ống khói (m). Đại lượng này được tính theo công thức:

$$H = h + \Delta H$$

Trong đó:

h – Độ cao thực của ống khói (m).

ΔH – Độ nâng ban đầu của luồng khí thải (m) được tính theo công thức:

$$\Delta H = \frac{1,5 \cdot W_0 \cdot R_0}{U_{10}} \left(2,5 + \frac{3,3 \cdot g \cdot R_0 \cdot \Delta T}{T_k \cdot U_{10}} \right) \quad (3.23)$$

U_{10} – Tốc độ gió tại độ cao 10m (m/s).

$\Delta T = T_r - T_k$ – Hiệu nhiệt độ giữa khí thải ra khỏi miệng ống khói (T_r) và nhiệt độ môi trường không khí xung quanh (T_k) ở miệng ống khói. (T_k, T_r tính bằng độ Kelvin = $273^\circ + t^\circ C$).

W_0 – Tốc độ phụt của luồng khí thải (m/s).

R_{01} – Bán kính miệng ống khói (m).

g – Gia tốc trọng trường (m/s^2).

3.4.4. Mô hình lan truyền chất ô nhiễm trong môi trường không khí của Sutton và Gauss

Mô hình lan truyền chất ô nhiễm của SUTTON ngoài việc áp dụng để đánh giá cho các nguồn điểm có độ cao h (như ống khói của các nhà máy) thì mô hình này cũng được áp dụng đối với nguồn điểm ở mặt đất (không có độ cao h và đặt ở gốc toạ độ).

Cách giải của Sutton cũng dựa vào các giả thiết từ (3.2) đến (3.5), quy luật biến đổi theo độ cao của tốc độ gió và hệ số khuếch tán rối để đơn giản hoá và khép kín phương trình (3.1), đồng thời sử dụng một số điều kiện phụ sau:

$$x \rightarrow 0 \quad \rightarrow \quad C \rightarrow \infty$$

$$x, y, z \rightarrow \infty \quad \rightarrow \quad C \rightarrow 0$$

Thông lượng chất ô nhiễm tại bề mặt trái dưới = 0

$$K_z \frac{\partial C}{\partial z} \rightarrow 0 \text{ khi } z \rightarrow 0$$

Thông lượng chất ô nhiễm qua một mặt phẳng bất kỳ vuông góc với hướng gió thì không đổi và bằng công suất của nguồn thải M :

$$M = \int_0^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} uC(y, z) dy dz ; x > 0 \quad (3.24)$$

Xuất phát từ cơ sở lý thuyết thống kê và tư tưởng của Gauss, Sutton giải phương trình đã được đơn giản hoá với các điều kiện phụ cho kết quả sau đối với nguồn điểm liên tục không có độ cao đặt tại gốc toạ độ:

$$C(x, y, z) = \frac{2M}{\pi \cdot u \cdot C_y \cdot C_z \cdot x^{2-n}} \exp \left[-x^{n-2} \left(\frac{y^2}{C_y^2} + \frac{z^2}{C_z^2} \right) \right] \quad (3.25)$$

Trong đó:

M – Công suất nguồn thải (mg/s).

u – Tốc độ gió trung bình tại mặt đất (m/s).

$C(x, y, z)$ – Nồng độ chất ô nhiễm (mg/m^3).

C_y, C_z – Các hệ số khuếch tán rối suy rộng của Sutton.

n – Liên quan đến chỉ số tầng kết nhiệt.

Đối với nguồn điểm liên tục có độ cao hiệu dụng H đặt tại gốc toạ độ, mô hình Sutton có dạng:

$$C(x, y, z) = \frac{M \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{C_y^2 \cdot x^{2-n}}\right)}{\pi \cdot C_y \cdot C_z \cdot u \cdot x^{2-n}} \left\{ \exp\left[-\frac{(z-H)^2}{C_z^2 x^{2-n}}\right] + \exp\left[-\frac{(z+H)^2}{C_z^2 x^{2-n}}\right] \right\} \quad (3.26)$$

u – Tốc độ gió trung bình tại độ cao hiệu dụng của nguồn.

Từ công thức (3.26) Sutton đã lập được công thức tính nồng độ trung bình cực đại chất ô nhiễm tại khoảng cách tương ứng:

$$C_{\max} = \frac{2 \cdot M}{e \cdot \pi \cdot u \cdot H^2} \cdot \frac{C_z}{C_y} \quad (3.27)$$

$$X_{\max} = \left(\frac{H^2}{C_z^2} \right)^{\frac{1}{2-n}} \quad (3.28)$$

Trong trường hợp tính toán cho *nguồn điểm không có độ cao tại mặt đất* (như các nguồn khoan, xúc bốc, nổ mìn trong khai thác mỏ, cửa thông gió tại các hầm lò, trong các phân xưởng, nhà máy công nghiệp) nồng độ chất ô nhiễm được tính theo công thức (đặt $z = 0$ trong công thức 3.25):

$$C(x, y, 0) = \frac{2 \cdot M}{\pi \cdot u \cdot C_y \cdot C_z \cdot x^{2-n}} \exp\left[-x^{n-2} \left(\frac{y^2}{C_y^2}\right)\right] \quad (3.29)$$

Đối với nguồn điểm có độ cao H , khi đặt $z = 0$ từ công thức (3.26) ta sẽ thu được quy luật phân bố nồng độ trung bình chất ô nhiễm ở gần mặt đất như sau:

$$C(x, y, 0) = \frac{2 \cdot M}{\pi \cdot u \cdot C_y \cdot C_z \cdot x^{2-n}} \exp\left[-\frac{1}{x^{2-n}} \left(\frac{y^2}{C_y^2} + \frac{H^2}{C_z^2}\right)\right] \quad (3.30)$$

Sử dụng công thức liên hệ giữa C_y, C_z với các hệ số phát tán Gauss σ_y, σ_z do Sutton thiết lập:

$$2\sigma_y^2 = C_y^2 \cdot x^{2-n} \quad ; \quad 2\sigma_z^2 = C_z^2 \cdot x^{2-n} \quad (3.31)$$

Khi đó (3.26) có dạng:

$$C(x, y, z) = \frac{M}{2 \cdot \pi \cdot u \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z} \cdot \exp \frac{-y^2}{2 \cdot \sigma_y^2} \left\{ \exp \left[\frac{-(Z-H)^2}{2 \cdot \sigma_z^2} \right] + \exp \left[\frac{-(Z+H)^2}{2 \cdot \sigma_z^2} \right] \right\} \quad (3.32)$$

Với u là tốc độ gió trung bình tại chiều cao hiệu dụng (H) của ống khói.

Đặt $z = 0$, trong công thức (3.32) ta có công thức xác định nồng độ chất ô nhiễm gần mặt đất như sau:

$$C(x, y, 0) = \frac{M}{\pi \cdot u \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z} \cdot \exp \left(\frac{-y^2}{2 \cdot \sigma_y^2} \right) \cdot \exp \left(\frac{-H^2}{2 \cdot \sigma_z^2} \right) \quad (3.33)$$

Các công thức (3.32) và (3.33) thường quen gọi là *các công thức của mô hình Gauss*.

Khi áp dụng các công thức của Sutton, chỉ số phân tầng kết nhiệt n và các hệ số khuếch tán suy rộng C_y, C_z liên quan tới độ cao của nguồn phát thải h được Sutton nghiên cứu, phân tích mối quan hệ giữa nguồn phát thải với các yếu tố khí tượng cho ở bảng 3.2 [45, 46].

Bảng 3.2. Các giá trị n, C_y, C_z theo Sutton

Độ cao nguồn	Bất ổn định $n = 0,2$		Cân bằng phẩm định $n = 0,25$		Nghịch nhiệt			
					Trung bình ($n = 0,33$)		Mạnh ($n = 0,5$)	
h	C_z	C_y	C_z	C_y	C_z	C_y	C_z	C_y
0	0,36	0,64	0,12	0,21	0,048	0,084	0,030	0,053
10	0,36	0,64	0,12	0,21	0,048	0,084	0,030	0,053
25	0,36	0,36	0,12	0,12	0,048	0,048	0,030	0,030
50	0,30	0,30	0,10	0,10	0,040	0,040	0,025	0,025
75	0,27	0,27	0,09	0,09	0,036	0,036	0,022	0,022
100	0,21	0,21	0,07	0,07	0,028	0,028	0,018	0,018

Đối với các công thức Gauss (3.32) và (3.33) khi sử dụng phân tầng kết nhiệt người ta thường sử dụng bảng phân loại của Pasquyl theo 6 mức A, B, C, D, E, F cho ở bảng 3.3.

Đối với độ nâng ban đầu của luồng khí thải thường sử dụng công thức sau:

$$\Delta H = \frac{V_s d}{U} \left[1,5 + 2,68 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot d \left(\frac{T_r - T_k}{T_i} \right) \right] \quad (3.34)$$

Trong đó:

V_s – Tốc độ phụt khí thải ở miệng ống khói (m/s).

d – Đường kính của miệng ống khói (m).

P – Áp suất khí quyển (mbar).

T_i – Nhiệt độ khí thải (°K).

T_k – Nhiệt độ không khí xung quanh miệng ống khói (°K).

U – Tốc độ trung bình tại miệng ống khói (m/s).

Bảng 3.3. Mức phân tầng kết nhiệt theo Pasquyl [48]

Phân tầng kết nhiệt của khí quyển theo Pasquyl					
Tốc độ gió ở độ cao 10m (m/s)	Ngày			Đêm	
	Bức xạ mạnh	Bức xạ trung bình	Bức xạ yếu	Mây dày ($\geq \frac{5}{10}$)	Ít đến quang mây ($< \frac{4}{10}$)
< 2	A	A - B	B	E	F
2 - 3	A - B	B	C	E	F
3 - 5	B	B - C	C	D	E
5 - 6	C	C - D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

Từ bảng 3.2 Sutton cho rằng, ở gần mặt đất (0 – 25m), hệ số C_y có khuynh hướng lớn hơn C_z , ở những độ cao lớn hơn 25m rồi khí quyển trở nên gần như đẳng hướng; do đó C_y , C_z xem như bằng nhau.

3.4.5. Mô hình lan truyền chất ô nhiễm trong môi trường không khí đối với nguồn đường [9, 12, 45]

Nguồn đường có thể xem như là tập hợp các nguồn phát thải liên tục trên một tuyến đường hữu hạn hoặc dài vô hạn. Ví dụ, các dòng xe chạy liên tục trên đường quốc lộ, hay tập hợp các ống khói của khu công nghiệp, nằm kéo dài hàng km trên triền sông hay bờ biển.

Để đơn giản hoá, ta xét nguồn đường vô hạn và ở độ cao gần mặt đất, hướng gió thổi vuông góc với nguồn đường. Trong trường hợp này, nồng độ chất ô nhiễm tại khoảng cách x theo hướng gió vuông góc với nguồn đường được xác định bởi công thức sau:

$$C(x) = \frac{2.M^*}{u.\sigma_z.\sqrt{2.\pi}} \quad (3.35)$$

Trong đó:

M^* – Lượng thải của nguồn trên một đơn vị chiều dài trong một đơn vị thời gian (mg/m.s) hay còn gọi là *công suất của nguồn đường*.

σ_z – Hệ số phát tán Gauss theo phương z được liên hệ với hệ số khuếch tán suy rộng C_z của Sutton bởi công thức sau:

$$2\sigma_z^2 = C_z^2.x^{2-n} \quad (3.36)$$

u – Tốc độ gió trung bình theo hướng vuông góc với nguồn đường. Thay (3.35) vào (3.36) ta được:

$$C(x) = \frac{2.M^*}{u.C_z.\sqrt{\pi.x^{2-n}}} \quad (3.37)$$

Để xác định nồng độ trung bình chất ô nhiễm tại một điểm bất kỳ có tọa độ (x, z) có thể sử dụng công thức cải tiến dưới đây của Sutton:

$$C(x, z) = \frac{0,8.M^*}{u.\sigma_z} \left\{ \exp\left(\frac{-(Z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(\frac{-(Z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right\} \quad (3.38)$$

Trong đó:

$C(x, z)$ – Được tính bằng mg/m^3 .

$$M^* = \sum_{i=1}^K \frac{N_i G_i}{3600} \quad (\text{mg} / \text{m.s})$$

$(N_i$ – Số lượng xe thứ i (xe/giờ); K – Số lượng xe; G_i – Lượng khí thải của loại xe thứ i thải ra trên 1km (g/km) tính theo hệ số ô nhiễm không khí đối với các loại xe theo tài liệu của WHO được trình bày trong phụ lục 6.

Z – Độ cao của điểm tính (m).

σ_z – Hệ số phát tán Gauss theo phương z (m) là hàm số của khoảng cách x theo hướng gió thổi, xác định bởi công thức (3.36).

u – Tốc độ gió trung bình (m/s) theo hướng vuông góc với nguồn đường¹.

h – Độ cao của nguồn đường so với mặt đất xung quanh (m), nếu nguồn đường là tập hợp của các loại xe; nếu nguồn đường là dãy các ống khói thì h chính là độ cao của các ống khói. Công thức (3.38) được suy ra từ công thức (3.32) khi sử dụng công thức liên hệ các hệ số phát tán Gauss σ_y , σ_z với C_y ,

C_z (dạng 3.36) và coi $\frac{2.M^*}{\sqrt{2.\pi}} \approx 0,8.M^*$.

Hệ số phát tán σ_z có thể xác định thông qua hệ số C_z hoặc theo bảng phân loại về cấp ổn định của khí quyển theo Pasquill [48]. Tuy nhiên, đối với trường hợp nguồn đường giao thông, hệ số này thường được xác định theo công thức Slade (1968) với độ ổn định khí quyển loại “B” có dạng sau đây [46]:

$$\sigma_z = 0,53.x^{0,73} \quad (3.39)$$

Để mô tả bức tranh về ô nhiễm ta cần vẽ các đường đẳng trị (các đường đồng mức) của chất ô nhiễm trong không khí bằng cách tính toán giá trị $C(x, z)$ ứng với x biến thiên mỗi khoảng 2m, còn z biến thiên mỗi khoảng 0,5m, sau đó nối các điểm có nồng độ chất ô nhiễm bằng nhau sẽ được họ các đường đẳng trị chất ô nhiễm. So sánh các trị số của đường đẳng trị với TCCP sẽ đánh giá được mức độ ô nhiễm nguồn đường gây ra.

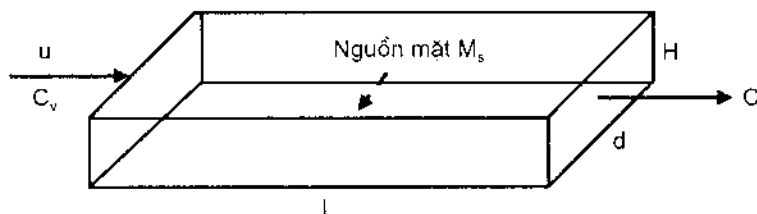
3.4.6. Mô hình lan truyền chất ô nhiễm trong không khí đối với nguồn mặt [1, 8]

Nguồn mặt là tập hợp các nguồn phát thải trên một đơn vị diện tích rộng, chẳng hạn như sự phát tán hơi khí độc từ các sông hồ, bụi từ bãi cát, bãi than v.v... Nếu nguồn mặt được tạo nên bởi một số nguồn điểm không lớn lắm thì có thể dùng mô hình tính toán với từng nguồn điểm riêng rẽ, sau đó lấy tổng để suy ra nồng độ chất ô nhiễm ở điểm khảo sát. Cũng có thể chia diện tích bề mặt thành một tập hợp các dải nguồn đường song song và sử dụng các công thức tính toán đối với nguồn đường riêng rẽ, sau đó cộng tác dụng lại.

Ngoài những phương pháp nêu trên, người ta còn sử dụng mô hình hộp để đánh giá mức độ ô nhiễm không khí gây ra từ nguồn mặt (thành phố, các vùng mỏ v.v...)

¹ Nếu tốc độ gió có hướng bất kỳ lập với nguồn đường một góc α thì thay u bằng $u \sin \alpha$. Khi $\alpha = 0$ thì hướng gió trùng với trục đường (song song với nguồn đường), chất ô nhiễm di chuyển theo nguồn đường, không khuếch tán sang hai bên đường.

Coi khối không khí ở trên vùng đô thị có dạng hình hộp với kích thước chiều dài $L(m)$, chiều rộng $d(m)$, và chiều cao $H(m)$ bằng độ cao lớp xáo trộn của khí quyển. Công suất nguồn mặt bằng M_s ($mg/m^2.s$). Hướng gió thổi vuông góc với chiều rộng có tốc độ trung bình u (m/s) và mang theo dòng ô nhiễm với nồng độ C_v (mg/m^3), nồng độ chất ô nhiễm bên trong hình hộp bằng C (mg/m^3) (hình 3.4).



Hình 3.4. Hình hộp đặc trưng cho khối không khí trên đô thị

Giả thiết chất ô nhiễm không khuếch tán qua 2 mặt song song với hướng gió cũng như mặt trên, tạo ra nồng độ chất ô nhiễm trung bình đồng nhất trong hộp không khí. Theo định luật cân bằng vật chất ta phải có:

$$L.d.H \frac{\partial C}{\partial t} = M_s L.d + d.H.u.C_v - d.H.u.C \quad (3.40)$$

Nghĩa là, *tốc độ biến đổi chất ô nhiễm trong hộp = tổng mức độ ô nhiễm ở trong hộp - mức độ ô nhiễm đi ra khỏi hộp.*

Xét trường hợp ứng với thời gian đủ lớn ($t \rightarrow \infty$) để sự biến đổi chất đạt được trạng thái cân bằng ổn định $\frac{\partial C}{\partial t} = 0$, khi đó từ phương trình (3.40) suy ra:

$$C_{\infty} = \frac{M_s.L}{u.H} + C_v \quad (3.41)$$

Từ phương trình (3.41) cho thấy, nếu không khí đi vào hộp là sạch ($C_v = 0$) thì nồng độ chất ô nhiễm ổn định sẽ tỷ lệ thuận với công suất nguồn thải M_s và tỷ lệ nghịch với hệ số thông thoáng $u.H$. Nếu luồng gió thổi mang theo chất ô nhiễm ($C_v \neq 0$) thì phải cộng thêm tác dụng của gió làm tăng thêm chất ô nhiễm ở trong hình hộp.

Xét trường hợp bài toán không dừng $\frac{\partial C}{\partial t} \neq 0$.

Ký hiệu C_0 là nồng độ chất ô nhiễm trong hộp không khí trên thành phố ở thời điểm $t = 0$, khi đó giải phương trình vi phân (3.40) ta sẽ được kết quả sau:

$$C(t) = \left(\frac{M_s L}{uH} + C_0 \right) \cdot \left(1 - e^{-\frac{ut}{L}} \right) + C_0 e^{-\frac{ut}{L}} \quad (3.42)$$

Nếu luồng gió thổi vào là không mang chất ô nhiễm và $C_0 = 0$ thì (3.42) trở thành:

$$C(t) = \frac{M_s L}{uH} \left(1 - e^{-\frac{ut}{L}} \right) \quad (3.43)$$

Khi $t = \tau = L/u$ được gọi là *hằng số thời gian*, nó đặc trưng cho thời gian tồn lưu của chất ô nhiễm, công thức (3.41) trở thành:

$$C(t) = \frac{M_s L}{euH} (e - 1) \quad (3.44)$$

3.5. PHƯƠNG PHÁP CẢI TIẾN XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ KHUẾCH TÁN RỐI ỨNG VỚI ĐIỀU KIỆN KHÍ HẬU Ở VIỆT NAM [6, 10, 42]

3.5.1. Hệ số khuếch tán rối

Trong khí quyển thường tồn tại hai dạng chuyển động là chuyển động rối và chuyển động tầng.

Tuy nhiên, chuyển động rối là chủ yếu và chính do chuyển động rối mà các phân tử bụi và các chất ô nhiễm v.v... sẽ lan truyền và khuếch tán trong môi trường không khí. Đặc trưng của khuếch tán rối được biểu thị bằng các hệ số khuếch tán rối K_x , K_y , K_z theo 3 trục Ox , Oy , Oz , chúng liên hệ với quãng đường dịch chuyển Prant trong lý thuyết rối thống kê. Vì vậy, để thiết lập quy luật biến đổi của K_y theo thời gian ta xuất phát từ cơ sở lý thuyết rối thống kê hiện đại [6].

Xét chuyển động của các phân tử (khí hoặc bụi) bắt đầu từ thời điểm ban đầu t_0 . Giả thiết khi $t_0 = 0$ thì phân tử ở ngay gốc tọa độ, đến thời điểm t nó ở cách điểm X có tọa độ (x, y) . Hàm $X(t)$ là một hàm ngẫu nhiên phụ thuộc vào thời gian t , biểu diễn quỹ đạo chuyển động của các phân tử trong dòng rối. Nếu như chuyển động của các phân tử được mô tả bằng hàm $X(t)$ thì quỹ đạo chuyển động của các phân tử trong dòng rối có thể được xem là một thể hiện của hàm ngẫu nhiên $X(t)$:

$$V(t) = \frac{dX(t)}{dt} \quad (3.45)$$

Tốc độ $V(t)$ cũng được coi là hàm ngẫu nhiên và giả thiết là *quá trình dừng*. Nếu coi mọi phần tử đều là chuyển động rời thì tốc độ trung bình của chúng bằng 0, tức là:

$$M[V(t)] = 0 \Rightarrow M[X(t)] = 0 \quad (3.46)$$

ở đây, M là kỳ vọng toán.

Hàm tương quan chuẩn hoá của thành phần V_y của vectơ tốc độ gió $V(t)$ sẽ là:

$$r_y = \frac{M[V_y(t) \cdot V_y(t+\tau)]}{\delta^2 V_y} \quad (3.47)$$

Trong đó:

r_y – Hàm tương quan chuẩn hoá lagrand của thành phần tốc độ theo trục y .

$\delta^2 V_y$ – Phương sai của thành phần tốc độ theo trục y .

$$\delta^2_y(\tau) = 2\delta^2 V_y \int_0^{\tau} \int_0^t r_y dt \quad (3.48)$$

$\delta^2_y(\tau)$ – Phương sai khuếch tán của phần tử dọc trục y .

Hệ số khuếch tán rời ngang K_y liên hệ với δ^2_y bởi công thức sau:

$$K_y(\tau) = \frac{1}{2} \frac{d\delta_y^2}{d\tau} \quad (3.49)$$

$K_y(\tau)$ đặc trưng cho tốc độ biến đổi của phương sai khuếch tán của các phần tử theo trục y .

Thay (3.48) vào (3.49) ta được:

$$K_y(\tau) = \delta^2 V_y \int_0^{\tau} r_y(\tau) d\tau \quad (3.50)$$

$$\rightarrow K_y(\tau) = \int_0^{\tau} R_y(\tau) d\tau \quad (3.51)$$

Trong đó: $R_y(\tau)$ là hàm tương quan của thành phần tốc độ theo trục y .

Xét 2 trường hợp:

1. Đối với kích thước thời gian lấy trung bình thuộc quy mô lớn $\tau > \tau^*$ (τ^* là kích thước ngoài của rối).

Trong trường hợp này, theo định luật cấu trúc của rối thì hàm cấu trúc thời gian $D_y(\tau)$ tỷ lệ tuyến tính với τ (định luật tuyến tính của Iudin), nghĩa là:

$$D_y(\tau) = \alpha \cdot \tau \quad (3.52)$$

Trong đó, α là hệ số tỷ lệ.

Sử dụng công thức liên hệ giữa hàm tương quan $R_y(\tau)$ với hàm cấu trúc $D_y(\tau)$ đối với quá trình rời là dừng ta có:

$$R_y(\tau) = \frac{1}{2} [D_y(\infty) - D_y(\tau)] \quad (3.53)$$

Trong đó, $D_y(\infty)$ là giá trị bão hoà của hàm cấu trúc.

Từ (3.51), (3.52) và (3.53) ta suy ra:

$$K_y(\tau) = \frac{1}{2} \cdot D_y(\infty) \cdot \tau - \frac{1}{4} \alpha \cdot \tau^2 = a \cdot \tau - b \cdot \tau^2 \quad (3.54)$$

với $a = \frac{1}{2} \cdot D_y(\infty)$; $b = \frac{1}{4} \alpha$ là các hệ số tỷ lệ. Nghĩa là, trong trường hợp này, hệ số khuếch tán rời ngang K_y biến đổi theo τ với quy luật Parabol.

2. Kích thước thời gian τ nằm trong khoảng quán tính $\tau_0 < \tau < \tau^*$ (τ_0 là kích thước trong của rối).

Trong trường hợp này, hàm cấu trúc $D_y(\tau)$ tỷ lệ với τ theo lũy thừa 2/3 (định luật 2/3 của Conmôgônốp Ôbukhốp), nghĩa là:

$$D_y(\tau) = \beta \cdot \tau^{2/3} \quad (3.55)$$

Từ (3.51) và (3.55) ta thu được quy luật sau:

$$K_y(\tau) = \frac{1}{2} \cdot D_y(\infty) \cdot \tau - \frac{3}{5} \beta \cdot \tau^{5/3}$$

$$\text{Hay} \quad K_y(\tau) = A \cdot \tau - B \cdot \tau^{5/3} \quad (3.56)$$

Trong đó: $A = \frac{1}{2} \cdot D_y(\infty)$; $B = \frac{3}{5} \beta$ là các hệ số tỷ lệ.

Các công thức (3.54) và (3.56) biểu thị quy luật biến đổi của hệ số khuếch tán rời ngang K_y theo khoảng thời gian lấy trung bình τ lần đầu tiên thiết lập được bởi tác giả *Phạm Ngọc Hồ* vào năm 1998.

3.5.2. Phương pháp xác định hệ số khuếch tán rời K_y từ số liệu quan trắc khí tượng

Số liệu tính toán:

Số liệu tính toán là số liệu về tốc độ gió, hướng gió, tần suất gió tại trạm khí tượng đặc trưng cho vùng khảo sát. Dãy số liệu được tính trong 3 năm để

đảm bảo độ ổn định thống kê. Mỗi ngày được lấy 4 obs ứng với các giờ quan trắc là 1, 7, 13 và 19h. Như vậy, khoảng cách liên tiếp giữa các giá trị vận tốc gió là $\tau = 6h$, trong mỗi năm phân dãy số liệu thành 4 mùa: mùa xuân (tháng II, III, IV); mùa hạ (tháng V, VI, VII); mùa thu (VIII, IX, X) và mùa đông (XI, XII, I). Ngoài ra, còn sử dụng dãy số liệu sắp xếp kéo dài liên tục trong 3 năm để tính toán các tham số đặc trưng cho cả năm.

Ứng với mỗi hướng gió sử dụng công thức

$$V_y = |\vec{V}| \cdot \sin(\varphi) \quad (3.57)$$

để tính các giá trị V_y .

Trong đó:

φ – Góc lệch của vectơ tốc độ gió $\vec{V}$ so với trục Ox (*).

$|\vec{V}|$ – Modun tốc độ gió tại thời điểm quan trắc (m/s).

(*): Trong một số tài liệu φ còn được coi là góc mở của khuếch tán rối ngang. Theo tiêu chuẩn Việt Nam, góc lệch của một hướng gió được quy định biến đổi trong phạm vi từ $0 - 22,5^\circ$ ứng với bảng gió 16 hướng.

Tính toán hệ số khuếch tán rối K_y .

Trong khí tượng không phải bao giờ cũng có biểu thức giải tích những quá trình ngẫu nhiên mà ta chỉ có các đồ thị của nó thu được theo máy ghi hoặc là bảng các giá trị rời rạc theo các giá trị cách quãng của thời gian t . Trong trường hợp đó, người ta có thể thay tích phân gần đúng bằng tổng các giá trị.

Coi $V_y(t)$ là thể hiện của quá trình ngẫu nhiên có tích Ergodic trong khoảng $[0, T]$, ta chia khoảng $[0, T]$ làm N phần bằng nhau và bằng τ .

$$T = N \cdot \tau \quad (3.58)$$

Nếu giữ nguyên những số liệu này thì tính toán sẽ mắc phải sai số rất lớn, vì vậy khi tính toán cần tiến hành nội ngoại suy đồng thời với việc làm trơn chuỗi số liệu theo phương pháp trình bày trong [6].

Dựa vào công thức $V_y = |\vec{V}| \cdot \sin(\varphi)$ ta tính được các thành phần V_y

tương ứng với các góc $\varphi = 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ$ và $22,5^\circ$, sau đó tính các giá trị hàm tương quan, hàm tương quan chuẩn hoá và hàm cấu trúc theo thành phần tốc độ gió V_y cho từng mùa.

Công thức tính các hàm trên như sau:

$$R_y(k\tau) = \frac{1}{N-k} \sum_{i=1}^{N-k} \left(V_{y,i+k} - V_{y,i} \right) \left(V_{y,i} - V_{y,i+k} \right) \quad (3.59)$$

$$D_y(k\tau) = \frac{1}{N-k} \sum_{i=1}^{N-k} \left(V_{y,i+k} - V_{y,i} \right)^2 \quad (3.60)$$

$$r_y(k\tau) = \frac{R_y(k\tau)}{\delta_{V_y}^2} \quad (3.61)$$

Trong đó:

$R_y(k\tau)$ – Các giá trị hàm tương quan thời gian của tốc độ gió V_y .

$D_y(k\tau)$ – Các giá trị hàm cấu trúc thời gian của tốc độ gió V_y .

$r_y(k\tau)$ – Các giá trị hàm tương quan chuẩn hoá của tốc độ gió V_y .

$\delta_{V_y}^2$ – Phương sai của tốc độ gió V_y .

N – Tổng số các giá trị V_y .

$k = 1, 2, 3, \dots, N-1$; $\tau = 6h$.

Sau khi đã thu được những giá trị của hàm tương quan, các giá trị của hàm tương quan chuẩn hoá và hàm cấu trúc (đã được lọc sai số) biểu diễn trên đồ thị, ta tiếp tục tính hệ số khuếch tán rồi K_y .

Việc tính toán các giá trị của hệ số khuếch tán rồi K_y theo khoảng thời gian lấy trung bình τ dựa trên cơ sở đường cong của các hàm tương quan:

$$K_y(\tau) = \int_0^{\tau} R_y(\tau) d\tau \quad (3.62)$$

Dựa trên kết quả đánh giá tính dừng, từ đường cong hàm cấu trúc D_y sẽ chọn được giới hạn khoảng biến đổi của τ , sau đó chia trục hoành thành n khoảng $\Delta\tau_i$ bằng nhau, khi đó tại thời điểm τ_i ta có công thức tính hệ số khuếch tán rồi ngang như sau:

$$K_y(\tau_n) = \sum_{i=1}^n R_{y_i} \Delta\tau_i \quad (3.63)$$

với $n = \overline{1, m}$

Lấy trung bình các giá trị K_y ứng với các góc φ ta được các giá trị K_y trung bình theo thời gian τ tương ứng đặc trưng cho mỗi mùa khảo sát.

3.5.3. Xác định kích thước rối ngang K_0

Trong phần trên cho thấy, để tính toán nồng độ chất ô nhiễm theo mô hình khuếch tán rối, cần xác định hệ số K_0 .

Kích thước khuếch tán rối ngang K_0 được xác định theo công thức sau:

$$K_0 = K_y / U \quad (3.64)$$

Trong đó:

K_y – Hệ số khuếch tán rối ngang (m^2/s).

U – Tốc độ gió trung bình (m/s) đo đạc được tại mặt đất (hoặc lấy trực tiếp từ số liệu quan trắc ở trạm khí tượng mặt đất).

3.5.4. Xác định các hệ số khuếch tán rối suy rộng của Sutton

Các tham số C_y và C_z được gọi là các hệ số khuếch tán rối suy rộng của Sutton, các hệ số này có mối liên hệ với hệ số K_0 như sau:

$$C_y^2 = 4K_0 \quad (3.65)$$

Vì quá trình rối giả thiết là dừng, trường rối được xem là đồng nhất và đẳng hướng, do z chỉ biến đổi trong khoảng $(0, +\infty)$, còn y biến đổi trong khoảng $(-\infty, +\infty)$ nên ta có thể coi $C_z = 0,5C_y$ [6]. Bởi vậy, khi biết K_0 ta sẽ xác định trực tiếp được C_y và C_z .

3.5.5. Xác định các hệ số phát tán Gauss σ_y, σ_z

Các hệ số phát tán Gauss của chất ô nhiễm theo phương y và phương z vuông góc với chiều gió thổi (trùng với hướng x) đối với quá trình lan truyền chất ô nhiễm là dừng có thể tính trực tiếp qua các giá trị C_y, C_z (hoặc K_0) xác định bởi các công thức sau:

$$2\sigma_y^2 = C_y^2 \cdot x^{2-n}; \quad 2\sigma_z^2 = C_z^2 \cdot x^{2-n} \quad (3.66)$$

Từ (3.65) suy ra

$$2\sigma_y^2 = 4K_0 \cdot x^{2-n}; \quad 2\sigma_z^2 = K_0 \cdot x^{2-n} \quad (3.67)$$

Và ta có: $\sigma_z^2 = 0,25 \cdot \sigma_y^2 \rightarrow \sigma_z = 0,5 \cdot \sigma_y$. Lý giải điều này tương tự như trường hợp $C_z = 0,5C_y$. Nghĩa là, trong trường hợp các chất ô nhiễm lan truyền và khuếch tán trong lớp không khí gần mặt đất tuân theo quy luật phân bố chuẩn, nguồn thải liên tục ổn định (quá trình khuếch tán là dừng) thì hệ số phát tán σ_z (với z biến thiên trong khoảng $0 - \infty$) chỉ bằng một nửa hệ số phát tán σ_y (với y biến thiên từ $-\infty - +\infty$).

Các tham số khuếch tán rối ở trên đều được biểu thị qua $K_0 = K_y/u$, trong đó quy luật biến đổi của $K_y = f(\tau)$ đã được xác định bằng các công thức (3.54) và (3.56). Vì thế, chỉ cần xác định các hệ số tỷ lệ a, b trong công thức 3.54 ứng với khu vực có điều kiện khí hậu nghiên cứu, ta có thể tính toán các tham số khuếch tán rối theo khoảng thời gian lấy trung bình τ ứng với thời gian lấy mẫu theo tiêu chuẩn môi trường Việt Nam. Ví dụ, theo TCVN thì thời gian lấy mẫu trung bình đối với bụi và các khí độc là 1h, 8h, 24h.

3.5.6. Xác định các hệ số tỷ lệ a, b trong công thức biểu diễn quy luật biến đổi của hệ số khuếch tán rối ngang K_y theo thời gian τ

Để xác định các hệ số a, b trong công thức 3.54 ta dùng phương pháp bình phương tối thiểu.

Muốn vậy, đặt: $y_i = a\tau_i$, ta có độ lệch bình phương là:

$$Y = \sum_{i=1}^n \delta_i^2 = \sum_{i=1}^n (a\tau_i - b\tau_i^2 - y_i)^2 \quad (3.68)$$

Để độ lệch này nhỏ nhất thì:

$$\frac{\partial Y}{\partial a} = \frac{\partial Y}{\partial b} = 0$$

Thực hiện các phép tính trên ta thu được hệ phương trình sau:

$$\begin{cases} \left(\sum_{i=1}^n \delta_i^2 \right) a = \sum_{i=1}^n 2\tau_i (a\tau_i - b\tau_i^2 - y_i) = 0 \\ \left(\sum_{i=1}^n \delta_i^2 \right) b = \sum_{i=1}^n -2\tau_i^2 (a\tau_i - b\tau_i^2 - y_i) = 0 \end{cases} \quad (3.69)$$

Giải hệ hai phương trình (3.69) ta được công thức tính giá trị a và b như sau:

$$\begin{aligned} a &= \frac{\sum_{i=1}^n y_i \tau_i + b \sum_{i=1}^n \tau_i^3}{\sum_{i=1}^n \tau_i^2}; \\ b &= \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i \tau_i^2 \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^n \tau_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n y_i \tau_i \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^n \tau_i^3 \right)}{\left(\sum_{i=1}^n \tau_i^3 \right)^2 - \left(\sum_{i=1}^n \tau_i^4 \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^n \tau_i^2 \right)} \end{aligned} \quad (3.70)$$

Sau khi lập chương trình tính toán, ta có được giá trị của hệ số a và b cho các khu vực tương ứng vào các mùa trong năm như trong bảng 3.4.

Bảng 3.4. Các hệ số a, b

Khu vực	Hệ số	Mùa xuân	Mùa hạ	Mùa thu	Mùa đông
Hà Nội	b	$5,50.10^{-6}$	$3,62.10^{-6}$	$1,56.10^{-6}$	$4,61.10^{-6}$
	a	$1,02.10^{-2}$	$6,15.10^{-3}$	$3,69.10^{-3}$	$7,14.10^{-3}$
Huế	b	$8,29.10^{-6}$	$5,87.10^{-6}$	$1,27.10^{-5}$	$1,31.10^{-5}$
	a	$6,12.10^{-3}$	$6,16.10^{-3}$	$2,23.10^{-2}$	$1,23.10^{-2}$
TP. Hồ Chí Minh	b	$3,15.10^{-6}$	$1,19.10^{-6}$	$1,42.10^{-6}$	$5,37.10^{-6}$
	a	$5,03.10^{-3}$	$2,60.10^{-3}$	$2,24.10^{-3}$	$1,53.10^{-2}$

Sai số bình phương trung bình: $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_i^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a\tau_i - b\tau_i^2 - y_i)^2$ tính theo các hệ số a và b, kết quả được trình bày ở bảng 3.5.

Bảng 3.5. Sai số bình phương trung bình của phép xấp xỉ hàm $K_y(\tau)$ theo công thức (3.54)

Mùa Khu vực	Xuân	Hạ	Thu	Đông
Hà Nội	0,003565	0,001983	0,002795	0,002474
Huế	0,001455	0,000930	0,002060	0,003657
TP. Hồ Chí Minh	0,000160	0,000040	0,000023	0,000503

Từ bảng trên cho thấy, sai số dao động trong khoảng từ $10^{-2} - 10^{-5}$, điều này cho thấy sự phù hợp khá tốt của đường cong lý thuyết với đường cong thực nghiệm.

Thay các hệ số a, b vào công thức của K_y theo τ với $\tau \geq 1h$. Công thức (3.56) chỉ đúng với $\tau < 1h$, do đó muốn xác định các hệ số tỷ lệ A và B phải sử dụng đến số liệu đo đặc tốc độ gió bằng máy tự ghi có quán tính nhỏ. Tuy nhiên, trong việc quản lý chất lượng môi trường không khí, các chỉ tiêu về nồng độ chất ô nhiễm cho phép theo tiêu chuẩn Việt Nam chỉ ứng với khoảng thời gian lấy trung bình $\tau \geq 1h$. Vì vậy, khi thay công thức (3.54) với các hệ số a, b đã xác định được vào mô hình Berliand, Sutton và Gauss thì việc ứng dụng các mô hình này để đánh giá, dự báo sự lan truyền chất ô nhiễm trong môi trường không khí trở nên rất thuận lợi. Các tham số khác

như chỉ số tầng kết nhiệt n , hệ số khuếch tán rối K_1 , đều có thể tính toán thông qua các công thức biểu thị quy luật biến đổi gió và nhiệt độ theo độ cao trong lớp không khí gần mặt đất.

3.5.7. Xác định tham số nhám z_0 và chỉ số mũ lũy thừa n [30]

Bằng lý thuyết và thực nghiệm các nhà khí tượng đã đưa ra nhiều công thức khác nhau để xác định profin thẳng đứng của gió (xem chương II). Phần lớn đều thừa nhận profin gió trong điều kiện phân tầng kết nhiệt ở trạng thái cân bằng phẩm định có dạng (công thức 2.57, chương II):

$$V = \frac{v_*}{\chi} \ln \frac{Z}{Z_0} \quad (3.71)$$

Ở đây: v_* là tốc độ động lực; χ là hằng số Karman; Z_0 là độ nhám.

Thực tế phân tầng kết nhiệt ở trạng thái cân bằng phẩm định ít xảy ra và trạng thái này *thường xuất hiện vào sáng sớm hay chiều tối*. Đối với phân tầng kết nhiệt ở trạng thái không cân bằng thì profin gió có dạng lũy thừa (công thức 2.67):

$$V = V_1 \left(\frac{Z}{Z_1} \right)^n \quad (3.72)$$

Ở đây: V là tốc độ gió ở độ cao Z ; v_1 là tốc độ gió ở độ cao $1m$; n là số mũ lũy thừa liên quan tới tầng kết nhiệt (chỉ số phân tầng kết nhiệt).

Trong thực hành, thường dùng hai công thức sau là kết quả của phép biến đổi các công thức (3.71) và (3.72):

$$V_z = V_{10} \cdot \frac{\ln Z - \ln Z_0}{\ln 10 - \ln z_0} \quad (3.73)$$

Với V_z , V_{10} là tốc độ gió ở độ cao Z và $10m$.

$$V_z = V_{10} \left(\frac{Z}{10} \right)^n \quad (3.74)$$

Việc sử dụng các công thức (3.73) và (3.74) được nhiều nhà khí tượng đánh giá và kết luận như sau:

– Profin tốc độ gió trung bình trong lớp từ mặt đệm đến độ cao $300m$, dùng công thức (3.74) chính xác hơn công thức (3.73).

– Với gió mạnh ở độ cao $200-300m$ và tầng kết khí quyển ổn định thì profin gió tính theo công thức lũy thừa (3.74) chính xác hơn so với công thức (3.73).

– Profin thẳng đứng của gió trong lớp dưới 300m được mô tả bởi công thức lũy thừa (3.74) là đủ chính xác trong tất cả các trường hợp với *gradien thẳng đứng của nhiệt độ trong lớp này gần hoặc vượt quá đoạn nhiệt*, còn *tốc độ gió không lớn hơn 8m/s*. Độ chính xác của công thức (3.74) càng cao nếu độ bất ổn định càng lớn.

– Với gradien đoạn nhiệt và siêu đoạn nhiệt trong lớp 300m và tốc độ gió trên 8m/s thì profin gió tính theo công thức loga (3.73) có độ cong rõ hơn và sai số nhỏ hơn.

Như vậy, để tính giá trị tốc độ gió ở độ cao Z bất kỳ trong lớp khí quyển sát đất, cần phải xác định tham số nhám Z_0 hoặc chỉ số lũy thừa n trong các công thức (3.73) và (3.74).

Theo số liệu quan trắc tại trạm Hoài Đức ở Hà Nội [30] đã tính toán tốc độ gió ở độ cao bất kỳ trong lớp sát mặt đệm. Trên cơ sở số liệu đo bằng máy tự động Vaisla MILOS – 500 ở trạm Hoài Đức, đã xác định giá trị Z_0 và chỉ số lũy thừa n đặc trưng theo mùa ứng với các tháng 1, 4, 7, 10 và năm, kết quả thu được trình bày ở bảng 3.6.

Bảng 3.6. Giá trị Z_0 và chỉ số n theo tháng và năm ở trạm Hoài Đức, Hà Nội [30]

Tham số	Tháng				Cả năm
	1	4	7	10	
$Z_0(n)$	0,0085	0,016	0,0083	0,017	0,016
n	0,19	0,19	0,17	0,23	0,20

Nhận xét:

– Giá trị Z_0 thay đổi không đáng kể theo tháng. Giá trị này dao động trong khoảng 0,01 – 0,02.

– Chỉ số n cũng không thay đổi nhiều và dao động trong khoảng 0,17 – 0,23.

3.6. PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG MÔI TRƯỜNG [21, 22]

Để xây dựng *bản đồ môi trường* và *bản đồ hiện trạng môi trường* phục vụ cho công tác đánh giá hiện trạng, tác động và quy hoạch môi trường thì điều quan trọng nhất là phải thiết lập các phương pháp đánh giá chất lượng môi trường. Dưới đây trình bày một tổ hợp các phương pháp truyền thống và phương pháp chỉ tiêu tổng hợp.

3.6.1. Phương pháp truyền thống đánh giá chất lượng môi trường thành phần (Phương pháp đánh giá các chỉ tiêu riêng lẻ)

Phương pháp này dựa trên việc đối sánh giữa các yếu tố đặc trưng cho môi trường C_i ($i = 1, 2, \dots, n$) với các giá trị C_{i0} theo TCCP (đối với mỗi nước có TCCP riêng).

Dựa vào các số liệu điều tra, khảo sát, đo đạc, phân tích nhanh hoặc trong phòng thí nghiệm, hoặc tính toán từ các mô hình để thu được dãy số liệu C_i tại các điểm không gian $\vec{r}_j$ ứng với một thời điểm t , sau đó lập các bất đẳng thức $C_i \leq C_{i0}$, hoặc $C_i > C_{i0}$ để từ đó suy ra chất lượng môi trường tại các điểm $\vec{r}_j$ là tốt, trung bình hay xấu.

Phương pháp này có ưu điểm lập được bảng ma trận chi tiết cho từng yếu tố C_i so với C_{i0} . Tuy nhiên nó không thể mô tả được bức tranh tổng quát, khó phân tích, đánh giá và nhận xét chung cho những nhóm yếu tố $C_i \in C$, biến đổi trên miền không gian khảo sát. Đặc biệt không thuận lợi trong việc mô tả bức tranh đánh giá chất lượng môi trường tổng hợp dưới dạng các biểu đồ và đồ thị.

3.6.2. Phương pháp chỉ tiêu tổng hợp đánh giá chất lượng môi trường thành phần

Phương pháp này được ứng dụng để đánh giá tổng hợp đối với chất lượng môi trường thành phần từ những năm 80 (Liên Xô, Canada, Đức, Mỹ v.v...), ngày càng được phát triển, ứng dụng rộng rãi trên thế giới. Tư tưởng chủ đạo của phương pháp này là xem ở một điểm không gian khảo sát chịu tác động đồng thời bởi n chất có giá trị C_i và vì vậy tiêu chí đánh giá chất lượng môi trường tại mỗi điểm $\vec{r}_j$ ứng với thời điểm t được biểu thị bằng một chỉ tiêu tổng hợp P , xác định bởi công thức sau [45]:

$$P = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{i0}} = \sum_{i=1}^n q_i \quad (3.75)$$

Trong đó:

$$q_i = \frac{C_i}{C_{i0}} \quad - \text{Trị số tương đối của chất } i. \text{ Nó là đại lượng vô thứ nguyên,}$$

còn gọi là hệ số ô nhiễm của chất i .

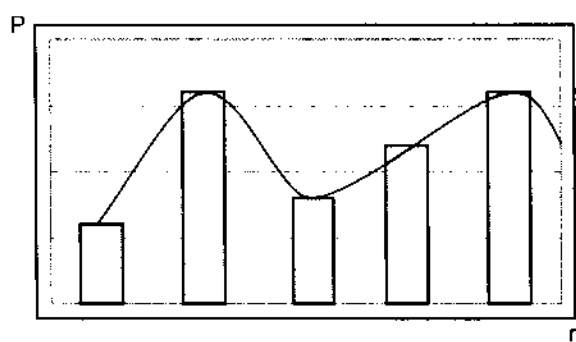
C_i – Giá trị của chất i được xác định từ dãy số liệu đo đạc, phân tích thực tế, hoặc tính toán từ mô hình.

C_m – Giá trị giới hạn cho phép của chất i theo TCCP được xây dựng riêng của mỗi nước.

Dựa vào từng nhóm chất q_i hoặc cả tổ hợp chất q_i mà mỗi nước xây dựng một chỉ tiêu giới hạn cho phép (TCCP) tổng hợp P_0 tương ứng. Sau đó lại sử dụng các bất đẳng thức $P \leq P_0$ hoặc $P > P_0$ để đánh giá chất lượng môi trường tốt, trung bình hoặc xấu.

Phương pháp này có ưu điểm hơn phương pháp truyền thống ở các khía cạnh sau:

- So sánh được chất lượng môi trường ở điểm $\vec{r}_i$ với các điểm $\vec{r}_{i+1}$, $\vec{r}_{i+2}$, ..., $\vec{r}_n$.
- Lập được các biểu đồ hoặc các đồ thị biểu diễn sự biến đổi của P theo $\vec{r}_i$.
- Dễ nhận xét, phân tích đánh giá về bức tranh phân bố tổng quát của chất lượng môi trường trên miền không gian khảo sát tại thời điểm t .
- Thuận lợi trong việc xây dựng các bản đồ hiện trạng môi trường thành phần nói riêng và tổng hợp nói chung, đảm bảo độ tin cậy và tối ưu về mặt kinh tế. (Ví dụ, để xây dựng bản đồ hiện trạng môi trường nước bao gồm 30 yếu tố C_i , cần phải xây dựng 30 bản đồ chuyên đề C_i tương ứng, trong khi đó dùng chỉ tiêu tổng hợp P chỉ cần xây dựng 1 bản đồ là đủ).
- Thuận lợi trong việc xây dựng các mô hình tính toán, dự báo chất lượng môi trường tổng hợp.



Hình 3.5. Biểu đồ và đồ thị của p

3.6.3. Phương pháp đánh giá chất lượng môi trường tổng hợp có trọng số

Khi đánh giá chất lượng môi trường tổng hợp bao gồm nhiều môi trường thành phần khác nhau (đất, nước, không khí, hệ sinh thái v.v...) cần phải gán cho mỗi môi trường thành phần một trọng số tương ứng, tùy theo từng bài toán đặt ra.

Ví dụ như trong bài toán quy hoạch môi trường vùng, cần phải xác lập tầm quan trọng của mỗi môi trường thành phần và thứ tự ưu tiên để gán trọng số thích hợp. Khi đó, chỉ tiêu đánh giá tổng hợp tương đương với chỉ số EQI đang được sử dụng rộng rãi trên thế giới có dạng sau [46]:

$$EQI = \sum_{i=1}^n W_i P_i = W_1 P_1 + W_2 P_2 + \dots + W_n P_n \quad (3.76)$$

Ở đây: P_i là các môi trường thành phần; W_i là các trọng số tương ứng của P_i .

Việc xác định các trọng số của W_i dựa trên cơ sở khoa học và đảm bảo tính khách quan chỉ có thể tiến hành bằng con đường mô hình hoá, nhưng vấn đề này quá phức tạp, hiện nay vẫn chưa có lời giải hữu hiệu. Thay vào đó người ta thường dùng phương pháp chủ quan gán trọng số W_i bằng cách cho điểm theo mức độ ưu tiên và tầm quan trọng của từng môi trường thành phần P_i .

3.6.4. Cải tiến phương pháp đánh giá chất lượng môi trường thành phần trong điều kiện Việt Nam [21, 22]

Như đã trình bày ở mục 3.6.2 về phương pháp chỉ tiêu tổng hợp đánh giá chất lượng môi trường thành phần đang được sử dụng rộng rãi ở các nước trên thế giới. Khi áp dụng phương pháp này vào Việt Nam (tức là áp dụng công thức 3.75) gặp một khó khăn là chưa có TCCP Việt Nam P_n cho P . Vì lẽ đó, để khắc phục hạn chế nêu trên, GS. Phạm Ngọc Hồ cải tiến công thức (3.75) bằng

cách thay thế chỉ tiêu P bởi chỉ tiêu trung bình $\bar{P}$ được trình bày như sau:

Giả sử trên miền không gian khảo sát D ở thời điểm t có một dãy số C_i thực nghiệm hoặc tính toán từ mô hình :

$C_1, C_2, C_3, \dots, C_n \in D$, D là miền không gian khảo sát.

Lập các tỷ số : $\frac{C_1}{C_{10}}, \frac{C_2}{C_{20}}, \dots, \frac{C_n}{C_{n0}}$

Hay $q_1 = \frac{C_1}{C_{10}}, q_2 = \frac{C_2}{C_{20}}, \dots, q_n = \frac{C_n}{C_{n0}}$

Ký hiệu và tên gọi các đại lượng q_i , C_i , C_{i0} như ở mục 3.6.2.

Tách trong tập hợp n các trị số q_i thành 2 nhóm:

Nhóm 1 gồm m trị số tương đối $q_i = \frac{C_i}{C_{i0}} \leq 1$ (nhóm chất có giá trị $\leq$ TCCP).

Nhóm 2 gồm k trị số tương đối $q_i = \frac{C_i}{C_{i0}} > 1$ (nhóm chất có giá trị $>$ TCCP).

Trong đó: $m + k = n$.

Khi đó viết dưới dạng tường minh ta có:

$$\left. \begin{array}{l} 0 \leq q_1 \leq 1 \\ 0 \leq q_2 \leq 1 \\ \dots \\ 0 \leq q_m \leq 1 \end{array} \right\} \quad (3.77)$$

Cộng 2 vế của hệ (3.77) ta được:

$$0 \leq q_1 + q_2 + \dots + q_m \leq m$$

$$\text{Hay} \quad 0 \leq \frac{q_1 + q_2 + \dots + q_m}{m} \leq 1 \quad (3.78)$$

Vế trái của (3.78) chính là giá trị trung bình của m trị số tương đối q_i :

$$0 \leq P = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m q_i \leq 1 \quad (3.79)$$

Tương tự đối với nhóm 2 ta có hệ bất đẳng thức sau:

$$\left. \begin{array}{l} q_1 > 1 \\ q_2 > 1 \\ \dots \\ q_k > 1 \end{array} \right\} \quad (3.80)$$

Cộng 2 vế của (3.80) ta được:

$$q_1 + q_2 + \dots + q_k > k$$

$$\text{Hay} \quad P = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k q_i > 1 \quad (3.81)$$

Như vậy, việc đánh giá chất lượng môi trường tại các điểm $\vec{r}_i$ ở các thời điểm t được thể hiện bằng 2 chỉ tiêu đồng thời – đó là các chỉ số trung bình $\bar{P}$ (đặc trưng cho nhóm 1 – chưa gây ô nhiễm môi trường) và $\bar{P}^*$ (đặc trưng cho nhóm 2 – nhóm gây ô nhiễm môi trường bởi k chất).

Để so sánh chất lượng môi trường (CLMT) ở hai điểm A và B bất kỳ, do vai trò của A và B ngang nhau, nên chỉ cần xét một trong tám bất đẳng thức sau là đủ:

1. Nếu $P_A \leq P_B < 1$ – CLMT ở điểm A tốt hơn ở điểm B. Dấu = xảy ra thì CLMT A và B tốt như nhau.
2. Nếu $P_A = P_B = 1$ – CLMT A và B ở mức trung bình.
3. Nếu $\bar{P}_A^* \geq \bar{P}_B^* > 1$ – CLMT A xấu hơn B.
Dấu = xảy ra thì A và B xấu như nhau.
4. Nếu $\begin{cases} \bar{P}_A \leq 1 \\ \bar{P}_B^* > 1 \end{cases}$ – CLMT B xấu hơn A.
5. Nếu $\begin{cases} \bar{P}_A \leq \bar{P}_B \leq 1 \\ \bar{P}_B^* > 1 \end{cases}$ – CLMT B xấu hơn A.
6. Nếu $\begin{cases} \bar{P}_A \leq \bar{P}_B \leq 1 \\ \bar{P}_A^* > 1 \end{cases}$ – CLMT ở A xấu hơn B.
7. Nếu $\begin{cases} \bar{P}_A \leq \bar{P}_B \leq 1 \\ \bar{P}_A^* \geq \bar{P}_B^* > 1 \end{cases}$ – CLMT ở A xấu hơn B.
Dấu = xảy ra thì A và B xấu như nhau.
8. Nếu $\begin{cases} \bar{P}_A \leq \bar{P}_B \leq 1 \\ \bar{P}_B^* \geq \bar{P}_A^* > 1 \end{cases}$ – CLMT ở B xấu hơn A.
Dấu = xảy ra thì A và B xấu như nhau.

Ghi chú:

– Tốt tương ứng với chất lượng môi trường chưa bị ô nhiễm, các chất có giá trị < tiêu chuẩn cho phép (TCCP).

– Trung bình tương ứng các chất có giá trị bằng TCCP.

– Xấu tương ứng với chất lượng môi trường bị ô nhiễm bởi các chất có giá trị lớn hơn TCCP.

Để đồng nhất với quy ước nêu trên về thang đánh giá tốt, trung bình và xấu, khi tính toán các trị số q_i đối với chất có giá trị $C_i > C_{i_0}$ (TCCP) là tốt,

cần phải tính trị số nghịch đảo $q_i = \frac{C_{i_0}}{C_i} < 1$ nếu $C_i > C_{i_0}$ và $q_i = \frac{C_{i_0}}{C_i} > 1$ nếu

$C_i < C_{i_0}$ (ví dụ đối với DO trong nước mặt), hoặc TCCP nằm trong khoảng

$a \leq C_{i_0} \leq b$ thì $q_i = \frac{a}{C_i} > 1$ nếu $C_i < a$; $q_i = \frac{C_{i_0}}{C_i} = 1$ nếu $C_{i_0} \in [a, b]$ và

$q_i = \frac{C_i}{b} > 1$ nếu $C_i > b$ (ví dụ đối với độ pH trong nước mặt).

Điều kiện để áp dụng các bất đẳng thức trên rất nghiêm ngặt về m chất có trị số $q'_i \leq 1$ và k chất có $q''_i > 1$, sao cho $m + k = n$ (điều kiện đồng nhất về số chất khảo sát).

Trong trường hợp tại hai điểm A và B có số chất k khác nhau (số chất không bằng nhau), nếu áp dụng $\overline{P'}$ có thể sẽ dẫn đến kết quả không phù hợp trong thực tế. Chẳng hạn, ở điểm A có $k = 3$ (3 chất có trị số tương đối > 1) với $q''_1 = 1,1$; $q''_2 = 1,3$; $q''_3 = 1,5$; ở điểm B có $k = 1$ (chỉ có 1 chất) với $q''_1 = 1,6$. Nếu lấy trung bình theo nhóm, ta được:

$$\overline{P'_A} = \frac{1,1 + 1,3 + 1,5}{3} = 1,3$$

$$\overline{P'_B} = 1,6$$

Từ đây suy ra chất lượng môi trường ở B xấu hơn A. Điều này không phù hợp với cơ chế vật lý: tăng nồng độ chất ô nhiễm ($> \text{TCCP}$) ở điểm A thì CLMT ở A lại xấu ít hơn ở điểm B (vì chỉ có 1 chất $> \text{TCCP}$, trong khi ở điểm A có 3 chất lớn hơn TCCP). Để khắc phục điều này, cần phải thay phép lấy

trung bình $\overline{P'}$ bằng phép lấy tổng $P' = \sum_{i=1}^k q''_i$. Áp dụng vào ví dụ trên ta có:

$$P'_A = 1,1 + 1,3 + 1,5 = 3,9$$

$$P'_B = 1,6$$

Khi đó thấy rõ chất lượng môi trường ở A xấu hơn B (điều này phù hợp với thực tế và không mâu thuẫn về ý nghĩa vật lý).

Khi sử dụng phương pháp này để xây dựng bản đồ ta sẽ có một hệ thống các đường đẳng trị (các đường đồng mức) P biến đổi từ $0 - 1$ và $P' > 1$. Tập hợp các đường đẳng trị này sẽ mô tả được bức tranh tổng quát về chất lượng môi trường trên phạm vi không gian khảo sát ứng với thời điểm t .

3.7. DỰ BÁO MỨC ĐỘ Ô NHIỄM TIẾNG ỒN GIAO THÔNG [1, 11]

Tác động của tiếng ồn đối với con người và môi trường sống đang ngày càng được quan tâm mặc dù những tác động đó vẫn còn chưa được biết một cách đầy đủ và chính xác. Ở những đô thị lớn, thường có bốn nguồn chính gây ra tiếng ồn, đó là máy bay, các hoạt động công nghiệp, xây dựng và giao thông.

Tiếng ồn được tạo ra từ các tuyến đường chính và các đường cao tốc là cả một vấn đề lớn và rất khó giải quyết, đặc biệt là khi Chính phủ các nước phát triển tiến hành các chương trình khống chế và kiểm soát tiếng ồn của các phương tiện giao thông đường bộ, người ta mới thấy hết được sự phức tạp của vấn đề.

Phương pháp dự báo mức ồn chung của dòng xe

Mức ồn của dòng xe thường không ổn định (thay đổi rất mạnh theo thời gian) và phụ thuộc vào nhiều yếu tố như lưu lượng xe, loại xe, đặc điểm đường và địa hình xung quanh, v.v... Vì vậy, người ta thường dùng trị số mức ồn tương đương trung bình tích phân trong một khoảng thời gian để đánh giá mức ồn của dòng xe.

Để dự báo mức ồn tương đương trung bình của dòng xe người ta sử dụng công thức sau:

$$L_{eq} = L'_{eq} + \Sigma \Delta L_{eqi} \text{ (dB)} \quad (3.82)$$

Trong đó:

L_{eq} – Mức ồn tương đương trung bình của dòng xe (ở độ cao 1,5m và cách trục dòng xe 7,5m).

L'_{eq} – Mức ồn tương đương trung bình của dòng xe ở độ cao 1,5m và cách trục dòng xe 7,5m trong điều kiện chuẩn (xe chạy trên đoạn đường thẳng và bằng phẳng, khi dòng xe có 60% xe tải và xe khách với vận tốc chạy trung bình là 40km/h).

$\Sigma \Delta L_{eqi}$ – Tổng các số hiệu chỉnh cho các trường hợp khác với các điều kiện chuẩn sau:

– Tăng hoặc giảm 10% lượng xe tải hoặc xe khách thì: $\Sigma \Delta L_{eqi} = \pm 0,8\text{dB}$.

- Tăng hoặc giảm tốc độ xe chạy trung bình $\pm 10\text{km/h}$ thì $\Sigma\Delta L_{\text{eq}} = \pm 1,5\text{dB}$.
- Tăng hoặc giảm độ dốc của đường $\pm 2\%$ thì $\Sigma\Delta L_{\text{eq}} = \pm 1\text{dB}$.
- Trên đường phố có tàu điện chạy thì $\Sigma\Delta L_{\text{eq}} = \pm 3\text{dB}$.
- Khi đường phố có chiều rộng trên 60m thì $\Sigma\Delta L_{\text{eq}} = -2\text{dB}$.

Bảng 3.7. Mức ồn tương đương trung bình (L'_{eq}) của dòng xe ở điều kiện chuẩn

Lưu lượng dòng xe (xe/giờ)	Mức ồn L'_{eq} (dB)	Lưu lượng dòng xe (xe/giờ)	Mức ồn L'_{eq} (dB)
40	68	700	75
50	68,5	900	75,5
60	69	1.000	76
80	69,5	1.500	77
100	70	2.000	77,5
150	71	3.000	78,5
200	72	4.000	79
300	73	5.000	80
400	73,5	10.000	81
500	74		

3.8. PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ, ĐỒNG NHẤT CHUỖI SỐ LIỆU [15]

3.8.1. Hiệu chỉnh số liệu đo đạc bằng các thiết bị thông dụng theo số liệu quan trắc tự động

Số liệu đo đạc tại các vị trí khảo sát khác nhau có thể tiến hành trên những thiết bị khác nhau (tính năng, độ chính xác khác nhau v.v...). Vì vậy, số liệu thu được cần được xử lý, hiệu chỉnh theo một thiết bị quan trắc được xem là *đáng tin cậy nhất*. Trong điều kiện hiện nay, các trạm quan trắc tự động được trang bị những thiết bị có quán tính nhỏ, độ chính xác cao ghi được liên tục sự biến thiên của các yếu tố môi trường không khí theo khoảng thời gian từ một vài phút đến hàng giờ là cơ sở thuận lợi cho việc phân tích, xử lý thống kê chuỗi số liệu theo thời gian. Vì vậy, để có được chuỗi số liệu

tính toán các đặc trưng biến đổi của các yếu tố môi trường không khí mang tính đồng nhất, bài toán đặt ra trước tiên cần phải làm là lập công thức hiệu chỉnh số liệu đo được ở các địa điểm thuộc mạng lưới monitoring bằng thiết bị thông dụng theo số liệu quan trắc và phân tích tự động.

Phương pháp luận để lập các đường cong hiệu chỉnh được tiến hành như sau:

Gọi y là các giá trị quan trắc được tại trạm ghi cố định, còn x là các giá trị đo được theo thiết bị thông dụng ở các thời điểm tương ứng cùng với y . Khi đó, cần tìm hàm số biểu thị mối quan hệ $y = f(x)$. Dựa vào các số liệu đo đặc đồng thời ứng với $t = 1, 2, 3, \dots, 24$ giờ, sau đó biểu diễn các giá trị (y, x) đo được trên hệ toạ độ xOy để có được các đường cong thực nghiệm. Nếu số đo theo các thiết bị thông thường trùng với số đo theo thiết bị tự động thì $y = x$. Trên thực tế các số đo đối sánh có khác nhau nên việc hiệu chỉnh sai số được thiết lập bằng mối quan hệ tuyến tính: $y = a.x + b$. Việc xác định các hệ số a, b để xây dựng công thức hiệu chỉnh được đánh giá theo tiêu chuẩn thống kê quen thuộc:

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST} \quad (3.83)$$

$$\text{Trong đó, } SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2 \text{ và } SST = \left(\sum_{i=1}^n (y_i^2) \right) - \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2}{n}$$

Theo công thức (3.83), $R^2 = 0 - 1$, do vậy R^2 càng tiến gần đến 1 thì độ tin cậy của hàm hồi quy tuyến tính càng cao. Vì vậy, R^2 còn được gọi là hệ số tương quan hồi quy tuyến tính.

Kết quả tính toán của các hàm hiệu chỉnh đối với các chất TSP, CO, SO₂ và NO_x dựa trên số liệu thực nghiệm đo đặc đối chứng được trình bày ở bảng 3.8.

Bảng 3.8. Công thức hiệu chỉnh số liệu

Thông số (mg/m ³)	Công thức hiệu chỉnh	Độ tin cậy hồi quy
SO ₂	$y = 0,6020x - 0,0031$	$R^2 = 0,9791$
NO ₂	$y = 1,1450x - 0,0081$	$R^2 = 0,9490$
CO	$y = 1,5284x - 0,5807$	$R^2 = 0,9751$
Bụi lơ lửng tổng số (TSP)	$y = 1,0766x - 0,0255$	$R^2 = 0,9786$

Ghi chú: y – Số liệu trạm tự động; x – Số liệu quan trắc theo thiết bị thông dụng).

3.8.2. Phương pháp xử lý và đánh giá tính đồng nhất của chuỗi số liệu

1. Sử dụng công thức hiệu chỉnh đã trình bày ở bảng 3.8, tiến hành hiệu chỉnh các số liệu đo được ở các địa điểm khảo sát theo số liệu quan trắc tự động.

2. Các số liệu đo đạc bằng các thiết bị thông dụng tiến hành theo các khoảng thời gian trung bình tại các điểm không gian khác nhau (các điểm thuộc mạng lưới monitoring) cũng không nhất quán (trung bình 1 giờ, 2 giờ, v.v...). Vì vậy, để tận dụng các số liệu này làm giàu chuỗi số liệu phục vụ cho việc tính toán các đặc trưng thống kê của các yếu tố môi trường không khí, cần phải chuyển hóa các số liệu đó theo TCVN ứng với các khoảng thời gian trung bình thích hợp (ví dụ đối với bụi TCVN để đối sánh là trung bình 1 giờ, 8 giờ và 24 giờ). Cơ sở để chuyển hóa các số liệu này là dựa vào công thức dự báo nồng độ chất ô nhiễm lấy trung bình theo khoảng thời gian τ được trình bày như sau:

Hiện nay ở một số nước trên thế giới đang sử dụng công thức dự báo thống kê kinh nghiệm do các tổ chức khí tượng và Y học Thế giới công nhận [43]. Việc sử dụng công thức này nhằm chủ yếu hai mục đích:

– Chuyển đổi các số liệu quan trắc về nồng độ trung bình giờ sang số liệu quan trắc 8 giờ, 24 giờ v.v...

– Tham số hoá các hệ số lũy thừa α theo khoảng thời gian τ để dự báo giá trị nồng độ trung bình $C(t)$ theo giá trị trung bình đo được C_0 .

Phương trình dự báo thống kê kinh nghiệm có dạng sau:

$$C(x, y, z, t) = C_0(x, y, z, t_0) \left(\frac{t}{t_0}\right)^\alpha \quad (3.84)$$

Trong đó: C , C_0 là các giá trị nồng độ chất ô nhiễm tại điểm (x, y, z) lấy trung bình theo thời gian t và t_0 .

Tham số α phụ thuộc vào vị trí địa lý, tức là phụ thuộc vào điều kiện thời tiết, địa hình của khu vực nghiên cứu. Vì vậy, khi ứng dụng công thức trên để thiết lập công thức tính toán dự báo nồng độ chất ô nhiễm theo thời gian lấy trung bình đặc trưng cho một khu vực nghiên cứu có bán kính hẹp (100m đến một vài km), cần tiến hành tham số hoá hệ số α theo quy luật biến đổi của khí hậu (các mùa xuân, hạ, thu, đông) ứng với khoảng thời gian τ , nghĩa là $\alpha = \alpha(\tau)$. Chẳng hạn, việc xây dựng các đường cong $\alpha(\tau)$ dựa vào

số liệu quan trắc liên tục của các trạm phân tích và quan trắc chất lượng không khí tự động cố định đặt tại Đại học Xây dựng (đặc trưng cho phía Nam thành phố Hà Nội), Đại học Khoa học Tự nhiên (đặc trưng cho phía Tây Nam thành phố), trạm Lạc Long Quân (đặc trưng cho phía Tây Bắc thành phố) và trạm Nam Thăng Long (đặc trưng cho khu vực Nam Thăng Long) được tiến hành như sau [15]:

Logarit cơ số e cả hai vế của phương trình (3.84) ta được:

$$\ln C = \ln C_0 + \alpha \ln \left(\frac{t_0}{t} \right) \Leftrightarrow \alpha = \frac{\ln C - \ln C_0}{\ln \frac{t_0}{t}} = \frac{\ln \left(\frac{C}{C_0} \right)}{\ln \left(\frac{t_0}{t} \right)} \quad (3.85)$$

Nếu coi nồng độ chất ô nhiễm $C(x,y,z,t)$ tại một điểm không gian (x, y, z) cố định như một quá trình ngẫu nhiên, khi đó để khảo sát tính khả biến của α theo khoảng thời gian lấy trung bình τ ta có công thức sau:

$$\alpha_j(k\tau_0) = \frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^{n-k} \frac{\ln \left(\frac{C_{i+k}}{C_{0i}} \right)}{\ln \left(\frac{t_{0i}}{t_{i+k}} \right)} \quad (3.86)$$

Trong đó, $\tau = \Delta t = k\tau_0$.

Giá trị trung bình số mũ α :

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \alpha_j \quad (3.87)$$

Trong các công thức trên:

α_j – Các giá trị của số mũ α tính được từ dãy số liệu quan trắc nồng độ chất ô nhiễm C tại trạm cố định.

n – Tổng các giá trị mẫu C_i .

m – Tổng các giá trị α_j (trong ngày, tháng, mùa).

$\tau = k\tau_0$ ($k = 1, 2, 3, \dots, n-1$); τ_0 ở đây đã chọn bằng 1^h (theo số liệu quan trắc từng giờ trong ngày).

$i = 1, 2, 3, \dots, n-k$.

Do số mũ α trong phương trình tính nồng độ các chất ô nhiễm không khí phụ thuộc vào khoảng thời gian trung bình τ , do đó để khảo sát kết quả dự báo ta cũng tiến hành lấy một chuỗi các số liệu đo đạc thực tế để đối sánh với các số liệu tính toán dự báo theo công thức (3.84).

Đánh giá kết quả thu được của công thức dự báo:

Trong thực tế, các giá trị nồng độ chất ô nhiễm quan trắc được chỉ quy toán ứng với các thời điểm trung bình sau một khoảng thời gian τ nhất định. Vì vậy, sau khi áp dụng công thức dự báo kết quả thu được một tập hợp các giá trị $C(t)$ là một chuỗi số liệu rời rạc, do đó ta sử dụng khái niệm sai số bình phương trung bình tương đối thống kê, giá trị này được xác định bởi công thức quen thuộc sau:

$$\varepsilon^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(C_{i(db)} - C_{i(t)})^2}{\sigma_{i(t)}^2} \quad (3.88)$$

Trong đó:

n – Tổng các số liệu dự báo được tiến hành so sánh kết quả.

$C_{i(db)}$ – Giá trị nồng độ dự báo.

$C_{i(t)}$ – Giá trị nồng độ thực đo.

$\sigma_{i(t)}^2$ – Phương sai của $C_i(t)$.

ε^2 – Sai số bình phương trung bình tương đối của phép dự báo.

Bảng giá trị α_j và $\bar{\alpha}$ xác định bởi công thức (3.86), (3.87) đã được tính toán dựa trên dãy số liệu quan trắc liên tục của 4 trạm quan trắc tự động và 9 trạm quan trắc môi trường trên địa bàn Thành phố Hà Nội. Đánh giá độ tin cậy của công thức (3.84) và các giá trị α_j và $\bar{\alpha}$ theo công thức (3.88) được trình bày trong [15], kết quả cho thấy đạt được độ chính xác cao. Để thuận lợi cho việc sử dụng công thức chuyển đổi nồng độ trung bình $C(t)$ theo $t = 1^h, 8^h, 24^h$ ứng với các mùa trong năm, chúng tôi đã lập các giá trị trung bình α cho các yếu tố môi trường SO_2, NO_x, CO, O_3 , bụi, ... ứng với 4 mùa trong năm được trình bày ở bảng 3.9.

Sử dụng bảng 3.9 và công thức (3.84) ta có thể tính toán chuyển đổi giá trị ban đầu đo đạc được C_0 sang giá trị C lấy trung bình theo thời gian $t = 1$ giờ, 8 giờ, 24 giờ.

**Bảng 3.9. Các giá trị trung bình α của các yếu tố môi trường
SO₂, NO_x, CO, O₃, bụi trong năm**

Bụi				
α	Mùa xuân	Mùa hạ	Mùa thu	Mùa đông
α_{1h}	0,034	0,294	0,475	- 0,650
α_{8h}	- 0,340	- 0,214	0,530	0,106
α_{24h}	- 0,217	- 0,189	0,566	0,675
CO				
α_{1h}	0,227	0,038	0,107	- 0,568
α_{8h}	- 0,001	- 0,089	- 0,108	- 0,454
α_{24h}	0,057	0,021	0,029	0,051
NO_x				
α_{1h}	0,066	0,664	- 0,815	- 0,346
α_{8h}	- 0,318	0,505	- 0,846	- 0,401
α_{24h}	- 0,187	0,585	- 0,480	0,101
SO₂				
α_{1h}	0,882	- 0,262	0,665	0,550
α_{8h}	0,744	0,090	0,047	- 0,575
α_{24h}	0,959	0,026	- 0,342	- 0,404
O₃				
α_{1h}	0,113	0,070	- 0,040	0,054
α_{8h}	0,123	- 0,069	- 0,099	- 0,066
α_{24h}	- 0,008	- 0,115	0,000	- 0,190

3. Các số liệu tự ghi ở các trạm tự động cố định có thể đứt đoạn, trong trường hợp số liệu đứt đoạn không lớn (một vài giá trị) cách nhau một khoảng thời gian không lớn có thể tiến hành xử lý thô bằng phương pháp nội suy đơn giản ($x_3 = (x_1 + x_4)/2$). Nếu khoảng đứt đoạn số liệu quá lớn thì việc tiến hành phân tích, tính toán không được thực hiện theo tính Ergodic mà phải tiến hành trung bình hoá theo tập hợp các thể hiện.

4. Kết hợp việc xử lý thô và định lượng theo ba phương pháp như trên ta sẽ có một chuỗi số liệu đồng nhất để phục vụ cho việc phân tích, đánh giá chất lượng môi trường không khí đạt được độ chính xác cao và đáng tin cậy.

CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 3

1. Nêu các định nghĩa về ô nhiễm môi trường không khí. Phân tích và chỉ rõ ưu, nhược điểm của các cách tiếp cận khác nhau trong các định nghĩa. Cách tiếp cận nào có tính khả thi áp dụng vào thực tế?

2. Phân loại các nguồn gây ô nhiễm và các chất ô nhiễm môi trường không khí.

3. Trình bày các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình khuếch tán và lan truyền chất ô nhiễm trong môi trường không khí.

4. Thiết lập phương trình vi phân cơ bản mô tả quá trình lan truyền chất ô nhiễm trong môi trường không khí. Phương pháp khép kín phương trình và thiết lập các điều kiện phụ (điều kiện biên và ban đầu). Ý nghĩa của các điều kiện phụ.

5. Trình bày các lời giải của phương trình vi phân cơ bản đã được đơn giản hoá bao gồm:

– Mô hình Berliand đối với nguồn điểm.

– Mô hình Sutton và Gaus đối với nguồn điểm.

6. Trình bày mô hình lan truyền chất ô nhiễm trong môi trường không khí đối với nguồn đường.

7. Trình bày mô hình lan truyền chất ô nhiễm trong môi trường không khí đối với nguồn mặt (mô hình hộp).

8. Trình bày phương pháp cải tiến xác định các tham số khuếch tán rối trong điều kiện khí hậu Việt Nam (định luật parabol và định luật lũy thừa “5/3”). Nêu rõ quy mô thời gian lấy trung bình của các định luật này trong bài toán lan truyền và khuếch tán chất ô nhiễm.

9. Trình bày phương pháp xác định kích thước rối ngang K_0 , mối quan hệ của K_0 với các hệ số khuếch tán suy rộng C_y , C_z của Sutton và các hệ số phát tán σ_y , σ_z của Gauss trong điều kiện khí hậu Việt Nam.

10. Trình bày phương pháp xác định tham số nhám z_0 và chỉ số lũy thừa n trong điều kiện khí hậu Việt Nam.

11. Trình bày phương pháp đánh giá chất lượng môi trường không khí theo chỉ tiêu riêng lẻ (phương pháp truyền thống) và theo chỉ tiêu tổng hợp. Phân tích ưu, nhược điểm của 2 phương pháp trên.

12. Trình bày phương pháp cải tiến đánh giá chất lượng môi trường không khí theo chỉ tiêu tổng hợp phù hợp với hệ thống TCVN. Chỉ rõ tính ưu việt và tối ưu về mặt kinh tế trong việc xây dựng bản đồ chất lượng không khí khi sử dụng phương pháp này.

13. Trình bày phương pháp dự báo mức độ ô nhiễm tiếng ồn do các phương tiện giao thông gây ra.

14. Trình bày phương pháp xử lý, đồng nhất chuỗi số liệu quan trắc không khí theo thiết bị tự động (trạm quan trắc phân tích chất lượng không khí tự động - cố định) và thiết bị thông dụng (xách tay).

Chương 4

ÔZÔN, HIỆU ỨNG NHÀ KÍNH VÀ MƯA AXIT

4.1. ÔZÔN KHÍ QUYỂN

Ôzôn là một phân tử khí gồm có 3 nguyên tử ôxi, nó là một khí hiếm của khí quyển Trái Đất, cứ 10 triệu phân tử khí thì mới có được 3 phân tử ôzôn. Có đến 90% ôzôn nằm trong tầng bình lưu và tập trung chủ yếu ở độ cao 25km với nồng độ thường lớn hơn 1ppm [41]. Ở độ cao mặt biển (trong tầng đối lưu) ôzôn có nồng độ khoảng 0,05ppm, trị số trung bình trong mùa đông là 0,02ppm, mùa hạ là 0,07ppm.

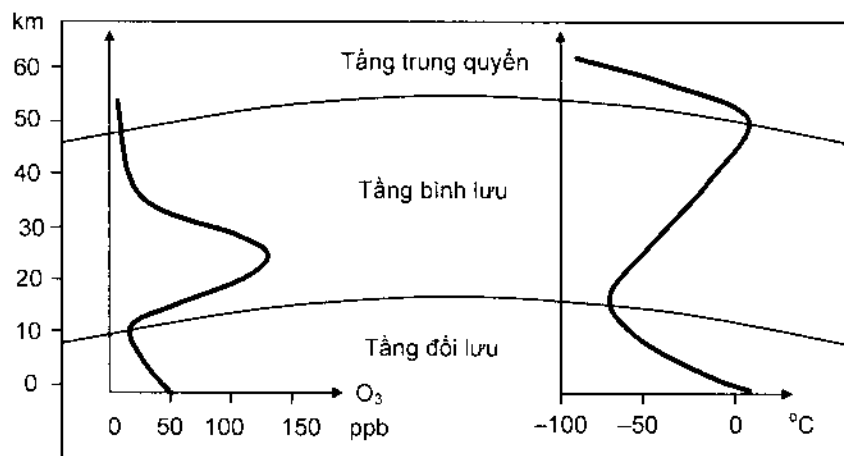
4.1.1. Vai trò của ôzôn trong khí quyển

Ôzôn hấp thụ bức xạ cực tím của Mặt Trời do đó nó giữ vai trò quan trọng đối với khí hậu và các hệ sinh thái trên Trái Đất. Với khả năng ngăn chặn UVB mà khi cường độ lớn sẽ gây ra các ảnh hưởng bất lợi cho đời sống tự nhiên, vì vậy *tầng ôzôn thường được gọi là "Lá chắn của Trái Đất" bảo vệ loài người*. Sự hấp thụ UVB của ôzôn bình lưu cũng tạo ra nguồn nhiệt, do đó nó đóng vai trò chủ yếu trong hình thành nên cấu trúc nhiệt của tầng bình lưu, nơi mà nhiệt độ tăng theo độ cao (hình 4.1). Nếu tầng ôzôn bình lưu bị suy giảm thì lượng bức xạ tử ngoại của Mặt Trời tới bề mặt Trái Đất sẽ tăng lên gây tác động xấu đến con người, sinh vật và các hệ sinh thái như:

- Làm gia tăng các bệnh về da, mắt.
- Làm rối loạn hệ miễn dịch của cơ thể (cơ thể mất tính đề kháng).
- Làm giảm năng suất cây trồng.
- Làm mất cân bằng hệ sinh thái biển (gây chết quần thể phytoplankton có khả năng hấp thụ CO_2 cho quá trình sinh trưởng và là nguồn tiêu thụ CO_2 lớn nhất ở đại dương), gây đột biến gen làm cho động vật bị dị dạng (ếch), v.v...

Ngược lại, ở tầng đối lưu, nếu nồng độ ôzôn gia tăng vượt quá tiêu chuẩn cho phép thì môi trường không khí bị ô nhiễm và gây ra các tác hại cho sức khoẻ con người như: kích thích hệ hô hấp (mũi và họng bị tấy rát), mệt mỏi, bài hoài, gây tổn hại cho phổi v.v... Ôzôn cũng bị coi là thủ phạm chịu 3/4 trách nhiệm về các thảm hoạ gây chết người do khói quang hoá, nó

còn gây ảnh hưởng cho thực vật như làm lá cây bị vàng, làm mầm không phát triển, v.v... Chẳng hạn, ở mức 0,2ppm O_3 gây nguy hại cho cây thuốc lá, cà chua, đậu Hà Lan và rất nhiều loại cây khác. O_3 làm kìm hãm quá trình sinh trưởng và sản lượng cây trồng, ở nồng độ 15 – 20ppm, ôzôn gây bệnh đốm lá, làm khô héo mầm non [26].



Hình 4.1. Phân bố ôzôn và nhiệt độ khí quyển theo chiều cao

Ôzôn còn gây tác hại cho các vật liệu sợi, đặc biệt là sợi bông, nilon, sợi nhân tạo và màu thuốc nhuộm. Nó làm cứng cao su với thời gian tác dụng như sau:

Nồng độ ôzôn (ppm)	Thời gian làm cứng cao su
0,02	65 phút
0,06	5 phút
0,45	3 phút
20.000	1 giây

Ngoài ra, ôzôn đối lưu còn được coi là một chất “khí nhà kính”, sự gia tăng khí nhà kính ảnh hưởng đến biến đổi khí hậu và sự nóng lên toàn cầu. Theo tính toán lý thuyết, cứ tăng nồng độ ôzôn trong tầng đối lưu lên hai lần thì có thể làm tăng nhiệt độ bề mặt Trái Đất lên 1°C. Người ta còn dự đoán rằng, với hoạt động của con người như hiện nay có thể đưa đến tăng lượng ôzôn ở tầng đối lưu lên gấp đôi vào cuối thế kỷ XXI.

Chính phủ các nước đang nỗ lực làm giảm mức độ ảnh hưởng của ôzôn đối lưu thông qua các công cụ điều chỉnh, hạn chế các nguồn phát sinh.

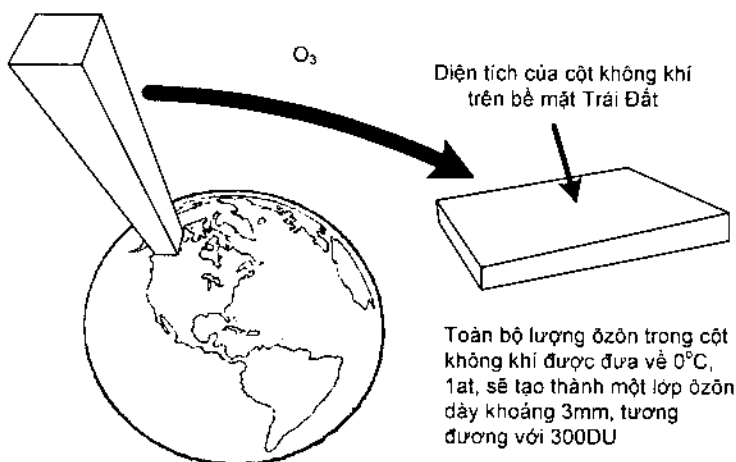
Cũng cần nhấn mạnh rằng, trong khi ôzôn ở tầng bình lưu đang giảm xuống (3%/thập kỷ) thì ôzôn ở tầng đối lưu, là chất khí ô nhiễm có hại (cần phải hạn chế nguồn phát sinh), lại tăng lên khoảng 10%/thập kỷ (nhất là ở Bắc Bán cầu). Tuy nhiên, sự tăng lên của ôzôn trong tầng đối lưu không thể bù đắp được sự giảm sút nghiêm trọng của nó trong tầng bình lưu.

4.1.2. Đơn vị đo của ôzôn trong khí quyển [39]

Lượng ôzôn thường xuyên được thông báo trên các phương tiện thông tin đại chúng là độ dày của cột ôzôn trong khí quyển với đơn vị đo là Dobson (DU).

Trước kia, tổng lượng O_3 (TLO) được đo bằng đơn vị độ dày dẫn xuất, là lượng ôzôn trong cột không khí thẳng đứng có tiết diện 1cm^2 được nén lại ở điều kiện tiêu chuẩn ứng với nhiệt độ 0°C và áp suất 1at khí quyển sẽ có bề dày 1cm . Đơn vị này được ký hiệu là at.cm . Độ dày của lớp ôzôn trong khí quyển tự nhiên (khi chưa có tác động làm suy giảm tầng ôzôn) theo đơn vị này thường dao động trong khoảng $0,25 - 0,5\text{cm}$, trung bình vào khoảng $0,3\text{cm}$ (hình 4.2). Hiện nay, người ta thường sử dụng đơn vị miliat.cm (được gọi là đơn vị Dobson), ứng với nồng độ trung bình của ôzôn trong khí quyển xấp xỉ 1 phần tỷ theo thể tích (1ppbv). Giữa đơn vị at.cm và Dobson (DU) liên hệ với nhau bởi hệ thức: $1\text{at.cm} = 10^3\text{DU}$.

Ôzôn phân bố không đồng đều theo chiều thẳng đứng và dao động theo vị trí địa lý, từ 230 đến 500 đơn vị Dobson. Tính trung bình thì TLO thấp nhất ở vành đai xích đạo và tăng dần theo vĩ độ.



Hình 4.2. Đơn vị đo của ôzôn trong khí quyển

4.1.3. Quá trình quang hoá tạo thành và phân huỷ ôzôn trong khí quyển

Ôzôn được tạo thành một cách tự nhiên trong lớp khí quyển trên cao do tác động của bức xạ cực tím UVR (Ultra Violet Radiation) của Mặt Trời đối với ôxi. Tác động của bức xạ UVR ở dải sóng 180 – 240nm (một phần của dải bức xạ UV-C) có nguồn năng lượng bằng 5,115ev làm phá vỡ phân tử ôxi tạo thành các ôxi nguyên tử theo phương trình:



Trong đó, $h\nu$ là năng lượng photon của bức xạ Mặt Trời. Sau đó, ôxi nguyên tử kết hợp với ôxi phân tử để tạo thành ôzôn theo phản ứng:



Trong đó M có thể là nguyên tử Nitơ hoặc nguyên tử bất kỳ nào đó có khả năng mang theo nguồn năng lượng thoát ra khi tạo thành ôzôn.

Đồng thời với quá trình tạo thành ôzôn là quá trình phân huỷ ôzôn do hấp thụ bức xạ Mặt Trời ở dải sóng 280 – 320nm và do sự va chạm với ôxi nguyên tử theo các phản ứng sau:



Gọi: n_1, n_2, n_3, n_m tương ứng là mật độ của O, O_2, O_3 và M trong 1cm^3 .

k_2 và k_4 là hệ số của các phản ứng (4.2) và (4.4)

$$k_2 = 9.10^{-36}.e^{1180/R.T} \text{ (cm}^6/\text{s)} \quad (4.5)$$

$$k_4 = 8.10^{-12}.e^{3264/R.T} \text{ (cm}^3/\text{s)} \quad (4.6)$$

với $R = 1,9865\text{cal/}^{\circ}\text{K.mol}$.

i_2 và i_3 là số lượng các lượng tử của các mức năng lượng Mặt Trời ($h\nu \geq 5,115\text{ev}$ và $h\nu \geq 1,09\text{ev}$) do một phân tử O_2 và O_3 hấp thụ trong thời gian 1 giây ở độ cao tính toán, hay còn được gọi là tốc độ phân huỷ của O_2 và O_3 ở các phản ứng (4.1) và (4.3).

Như vậy, sau khoảng thời gian dt theo các phản ứng từ (4.1) – (4.4) ta có:

$$dn_1 = (2i_2.n_2 - k_2.n_1.n_2.n_m + i_3.n_3 - k_4.n_1.n_3) dt \quad (4.7)$$

$$dn_3 = (k_2.n_1.n_2.n_m - i_3.n_3 - k_4.n_1.n_3) dt \quad (4.8)$$

Trong điều kiện cân bằng quang hoá: $dn_1/dt = dn_3/dt = 0$ nên từ hai phương trình (4.7) và (4.8) ta có:

$$2i_2.n_2 - k_2.n_1.n_2.n_m + i_3.n_3 - k_4.n_1.n_3 = 0 \quad (4.9)$$

$$k_2.n_1.n_2.n_m - i_3.n_3 - k_4.n_1.n_3 = 0 \quad (4.10)$$

Cộng hai phương trình (4.9) và (4.10) ta được:

$$2i_2.n_2 - 2k_4.n_1.n_3 = 0 \quad (4.11)$$

$$\rightarrow n_1 = i_2.n_2/k_4.n_3 \quad (4.12)$$

Thay (4.12) vào (4.10) ta được:

$$i_3.n_3 + i_2.n_2 = k_2.i_2.n_2^2.n_m/k_4.n_3 \quad (4.13)$$

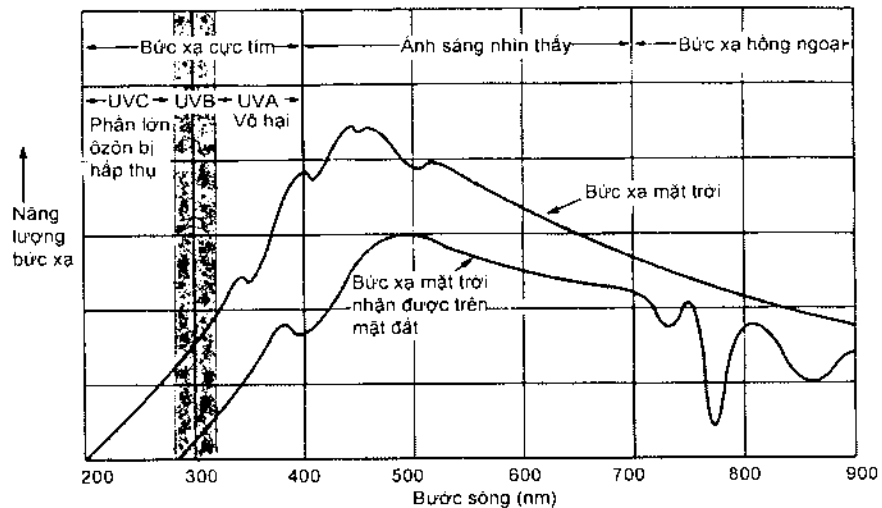
Ở độ cao dưới 25km thì i_2 giảm rất nhanh và số nguyên tử ôxi cũng giảm mạnh, hơn nữa ở độ cao dưới 40km đại lượng $i_2.n_2 \ll i_3.n_3$, phương trình (4.13) sẽ có dạng:

$$n_3^2 = k_2.i_2.n_2^2.n_m/k_4.i_3 \quad (4.14)$$

Do đó, theo phương trình (4.14) ta thấy ở những độ cao trên 25km, mật độ n_2 và n_m giảm do khí quyển loãng nên n_3 giảm. Còn ở những độ cao thấp dưới 20km thì do i_2 giảm nhanh nên n_3 giảm đáng kể. Điều đó chỉ ra rằng mật độ ôzôn n_3 tập trung nhiều nhất ở tầng bình lưu và đạt cực đại ở độ cao khoảng 20 – 25km.

4.1:4. Bức xạ cực tím

Để hiểu rõ khả năng chắn bức xạ cực tím của tầng ôzôn chúng ta cần phải biết rõ dải bức xạ của Mặt Trời. Bức xạ cực tím là một phần của phổ bức xạ Mặt Trời có bước sóng từ 200 – 400nm, bức xạ cực tím được chia ra làm 3 dải: UVA: 320 – 400nm, UVB: 280–320nm và UVC: 200 – 280nm (hình 4.3).



Hình 4.3. Dải phổ của bức xạ Mặt Trời

Dải UVA, gần với phổ nhìn thấy của bức xạ Mặt Trời, không gây tác hại cho các tế bào sống như hai dải còn lại và năng lượng của nó bị khí quyển hấp thụ gần một nửa. Dải UVB có bước sóng từ 280–320nm là phần quan trọng nhất đối với các hệ sinh thái trên Trái Đất như gây bệnh ung thư da, đục thủy tinh thể, làm cho da bị lão hoá, làm tổn hại quần thể phytoplankton ở biển cũng như thực vật trên cạn, v.v... khi ở cường độ lớn. Còn khi ở cường độ nhỏ nó lại kích thích cơ thể tổng hợp vitamin D, giúp cố định canxi cho cơ thể, diệt các vi khuẩn. Dải UVC thì hầu như bị ôzôn và các thành phần khí quyển hấp thụ hết và không có khả năng chiếu xuống Trái Đất.

4.1.5. Vận chuyển và phân bố của ôzôn trong khí quyển

1. Phương trình vận chuyển của ôzôn trong khí quyển

Sự phân bố và biến đổi ôzôn trên Trái Đất theo thời gian có nhiều ý nghĩa quan trọng:

- Cho thấy được quá trình phân bố của ôzôn trong năm và đánh giá được mức độ suy giảm ôzôn theo tháng.

- Xác định được vùng có lỗ thủng ôzôn và những vùng mà tầng ôzôn có xu hướng suy giảm trong tương lai.

- Phục vụ cho việc áp dụng công nghệ bảo vệ tầng ôzôn ở các vùng khác nhau theo thời gian phù hợp.

Trong tự nhiên, do sự vận chuyển của khí quyển nên phân bố của ôzôn bị thay đổi cùng với sự phá vỡ trạng thái cân bằng quang hoá, do đó đại lượng dn/dt và dn_e/dt sẽ khác không.

Sự vận chuyển ôzôn cùng với các dòng chảy không khí có thể xảy ra thông qua một dãy các quá trình như chuyển động hỗn loạn của các dòng xoáy và hoàn lưu chung của khí quyển.

Phương trình tổng quát “vận chuyển ôzôn” được biểu diễn như sau [39, 41]:

$$\frac{dp_3}{dt} = \frac{\partial p_3}{\partial t} + \frac{\partial up_3}{\partial x} + \frac{\partial vp_3}{\partial y} + \frac{\partial wp_3}{\partial z} =$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial p_3}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial p_3}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \frac{\partial p_3}{\partial z} \right) + A \cdot (p_{3,0} - p_3) \quad (4.15)$$

Trong đó:

D_x, D_y, D_z là các hệ số khuếch tán rối theo các trục X, Y, Z trong hệ toạ độ không gian 3 chiều, trục X hướng về phía Nam, trục Y về phía Đông và trục Z hướng lên trên.

u, v, w là các thành phần của gió theo các trục X, Y, Z .

ρ_0, ρ_{30} là tỷ trọng và tỷ trọng trong điều kiện cân bằng quang hoá của O_3 .

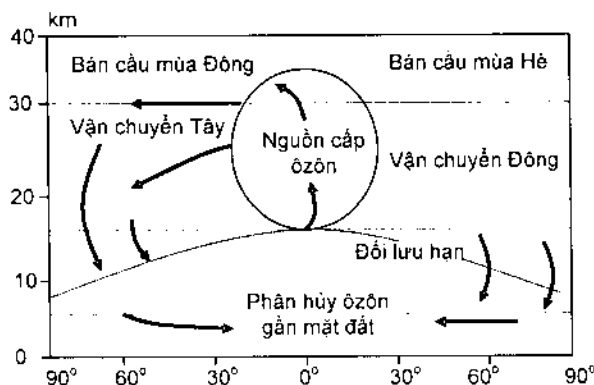
Dựa vào phương trình tổng quát này có thể lập mô hình mô phỏng sự phân bố ôzôn trong khí quyển khi tham số hoá các điều kiện ban đầu và các chuyển động trong khí quyển. Tuy nhiên, khi nghiên cứu quá trình quang hoá ở đây đã bỏ qua không nói đến khí nhân tạo có tiềm năng phá huỷ ôzôn rất lớn như các chất CFC nói riêng và các chất ODS nói chung.

Để xác định mối liên quan giữa hướng chuyển động của khí quyển với tầng ôzôn phải dựa vào việc phân tích phương trình vận chuyển ôzôn. Các trường hợp vận chuyển cụ thể, vận chuyển ôzôn như thế nào trong khí quyển đã được đề cập chi tiết trong [26].

Khi kết hợp lý thuyết quang hoá với quá trình vận chuyển toàn cầu của ôzôn, Dutch H.U. và Dobson G.M.B khẳng định rằng, ôzôn được hình thành quanh năm ở tầng bình lưu vùng xích đạo và từ đó ôzôn được di chuyển về phía cực nhờ các chuyển động không khí, sau đó được vận chuyển xuống vùng dưới của tầng bình lưu ở các vĩ độ cao. Tại đó, ôzôn được bảo vệ gần như chắc chắn tránh khỏi sự phá huỷ quang hoá và có thể được tích lũy thành số lượng lớn (hình 4.4).

Như vậy, sự tích lũy ôzôn đối với các vĩ độ cao không xảy ra ở vùng trên của tầng bình lưu mà chỉ hạn chế ở vùng giữa và dưới của tầng bình lưu. Sau đó, từ tầng bình lưu ôzôn được vận chuyển xuống tầng đối lưu và ở đó ôzôn bị phân huỷ.

Ở mỗi bán cầu, sự vận chuyển ôzôn về phía cực xảy ra tập trung vào mùa đông khi dòng gió Tây khống chế tầng bình lưu nhiệt đới và yếu đi vào mùa hè khi dòng gió Đông thịnh hành thay thế dòng gió Tây.



Hình 4.4. Quá trình vận chuyển của ôzôn

2. Phân bố của ôzôn theo không gian và thời gian

Những kết quả nghiên cứu trong khoảng 10 năm gần đây chứng tỏ rằng độ dày dẫn xuất ôzôn phân bố theo không gian và theo thời gian. Kết quả nghiên cứu, đo đạc ôzôn trên 9 địa phương khác nhau của Liên Xô đã lập được biến trình năm cho thấy, độ dày dẫn xuất ôzôn tại tất cả các vĩ độ (ứng với 9 khu vực khác nhau) [2] như sau:

– Lượng ôzôn tăng vào mùa xuân, giảm vào mùa thu và mùa đông.

Các cực đại trong các đường cong trên xảy ra vào thời gian khác nhau, vĩ độ càng cao thì thời gian xảy ra càng muộn, chẳng hạn ở các thành phố miền nam như Abaxtuman và Amanata cực đại thường vào tháng 2, trong khi đó ở Vicikov (gần Leningrat) đạt cực đại vào tháng 3, còn ở đảo Dixon là vào tháng 5.

Ngoài ra, trong dao động biến trình năm của toàn bộ TLO cho thấy: càng ở vĩ độ cao thì TLO càng lớn. Chúng ta có thể giải thích một cách định tính quy luật trên như sau:

Vào mùa thu và mùa đông, lượng ôzôn ở các vĩ độ cao rất ít do không có bức xạ Mặt Trời. Tuy nhiên, lượng ôzôn không hoàn toàn bằng không nhờ có sự trao đổi rối vĩ mô giữa các vùng có vĩ độ thấp và các vùng có vĩ độ cao.

Vào mùa xuân, khi các tia nắng Mặt Trời chiếu đến, nhiệt độ không khí ở các vùng này còn thấp, lượng ôzôn tăng rất nhanh, sau đó cùng với sự tăng nhiệt độ theo thời gian lượng ôzôn bắt đầu giảm dần và đạt cực tiểu vào cuối mùa thu và cả mùa đông. Vào cùng thời điểm trong năm, lượng ôzôn ở xích đạo nhỏ còn càng về cực thì lượng ôzôn càng cao.

Như vậy, tại một vùng nào đó trên Trái Đất, lượng ôzôn sẽ tăng nếu ở điểm này có dòng không khí thổi từ vĩ độ cao xuống trong lớp từ mặt đất đến 16km, trường hợp ngược lại lượng ôzôn sẽ giảm. Ngoài sự phụ thuộc của ôzôn theo vĩ độ và thời gian, người ta còn thấy có mối liên hệ của ôzôn với các yếu tố khí tượng cũng như các hiện tượng khác của ôzôn xảy ra trong khí quyển.

TLO phụ thuộc rất lớn vào vị trí quan trắc, theo mùa và các quá trình động lực trong khí quyển. Nghĩa là, TLO phân bố theo không gian và theo thời gian: TLO rất lớn ở cực và vùng có vĩ độ cao ở hai bán cầu và giảm dần (mặc dù không đồng đều) ở vùng vĩ độ thấp (nhiệt đới và xích đạo). Biên độ dao động của TLO ở cực và vùng có vĩ độ cao so với vùng có vĩ độ thấp cũng rất lớn.

Theo số liệu thống kê thu được:

– Ở vùng ôn đới của Bắc Bán cầu, cực đại năm của TLO tương đối cao và thường xuất hiện vào cuối mùa đông và đầu mùa xuân (cuối tháng 3, đầu

tháng 4), ở 55⁰–60⁰ vĩ bắc, cực đại xuất hiện sớm hơn, từ ngày 10 – 15 tháng 3 hàng năm. Cực tiểu xảy ra vào cuối hè (tháng 9 – 10).

– Ở vùng nhiệt đới (0⁰ – 30⁰ vĩ bắc), giá trị lớn nhất của TLO xuất hiện vào tháng 5, nghĩa là chậm hơn gần hai tháng so với vùng vĩ độ cao. Cực tiểu xảy ra vào tháng 11 và 12, ở xích đạo kéo dài đến tháng 1.

Qua số liệu trung bình nhiều năm về TLO theo vĩ độ, sử dụng công thức tính cực trị của Grigori Newton, A.Kh. Khrogian đã tính được thời gian và các giá trị cực trị phân bố TLO trung bình năm như trong bảng 4.1.

Như vậy, phân bố TLO theo thời gian có thể biểu diễn dưới dạng:

$$X = X_0 + C_1 \cdot \cos(\omega \cdot t - \varphi_1) \quad (4.16)$$

Trong đó:

X_0 – Được xác định như là giá trị trung bình năm của X.

C_1 -- Biên độ dao động của X (1/2 giá trị dao động giữa cực đại – max và cực tiểu – min).

φ_1 – Độ lệch pha của dao động năm X được tính từ thời điểm 15/4.

ω – Tần số được tính theo công thức: $\omega = 2\pi/T$ (T: là chu kỳ năm bằng 12 tháng).

t – Thời gian tính bằng tháng.

Bảng 4.1. Dao động năm của TLO theo vĩ độ (DU)

Vĩ độ	TLO tháng cực đại	Thời gian cực đại	TLO tháng cực tiểu	Tháng cực tiểu	Biên độ dao động
75 – 80B	433	24/3	281	10	152
65 – 70B	415	27/3	252	1	163
55 – 60B	431	11/3	290	9	141
45 – 50B	386	17/3	279	1	107
35 – 40B	338	24/3	279	9	59
20 – 30B	282	5/5	243	11	39
10 – 20B	277	18/5	245	1	32
0 – 10B	250	9/5	226	1	24
0 – 10N	266	16/6	244	12	22
10 – 20N	266	26/9	256	1	10

Theo tính toán, biên độ dao động năm của TLO ở vùng cực Bắc vượt trên 80DU và giảm về phía vĩ độ thấp. Gần vĩ độ 35° Bắc, C_1 giảm đi nhanh chóng. Trên vĩ độ 20° – 30° Bắc, C_1 giảm đi khoảng 4 lần, còn ở vùng vĩ độ 0 – 20° Bắc, C_1 giảm đi gần 6 lần.

Tuy nhiên, A.Kh.Khrogian đã khám phá ra rằng, trong vùng vành đai nhiệt đới gần xích đạo (0° – 20°), chu kỳ năm của TLO còn có thêm đại lượng tuần hoàn thứ hai là $C_2 \cdot \cos(2\omega \cdot t - \varphi_2)$. Như vậy, trong vùng này TLO được biểu diễn dưới dạng:

$$X = X_0 + C_1 \cdot \cos(\omega \cdot t - \varphi_1) + C_2 \cdot \cos(2\omega \cdot t - \varphi_2) \quad (4.17)$$

Trong đó, các giá trị đặc trưng X_0 , φ_1 , φ_2 , C_1 , C_2 đối với các vĩ độ khác nhau được đưa ra ở bảng 4.2.

Tóm lại, cực đại của TLO ở vĩ độ 40 – 60° Bắc thường xuất hiện vào giữa tháng 3 (11 – 24/3). Ở vùng cực, chậm hơn một chút, vào cuối tháng 3. Điều đó nói lên rằng, ôzôn vận chuyển trong suốt mùa đông từ bình lưu nhiệt đới ra phía vĩ độ cao, do đó ở vùng cực, giá trị cực đại của TLO chỉ xuất hiện muộn hơn một thời gian. Còn ở vùng nhiệt đới, cực đại của TLO xuất hiện muộn hơn rõ rệt (khoảng giữa tháng 5). Hoạt động của hoàn lưu mùa hè ở tầng bình lưu bắt đầu cản trở quá trình vận chuyển ôzôn từ vùng nhiệt đới ra cực và TLO ở vùng nhiệt đới nhờ đó được tăng lên chút ít. Việc xuất hiện thành phần dao động thứ hai trong công thức tính TLO ở đới 0° – 20° phản ánh vai trò trực tiếp của quá trình quang hoá đối với phân bố ôzôn, liên quan đến hai thời điểm hoạt động tích cực nhất của bức xạ Mặt Trời tại vùng nhiệt đới (vào tháng 3 và tháng 9 hằng năm).

Bảng 4.2. Các thông số đặc trưng cho sự biến đổi TLO (nguồn [28])

Vĩ độ	X_0 (DU)	C_1 (DU)	C_2 (DU)	φ_1 (độ)	φ_2 (độ)
70 – 90° Bắc	352	80,9	–	–14,4	–
60 – 70° Bắc	351	69,1	–	–19,0	–
55 – 60° Bắc	356	64,6	–	–26,5	–
50 – 55° Bắc	352	55,2	–	–25,5	–
45 – 50° Bắc	339	51,0	–	–24,7	–
40 – 45° Bắc	342	48,4	–	–25,5	–
35 – 40° Bắc	322	32,4	–	–15,8	–
30 – 35° Bắc	301	24,6	–	–10,9	–

Vĩ độ	X_0 (DU)	C_1 (DU)	C_2 (DU)	φ_1 (độ)	φ_2 (độ)
20 – 30° Bắc	270	19,6	–	+45,0	–
0 – 20° Bắc	263	13,1	8,53	+53,3	-18,7
0 – 20° Nam	264	3,25	–	+140,2	–

Số liệu về TLO tại các trạm trong khu vực Đông Nam Á cho thấy: TLO có giá trị cực đại trung bình cao hơn và thời điểm đạt cực đại cũng muộn hơn ở vùng nhiệt đới. TLO trung bình nhìn chung giảm trong các tháng mùa đông đến cực tiểu với dao động không lớn.

Bảng 4.3. Dao động năm của TLO tại các trạm ở khu vực Đông Nam Á

Trạm	Vĩ độ	X_{tb}	X_{max}	Ngày cực đại	X_{min}	Tháng cực tiểu	Giá trị dao động
Taipei	25°02B	289	317,1	10/5	260	7	57,1
Kunming (Trung Quốc)	25°01B	276	295,0	14/5	252	7	43,0
Hà Nội (Việt Nam)	21°02B	253	295,7	24/4	220	7	64,6
Manila	14°38B	259	281,1	18/5	238	1	45,0
Bangkok (Thái Lan)	13°44B	263	278,1	21/5	246	1	32,1
Singapore	01°20B	251	260,1	11/5	241	2	19,1
Mahe	04°41N	271	281,0	15/9	263	2	18,0
Darwin (Australia)	12°28N	244	275,1	20/10	259	3	16,1

Trong đó: X_{tb} – Giá trị trung bình nhiều năm của TLO.

X_{max} – Giá trị cực đại của TLO.

X_{min} – Giá trị cực tiểu của TLO.

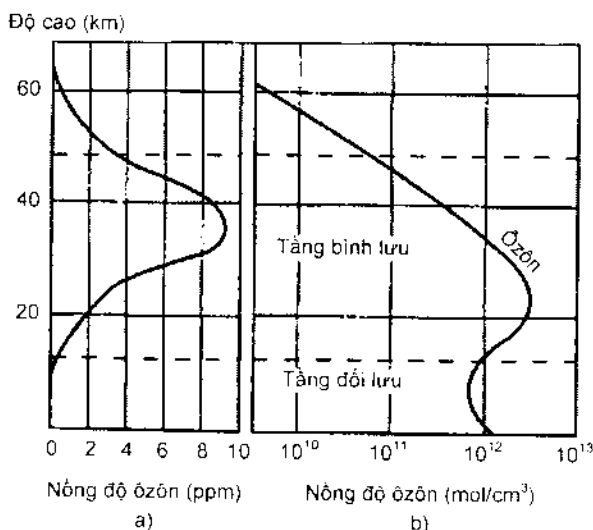
Bảng 4.4. Giá trị trung bình tháng của TLO (DU) tại các trạm ở khu vực Đông Nam Á

Trạm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TB
Taipei	265	277	297	312	316	307	306	301	294	287	269	260	289
Kunming	255	263	274	288	295	284	281	281	274	263	255	252	276
Hà Nội	238	252	263	294	286	274	256	253	246	240	225	220	253
Manila	236	240	251	270	281	273	270	266	268	263	249	243	259

Trạm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TB
Bangkok	246	249	257	270	278	274	269	278	278	278	268	260	263
Singapore	245	241	249	258	260	256	255	259	258	257	251	244	251
Mahe	264	263	266	270	271	271	272	278	281	278	271	264	271
Darwin	261	260	259	261	262	261	257	261	267	275	270	265	264

3. Phân bố của ôzôn theo độ cao

Vì ôzôn bình lưu đóng vai trò quan trọng trong việc hấp thụ bức xạ tử ngoại Mặt Trời nên nhiều người thường quan niệm rằng có một lớp ôzôn tồn tại ở tầng bình lưu và chỉ có ở tầng này mà thôi. Quan niệm này càng tăng khi dựa vào nồng độ ppm của ôzôn so với các thành phần khác của khí quyển. Giống như tỷ lệ phần trăm, cách tính này có thể dẫn đến một hình ảnh sai lệch về sự phân bố của ôzôn.



Hình 4.5. Phân bố của ôzôn theo độ cao [26]

Hình 4.5 chỉ ra nồng độ tương đối của ôzôn tính theo ppm so với các thành phần khác của khí quyển (hình 4.5a) và nồng độ tuyệt đối của ôzôn tính theo mol/cm³ (hình 4.5b) tại các độ cao khác nhau. Do ôzôn tự nhiên chỉ được tạo ra ở tầng bình lưu nhờ tác động của bức xạ UVR nên nồng độ tương đối của ôzôn đạt giá trị cao nhất tại độ cao 30 – 40km so với bề mặt Trái Đất. Tuy nhiên, do tính chất hoá học không bền vững của ôzôn nên thời gian tồn tại của nó trong khí quyển ngắn và cũng vì vậy mà nồng độ tương đối của nó giảm khi độ cao giảm. Ở tầng đối lưu thấp, ôzôn không được tạo

ra nhờ bức xạ cực tím, tỷ lệ tương đối của các khí ôxi và nitơ tăng lên và tỷ lệ tương đối của ôzôn giảm xuống.

Nồng độ tuyệt đối của ôzôn tính theo mol/cm³ cho chúng ta một bức tranh hoàn toàn khác (hình 4.5b). Nồng độ ôzôn đạt giá trị cực đại ở độ cao 20 - 25km. Ở độ cao lớn hơn chúng giảm rất nhanh giống như các thành phần khác của khí quyển, còn ở các độ cao nhỏ hơn nồng độ ôzôn không giảm một cách nhanh chóng như nồng độ tương đối mà vẫn duy trì ở một nồng độ tương đối lớn. Do vậy khi nghiên cứu sự thay đổi phân bố ôzôn cần phải lưu ý đến vấn đề này.

4.1.6. Cơ chế suy giảm tầng ôzôn và lỗ thủng ôzôn

1. Các phản ứng hoá học do các chất nhân tạo làm phá huỷ ôzôn bình lưu

Cho tới những năm đầu thập kỷ 70 của thế kỷ XX, không ai nghĩ rằng hoạt động của con người lại có thể gây nguy hại cho tầng ôzôn. Sau đó, các nhà khoa học đã tìm ra hai nguồn thải hoá chất gây phá huỷ ôzôn, đó là khí thải chứa nhiều NO_x của các máy bay siêu âm (SST) trong tầng bình lưu thấp và các chất CFC, halon sử dụng trong máy lạnh hay các bình xịt.

CFC là hoá chất rất bền vững, nó được vận chuyển lên tầng bình lưu thông qua sự chuyển động đối lưu. Tại đó, chúng hấp thụ các photon năng lượng cao của bức xạ Mặt Trời và giải phóng ra Cl tự do. Cl tự do phá huỷ ôzôn bình lưu thông qua một chuỗi các phản ứng dây chuyền dưới đây:

– Các phản ứng phân huỷ CFC do quang hoá với bước sóng bức xạ 0,1 - 0,4μm để tạo ra nguyên tử Cl theo phương trình:



– Chính nguyên tử Cl này là chất phá huỷ ôzôn mạnh nhất theo các phản ứng dây chuyền:



Theo tính toán của các nhà khoa học, một phân tử Cl trong một giây có thể phá huỷ hàng ngàn phân tử ôzôn, từ đó cho thấy tác hại của các chất CFC đối với tầng ôzôn nguy hiểm như thế nào.

Cho đến nay các nhà khoa học cho rằng, vai trò quan trọng nhất của quá trình phân huỷ ôzôn thuộc về thành phần cụ thể của các hạt bay vào không khí. Tuy nhiên một công trình đã công bố của cộng tác viên Viện công nghệ Masachuset (Mỹ) đứng đầu là chuyên gia N.Molina [32, 38, 40] đã kết luận

ràng: *Chìa khoá của sự phân huỷ ôzôn không phải là hoá học mà là nhiệt độ của môi trường. Nhiệt độ phải đủ thấp để trên bề mặt của hạt lơ lửng bắt đầu ngưng tụ HCl tạo ra một lớp nửa lỏng rất mỏng, ở đây phản ứng tiếp theo có thể tạo ra Cl ở dạng khí.*

Trong các thực nghiệm ở phòng thí nghiệm, những phản ứng này được thực hiện trên các hạt khác nhau, bao gồm các hạt có trong thành phần mây bình lưu cực, khi nhiệt độ đạt tới 200°K thì quá trình phản ứng tạo thành hạt băng mới được thực hiện. Vì trong khối băng của tầng bình lưu, phần lớn nhiệt độ trong năm không biến đổi mấy, Cl không liên hệ với những chất khác nên nó ổn định và khá vững chắc. Trong mùa đông, nhiệt độ khá thấp nên sự có mặt của các hạt băng có vai trò xúc tác cho các phản ứng giải phóng Cl, chất phá huỷ ôzôn một cách mạnh nhất. Vào mùa xuân, bức xạ Mặt Trời tăng làm cho nhiệt độ của tầng bình lưu tăng lên thúc đẩy nhanh quá trình phá huỷ ôzôn. Nhiệt độ tăng còn đồng thời làm các hạt băng tan và bốc hơi nước làm bão hoà mây vùng cực, ngăn cản quá trình thoát của Cl. Đó chính là nguyên nhân làm suy giảm ôzôn ở tầng bình lưu.

Một trong những giả thuyết của Molina là hạt bay vào tầng bình lưu từ quá trình phun trào núi lửa cũng có khả năng phá huỷ ôzôn khí quyển như là mây bình lưu cực mặc dù thành phần hoá học có thể khác nhau. Giờ đây chúng ta biết rằng, brom từ các halon sử dụng trong chữa cháy cũng có thể được giải phóng trong tầng bình lưu với sức phá huỷ ôzôn lớn hơn cả Cl. Các chất haloncacbon được thải ra di chuyển theo dòng khí sẽ là mối nguy hiểm cho tầng ôzôn bình lưu trong vài thập kỷ tới.

2. Xu thế biến đổi của TLO

Song song với những bằng chứng về sự giảm ôzôn ở vùng cực, các nhà khoa học đã bắt đầu cuộc nghiên cứu về sự suy giảm ôzôn trên toàn cầu. Từ năm 1987 – 1988, nhóm chuyên gia nghiên cứu về xu thế biến đổi ôzôn đã xem xét kỹ các kết quả nghiên cứu mới cùng với các số liệu từ vệ tinh và máy móc trên toàn cầu. Bản báo cáo về ôzôn của Tổ chức Khí tượng thế giới (WMO) số 18 năm 1988 nhận định rằng:

- Lượng ôzôn toàn cầu đã giảm đi vài phần trăm suốt 17 năm qua – chủ yếu là thời gian đông – xuân trên vùng cực và vĩ độ trung bình.
- Không thể giải thích sự suy giảm ôzôn bằng quá trình tự nhiên.
- Bằng chứng Haloncacbon là nguyên nhân.

Bản báo cáo đánh giá về ôzôn năm 1991 cho thấy, mức độ ôzôn giảm không chỉ vào thời gian mùa đông, mùa xuân mà còn vào cả thời gian mùa

hè. Vì mọi người thường ở ngoài trời và UVB mạnh nhất vào mùa hè, sự suy giảm ôzôn trong thời gian này gây ra nguy hại lớn cho sức khỏe con người.

Sự suy giảm TLO từ những năm 70 là đáng kể trong thời gian cả năm trên tất cả các vùng, ngoại trừ vùng xích đạo. Số liệu đã được kiểm tra chất lượng của Hệ thống quan trắc ôzôn toàn cầu, gồm cả số liệu vệ tinh chỉ ra rằng, lượng ôzôn suy giảm tích lũy trên vùng cực và vĩ độ trung bình tới nay là gần 10%. Xem xét cả sự biến động tự nhiên ở hai bán cầu, sự giảm sút đặc biệt mạnh vào mùa đông – xuân (trên 6 – 7% trong 1 thập kỷ); trong mùa hè – thu thì con số này chỉ bằng 1/2 so với mùa đông – xuân. Các nghiên cứu chi tiết chỉ ra rằng tốc độ giảm sút ôzôn xấp xỉ 1,5 – 2,0% trong thời kỳ 1970–1980. Số liệu về xu hướng giảm ôzôn được ghi trong bảng 4.5.

Trong vòng 10 năm (1984–1993) mức độ ôzôn trung bình trên toàn cầu giảm xuống mức 297 DU so với mức 306 DU vào thời kỳ 1964–1980 (khoảng 3%).

Bảng 4.5. Xu hướng giảm ôzôn (%) trong thập kỷ 90 của thế kỷ XX ($\pm \sigma$)

Vùng vĩ độ	Tháng			Năm
	12, 1, 2, 3	5, 6, 7, 8	9, 10, 11	
35°–65° Bắc	$5,8 \pm 1,7$	$2,6 \pm 1,5$	$2,5 \pm 1,0$	$3,8 \pm 1,2$
Bắc bán cầu	$4,0 \pm 1,1$	$1,9 \pm 1,1$	$1,6 \pm 0,9$	$2,6 \pm 0,9$
Nam bán cầu	$2,7 \pm 1,0$	$3,4 \pm 0,8$	$6,6 \pm 1,5$	$3,9 \pm 0,8$
35°–65° Nam	$3,6 \pm 1,2$	$4,9 \pm 1,3$	$7,3 \pm 2,0$	$5,0 \pm 1,0$

Ghi chú: (σ – độ lệch chuẩn)

Tuy nhiên, nếu vùng xích đạo, nơi không có sự thay đổi đáng kể về ôzôn, không được tính đến thì sự giảm sút ôzôn ở các vùng cực và vĩ độ trung bình cao gấp 2 lần con số trên. Tại một số khu vực khác sự giảm sút còn lớn hơn. Theo chiều cao, sự suy giảm ôzôn mạnh nhất ở tầng bình lưu thấp. Thám không ôzôn tại Hohenpeissenberg chỉ ra rằng: áp suất cục bộ của ôzôn trong tầng khí quyển từ 19 – 21km đã giảm khoảng 20% trong 25 năm qua.

Trong khi ôzôn ở tầng bình lưu đang giảm xuống thì ôzôn ở tầng đối lưu tại Bắc Bán cầu lại tăng lên 10% trong thập kỷ vừa qua. Sự gia tăng của ôzôn ở tầng đối lưu phần lớn là do tác động của bức xạ Mặt Trời lên một số chất khí ô nhiễm, đặc biệt là NO_x do phát thải từ bề mặt qua các hoạt động giao thông vận tải, công nghiệp như ô tô, máy bay, v.v... kết hợp với sự tăng lên của nồng độ các chất khí khác (mêtan, ôxít cacbon). Trong 100 năm qua,

nồng độ ôzôn gần mặt đất ở vùng vĩ độ trung bình phía Bắc đã tăng lên hai lần. Một vài nguồn tư liệu đã minh chứng cho sự gia tăng trên 1%/năm của nồng độ ôzôn trong tầng đối lưu thấp kể từ cuối thập kỷ 90 thế kỷ XX. Sự tăng lên của ôzôn ở gần mặt đất gây ra một số ảnh hưởng đối với sức khoẻ con người và sản lượng cây trồng. Hơn nữa ôzôn phản ứng mạnh với các phân tử khác, ôxi hoá chúng và gây nguy hại cho các tổ chức sống của động vật. Ôzôn gần mặt đất là thành phần chính của sương mù xảy ra trong những ngày hè không mây tại những thành phố lớn.

3. Nguyên nhân tầng ôzôn suy giảm và lỗ thủng ôzôn

Vấn đề tầng ôzôn bình lưu bị suy giảm đã được đề cập đến vào Năm Địa Vật lý quốc tế 1957 với việc thiết lập một mạng lưới các trạm quan trắc TLO theo phương pháp được Dobson đưa ra. Một trong những trạm quan trắc đó được các nhà nghiên cứu Nam cực người Anh đặt tại vịnh Halley, trạm này sau đó đã đóng một vai trò quan trọng trong việc phát hiện ra tầng ôzôn bình lưu Nam cực suy giảm và phát hiện ra lỗ thủng ôzôn vào mùa xuân ở Nam cực.

Sau hơn 30 năm kể từ khi được thiết lập, trạm quan trắc Halley đã tính toán biết được biến trình mùa của TLO Nam cực. TLO Nam cực đạt giá trị nhỏ nhất vào mùa xuân ở khu vực này là do chu kỳ biến đổi bình thường của khí quyển.

Nhưng vào đầu những năm 80 của thế kỷ XX, số liệu quan trắc tại trạm cho thấy TLO tại khu vực giảm một cách đáng kể và kéo dài trong một thời gian lớn. Thường thì TLO chỉ bắt đầu giảm vào cuối tháng 8 và giảm mạnh nhất vào khoảng giữa tháng 10 (40% TLO Nam cực bị phá huỷ) cho đến tháng 11 thì tầng ôzôn được phục hồi, nhưng trong những năm 80, hiện tượng này kéo dài cho tới tận tháng 12. Hiện tượng này sau đó cũng được vệ tinh viễn thám quỹ đạo cực Nimbus-7 và các trạm quan trắc mặt đất khác khẳng định. *Khi đó, người ta cho rằng các chất CFC mà con người sử dụng lan tràn trong những năm 70 chính là nguyên nhân trực tiếp gây nên hiện tượng này.* Các đo đạc tổng lượng khí CFC tại Nam cực cho thấy, các chất này gia tăng với tốc độ 5%/năm càng làm cho mọi người tin vào giả thuyết trên.

Một số nhà khoa học khác lại cho rằng, *các chất NO_x , ClO_x , BrO_x mới là thủ phạm gây nên hiện tượng tầng ôzôn Nam cực bị suy giảm.* Tuy nhiên, sau này khi những nghiên cứu về tầng ôzôn Nam cực được tăng lên ở một trình độ cao hơn, kết quả cho thấy rằng, các quá trình hoá học ở vùng Bình lưu cực phức tạp hơn nhiều. Mặc dù tầng bình lưu rất khô nhưng nó sẽ bảo

hoà khí nhiệt độ hạ xuống thấp, đặc biệt là vào những tháng mùa đông và mây ở tầng bình lưu được hình thành. Các hạt axit HNO_3 , HCl trong các đám mây bình lưu cực này sẽ tham gia vào một loạt chuỗi phản ứng phức tạp như các phản ứng loại nitơ, loại hydro.... dẫn đến việc tạo ra Cl tự do. *Cl tự do này ở dưới dạng ClO sẽ tấn công và phá huỷ các phân tử ôzôn. Vào mùa xuân, nhiệt độ tăng dần sẽ càng gia tăng mạnh quá trình phá huỷ ôzôn. Khi mây bình lưu cực bốc hơi hết và xoáy vòng cực tan rã, các phản ứng trên kết thúc và tầng ôzôn Nam cực được phục hồi.*

Các phản ứng hoá học gây suy giảm lượng ôzôn do sự hình thành của mây bình lưu cực diễn ra trên bề mặt của các hạt băng trong các đám mây này. Các phản ứng hoá học hỗn tạp khác trên bề mặt của các hạt sol khí sunphate cũng đóng vai trò trong việc làm suy giảm tầng ôzôn Nam cực. Sự phát tán một khối lượng lớn sunphate vào trong tầng bình lưu thấp do sự phun trào của các núi lửa Pinatubo và Hudson làm cho tầng ôzôn ở độ cao 9 – 13km bị phá huỷ rất nhanh. Chỉ riêng trong tháng 9 năm 1991 hầu như toàn bộ 50% TLO bình lưu thấp bị phá huỷ hoàn toàn. Khi các sol khí của các núi lửa Pinatubo và Hudson tràn đến Nam cực, chúng đã không thể vượt qua được quá độ cao 14–15km do các dòng xoáy vùng cực ngăn cản. Vì thế, TLO ở tầng bình lưu trên vẫn được duy trì ở mức như bình thường. Tuy nhiên vào cuối năm 1992 các sol khí này đã tràn được vào vùng cực, các kết quả quan trắc cho thấy TLO đã giảm xuống mức kỷ lục ở Nam cực, miền nam Argentina và Chile, cùng lúc đó thì lượng ôzôn ở Bắc bán cầu cũng giảm xuống mức thấp nhất và TLO toàn cầu đã giảm xuống 4% so với mức trung bình.

Ngoài cách giải thích theo các quá trình hoá học ở tầng bình lưu, người ta còn đưa ra các giả thuyết khác để giải thích sự biến động của TLO, *đó là các giả thuyết động lực. Các giả thuyết này tìm cách giải thích sự biến đổi của TLO dựa trên các đặc tính vòng của khí quyển.* Các quan sát thực tế đã củng cố cho giả thuyết này, chẳng hạn như khi TLO ở lỗ thủng có giá trị thấp nhất thì xuất hiện một vòng ôzôn có nồng độ cao hơn ở xung quanh lỗ thủng này giữa vĩ độ 40° và 50° Nam. Vào tháng 11, lỗ thủng được phục hồi có thể là nhờ lượng ôzôn cao của vòng ôzôn kể trên. Cơ chế này có liên quan đến các vòng gió xoáy vùng cực. Các vòng gió xoáy Nam cực là một hệ thống gió tự hình thành và rất chặt chẽ, có cường độ mạnh nhất vào mùa đông và không cho các dòng năng lượng, dòng vật chất vượt qua. Vì thế, nó ngăn không cho các dòng ôzôn được hình thành chủ yếu ở vùng vĩ độ thấp đi vào vùng cực, đồng thời không cho các chất xúc tác phá huỷ ôzôn thoát khỏi

vùng cực làm cho chúng bị tích lũy lại tạo tiền đề cho việc phá huỷ ôzôn mạnh hơn. Khi các vòng xoáy này suy yếu dần vào mùa xuân thì ôzôn ở vùng vĩ độ thấp tràn vào làm tăng khả năng phục hồi tầng ôzôn. Các quan sát cho thấy khi các vòng xoáy này càng tồn tại lâu thì TLO càng giảm và khi chúng mất đi sớm thì lỗ thủng ôzôn nhanh chóng được phục hồi.

Một số người kết hợp hai giả thuyết trên để đưa ra giả thuyết tổng hợp hơn: điều kiện cần và đủ làm cho tầng ôzôn Nam cực suy giảm phải kể đến là do các quá trình hoá học mà thủ phạm chính là các chất CFC và sau đó là các quá trình động lực của các vòng xoáy vùng cực.

Một số ý kiến khác lại cho rằng, hiện tượng tầng ôzôn Nam cực suy giảm là một hiện tượng tự nhiên, vì sự gia tăng của các khí NO_x trong khí quyển thường xảy ra theo chu kỳ hoạt động mạnh của Mặt Trời, trong đó chu kỳ hoạt động mạnh nhất của Mặt Trời là vào năm 1979 và kéo dài cho tới năm 1980. Nhưng các kết quả nghiên cứu cho thấy tổng lượng các khí NO_x ở trong tầng bình lưu thấp tại Nam cực quá nhỏ và không đủ để gây ra các hiện tượng tầng ôzôn suy giảm mạnh như vậy.

Tình trạng tầng ôzôn ở Bắc cực cũng củng cố cho *giả thuyết về ảnh hưởng của các vòng xoáy vùng cực*. Các vòng xoáy vùng cực ở Bắc Bán cầu thường có cường độ nhỏ hơn ở Nam Bán cầu, do đó không thấy sự xuất hiện của lỗ thủng ôzôn Bắc cực. Tuy vậy, vào cuối những năm 1980, một lỗ thủng nhỏ và thường xuyên di chuyển cũng đã xuất hiện ở Bắc Bán cầu. Mùa đông năm 1991 và 1992, các nhà khoa học của Mỹ, Canada, Nhật, New Zealand và Nga trong chương trình giám sát về ôzôn bình lưu của châu Âu (EASOE) đã sử dụng các đo đạc tại mặt đất, các kính khí cầu, máy bay và phương tiện kỹ thuật hiện đại khác để nghiên cứu bản chất và mức độ suy giảm của tầng ôzôn bình lưu vùng Bắc cực. Kết quả sơ bộ ban đầu cho thấy chưa có lỗ thủng ôzôn Bắc cực, nhưng lượng ôzôn Bắc cực đang bị suy giảm ở mức độ lớn hơn bình thường so với độ suy giảm ở các vùng vĩ độ trung bình. Sở dĩ như vậy là vì tầng bình lưu Bắc cực thường có nhiệt độ cao hơn tầng bình lưu ở Nam cực, do vậy mây bình lưu cực khó có thể hình thành được và ít có cơ hội tác động đến sự phá huỷ tầng ôzôn, đồng thời các vòng xoáy yếu vùng cực cho phép ôzôn ở các vùng vĩ độ thấp hơn tràn qua làm tăng cường khả năng phục hồi lượng ôzôn bị suy giảm. Các hoá chất không có khả năng phá huỷ ôzôn do không đủ năng lượng cần thiết vào mùa đông ở Bắc cực, nhưng chúng sẽ được cung cấp năng lượng khi di chuyển đến các vùng vĩ độ trung bình, nơi có nhiều ánh sáng Mặt Trời hơn, và phá huỷ ôzôn ở các vùng này nhiều hơn là ở vùng cực. EASOE đã phát hiện ra tầng ôzôn bình lưu ở Bắc cực bị suy giảm 10–20%, ít hơn con số dự tính là 40%.

4.1.7. Các chất và các hoạt động của con người làm suy giảm tầng ôzôn

1. Các chất xúc tác nhân tạo

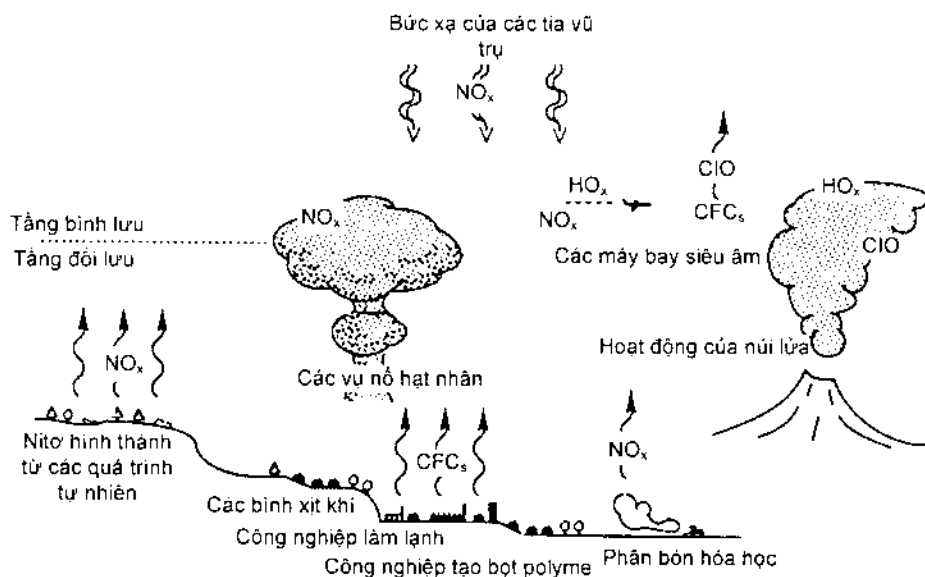
Ngành công nghiệp hoá chất đã mang đến cho con người sức khỏe, sự thoải mái và an toàn, đặc biệt là cho cộng đồng dân cư ở các nước phát triển nhưng nó cũng tạo ra và thải vào trong khí quyển những chất đóng vai trò xúc tác cho quá trình phá huỷ ôzôn. Những hoá chất phải kể đến là các khí hydrocacbon, metan, ôxit nitơ và đặc biệt là các chất CFC được sử dụng rộng rãi trong thiết bị làm lạnh, chất đẩy trong các bình xịt, các hoá chất đông lạnh, hoá chất chữa cháy hay khí dùng tạo bọt nhựa. Các hoá chất phá huỷ ôzôn mạnh nhất cùng với thời gian tồn tại của chúng trong khí quyển, nồng độ trung bình và mức độ gia tăng hàng năm được đưa ra trong bảng 4.6 (4 chất đầu tiên chủ yếu do các quá trình công nghiệp tạo ra, các chất còn lại được tạo thành từ các quá trình tự nhiên và do các hoạt động của con người).

Bảng 4.6. Các chất ảnh hưởng đến sự suy giảm tầng ôzôn trong khí quyển

Chất	Công thức	Thời gian tồn tại trung bình trong khí quyển (năm)	Nồng độ trung bình toàn cầu (ppb)	Mức gia tăng hàng năm (%)
CFC – 11	CFCl_3	75	0,23	5
CFC – 12	CF_2Cl_2	110	0,4	5
CFC – 113	$\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$	90	0,02	7
Halon – 1301	CF_3Br	110	Rất thấp	11
Ôxit Nitơ	N_2O	150	304	0,25
Ôxit cacbon	CO	0,4	Thay đổi	0 – 2
Điôxit cacbon	CO_2	7	344.000	0,4
Metan	CH_4	11	1650	1

Các hợp chất halon trong tầng đối lưu sẽ được di chuyển lên tầng bình lưu nhờ các dòng đối lưu, ở tầng bình lưu các liên kết của chúng sẽ bị bẻ gãy dưới tác dụng của bức xạ Mặt Trời và tạo ra Cl tự do, Cl tự do này sẽ đóng vai trò làm chất xúc tác tích cực cho phản ứng phân huỷ ôzôn. Do vậy, trong những năm gần đây người ta đã tiến hành thay thế các chất CFC bằng các chất khác có thể sử dụng làm hoá chất đông lạnh cho hầu hết các ngành công nghiệp có sử dụng các chất CFC mà không gây tác hại hoặc tác hại nhỏ

cho tầng ôzôn bình lưu. Một trong những loại hoá chất này là các chất hydrofluorocarbon (HCFC), tuy có chứa halogen nhưng chúng ít gây tổn hại cho tầng ôzôn hơn các chất CFC, vì chúng dễ dàng bị ôxi hoá ngay ở trong tầng đối lưu do hoạt động của các gốc hydroxyl nên thời gian tồn tại của chúng chỉ vào khoảng 1 – 40 năm, nhỏ hơn thời gian tồn tại của các chất CFC (75 – 110 năm).



Hình 4.6. Các hoạt động gây suy giảm tầng ôzôn

2. Các chất xúc tác tạo thành từ các quá trình tự nhiên

Các chất xúc tác trong tự nhiên là một phần của hệ thống khí quyển và các chất như hydro, nitơ, ôxit clo v.v... góp phần làm suy giảm tầng ôzôn. Nhưng các chất xúc tác tự nhiên có nồng độ thường nhỏ hơn và tồn tại trong khí quyển ngắn hơn so với các chất xúc tác nhân tạo mà con người tạo ra.

Ôxit hydro

Các ôxit hydro (HO_x) gồm có hydro nguyên tử (H), gốc hydroxyl (OH) và gốc perhydroxyl (HO_2), xuất hiện tự nhiên trong tầng bình lưu do sinh ra từ hơi nước, metan (CH_4) và hydro phân tử (H_2). Mặc dù chỉ tồn tại với nồng độ nhỏ nhưng chúng có ảnh hưởng khá mạnh đến tầng ôzôn, đặc biệt ở độ cao trên 40km. Người ta dự tính rằng, nhóm ôxit hydro chiếm khoảng 11% trong việc phân huỷ ôzôn tự nhiên ở tầng bình lưu. Các chất này sẽ không còn đóng vai trò xúc tác trong việc phân huỷ ôzôn khi chúng chuyển thành hơi nước.

Ôxit nitơ

Các ôxit nitơ là những chất phân huỷ ôzôn rất mạnh, trong đó NO đóng vai trò quan trọng nhất.



NO chiếm khoảng 11% trong việc phân huỷ ôzôn tự nhiên ở tầng bình lưu. Nó được tạo thành do ôxi hoá nitơ ôxit trên mặt đất bởi hoạt động của các vi khuẩn loại trừ nitơ từ nitrit và nitrat. NO cũng được tạo thành với một lượng nhỏ do tác dụng của các tia vũ trụ lên các khí trong khí quyển Trái Đất. Các chuỗi phản ứng có NO làm xúc tác diễn ra dài và phân huỷ nhiều ôzôn bình lưu. NO di chuyển rất chậm xuống phần dưới của tầng bình lưu, nơi nó có thể được chuyển thành axit nitric và theo mưa rơi xuống đất.

Đặc biệt trong nhóm ôxit nitơ có NO_2 khi ở trong phần dưới của tầng bình lưu nó lại có tác dụng tốt trong việc bảo vệ tầng ôzôn do có thể dễ dàng kết hợp với ClO, một chất phá huỷ ôzôn mạnh, để tạo thành chlorine nitrat (ClONO_2) là một chất ít hoạt động.

Ôxit clo (ClO)

Sự phá huỷ ôzôn do ClO sinh ra trong tự nhiên vẫn còn chưa rõ ràng. Hợp chất chứa Cl nhiều nhất phải kể đến là HCl. Mặc dù xuất hiện ở tầng khí quyển thấp với lượng lớn nhưng nó lại là chất phản ứng rất mạnh và có khả năng hoà tan trong nước, do đó nó khó có thể chuyển động lên tầng đối lưu với một lượng đủ lớn để phân huỷ ôzôn bình lưu. Người ta cũng cho rằng, cơ chế phân huỷ ôzôn tự nhiên còn do sự gia tăng của các hợp chất chlorine vào tầng bình lưu do các vụ phun trào núi lửa tạo ra. Nhưng thực tế quan trắc và đo đạc các tác động của những núi lửa lớn đối với tầng ôzôn, như của ngọn Agung, đã không khẳng định cho giả thuyết trên. Do vậy mà các hợp chất chlorine đóng vai trò không đáng kể so với các hợp chất NO_x và HO_x trong việc phá huỷ ôzôn. Việc đo đạc cho thấy, sự gia tăng vai trò của các hợp chất chlorine trong việc phá huỷ ôzôn chỉ có thể được giải thích là do các hoạt động của con người gây ra.

Ngoài ra, các proton của Mặt Trời cũng làm suy giảm đáng kể TLO (từ 8–20%) tùy theo cường độ của các luồng proton năng lượng cao của các tia vũ trụ xâm nhập vào khí quyển Trái Đất ở vành đai cực Bắc. Cơ chế của hiện tượng này được giải thích như sau: sự tác động của các proton năng lượng cao của Mặt Trời làm tăng khả năng ion hoá ở tầng bình lưu, do đó làm tăng nồng độ các thành phần NO_x và HO_x và làm giảm mật độ ôzôn ở tầng bình

lưu, hình thành các đám bụi lơ lửng hoặc các đám mây bình lưu cực từ đó gây xuất hiện lỗ thủng ôzôn “mini” theo các phản ứng hoá học đã đề cập ở trên.

3. Các hoạt động của con người gây suy giảm tầng ôzôn

Từ giữa những năm 70 của thế kỷ XX, hoạt động của con người đã góp phần gây suy giảm tầng ôzôn mà khó có thể khắc phục ngay được. Có bốn nguyên nhân chính là: sự phát triển của kỹ thuật hiện đại trong chiến tranh, hàng không, sự thay đổi lối sống và phương thức canh tác nông nghiệp. Ngoài ra, còn do hàng loạt các hoá chất phức tạp cả mới lẫn cũ do công nghiệp hoá chất tạo ra.

Chiến tranh hạt nhân và tầng ôzôn

Khi vụ nổ hạt nhân xảy ra có rất nhiều năng lượng được giải phóng và giải phóng rất nhanh làm cho nitơ trong khí quyển kết hợp với ôxi tạo ra các ôxit nitơ (NO_x). Sự gia tăng nhiệt độ đột ngột tạo thành các dòng đối lưu mạnh mang theo các ôxit nitơ và bụi của vụ nổ lên cao và tập trung phần lớn ở tầng bình lưu.

Do bản thân các NO_x đã có sẵn khả năng phá huỷ ôzôn (như các phương trình (4.22) và (4.23)) nên có thể khẳng định rằng, ngoài việc gây ra sự tàn phá tại khu vực, chiến tranh hạt nhân còn làm cho tầng ôzôn bị phá huỷ, ảnh hưởng đến sự sống của các hệ sinh thái trên một phạm vi còn rộng hơn rất nhiều khu vực xảy ra vụ nổ. Nhận ra được tác hại của các vụ nổ hạt nhân trong hai thập kỷ 50 và 60 của thế kỷ XX nên các vụ thử nghiệm hạt nhân đã bị cấm kể từ năm 1963.

Trong thời gian trước đó, người ta vẫn còn cho rằng không có chứng cứ nào chứng tỏ các vụ thử hạt nhân gây tác động đến tầng ôzôn, vì kết quả nghiên cứu các số liệu về ảnh hưởng của các vụ thử hạt nhân vào các năm 1961–1962, giai đoạn tiến hành nhiều nhất các vụ thử hạt nhân, cho thấy TLO chỉ giảm có 3%. Có thể do kỹ thuật đo đạc vào thời gian đó còn thiếu chính xác, hơn nữa sự suy giảm 3% ôzôn là một giá trị nằm trong khoảng biến động hằng năm của TLO nên ta không thể đưa ra kết luận gì trong việc phân tích các số liệu thử nghiệm vào thời gian đó. Nhưng hiện nay chúng ta đã biết rằng TLO biến đổi theo chu kỳ 11 năm của Mặt Trời, TLO đạt giá trị cực đại vào các năm 1949, 1952 do đó nó phải đạt được giá trị cực đại vào năm 1963 theo như đúng chu kỳ, nhưng điều này đã không xảy ra mà thay vào đó TLO lại đạt giá trị cực tiểu vào năm 1962 và chỉ tăng lên rất chậm vào những năm cuối của thập kỷ 70 của thế kỷ XX. Hiện tượng này được các nhà khoa học giải thích là do các vụ thử hạt nhân vào giai đoạn đó, sự tăng lên từ từ của TLO vào thời gian tiếp theo chứng tỏ tầng ôzôn đang được phục

hồi dân do các vụ thử hạt nhân bị cấm và tuân theo đúng chu kỳ của TLO. Lý thuyết tính toán cho thấy, một vụ nổ hạt nhân công suất 50 mega tấn tương đương với sức công phá của 50 triệu tấn thuốc nổ TNT thông thường – sẽ làm giảm 20% TLO toàn cầu trong thời gian vài năm.

Máy bay siêu âm và tầng ôzôn

Sự ra đời và phát triển của một thế hệ máy bay vận tải mới ở châu Âu, Bắc Mỹ và Liên Xô, các máy bay siêu âm (SST), bay nhanh hơn, cao hơn, hiện đại hơn và mang lại hiệu quả kinh tế cao hơn các máy bay thông dụng khác, nhưng chúng cũng mang lại những vấn đề môi trường không nhỏ như gây ô nhiễm tiếng ồn và đặc biệt nghiêm trọng hơn là các tác động đối với tầng ôzôn. Cũng giống như các máy bay khác, các máy bay siêu âm thải ra khí xả gồm hơi nước (H_2O), CO_2 , CO, NO_x và một số hydrocacbon cháy không hoàn toàn. Hỗn hợp khí xả này được thải ngay vào trong tầng ôzôn khi các máy bay hành trình ở độ cao 20km so với mặt đất, tức là ngay dưới lớp ôzôn bình lưu tập trung nhiều nhất.

Lúc đầu người ta quan tâm nhiều đến hơi nước trong khí xả vì cho rằng nó có khả năng tạo ra các hợp chất gốc hydroxyl, là một chất xúc tác mạnh cho quá trình phân huỷ ôzôn, nhưng các quan trắc sau này cho thấy khi lượng hơi nước tăng 35% thì lượng ôzôn lại tăng lên 10% chứ không hề giảm đi. Sở dĩ có hiện tượng như vậy là vì hơi nước đã chuyển các chất xúc tác phân huỷ ôzôn có trong khí quyển như NO_x thành axit nitric và làm vô hiệu hoá khả năng phá huỷ ôzôn của các chất đó.

Các chất NO_x trong khí thải của máy bay SST tham gia vào một loạt các chuỗi phản ứng dây chuyền làm suy giảm tầng ôzôn (như các phương trình (4.22) và (4.23)) và theo tính toán lý thuyết cho thấy, NO_x trong khí xả của 500 máy bay SST có thể làm suy giảm 16% TLO ở Bắc bán cầu và 8% ở Nam bán cầu. Theo dự đoán thì đến năm 2025 sẽ có khoảng 5.000 máy bay SST được sử dụng. Các khí NO_x xả ra từ các máy bay này sẽ làm suy giảm tầng ôzôn và làm gia tăng số người bị mắc bệnh ung thư da ở Mỹ thêm 20.000.

Các chất CFC, halon

Các chất CFC và halon là những chất gây suy giảm tầng ôzôn mạnh nhất. Các chất CFC, đôi khi còn được gọi là Freon theo tên thương mại, đặc biệt được gia tăng sử dụng do sự thay đổi lối sống kể từ những năm 1930. Chúng được sử dụng rộng rãi trong các thiết bị làm lạnh và điều hoà nhiệt độ, gần đây chúng được sử dụng phần lớn làm chất đẩy trong các bình xịt chứa chất khử mùi, nước hoa, sơn, thuốc diệt côn trùng,...

Khi cuộc khủng hoảng năng lượng bùng nổ, các chất CFC có nhu cầu sử dụng rất lớn làm tác nhân tạo bọt để sản xuất bọt polyurethane và polystyrene dùng làm vật liệu cách âm. Các bọt polyme cũng được sử dụng trong sản xuất đồ dùng gia đình, ghế ô tô, hộp chứa thức ăn nhanh và cốc nhựa, v.v...

CFC xuất hiện trong khí quyển do rò rỉ từ các hệ thống làm lạnh hay điều hoà không khí và do trực tiếp thải ra từ các bình xịt. CFC cũng thoát ra trong quá trình sản xuất các bọt polyme và thoát dần ra trong quá trình các bọt này lão hoá. Các hợp chất halon được sử dụng nhiều trong các hệ thống phòng và chữa cháy ở các trung tâm máy tính, các phòng điều khiển và máy bay. Mặc dù không nhiều bằng CFC ở trong khí quyển nhưng chúng lại có khả năng làm suy giảm ôzôn mạnh hơn các chất CFC 3 – 10 lần.

Sở dĩ các chất CFC và halon được sử dụng rộng rãi vì chúng có tính ổn định cao, độc tính thấp, dưới điều kiện nhiệt độ và áp suất bình thường chúng là những khí trơ nên không kết hợp với những chất khác và không hoà tan trong nước. Chúng tồn tại ở trong môi trường và hầu như không thay đổi, chúng được tích lũy dần và theo các dòng đối lưu chuyển động lên tầng trên khí quyển. Khi đó, chúng gặp phải những điều kiện khí quyển khác với điều kiện thường dưới mặt đất làm cho chúng không còn là những khí trơ nữa. Các điều kiện khí hậu này làm cho chúng bị phân huỷ và tạo ra những chất đóng vai trò xúc tác chính trong các chuỗi phản ứng dây chuyền phá huỷ tầng ôzôn. Ví dụ, Cl có khả năng gây suy giảm ôzôn gấp 6 lần NO, các phản ứng chỉ dừng lại khi nào Cl hay ClO kết hợp được với một nguyên tử ôxi từ nhóm gốc hydrogen hay một hydrocacbon nào đó như metan (CH_4) để chuyển thành axit HCl theo mưa hay các dòng đối lưu chuyển động xuống bề mặt Trái Đất và tầng dưới của khí quyển.

Tổng lượng các chất CFC được sử dụng trên toàn thế giới vào năm 1973 là 700.000 tấn, tốc độ gia tăng hằng năm trung bình vào khoảng 9%. Con số này đã tăng lên đến 1.260.000 tấn vào năm 1986 trước khi giảm xuống 870.000 tấn vào năm 1990. Sự gia tăng này càng trở nên nghiêm trọng hơn bởi độ ổn định của các chất CFC, chúng có khả năng tồn tại trong khí quyển từ 40 – 150 năm. Các đo đạc ở những năm 1970 cho thấy hầu như toàn bộ các chất CFC được sản xuất ra trong hai thập kỷ trước đó vẫn còn tồn tại trong tầng đối lưu. Điều đó có nghĩa là ngay cả khi các chất CFC bị cấm sử dụng hoàn toàn thì chúng vẫn còn có khả năng gây tác động cho tầng ôzôn trong 20 – 30 năm sau đó, thậm chí trong một vài trường hợp đặc biệt có thể lên tới 200 năm.

Phân bón hoá học

Trong thời gian gần đây chất methyl bromide cũng được coi là chất có khả năng gây suy giảm tầng ôzôn vì chúng được sử dụng trong công nghiệp sản xuất thuốc trừ sâu diệt cỏ bảo vệ thực vật, và chịu 10% trách nhiệm trong việc tầng ôzôn bị suy giảm.

N_2O được sinh ra trong tự nhiên do các vi khuẩn đào thải nitơ từ nitrat và nitrit. Đây là một khí trơ và khó có thể đi ra khỏi được tầng đối lưu, tuy nhiên theo thời gian nó được tích lũy lại và theo các dòng đối lưu đi lên tầng bình lưu. Tại tầng bình lưu, các năng lượng bức xạ cao của Mặt Trời sẽ ôxi hoá chúng để tạo thành NO và dẫn đến việc phá huỷ các phân tử ôzôn. Đây là một quá trình tự nhiên của hệ thống khí quyển Trái Đất và nếu chỉ có như vậy thì TLO vẫn được duy trì cân bằng. Khi dân số trên Trái Đất tăng, đặc biệt là vào cuối những năm 1940–1950, yêu cầu về lương thực tăng đã gây nên một sức ép mạnh mẽ cho nền nông nghiệp thế giới. Do vậy, kỹ thuật canh tác nông nghiệp mới được ra đời và áp dụng cho rất nhiều nước đặc biệt là các nước đang phát triển, đó là nền nông nghiệp được hoá học hoá, trong đó nhân tố chủ yếu dùng để tăng năng suất sản lượng là sử dụng phân hoá học cùng với các loại giống mới. Kể từ đó, song song với dân số gia tăng trên thế giới là việc gia tăng sử dụng phân hoá học. Nitơ trong phân hoá học tuân theo chu trình nitơ và thải ra N_2O vào trong khí quyển để rồi dẫn đến phá huỷ ôzôn theo nguyên lý như đã đề cập ở trên. Do vậy, việc gia tăng sử dụng phân bón hoá học cũng là một trong những nguyên nhân làm suy giảm tầng ôzôn.

4.1.8. Ảnh hưởng của sự biến đổi TLO bình lưu đến sinh học và khí hậu

1. Ảnh hưởng đến sinh học

Ở cường độ thấp vừa đủ bức xạ tử ngoại có những tác dụng có lợi cho sự sống trên Trái Đất. Nó có tác dụng diệt khuẩn rất cao và là tác nhân kích thích việc tổng hợp vitamin D của cơ thể sống. Vitamin D cho phép cơ thể cố định lượng canxi cần thiết cho sự phát triển đầy đủ của xương, tránh bệnh còi xương ở trẻ em. Nhưng ở một cường độ lớn thì bức xạ tử ngoại lại gây hại cho các hệ sinh thái trên Trái Đất. Tác hại nghiêm trọng nhất phải kể đến là bức xạ tử ngoại gây ra các đột biến, làm thay đổi thành phần cơ bản cấu thành nên sự sống, đó là ADN và nhiều các protein khác.

Đối với thực vật

Khi tầng ôzôn bị suy giảm, lượng bức xạ cực tím tới Trái Đất tăng sẽ ngăn cản quá trình quang hợp, quá trình trao đổi chất, làm chậm tốc độ tăng

trường của cây trồng như: cà chua, rau diếp, đậu Hà Lan. Kết quả thực nghiệm theo báo cáo của UNDP cho thấy, bức xạ cực tím gia tăng sẽ gây ra nhiều đột biến cho cây trồng, còn khi TLO giảm 25% sẽ làm cho sản lượng đậu tương giảm 25%.

Đối với động vật thủy sinh

Quá trình cố định cacbon bằng quang hợp của quần thể phytoplankton tạo ra năng suất sơ cấp, làm tăng sinh khối và sản lượng hải sản toàn cầu, vì CO_2 có thể kết hợp với các trầm tích trong đáy biển. Ngoài ra, quần thể phytoplankton còn đóng vai trò quan trọng trong quá trình phân huỷ các chất hữu cơ hoà tan. Do vậy, khi lượng UVB tăng lên ở mức lớn hơn $0,3\text{W.m}^{-2}$ sẽ làm chậm hoặc ngừng hoạt động của các động vật thủy sinh, dẫn đến giảm lượng CO_2 khí quyển hoà tan vào nước biển cũng như hạn chế quá trình phân huỷ các chất hữu cơ hoà tan.

Đối với con người

Vấn đề đang được dư luận quan tâm nhiều nhất hiện nay là các tác động của lượng bức xạ cực tím gia tăng do suy giảm tầng ôzôn gây ra cho con người. Các tác động phải kể đến là làm da bị cháy nắng, gây lão hoá da, làm dày biểu bì, v.v... Tuy nhiên, các tác động trên không đáng kể gì khi so sánh với các bệnh ung thư da, đục thủy tinh thể do bức xạ cực tím gia tăng gây nên. Trong thập kỷ vừa qua, số người mắc bệnh ung thư da ác tính ở những nước nhiệt đới đã tăng lên gấp đôi. Tính toán cho thấy, khi TLO giảm 1% sẽ làm cho lượng UVB tăng lên 1 – 2% và số lượng người mắc bệnh ung thư da phi hắc tố tăng lên 2 – 4% (khoảng 10.000 người/năm). Cục Bảo vệ Môi trường Mỹ (EPA) dự đoán, trong thế kỷ XXI sẽ có thêm 39 triệu người mắc bệnh ung thư da và làm tăng số ca tử vong do căn bệnh này lên đến con số 800.000 người. Các nước phương Tây thường có thói quen tắm nắng trong các kỳ nghỉ, điều này dẫn đến khả năng mắc bệnh càng cao, do đó nhiều nước đã tiến hành các chiến dịch vận động thay đổi thói quen này, tránh tiếp xúc với ánh nắng Mặt Trời vào buổi trưa, lúc bức xạ có giá trị cực đại.

Ngoài ra bức xạ cực tím gia tăng còn gây nên đục thủy tinh thể, gây mù. Gần đây còn có một số chứng cứ cho thấy bức xạ cực tím còn có khả năng kích thích virus HIV gây nguy hiểm cho hệ thống miễn dịch của cơ thể. Do đó cần phải tiến hành nghiên cứu nhiều hơn nữa các tác động do suy giảm tầng ôzôn cho con người, động thực vật và khí hậu. Các tác động này có thể không phải là trực tiếp nhưng không phải là hoàn toàn vô hại.

2. Ảnh hưởng đến khí hậu

Vai trò quan trọng nhất của ôzôn đối với hệ thống khí hậu toàn cầu là hình thành nên cấu trúc nhiệt của khí quyển. Nó có ảnh hưởng trực tiếp đến nhiệt độ của tầng bình lưu nhờ khả năng hấp thụ bức xạ sóng ngắn Mặt Trời và có ảnh hưởng gián tiếp đến tầng đối lưu do bức xạ hồng ngoại có được từ việc hấp thụ các sóng ngắn.

Sự biến đổi tự nhiên của TLO làm cho năng lượng hấp thụ và bức xạ của nó thay đổi nhưng không hề phá vỡ sự cân bằng nhiệt vì đó là một hoạt động của hệ thống khí quyển Trái Đất. Nhưng sự suy giảm tầng ôzôn do các hoạt động của con người gây ra đã phá vỡ sự cân bằng đó và làm cho khí hậu thay đổi. Mức độ tác động phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó bao gồm TLO bị suy giảm ở độ cao mà tại đó lượng ôzôn suy giảm nhiều nhất.

TLO bình lưu giảm sẽ làm cho lượng bức xạ cực tím được hấp thụ ở tầng trên của khí quyển giảm và làm cho nhiệt độ của tầng bình lưu giảm. Lượng bức xạ cực tím tới bề mặt Trái Đất tăng làm cho nhiệt độ trên mặt đất tăng.

Tuy nhiên, hiện tượng không chỉ đơn giản như vậy mà phức tạp hơn ở chỗ, khi nhiệt độ của tầng bình lưu giảm thì lượng bức xạ hồng ngoại của tầng bình lưu tới tầng đối lưu giảm và làm cho nhiệt độ của tầng đối lưu giảm theo. Sự giảm nhiệt độ của tầng đối lưu này lớn hơn lượng nhiệt gia tăng do lượng bức xạ cực tím tới Trái Đất tăng và tác động tổng cộng của việc tầng ôzôn bị suy giảm là làm cho nhiệt độ trên bề mặt Trái Đất giảm. Nếu TLO giảm 20% thì nhiệt độ giảm $0,25^{\circ}\text{C}$.

Như đã biết, ôzôn bình lưu tập trung chủ yếu ở độ cao 25km trên mặt đất. Quá trình suy giảm ôzôn không xảy ra đồng đều trên toàn bộ tầng ôzôn nên độ cao của lớp ôzôn có nồng độ cực đại có thể thay đổi. Nếu độ cao này giảm sẽ làm cho nhiệt độ bề mặt đất tăng lên; ngược lại, nếu độ cao này tăng sẽ làm nhiệt độ bề mặt đất giảm. Vì các chất CFC có khả năng phá hủy ôzôn ở độ cao 25km so với mặt đất nên độ cao của tầng ôzôn có nồng độ cực đại giảm và làm nhiệt độ bề mặt đất tăng lên.

Do vậy, việc dự đoán các tác động đối với khí hậu của ôzôn cần phải được xem xét cẩn thận, không chỉ dựa vào TLO mà còn phải dựa vào độ cao của lớp ôzôn có nồng độ lớn nhất như đã được đề cập ở trên.

4.1.9. Ảnh hưởng của ôzôn đối lưu đến sinh học và khí hậu

Trong khi phần lớn mọi người quan tâm đến sự biến đổi của tầng ôzôn bình lưu, vai trò của ôzôn bình lưu trong việc hấp thụ bức xạ cực tím và ảnh hưởng của bức xạ cực tím đối với các hệ sinh thái trên Trái Đất thì lượng

ôzôn tại tầng đối lưu lại đang gia tăng ở mức báo động và cũng có những vai trò quan trọng không kém.

TLO bình lưu giảm chủ yếu do tác động của các chất CFC, còn TLO đối lưu tăng do sự gia tăng của các NO_x trong khí thải của các động cơ và các khu công nghiệp. Các đo đạc cho thấy, lượng O_3 trung bình ở tầng đối lưu đã gia tăng gấp đôi so với thế kỷ trước. Kết quả quan sát cho thấy, các tác động do gia tăng O_3 đối lưu từ 25ppm đến 40 – 50ppm với thời gian 7 giờ/ngày sẽ gây giảm sản lượng cây trồng tính theo % được cho trong bảng 4.7.

Đối với con người, nếu nồng độ ôzôn gia tăng vượt quá nồng độ bình thường thì môi trường không khí bị xem là ô nhiễm và gây ra các tác hại cho sức khoẻ con người như: kích thích hệ hô hấp (mũi và họng bị tấy rát), mệt mỏi, bài hoái, gây tổn hại cho phổi, v.v...

Bảng 4.7. Tác động tới sản lượng cây trồng của ôzôn đối lưu

Loại cây trồng	Nồng độ ôzôn trung bình trong 7 giờ	
	40ppm	50ppm
Đậu	11,0	18,1
Lúa mì	9,4	16,4
Lạc	6,4	12,3
Bông	5,9	10,0
Đậu tương	5,6	10,4
Ngũ cốc	1,2	2,6
Lúa mạch	0,1	0,2

Những nghiên cứu gần đây cho thấy rằng, *ôzôn đối lưu không chỉ là một khí độc gây ô nhiễm không khí mà còn tham gia vào quá trình gây hiệu ứng nhà kính*. Do vậy, cần phải có những nghiên cứu về các tác động tổng hợp của ôzôn đối lưu với nhiệt độ, của CO_2 đối với sự thay đổi khí hậu toàn cầu và sự ảnh hưởng đến các hệ sinh thái trên Trái Đất. Các tác động đối với các hệ sinh thái trên Trái Đất do ôzôn tầng đối lưu gia tăng cũng không kém phần quan trọng so với những tác động do bức xạ tử ngoại tăng từ việc suy giảm tầng ôzôn bình lưu gây nên.

4.1.10. Kế hoạch hành động bảo vệ tầng ôzôn [33]

Năm 1975, bản tuyên bố khoa học liên chính phủ đầu tiên của WMO về sự đe dọa đối với tầng ôzôn đã được đưa ra để chuẩn bị nền tảng cho các hành động về pháp luật bảo vệ tầng ôzôn.

Năm 1976, UNEP đã kêu gọi “xem xét sự cần thiết và sự biện hộ nhằm khuyến khích việc kiểm soát quốc gia và quốc tế đối với việc thải các hoá chất nhân tạo”. Cũng trong năm đó, Ủy ban điều hành của UNEP triệu tập cuộc họp các chuyên gia, các tổ chức chính phủ và phi chính phủ. WMO đã phối hợp với UNEP trong việc chuẩn bị và tiến hành cuộc gặp gỡ này tại Washington DC từ 1–9/3/1977. WMO đã đưa ra bản “*Khảo sát tình hình hiểu biết về tầng ôzôn*” gần 80 trang với các đề nghị giám sát tầng ôzôn. UNEP đã đặt nền tảng cho các hành động quốc tế.

Đại diện của 32 nước đã thông qua “*Kế hoạch thế giới về hành động bảo vệ tầng ôzôn*”. Bản kế hoạch nghiên cứu 12 điểm này bao gồm việc giám sát ôzôn và bức xạ Mặt Trời, đánh giá hiệu ứng của sự suy giảm ôzôn đối với con người, khí hậu và sinh thái, các phương pháp đánh giá chi phí, lợi ích của các biện pháp kiểm soát. WMO đảm nhiệm kế hoạch nghiên cứu khí quyển. UNEP được giao nhiệm vụ làm “Vai trò thúc đẩy và điều phối chung”. Bằng việc thông qua hành động này, các chuyên gia chính phủ thừa nhận rằng có vấn đề tiềm tàng, mặc dù mức độ của nó chưa xác định và khuyến nghị các hành động nhằm thoát khỏi tình trạng đó. Với tinh thần đó, một số nước đã bắt đầu nhanh chóng tiến hành kiểm soát các chất CFC. Mỹ, Canada, Na Uy, Thụy Điển đã bắt đầu loại bỏ các bình sol khí trừ các được phẩm cần thiết và các ứng dụng khác. Ủy ban Cộng đồng châu Âu đã kêu gọi cắt giảm 30% lượng các chất CFC-11 và CFC-12 trong các bình xịt vào năm 1982.

Nhằm đánh giá việc thực hiện kế hoạch này, UNEP đã thành lập Ủy ban điều phối về tầng ôzôn. Ủy ban bao gồm đại diện của các nước với các chương trình khoa học lớn liên quan đến bản kế hoạch hành động, Tổ chức WMO, WHO và các tổ chức phi chính phủ (NGO). Ủy ban này họp thường kỳ cho đến giữa thập kỷ 80 của thế kỷ XX và trở thành điểm liên lạc của các hoạt động quốc tế.

Công ước Viên (Vienna)

Do được quan tâm liên tục trong nhiều năm và sự tăng lên liên tục của khối lượng thông tin khoa học có liên quan mà cộng đồng quốc tế nhận thấy sự cần thiết phải có các hành động bảo vệ tầng ôzôn.

Tháng 1/1982, UNEP tổ chức cuộc họp đầu tiên của nhóm gồm các chuyên gia kỹ thuật và luật về việc soạn thảo một khung Công ước quốc tế về bảo vệ tầng ôzôn. WMO đã chuẩn bị các bản báo cáo khoa học chi tiết về vấn đề này. Cuộc họp đã xây dựng nền tảng cho công ước. Sau 3 năm đàm phán căng thẳng dưới sự điều phối của UNEP, một công ước đã được thông

qua vào ngày 22/3/1985 tại Viên mà sau này gọi tắt là *Công ước Viên*. Bản công ước này gồm 21 điều, nêu ra những cam kết quốc tế nhằm bảo vệ sức khoẻ con người và môi trường khỏi những tác động tiêu cực do tầng ôzôn bị suy giảm, hợp tác nghiên cứu, quan trắc và trao đổi thông tin. Tại Viên, các bên cũng đồng ý tiến hành chuẩn bị các biện pháp cụ thể dưới dạng một Nghị định thư của công ước. Đến ngày 31/01/1998 có 165 quốc gia phê chuẩn Công ước Viên.

Nghị định thư Montreal

Nghị định thư mang tính lịch sử về các chất phá huỷ tầng ôzôn được thông qua vào ngày 16/9/1987 (sau này được công nhận là Ngày Quốc tế bảo vệ tầng ôzôn) tại Montreal (Canada) nhằm xác định những biện pháp cần thiết để các bên tham gia hạn chế và kiểm soát việc sản xuất, tiêu thụ các hoá chất làm suy giảm tầng ôzôn, kêu gọi cắt giảm 50% các chất CFC trước năm 2000. Nghị định bao gồm 20 điều và 5 phụ lục và cho đến ngày 31/01/1998 đã có 165 quốc gia phê chuẩn.

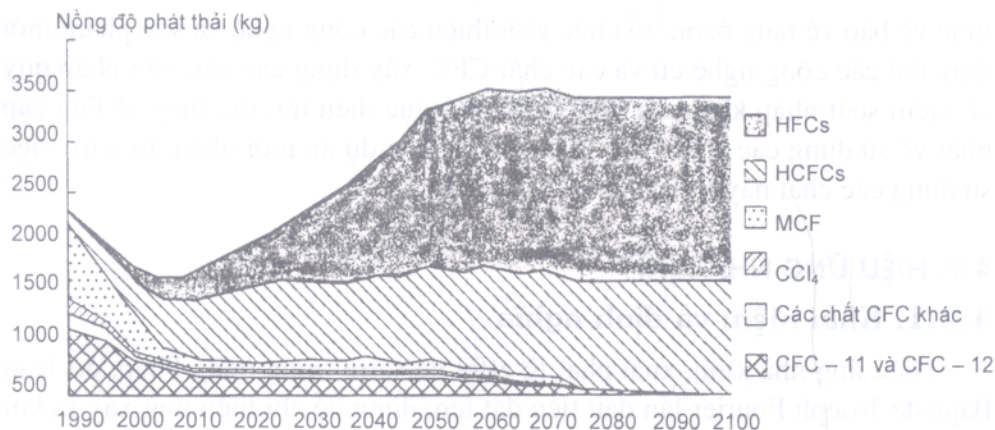
Nghị định thư bao gồm kế hoạch tổng quát đối với việc loại bỏ sản xuất và tiêu thụ cũng như các biện pháp kiểm soát việc sản xuất và xuất, nhập khẩu các chất phá huỷ tầng ôzôn.

Việc đạt được mục tiêu của Nghị định thư phụ thuộc rất lớn vào sự hợp tác giữa các quốc gia. Nhận thức tầm quan trọng trong việc tham gia của các nước đang phát triển, một đề nghị dưới dạng ưu tiên trong 10 năm cho việc thực hiện các quy ước đã được thông qua. Hơn nữa, nhằm tạo cho các nước đang phát triển loại trừ sớm hơn, Nghị định thư Montreal sửa đổi đã thành lập quỹ môi trường do các nước phát triển đóng góp. Quỹ này giúp đỡ các nước đang phát triển về kỹ thuật và chuyển giao công nghệ nhằm chuyển sang chất thay thế không gây hại cho tầng ôzôn.

Thời hạn loại trừ các chất làm suy giảm tầng ôzôn (ODS)

Thời hạn loại trừ các chất ODS diễn ra từ năm 1996 – 2040, tùy theo chất và tùy theo quốc gia phát triển hay đang phát triển theo quyết định của cuộc họp các bên lần thứ 7, tháng 12 năm 1995. Với các nước đang phát triển, được quy định ở Điều 5, Nghị định thư cho phép chậm 10 năm để tuân thủ các biện pháp kiểm soát quy định ở Điều 2 nhằm đáp ứng nhu cầu cơ bản trong nước. Vì vậy, các nước đang phát triển còn gọi là các quốc gia thuộc Điều 5. Những nước này tiêu thụ ODS dưới 0,3kg trên đầu người trong một năm.

Thời hạn loại trừ ODS nói trên còn phụ thuộc vào khả năng của cộng đồng khoa học tìm ra các chất hoặc các biện pháp thay thế ODS.



Hình 4.7. Dự báo nồng độ phát thải các chất ODS

4.1.11. Chương trình quốc gia của Việt Nam về bảo vệ tầng ôzôn [27]

Tháng 1/1994, Việt Nam chính thức gia nhập công ước Viên và Nghị định thư Montreal. Sau đó, Chính phủ đã giao cho Tổng cục Khí tượng Thủy văn (nay là Trung tâm Khí tượng Thủy văn quốc gia) phối hợp với các Bộ, ngành, địa phương liên quan xây dựng và triển khai thực hiện “Chương trình quốc gia của Việt Nam nhằm loại trừ dần các chất làm suy giảm tầng ôzôn” (CTQG). CTQG cung cấp dữ liệu về tình hình tiêu thụ và sử dụng các chất bị kiểm soát bởi Nghị định thư ở nước ta, đề xuất kế hoạch hành động để tiến tới loại bỏ các chất bị kiểm soát theo hạn định của Nghị định thư. Đồng thời, CTQG vạch ra kế hoạch giám sát, kiểm soát việc tiêu thụ các chất bị kiểm soát và phân công Bộ, ngành theo dõi, thực hiện.

Việt Nam không sản xuất và không xuất khẩu các chất bị kiểm soát bởi Nghị định thư Montreal, chỉ nhập khẩu với số lượng đủ cho nhu cầu thiết yếu của mình. Tổng lượng tiêu thụ năm 1993 là 493 tấn. Các lĩnh vực sử dụng ODS chủ yếu là sol khí (40%), làm lạnh (24%), nông nghiệp (17%), điều hoà không khí (12%), tạo bọt (4%), chữa cháy (2%), tẩy rửa (1%).

Cho đến nay, với sự tài trợ của Quỹ đa phương về ôzôn, CTQG của Việt Nam đã triển khai được 19 dự án lớn nhỏ với tổng kinh phí 2.995.170USD. Các dự án này sau khi hoàn thành có khả năng loại trừ khoảng 232 tấn CFC hằng năm.

Song song với việc xây dựng và triển khai các dự án nói trên, CTQG về ODS đã phối hợp với các ngành đẩy mạnh việc tuyên truyền nâng cao nhận

thức về bảo vệ tầng ôzôn, tổ chức giới thiệu các công nghệ và sản phẩm mới thay thế các công nghệ cũ và các chất CFC, xây dựng các văn bản pháp quy về kiểm soát nhập khẩu các chất ODS, tiếp tục điều tra, thu thập số liệu cập nhật về sử dụng các chất ODS và xây dựng các dự án mới nhằm loại trừ việc sử dụng các chất này theo kế hoạch đã đề ra.

4.2. HIỆU ỨNG NHÀ KÍNH

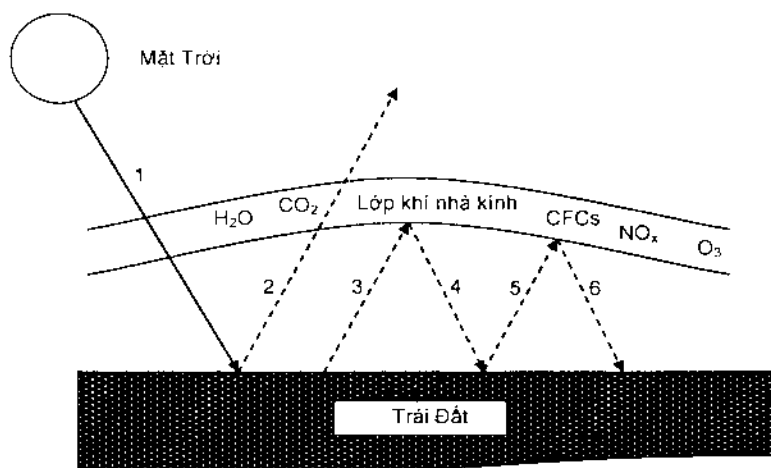
4.2.1. Khái niệm và định nghĩa

Hiệu ứng nhà kính, xuất phát từ effet de serre trong tiếng Pháp, do Jean Baptiste Joseph Fourier lần đầu tiên đặt tên, dùng để chỉ hiệu ứng xảy ra khi năng lượng bức xạ của tia sáng Mặt Trời xuyên qua các cửa sổ hoặc mái nhà bằng kính, được hấp thụ và phân tán trở lại thành nhiệt lượng cho bầu không gian bên trong, dẫn đến việc sưởi ấm toàn bộ không gian bên trong chứ không phải chỉ ở những chỗ được chiếu sáng. Hiệu ứng này đã được sử dụng từ lâu trong các nhà kính trồng cây cũng như trong kiến trúc dùng năng lượng Mặt Trời một cách thụ động để tiết kiệm chất đốt sưởi ấm ở nhà.

Khi bức xạ Mặt Trời chiếu xuống Trái Đất, một phần bức xạ này sẽ phản xạ lại vào vũ trụ tại biên ngoài khí quyển, phần còn lại xuyên qua bầu khí quyển truyền đến bề mặt Trái Đất dưới dạng bức xạ sóng ngắn. Tại đây, một phần bức xạ sóng ngắn phản xạ lại, xuyên qua lớp khí nhà kính vào không gian vũ trụ và một phần đốt nóng Trái Đất. Trái Đất hấp thụ phần năng lượng bức xạ sóng ngắn và trở thành vật bức xạ nhiệt vào khí quyển (bức xạ sóng dài). Một phần bức xạ hồng ngoại sóng dài do Trái Đất phát ra được hấp thụ bởi các khí trong khí quyển (hơi nước, CO_2 , CH_4 , NO_x ,...) tạo thành một lưới nhiệt bao trùm bề mặt Trái Đất, giữ cho khí quyển và bề mặt Trái Đất ở một nhiệt độ nhất định. Hiện tượng này giống như hiện tượng nhà kính trồng rau khi bức xạ Mặt Trời xuyên qua kính bị giữ lại làm cho nhiệt độ của nhà kính tăng lên. Vì thế, các khí có tính chất trên được gọi là *khí nhà kính*. *Lớp khí bao gồm các khí nhà kính được gọi là lớp khí nhà kính*. Không có lớp khí nhà kính thì bề mặt Trái Đất sẽ không giữ được bức xạ nhiệt, nó nhanh chóng lạnh đi dưới 0°C , không duy trì được nhiệt độ thích hợp đảm bảo cho sự sống của con người và sinh vật trên Trái Đất.

Từ những khái niệm nêu trên, có thể khái quát như sau:

"Hiệu ứng nhà kính là hiện tượng trong khí quyển tầng thấp (tầng đối lưu) tồn tại một lớp khí chỉ cho bức xạ sóng ngắn xuyên qua và giữ lại bức xạ nhiệt của mặt đất dưới dạng sóng dài, nhờ đó bề mặt Trái Đất luôn có một nhiệt độ thích hợp đảm bảo duy trì sự sống trên Trái Đất".



Hình 4.8. Sơ đồ mô phỏng hiệu ứng nhà kính

1. Bức xạ Mặt Trời sóng ngắn;
2. Một phần bức xạ sóng ngắn Mặt Trời phản xạ xuyên qua lớp khí nhà kính vào không gian vũ trụ;
- 3, 4, 5, 6. Bức xạ nhiệt từ mặt đất vào khí quyển bị lớp khí nhà kính hấp thụ và bức xạ trở lại mặt đất.

4.2.2. Bản chất của hiệu ứng nhà kính

Theo định luật Viên về quan hệ giữa phổ sóng bức xạ và nhiệt độ của vật bức xạ, bước sóng trung bình của năng lượng bức xạ từ vật thể có nhiệt độ $T > 0^\circ\text{K}$ được xác định bằng công thức:

$$\lambda_{tb}(\mu\text{m}) = \frac{2898}{T(^{\circ}\text{K})} \quad (4.24)$$

Mặt Trời có nhiệt độ bề mặt khoảng 6.000°K , nên theo công thức (4.24) sẽ phát ra bức xạ có bước sóng trung bình bằng $0,5\mu\text{m}$ là bức xạ ngắn. Trong khi đó, bề mặt Trái Đất có nhiệt độ trung bình bằng 298°K sẽ bức xạ năng lượng có độ dài bước sóng trong khoảng $5 - 30\mu\text{m}$ (thuộc loại bức xạ sóng dài). Các sóng dài bức xạ từ bề mặt Trái Đất sẽ bị các khí nhà kính hấp thụ: khí CO_2 hấp thụ bức xạ trong các dải $13 - 15\mu\text{m}$; $2,7 - 4,3\mu\text{m}$; khí CH_4 hấp thụ mạnh bức xạ trong dải phổ $8 - 10\mu\text{m}$; khí ôzôn hấp thụ mạnh năng lượng trong dải phổ $9,5 - 10,6\mu\text{m}$; khí NO_x hấp thụ năng lượng trong dải phổ $9\mu\text{m}$; hơi nước hấp thụ mạnh bức xạ trong dải phổ $8\mu\text{m}$. Kết quả quá trình hấp thụ trên của các khí nhà kính tạo nên sự cân bằng nhiệt giữa bề mặt Trái Đất và lớp khí nhà kính, do đó giữ cho bề mặt Trái Đất luôn có một nhiệt độ nhất định. Quá trình này có bản chất tự nhiên nên còn được gọi là

“Hiệu ứng nhà kính tự nhiên”. Nếu không có hiệu ứng nhà kính tự nhiên thì nhiệt độ Trái Đất chỉ vào khoảng -18°C (xem mục 4.2.3).

Cùng với hiện tượng hiệu ứng nhà kính tự nhiên, đã xuất hiện hiệu ứng nhà kính do các hoạt động tiêu cực của con người tạo ra từ khoảng 100 năm nay (*Hiệu ứng nhà kính nhân tạo*). Trong đó, con người đã và đang tác động mạnh mẽ vào sự cân bằng nhạy cảm giữa hiệu ứng nhà kính tự nhiên và bức xạ Mặt Trời. Thật vậy, sự thay đổi nồng độ các khí nhà kính trong vòng 100 năm lại đây (CO_2 tăng 20%, CH_4 tăng 90% v.v...) đã làm nhiệt độ Trái Đất tăng lên 2°C , hoạt động kinh tế, sản xuất của con người đã làm gia tăng các khí gây hiệu ứng nhà kính dẫn đến sự gia tăng nhiệt độ của Trái Đất. Theo tính toán của các nhà khoa học, nếu nồng độ CO_2 tăng gấp đôi thì nhiệt độ của bề mặt Trái Đất sẽ tăng khoảng 3°C .

Các số liệu quan trắc cho thấy, nhiệt độ của Trái Đất đã tăng 0,5% trong khoảng thời gian từ năm 1885 – 1940 do sự thay đổi nồng độ CO_2 trong khí quyển từ 0,027 – 0,035%. Dự báo nếu con người không sớm có biện pháp khắc phục thì nhiệt độ Trái Đất sẽ tăng lên từ 1,5 đến $4,5^{\circ}\text{C}$ vào năm 2100.

4.2.3. Các tác động của hiệu ứng nhà kính

1. Tác động tích cực

Hiệu ứng nhà kính đóng vai trò cốt yếu trong việc duy trì môi trường sự sống trên Trái Đất. Nếu không có hiệu ứng nhà kính (giả sử không có khí nhà kính trong khí quyển) thì nhiệt độ của Trái Đất chỉ được xác định bởi lượng bức xạ Mặt Trời trực tiếp truyền đến bề mặt Trái Đất. Lượng bức xạ này được tính theo công thức:

$$E_m = 4\pi R^2 S (1 - A) \quad (4.25)$$

Trong đó:

E_m – Lượng bức xạ Mặt Trời trực tiếp chiếu xuống Trái Đất.

R – Bán kính Trái Đất.

S – Hằng số Mặt Trời (1372 W/m^2).

A – Hệ số Albedo của Trái Đất (xấp xỉ 33%).

Nếu cho rằng Trái Đất phát ra các bức xạ giống như một vật đen, khi đó mỗi m^2 bề mặt Trái Đất sẽ phát xạ ra một lượng bức xạ hồng ngoại theo định luật Stefan-Boltzman là: $\sigma \times T_e^4$ (σ là hằng số Stefan - Boltzman). Như vậy, tổng lượng bức xạ hồng ngoại mà toàn bộ bề mặt Trái Đất phát ra sẽ là:

$$E_e = 4\pi R^2 \sigma T_e^4 \quad (4.26)$$

Giả sử có sự cân bằng bức xạ từ Mặt Trời tới bề mặt Trái Đất và bức xạ hồng ngoại phát ra từ bề mặt Trái Đất, nghĩa là đặt $E_m = E_c$ ta có thể thiết lập được phương trình tính nhiệt độ trung bình của bề mặt Trái Đất T_c như sau:

$$T_c = \left(S \times \frac{1-A}{4 \times \sigma} \right)^{1/4} \quad (4.27)$$

Thay các giá trị S , σ , A vào công thức trên ta được nhiệt độ trung bình của bề mặt Trái Đất là 255°K (tương ứng với -18°C).

Ở nhiệt độ 255°K, Trái Đất ở trạng thái đóng băng. Tuy nhiên, các phép đo thực tế chỉ ra rằng nhiệt độ trung bình của khí quyển và bề mặt Trái Đất trong cả năm ở tất cả các khu vực là 299°K (tương ứng với 16°C), lớn hơn 255°K. Sự khác biệt này là do sự tồn tại của hiệu ứng nhà kính Trái Đất mà ta chưa tính đến.

Như vậy, hiệu ứng nhà kính của Trái Đất đã làm gia tăng nhiệt độ trung bình của khí quyển Trái Đất từ -18°C lên 16°C, hạn chế sự thay đổi nhiệt độ bề mặt giữa ban ngày và ban đêm, giữa các mùa trong năm, cũng như các vùng khí hậu khác nhau trên Trái Đất. Những tác động đó của hiệu ứng nhà kính đã làm cho môi trường bề mặt Trái Đất là nơi lý tưởng cho sự tồn tại và phát triển của sinh vật và con người trong hàng triệu năm qua.

2. Tác động tiêu cực

Hiện nay, sự gia tăng nồng độ khí nhà kính của khí quyển Trái Đất và hậu quả của nó là *sự gia tăng hiệu ứng nhà kính* lại đang là mối lo ngại của nhân loại. Nồng độ của các khí nhà kính hiện đang tăng nhanh chóng, do đó làm giảm khả năng tỏa nhiệt của Trái Đất (khoảng 2%), có nghĩa là toàn Trái Đất giữ lại một lượng nhiệt tương đương 3 triệu tấn dầu đốt trong mỗi phút.

Sự gia tăng hiệu ứng nhà kính và nồng độ khí nhà kính của khí quyển có tác động tiêu cực mạnh mẽ tới khí hậu và các điều kiện môi trường Trái Đất.

Tác động tới khí quyển

Sự gia tăng nồng độ khí nhà kính gây nên sự thay đổi thành phần và chất lượng khí quyển, có hại cho môi trường sống của con người và các sinh vật trên Trái Đất. Nồng độ khí nhà kính và nhiệt độ không khí gia tăng có thể ảnh hưởng không bình thường tới tình trạng sức khỏe của nhiều vùng dân cư.

Tác động tới băng trên Trái Đất

Sự gia tăng hiệu ứng nhà kính và nhiệt độ khí quyển sẽ dẫn tới sự tan băng làm dâng cao mực nước biển, cũng như sự ngập úng của các vùng đất thấp và các đảo nhỏ trên biển, nơi sinh sống của số đông dân cư trên thế

giới. Theo tính toán của Tiểu ban Liên chính phủ về biến đổi khí hậu, trong trường hợp kiểm soát tốt lượng phát thải khí nhà kính thì mực nước biển vẫn dâng cao 14 – 32cm trong thế kỷ XXI và đạt mức cao nhất vào năm 2050. Nếu không có biện pháp kiểm soát hữu hiệu sự phát thải khí nhà kính, thì mực nước biển có thể dâng cao từ 1 – 3m vào cuối thế kỷ XXI.

Sự tan băng ở các cực Trái Đất và trên các đỉnh núi cao sẽ làm giảm diện tích các bề mặt phản xạ bức xạ Mặt Trời, kéo theo đó là sự suy giảm hệ số Albedo, tương ứng với việc gia tăng dòng năng lượng đến bề mặt, làm gia tăng nhiệt độ bề mặt Trái Đất.

Tác động tới biến đổi khí hậu của Trái Đất

Sự gia tăng nhiệt độ Trái Đất bởi hiệu ứng nhà kính là nguyên nhân quan trọng nhất gây nên biến đổi khí hậu của Trái Đất. Cường độ hoạt động của quá trình hoàn lưu khí quyển, chu trình tuần hoàn nước trong tự nhiên và các chu trình sinh địa hóa khác sẽ gia tăng, dẫn tới việc gia tăng mức độ tàn phá của các thiên tai đối với loài người như: bão, lụt, cuồng phong, khô hạn, El Nino, La Nina, v.v... Theo đó, tốc độ gió xoáy nhiệt đới có thể tăng lên 10 - 20%, độ cao của các cơn sóng thần tăng lên có thể quét sạch các đảo có người ở trên Thái Bình Dương.

Sự gia tăng hiệu ứng nhà kính và biến đổi khí hậu sẽ làm di chuyển các đới khí hậu tồn tại hàng nghìn năm trên các vùng khác nhau của Trái Đất, dẫn tới nguy cơ đe dọa sự sống của các loài sinh vật, các hệ sinh thái và hoạt động bình thường khác của con người. Các đới khí hậu nhiệt đới và xích đạo có xu hướng di chuyển lên các cực Trái Đất. Nhiều hệ sinh thái không có đủ thời gian thích nghi với sự thay đổi khí hậu sẽ suy thoái và bị tiêu diệt. Sự gia tăng hiệu ứng nhà kính và biến đổi khí hậu của Trái Đất cũng sẽ làm thay đổi năng suất sinh học của các hệ sinh thái, chất lượng và thành phần của khí quyển, sinh quyển, thạch quyển, thổ nhưỡng quyển. Các thay đổi này ảnh hưởng rất lớn tới việc sản xuất và cung cấp lương thực, thực phẩm của thế giới.

4.2.4. Sự gia tăng hiệu ứng nhà kính [50]

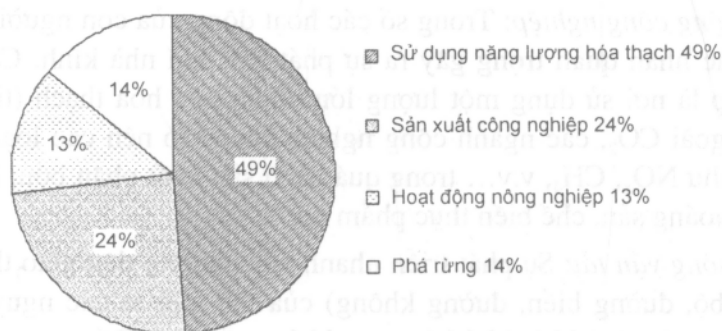
1. Nguyên nhân

Nguyên nhân chủ yếu của việc gia tăng hiệu ứng nhà kính là sự gia tăng nồng độ các khí nhà kính phát thải vào khí quyển Trái Đất từ các loại hoạt động của con người. Theo số liệu năm 1900, nồng độ và các đặc trưng chủ yếu của các loại khí nhà kính được trình bày ở bảng 4.8.

Bảng 4.8. Sự gia tăng của một số khí nhà kính

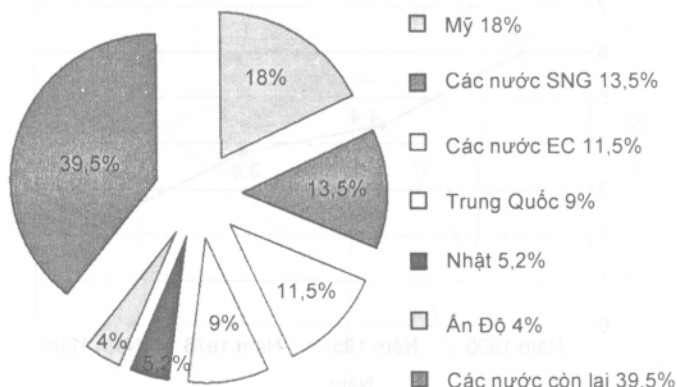
Loại khí nhà kính	CO ₂	CFC	CH ₄	NO _x
Nồng độ hiện tại trong khí quyển (ppm)	351	0,00225	1,675	0,31
Mức gia tăng trung bình năm (%)	0,4	5,0	1,0	0,2
Hệ số nhà kính tương đương (so với CO ₂ = 1)	1	15000	25	230
Tỷ lệ gây ra hiệu ứng nhà kính (%)	57	25	12	6

Các hoạt động và tỷ lệ phần trăm phát thải khí nhà kính vào khí quyển Trái Đất từ các hoạt động của con người thể hiện ở sơ đồ sau:



Hình 4.9. Tỷ lệ phát thải khí nhà kính từ các hoạt động của con người

Số liệu thống kê năm 1990 về sự phát thải khí nhà kính theo % của từng quốc gia trong tổng lượng phát thải khí nhà kính thế giới như trên hình 4.10.



Hình 4.10. Tỷ lệ phát thải khí nhà kính của các quốc gia trên thế giới

2. Các khí nhà kính chính

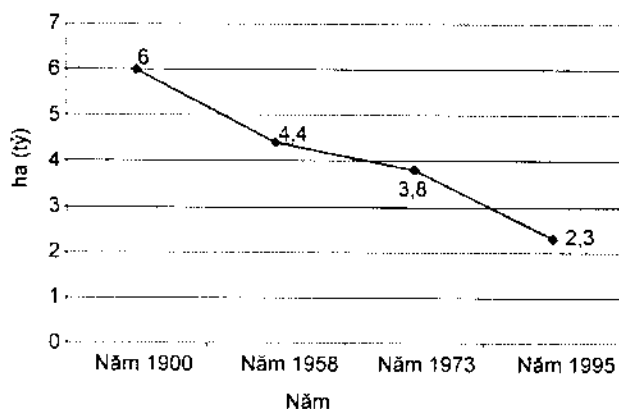
Trong các khí nhà kính được con người phát thải vào khí quyển Trái Đất thì sự phát thải khí CO_2 từ việc sử dụng năng lượng hóa thạch là nguyên nhân chủ yếu gây nên sự gia tăng hiệu ứng nhà kính. Theo số liệu năm 1900, lượng thải CO_2 của thế giới là 2.547 triệu tấn, trong đó riêng nước Mỹ với 5% dân số chiếm tới 22% lượng phát thải CO_2 . Do đó, nếu không có biện pháp thay đổi nguồn năng lượng thì tốc độ gia tăng phát thải khí CO_2 của thế giới sẽ không thấp hơn 1% năm. Điều này sẽ làm tăng đáng kể nồng độ CO_2 trong khí quyển Trái Đất. Bên cạnh CO_2 , nhiều loại khí nhà kính khác (NO_x , CH_4 , v.v...) cũng gia tăng phát thải vào bầu khí quyển trong quá trình phát triển năng lượng của loài người.

3. Các hoạt động phát thải khí nhà kính

Hoạt động công nghiệp: Trong số các hoạt động của con người thì công nghiệp là tác nhân quan trọng gây ra sự phát thải khí nhà kính. Các ngành công nghiệp là nơi sử dụng một lượng lớn nhiên liệu hóa thạch (than, dầu, khí đốt). Ngoài CO_2 , các ngành công nghiệp cũng tạo nên các loại khí nhà kính khác như NO_x , CH_4 , v.v... trong quá trình sản xuất phân bón, hóa chất, khai thác khoáng sản, chế biến thực phẩm v.v...

Giao thông vận tải: Sự phát triển nhanh các phương tiện giao thông vận tải (đường bộ, đường biển, đường không) của thế giới là các nguyên nhân tiềm tàng làm gia tăng khí nhà kính trong khí quyển Trái Đất.

Khai thác rừng: Việc gia tăng khai thác gỗ và ô nhiễm môi trường không khí ở các nước đang phát triển đang làm cho diện tích rừng của Trái Đất suy giảm nhanh chóng. Đặc biệt là rừng mưa nhiệt đới (hình 4.11).



Hình 4.11. Đồ thị biểu diễn sự suy giảm diện tích rừng mưa nhiệt đới

Tính trung bình, tốc độ mất rừng hàng năm của thế giới vào khoảng 20 triệu ha. Bên cạnh suy giảm về diện tích, chất lượng rừng cũng bị suy giảm. Những nguyên nhân trên đã và đang làm giảm khả năng hấp thụ khí CO₂ của rừng thế giới theo thời gian. Điều đó càng làm cho nồng độ khí CO₂ của khí quyển Trái Đất tiếp tục gia tăng mạnh mẽ trong những năm đầu thế kỷ XXI.

Hoạt động nông nghiệp: Sản xuất nông nghiệp là ngành đóng góp đáng kể lượng phát thải khí nhà kính. Sự gia tăng dân số và kéo theo đó là gia tăng sản xuất nông nghiệp tạo nên nhu cầu mở rộng diện tích đất canh tác, tăng tiêu thụ phân bón và hoạt động chế biến sản phẩm nông nghiệp. Hoạt động canh tác lúa nước, bón phân hữu cơ phát thải một lượng lớn khí CH₄. Hoạt động chăn nuôi gia súc cũng là nguồn phát thải khí CO₂ và CH₄. Những tác nhân trên đóng góp tới 13% tổng lượng phát thải khí nhà kính vào khí quyển Trái Đất.

Các hoạt động khác: Ngoài các nguyên nhân chủ yếu còn có những tác nhân khác như: hoạt động sinh hoạt của con người, sự phun trào núi lửa, v.v... tạo ra một lượng phát thải không đáng kể (2%) khí nhà kính của Trái Đất.

4.2.5. Các giải pháp nhằm giảm thiểu sự gia tăng hiệu ứng nhà kính

I. Các giải pháp có tính toàn cầu

Một trong những nguyên nhân gia tăng hiệu ứng khí nhà kính là sự gia tăng nồng độ khí nhà kính trong khí quyển Trái Đất, trong đó, CO₂ là một trong những khí có tác động lớn nhất. Chính vì vậy, để giảm thiểu hiệu ứng nhà kính, tránh những tác động tiêu cực mà hiệu ứng nhà kính gây ra, ngay từ bây giờ cần phải thực hiện các biện pháp kiểm soát và hạn chế sự phát thải CO₂ vào khí quyển Trái Đất.

Để kiểm soát và hạn chế sự phát thải khí nhà kính nói chung và khí CO₂ nói riêng, các quốc gia trên thế giới cần phải cải tiến công nghệ sản xuất, áp dụng các công nghệ sản xuất sạch, tiết kiệm năng lượng, đặc biệt là các nước đang phát triển – nơi vẫn được coi là “bãi rác” để các nước phát triển chuyển giao công nghệ lạc hậu của họ. Các quốc gia trên thế giới, đặc biệt là các nước có nền khoa học kỹ thuật phát triển cũng cần nghiên cứu các nguồn năng lượng thay thế, đặc biệt là năng lượng thay thế cho nhiên liệu hoá thạch, nhằm hạn chế sự phát thải khí CO₂, NO_x. Bên cạnh các giải pháp mang tính quốc gia, các nước trên thế giới cũng cần có những giải pháp mang tính quốc tế, đó chính là việc tham gia vào các công ước quốc tế về môi trường, như Công ước khung về Biến đổi khí hậu của Liên hợp quốc với

mục tiêu là ổn định các nồng độ khí nhà kính trong khí quyển ở mức có thể ngăn ngừa được sự can thiệp của con người đối với hệ thống khí hậu. Mức ổn định được đề cập tới trong Công ước khung về biến đổi khí hậu của Liên hợp quốc phải đạt được trong một khung thời gian, đủ cho các hệ sinh thái thích nghi một cách tự nhiên với sự thay đổi khí hậu, bảo đảm việc sản xuất lương thực không bị đe dọa và tạo khả năng phát triển kinh tế một cách bền vững. Các quốc gia trên thế giới khi tham gia vào Công ước này sẽ phải tuân thủ 5 nguyên tắc:

1. Các nước phải bảo vệ hệ thống khí hậu.
2. Cần phải xem xét đầy đủ những nhu cầu riêng và hoàn cảnh đặc thù của các nước đang phát triển.
3. Các nước phải thực hiện những biện pháp phòng ngừa, ngăn ngừa và giảm nhẹ nguyên nhân gây ra biến đổi khí hậu.
4. Các quốc gia có quyền đẩy mạnh sự phát triển bền vững.
5. Các quốc gia phải hợp tác để đẩy mạnh một hệ thống kinh tế quốc tế mở cửa và tương trợ.

Bên cạnh 5 nguyên tắc mà các nước tham gia Công ước về Biến đổi khí hậu của Liên hợp quốc phải thực hiện thì các nước tham gia vào Công ước này, đặc biệt là các nước đang phát thải một lượng lớn khí nhà kính phải thực hiện giảm phát thải 5% của năm 1990 và đạt mức tối thiểu nhất vào năm 2008 theo Nghị định thư Kyoto về kiểm soát phát thải khí nhà kính.

II. Tình hình ở Việt Nam [34, 35]

A. TÌNH HÌNH BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

Biến đổi khí hậu sẽ làm tăng các hiện tượng thiên nhiên nguy hiểm. Tần suất và cường độ các hiện tượng bão, mưa lớn, nhiệt độ cao, hạn hán tăng hơn nhiều trong thập niên vừa qua.

Nhiệt độ trung bình năm tăng khoảng $0,1^{\circ}\text{C}$ /thập kỷ. Mùa đông, nhiệt độ giảm đi trong các tháng đầu mùa và tăng lên trong các tháng cuối mùa. Nhiệt độ trung bình các tháng mùa hè có xu thế tăng rõ rệt trong khi nhiệt độ trung bình các tháng khác không tăng hoặc giảm chút ít, dẫn đến nhiệt độ trung bình năm có xu thế tăng lên.

Xu thế biến đổi của lượng mưa không đồng nhất giữa các khu vực và các thời kỳ. Sự thay đổi về tổng lượng mưa tháng và mưa năm không thể hiện xu thế tăng hay giảm, nhưng cường độ mưa đang có xu hướng tăng lên rõ rệt. Trên phần lớn lãnh thổ, lượng mưa giảm đi trong các tháng 7, 8 và tăng lên trong các tháng 9, 10, 11. Mưa phùn giảm đi rõ rệt ở Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ.

Trung bình hàng năm có khoảng 4,7 cơn bão và áp thấp nhiệt đới ảnh hưởng đến nước ta. Ba thập kỷ gần đây, số cơn bão ảnh hưởng đến nước ta và mức độ ảnh hưởng cũng có xu hướng tăng. Bão thường xuất hiện muộn hơn và dịch chuyển xuống vĩ độ thấp hơn. Lũ lụt lớn xảy ra ở các tỉnh miền Trung và đồng bằng sông Cửu Long có xu thế tăng hơn. Năm 1999, miền Trung đã ghi nhận một trận lụt lịch sử xảy ra vào cuối mùa mưa.

Mùa khô ở Nam Bộ và Tây Nguyên hầu như năm nào cũng có hạn hán gay gắt. Các thập kỷ gần đây hạn có phần nhiều hơn so với các thập kỷ trước.

Nước biển dâng cao khoảng 5cm/thập niên và năm 2070 sẽ dâng cao khoảng 33 – 45cm, đến năm 2100 ước khoảng 100cm.

Tần suất và cường độ El-Nino tăng lên rõ rệt trong những năm cuối thế kỷ XX và những năm đầu thế kỷ này. Trong 5 thập kỷ gần đây hiện tượng ENSO ngày càng có tác động mạnh mẽ đến chế độ thời tiết và đặc trưng khí hậu trên nhiều khu vực Việt Nam.

Biến đổi khí hậu ảnh hưởng trực tiếp đến mọi hoạt động kinh tế – xã hội. Dưới đây giới thiệu một số kết quả đánh giá tác động của biến đổi này đối với tài nguyên nước, nông nghiệp, lâm nghiệp, năng lượng, thủy sản và sức khỏe con người. Dựa trên các kịch bản về biến đổi khí hậu đã được phân tích ở trên. Theo đó, đến năm 2070, nhiệt độ sẽ tăng lên từ 1,5 – 2,5°C, lượng mưa biến đổi từ 5 – 10%. Kịch bản nước biển dâng 1m vào năm 2100 được sử dụng để đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đối với vùng ven bờ.

Tài nguyên nước mặt: Biến đổi khí hậu tác động sâu sắc đến tài nguyên nước mặt. Dòng chảy biến động từ +4% đến -19%, lưu lượng đỉnh lũ, độ bốc hơi đều tăng. Biện pháp ứng phó chủ yếu là xây dựng, nâng cấp các công trình thủy lợi, khai thác đi đôi với bảo vệ nguồn nước.

Nông nghiệp: Đây là khu vực nhạy cảm với những biến đổi khí hậu. Mùa sinh trưởng kéo dài, tổng nhiệt độ năm và nhiệt độ tối thấp tăng lên, do đó kéo dài và mở rộng phạm vi ảnh hưởng tới thời gian sinh trưởng của cây trồng nhiệt đới. Nhưng hạn hán, lũ lụt và bốc hơi nước của cây trồng tăng lại ảnh hưởng bất lợi đến sản lượng và năng suất thu hoạch. Biện pháp ứng phó đối với biến đổi khí hậu trong ngành nông nghiệp chủ yếu là xây dựng cơ cấu cây trồng phù hợp, xây dựng các biện pháp kỹ thuật, tăng cường hệ thống tưới tiêu và các biện pháp phòng chống với ngoại cảnh khắc nghiệt.

Vùng ven bờ: Tác động của biến đổi khí hậu làm dâng cao mực nước biển, ảnh hưởng nghiêm trọng đến vùng ven bờ: gia tăng ngập lụt vùng đồng bằng ven bờ, hàng triệu hecta rừng ngập mặn có thể bị hủy hoại. Đời sống,

sinh hoạt và các công trình xây dựng của dân cư vùng ven bờ cũng sẽ thay đổi theo chiều hướng xấu đi.

Lâm nghiệp: Biến đổi khí hậu ảnh hưởng nghiêm trọng đến thảm thực vật và hệ sinh thái rừng. Nước biển dâng cao làm thu hẹp 25.000ha diện tích rừng ngập mặn, có tác động xấu đến 13.000ha rừng tràm và rừng trồng trên các đất bị nhiễm phèn. Do biến đổi khí hậu, sự phân bố của động, thực vật làm suy giảm các nguồn gen quý hiếm, phát triển sâu, bệnh, phá hại cây rừng. Biện pháp thích ứng với biến đổi khí hậu mang tính định hướng đối với ngành lâm nghiệp là: *tăng cường trồng và bảo vệ rừng, đặc biệt là rừng đầu nguồn, phủ xanh đất trống đồi trọc, bảo vệ và phát triển rừng ngập mặn, tăng cường phòng chống cháy rừng, tăng cường hiệu suất sử dụng gỗ và kiểm chế sử dụng nguyên liệu gỗ, chọn và nhân giống những loại cây trồng thích hợp với điều kiện tự nhiên và biến đổi khí hậu.*

Năng lượng: Ảnh hưởng tiềm tàng của biến đổi khí hậu đối với ngành Năng lượng chủ yếu trong các lĩnh vực sản xuất, tiêu thụ và cung cấp năng lượng, làm giảm hiệu suất, sản lượng, do đó làm gia tăng chi phí đầu tư mới, cải tạo, sửa chữa và nâng cấp thiết bị, mạng lưới phân phối điện. Để ứng phó, ngành Năng lượng cần quản lý nhu cầu sử dụng nhằm nâng cao hiệu suất sử dụng, xây dựng chiến lược ứng phó và thích nghi với diễn biến bất thường của thời tiết.

Thủy sản: Đây cũng là ngành sản xuất chịu tác động bất lợi của biến đổi khí hậu. Các hệ sinh thái thủy vực, nguồn lợi thủy sản và nghề cá v.v... là những đối tượng chịu tác động trực tiếp. Dự báo trữ lượng các loài hải sản kinh tế bị giảm sút 1/3 so với hiện nay. Các biện pháp thích ứng chủ yếu là chuyển đổi cơ cấu canh tác vùng nuôi trồng thủy sản, bảo vệ vùng nuôi trồng thủy sản ven bờ, v.v...

Sức khỏe con người: Con người trực tiếp chịu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu theo hướng tiêu cực: nguy cơ phát bệnh tăng, suy giảm khả năng miễn dịch, nguồn mang và truyền bệnh phát triển, dẫn đến bùng nổ các đại dịch trước đây đã được kiểm soát (như sốt rét, sốt xuất huyết,...). Nâng cao mức sống dân chúng, xây dựng chương trình kiểm soát và giám sát sức khỏe quốc gia, thiết lập nhiều công viên cây xanh có tiểu khí hậu sạch đẹp v.v... là những biện pháp thích ứng đối với sức khỏe cộng đồng trong điều kiện biến đổi khí hậu.

B. VIỆT NAM VỚI NGHỊ ĐỊNH THƯ KYOTO

Công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu nhằm ổn định nồng độ khí nhà kính trong khí quyển để bảo vệ hệ thống khí hậu trên Trái

Đất, bảo đảm an ninh lương thực và tạo điều kiện cho sự phát triển kinh tế – xã hội của loài người một cách bền vững.

Nghị định thư Kyoto là văn bản pháp lý để thực hiện Công ước khí hậu, đã có hiệu lực thi hành từ ngày 16 tháng 02 năm 2005. *Nội dung quan trọng của Nghị định thư Kyoto là đưa ra chỉ tiêu giảm phát thải khí nhà kính có tính ràng buộc pháp lý đối với các nước phát triển và cơ chế giúp các nước đang phát triển đạt được sự phát triển kinh tế – xã hội một cách bền vững thông qua thực hiện “Cơ chế phát triển sạch” (CDM).* Dự án CDM được đầu tư vào các lĩnh vực như: năng lượng, công nghiệp, giao thông vận tải, nông nghiệp, lâm nghiệp và quản lý chất thải.

Việt Nam đã phê chuẩn Công ước khí hậu và Nghị định thư Kyoto nên được hưởng những quyền lợi dành cho các nước đang phát triển trong việc tiếp nhận hỗ trợ tài chính và chuyển giao công nghệ mới từ các nước phát triển thông qua các dự án CDM.

Theo Bộ Tài nguyên và Môi trường, cuối tháng 9/2005, tại Thành phố Hồ Chí Minh đã đấu thầu Dự án giảm thiểu hiệu ứng nhà kính do Chính phủ Bỉ tài trợ trong khuôn khổ dự án CDM. ước tính kết quả dự án sẽ giảm thiểu được khoảng 170.000 tấn CO₂ mỗi năm.

C. CHƯƠNG TRÌNH QUỐC GIA CỦA VIỆT NAM THỰC HIỆN CÔNG ƯỚC VỀ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU (CTQG BĐKH) [34, 35]

Công ước Khung của Liên hiệp quốc về Biến đổi khí hậu (gọi tắt là Công ước) được thông qua ngày 9/5/1992 và được mở để ký tại Hội nghị Liên hiệp quốc về Môi trường và Phát triển tháng 6/1992 tại Rio De Janero. Công ước có hiệu lực từ ngày 21/3/1994, 90 ngày sau khi nhận được sự phê chuẩn của 50 nước. Hiện tại, 160 nước đã phê chuẩn Công ước, trong đó có Việt Nam.

Mục tiêu cuối cùng của Công ước là nhằm đạt tới sự ổn định nồng độ các khí nhà kính trong khí quyển ở mức độ có thể ngăn ngừa được sự can thiệp nguy hiểm của con người gây ra đối với hệ thống khí hậu. Mức nồng độ khí nhà kính đó phải đạt được trong khuôn khổ thời gian đủ để cho phép các hệ sinh thái thích ứng một cách tự nhiên đối với biến đổi khí hậu, bảo đảm việc sản xuất lương thực không bị đe dọa và sự phát triển kinh tế – xã hội lâu bền.

Để đạt được mục tiêu của Công ước, trước hết, các nước công nghiệp phát triển phải có nghĩa vụ đi đầu trong việc giảm phát thải các loại khí nhà kính. Tuy Công ước không quy định nghĩa vụ đi đầu trong việc giảm

phát thải các loại khí nhà kính đối với các nước đang phát triển nhưng để góp phần đạt được mục tiêu cuối cùng của Công ước, các nước đang phát triển cũng cam kết thực hiện những biện pháp hạn chế sự gia tăng phát thải khí nhà kính không được kiểm soát bởi Nghị định thư Montreal. Ngoài ra, Công ước cũng quy định rằng, mức độ các nước đang phát triển thực hiện các cam kết của mình sẽ phụ thuộc vào mức độ, hiệu quả của việc các nước phát triển thực hiện các cam kết chuyển giao tài chính và công nghệ cho họ.

C₁. KIỂM KÊ KHÍ NHÀ KÍNH QUỐC GIA NĂM 1994 VÀ ƯỚC TÍNH PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH ĐẾN NĂM 2020

Kiểm kê phát thải

Chương trình của Việt Nam thực hiện Công ước khung của Liên hiệp quốc về Biến đổi khí hậu là kết hợp các biện pháp biến đổi khí hậu vào các hoạt động phát triển kinh tế, nhằm góp phần phát triển bền vững nền kinh tế của đất nước và giảm phát thải khí nhà kính thực hiện mục tiêu của Công ước. Vì vậy, kiểm kê khí nhà kính và ước tính phát thải khí nhà kính là nhiệm vụ quan trọng tạo tiền đề cho việc định hướng các biện pháp và chiến lược của chương trình.

Kiểm kê khí nhà kính được thực hiện theo phương pháp của Ban liên Chính phủ về Biến đổi khí hậu, phiên bản 1996 và hướng dẫn của Hội nghị lần 2 của các bên tham gia Công ước. Kết quả kiểm kê khí nhà kính của Việt Nam và một số nước ASEAN năm 1994 được trình bày ở bảng 4.9 và 4.10.

Bảng 4.9. Kết quả kiểm kê khí nhà kính của Việt Nam (năm 1994)

Đơn vị: nghìn tấn

Lĩnh vực phát thải	Lượng phát thải CO ₂ tương đương (CO ₂ + CH ₄ + N ₂ O)	Tỷ trọng (%)
Năng lượng	25.637,11	24,7
Các quá trình công nghiệp	3.807,19	3,7
Nông nghiệp	52.450,00	50,5
Lâm nghiệp và thay đổi sử dụng đất	19.380,00	18,6
Chất thải	2.565,02	2,5
Tổng lượng phát thải	103.839,32	100

Bảng 4.10. Kết quả kiểm kê khí nhà kính của một số nước ASEAN năm 1994

Đơn vị: nghìn tấn

Nước	Năng lượng	Công nghiệp	Lâm nghiệp và thay đổi sử dụng đất	Chất thải	Tổng cộng
Campuchia	1.270	50	45.200	0	46.520
Malaysia	84.400	5.000	7.600	300	97.300
Philippines	47.300	10.600	65.500	0	123.400
Singapore	26.600	0	0	200	26.800
Thái Lan	125.500	16.000	99.600	0	241.000
Việt Nam	25.638	3.808	19.380	2.565	51.391

Nguồn: Kiểm kê khí nhà kính “Thông báo quốc gia”.

Dự tính lượng phát thải đến năm 2020

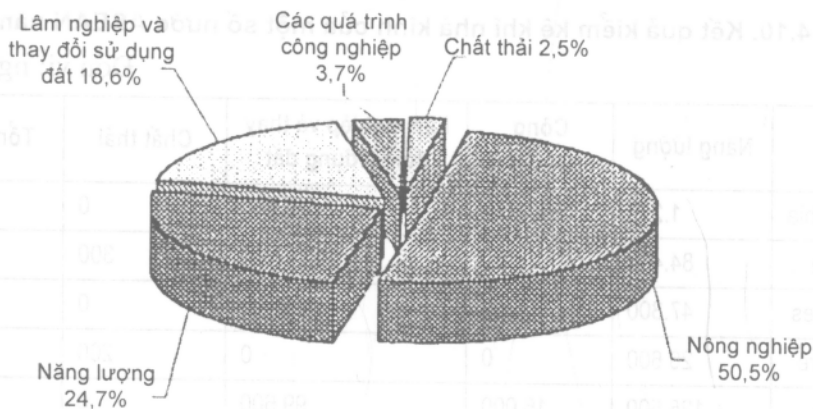
Dự báo lượng phát thải khí nhà kính lớn nhất là năng lượng, nông nghiệp, lâm nghiệp và thay đổi sử dụng đất. Trên cơ sở các kịch bản phát triển kinh tế ở mức trung bình, được thực hiện trước khủng hoảng tài chính tại châu Á năm 1997, dự tính lượng phát thải khí nhà kính của các lĩnh vực chủ yếu ở Việt Nam là trên 140 triệu tấn vào năm 2010 và trên 233 triệu tấn vào năm 2020. Từ năm 1994 – 2020, lượng phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực lâm nghiệp giảm từ 19,38 triệu tấn xuống –28,4 triệu tấn; trong lĩnh vực nông nghiệp từ 52,45 triệu tấn tăng dần lên đến 64,7 triệu tấn, và trong lĩnh vực năng lượng sẽ từ 25,64 triệu tấn tăng vọt lên đến 196,98 triệu tấn (bảng 4.11). Như vậy, trong tương lai, năng lượng sẽ là nguồn phát thải khí nhà kính chính (hình 4.12).

Bảng 4.11. Ước tính phát thải khí nhà kính đến năm 2020 (kịch bản cơ sở)Đơn vị: triệu tấn CO₂

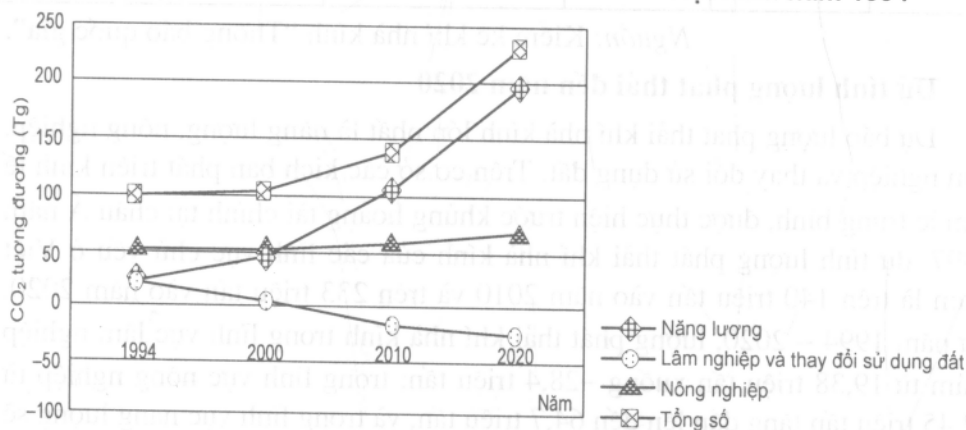
Lĩnh vực \ Năm	1994	2000	2010	2020
Năng lượng	25,64	45,92	105,17	196,98
Lâm nghiệp và thay đổi sử dụng đất	19,38	4,20	-21,70	-28,40
Nông nghiệp	52,45	52,50	57,20	64,70
Tổng số	97,47 *	102,62	140,67	233,28

Nguồn: ALGAS, 1997.

(*) Không tính đến phát thải từ quá trình công nghiệp và chất thải, chiếm khoảng 6,2% (6.4 triệu tấn) tổng lượng phát thải năm 1994.



Hình 4.12. Kết quả kiểm kê khí nhà kính của Việt Nam năm 1994



Hình 4.13. Dự báo phát thải khí nhà kính của Việt Nam đến năm 2020

C₂. CÁC PHƯƠNG ÁN GIẢM THIỂU KHÍ NHÀ KÍNH

Kết quả kiểm kê quốc gia khí nhà kính năm 1994 cho thấy, tổng lượng phát thải các khí nhà kính tại Việt Nam là 103,8 triệu tấn CO₂ tương đương, trong đó các nguồn thải khí nhà kính chủ yếu thuộc lĩnh vực nông nghiệp, sau đó đến năng lượng, lâm nghiệp và thay đổi sử dụng đất. Chất thải, quá trình công nghiệp có lượng phát thải không đáng kể.

Trên cơ sở đó, các phương án giảm thiểu khí nhà kính ở Việt Nam tập trung ở 3 lĩnh vực:

- Nông nghiệp.
- Lâm nghiệp và thay đổi sử dụng đất.
- Năng lượng.

1. Các phương án giảm thiểu khí nhà kính trong lĩnh vực năng lượng

Mô hình tối ưu hóa dòng năng lượng (EFOM EVN) được sử dụng để tính toán khi áp dụng các biện pháp tiết kiệm năng lượng nhằm giảm phát thải khí nhà kính tại Việt Nam giai đoạn 2000 – 2020. Các phương án được đưa ra dựa trên số liệu điều tra hoặc được giả định trong những điều kiện nhất định.

1.1. Dự báo nhu cầu năng lượng

Mô hình MEDEE-S đã được sử dụng để dự báo nhu cầu năng lượng trong tương lai cho Việt Nam. Mô hình MEDEE-S xuất phát từ việc phân chia hệ thống tiêu chuẩn tiêu thụ năng lượng thành modul đồng nhất. Hệ thống tiêu thụ năng lượng của Việt Nam được chia thành 5 ngành:

- Công nghiệp;
- Nông nghiệp;
- Giao thông vận tải;
- Dân dụng sinh hoạt;
- Thương mại, dịch vụ.

Quá trình dự báo được chia ra thành từng giai đoạn từ năm 1996 – 2020 trên cơ sở kịch bản kinh tế tăng trưởng trung bình do Viện Chiến lược Phát triển, Bộ Kế hoạch và Đầu tư đưa ra (bảng 4.12).

Kết quả dự báo qua mô hình MEDEE-S cho thấy, nhu cầu năng lượng thương mại tăng lên trong suốt giai đoạn 1994 – 2020: từ 6.641,50 ktoe năm 1994 lên 12.420,40 ktoe vào năm 2000; 19.626,30 ktoe vào năm 2005; 29.496,00 vào năm 2010 và lên tới 53.001,20 ktoe vào năm 2020. Tỷ lệ tăng trưởng hàng năm tương đối cao ở giai đoạn 1994–2005 (9,45%), có phần giảm đi trong giai đoạn 2005 – 2010 (8,49%), giảm mạnh trong giai đoạn 2010 – 2020 (6,04%). Bảng 4.13 tóm tắt kết quả dự báo nhu cầu năng lượng theo ngành trong giai đoạn 1994 – 2020.

Bảng 4.12. Dự báo tăng trưởng GDP theo ngành, giai đoạn năm 1996 – 2020

Đơn vị: %

	1996 – 2020	2001 – 2010	2011 – 2020
GDP	8,0	7,8	6,5
– Công nghiệp	12,5	10,0	8,0
– Nông nghiệp	4,2	4,2	3,0
– Dịch vụ	7,6	7,3	7,1

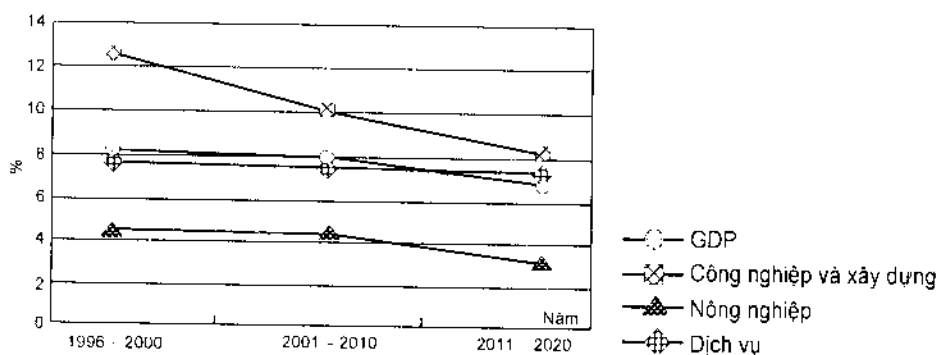
Nguồn: Viện Chiến lược Phát triển, Bộ Kế hoạch và Đầu tư, 1999.

Bảng 4.13. Dự báo nhu cầu năng lượng thương mại cuối cùng

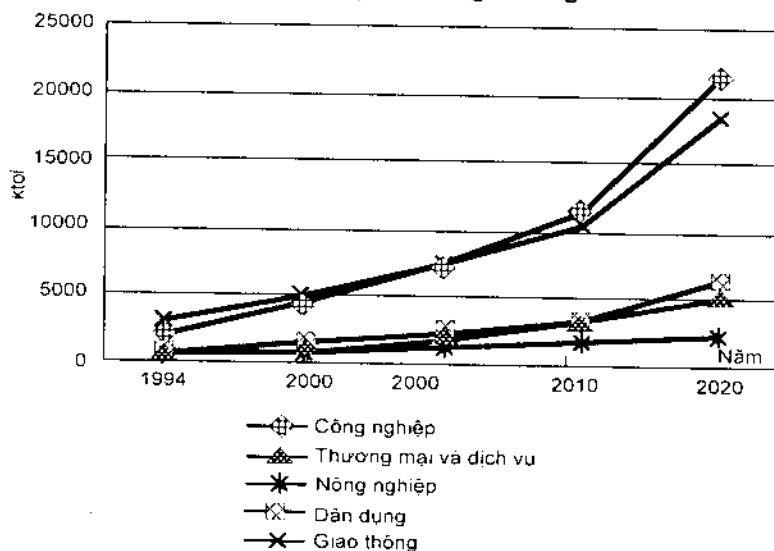
Đơn vị: ktoc

Lĩnh vực	Năm 1994	Năm 2000	Năm 2005	Năm 2010	Năm 2020
Công nghiệp	1.988,30	4.501,90	7.277,90	11.365,40	21.401,50
Dân dụng	795,40	1.445,70	2.283,30	3.295,20	6.136,30
Thương mại và dịch vụ	569,90	975,00	1.663,40	2.966,30	4.985,10
Giao thông	2.951,20	4.792,50	7.295,00	10.384,20	18.409,30
Nông nghiệp	336,70	705,10	1.107,30	1.484,60	2.068,40
Tổng cộng	6.641,50	12.420,40	19.626,30	29.469,00	53.001,20

Nguồn: Sử dụng mô hình MEDEE-S



Hình 4.14. Dự báo tăng trưởng GDP



Hình 4.15. Dự báo nhu cầu năng lượng cuối cùng

1.2. Các phương án giảm thiểu khí nhà kính

Kết quả tính toán mô hình EFOM-EVN được sử dụng để đánh giá các phương án giảm nhẹ khí nhà kính. Mô hình EFOM-EVN thực hiện tối ưu hóa dòng năng lượng để tính toán hiệu quả hệ thống năng lượng khi áp dụng các biện pháp tiết kiệm năng lượng nhằm giảm thiểu phát thải khí nhà kính tại Việt Nam trong giai đoạn 2000 – 2020. Các phương án giảm thiểu khí nhà kính được xây dựng dựa trên số liệu điều tra trong những năm qua hoặc được giả định trong những điều kiện cụ thể. Các phương án giảm thiểu khí nhà kính đã được tính toán trong năng lượng bao gồm:

Phương án E1: Đầu tư cải tạo nồi hơi cũ, thay các nồi hơi chạy than bằng nồi hơi hiệu suất cao.

Từ năm 1994 – 2020, 20% nồi hơi công nghiệp đốt bằng than sẽ được cải tạo nâng cấp để tăng 25% hiệu quả năng lượng. Nhờ đó, nhu cầu năng lượng sẽ giảm đi so với kịch bản cơ sở (BAU). Nhu cầu năng lượng cuối cùng của khu vực công nghiệp vào năm 2020 sẽ giảm xuống còn 21.081 ktoc, tức là thấp hơn BAU 21.402 ktoc (khoảng 1,5%). Tiềm năng giảm thiểu CO₂ theo phương án E1 vào khoảng 10,2 triệu tấn trong 26 năm. Chi phí giảm thiểu 3,65USD/tấn CO₂.

Phương án E2: Đầu tư cải tạo nồi hơi cũ, thay các nồi hơi chạy dầu bằng nồi hơi hiệu suất cao.

Từ năm 1994 – 2020, 20% các nồi hơi công nghiệp cũ đốt bằng dầu sẽ được cải tạo, nâng cấp để tăng 25% hiệu quả năng lượng. Nhờ đó, so với kịch bản BAU, vào năm 2020, tổng nhu cầu các sản phẩm dầu trong khu vực công nghiệp sẽ giảm khoảng 2,4%. Tiềm năng giảm nhẹ CO₂ trong phương án 2 vào khoảng 3,5 triệu tấn trong 26 năm. Chi phí giảm nhẹ là -3,65USD/tấn CO₂.

Phương án E3: Nâng cao hiệu suất của các phương tiện vận tải bằng cách cải tiến động cơ xăng.

Từ năm 1994 – 2020, áp dụng các biện pháp cải tiến động cơ xăng từ tỷ lệ trộn nhiên liệu 14,7: 1 lên 22:1. Biện pháp này sẽ giảm tình trạng ô nhiễm không khí, đặc biệt là tại các thành phố lớn, đông dân cư, là nơi có nhiều phương tiện giao thông hoạt động. So với kịch bản BAU, đến năm 2020, tổng nhu cầu tiêu thụ các sản phẩm dầu mỏ thuộc lĩnh vực giao thông vận tải sẽ giảm 5,3%, tiêu thụ năng lượng sơ cấp tiết kiệm được 1,2%. Dự báo lượng tiêu thụ xăng dầu sẽ giảm từ 29.858 ktoc trong phương án BAU xuống còn 28.884 ktoc (ít hơn khoảng 3,3%). Tiềm năng giảm nhẹ CO₂ theo phương án E3 khoảng 21,9 triệu tấn trong 26 năm. Chi phí giảm thiểu - 6,78USD/tấn CO₂.

Phương án E4: Phát triển địa nhiệt.

Phát triển địa nhiệt dự kiến bắt đầu từ năm 2005. Công suất lắp đặt địa nhiệt ước tính là 50MW vào năm 2005; 100MW vào năm 2010 và 200MW vào năm 2020. Chi phí đầu tư lắp đặt địa nhiệt ước tính khoảng 2.500USD/kW. Tiềm năng giảm thiểu CO₂ trong phương án E4 vào khoảng 29,2 triệu tấn với chi phí giảm thiểu 5,15USD/tấn CO₂.

Phương án E5: Phát triển năng lượng Mặt Trời.

Phát triển năng lượng Mặt Trời dự kiến bắt đầu từ năm 2005. Công suất phát điện bằng năng lượng Mặt Trời dự kiến là 10MW vào năm 2005; 50MW vào năm 2010 và 100MW vào năm 2020. Chi phí đầu tư lắp đặt thiết bị phát điện bằng năng lượng Mặt Trời ước tính khoảng 5.000USD/kW. Tiềm năng giảm thiểu CO₂ trong phương án E5 vào khoảng 26,1 triệu tấn với chi phí giảm thiểu 6,01USD/tấn CO₂.

Phương án E6: Xây dựng các trạm điện gió.

Trong những năm gần đây, một số trạm điện gió quy mô nhỏ cung cấp điện để nạp ắc quy sử dụng cho thắp sáng và thông tin liên lạc đã được xây dựng ở một số hải đảo. Những vùng xa mạng lưới điện, năng lượng gió được sử dụng để thay thế cho dầu chạy máy phát điện. Ước tính, phương án E6 đầu tư xây dựng các trạm điện gió trong thời gian tới sẽ mang lại tiềm năng giảm thiểu CO₂ khoảng 34 triệu tấn với chi phí giảm thiểu -4,64USD/tấn CO₂.

Phương án E7: Cải tiến bếp đun than nhằm nâng cao hiệu suất.

Phương án này nhằm nâng cao hiệu suất năng lượng bếp đun trong các hộ gia đình, nâng cao hiệu suất trung bình của các bếp đun than hiện nay từ 17% lên 25%. Chi phí gia tăng để nâng cao hiệu quả năng lượng của các bếp đun theo phương án này được ước tính khoảng 50USD/ktoe. Tiềm năng giảm thiểu CO₂ trong phương án E7 khoảng 73 triệu tấn với chi phí giảm thiểu -4,15USD/tấn CO₂.

Phương án E8: Thay thế đèn chiếu sáng dây tóc bằng đèn compac.

Phương án này nhằm nâng cao hiệu suất năng lượng trong chiếu sáng thông qua việc thay thế đèn chiếu sáng dây tóc (ILB) bằng đèn compac (CFL). Ước tính công suất trung bình của bóng đèn dây tóc hiện nay khoảng 75W và mức tiêu thụ điện trung bình một năm khoảng 110kWh. Sử dụng đèn compac sẽ giảm 80% điện năng tiêu thụ và thời gian sử dụng lâu hơn 8 lần so với bóng đèn dây tóc. Tuy nhiên, giá của CFL hiện còn cao hơn ILB. Tiềm năng giảm thiểu CO₂ trong phương án E8 khoảng 16 triệu tấn với chi phí giảm thiểu -8,31USD/tấn CO₂.

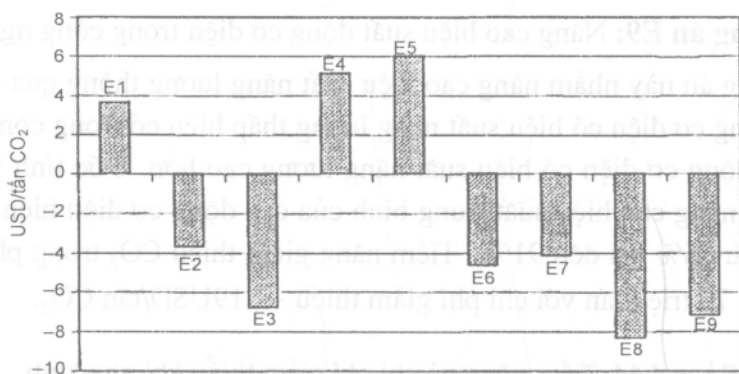
Phương án E9: Nâng cao hiệu suất động cơ điện trong công nghiệp.

Phương án này nhằm nâng cao hiệu suất năng lượng thông qua việc thay thế các động cơ điện có hiệu suất năng lượng thấp hiện có trong công nghiệp bằng các động cơ điện có hiệu suất năng lượng cao hơn. Ước tính việc thay thế này sẽ nâng cao hiệu suất trung bình của các động cơ điện hiện có lên ít nhất 5% (từ 86% lên đến 91%). Tiềm năng giảm thiểu CO₂ trong phương án E9 khoảng 70 triệu tấn với chi phí giảm thiểu -7,19USD/tấn CO₂.

Bảng 4.14. Tiềm năng và chi phí giảm thiểu khí nhà kính của một số phương án trong năng lượng

Phương án	Ký hiệu	Tiềm năng giảm phát thải KNK (triệu tấn CO ₂)	Tổng chi phí hiện tại (triệu USD)	Chi phí gia tăng (triệu USD)	Chi phí giảm (triệu USD)
Cải tạo, thay các nồi hơi chạy than trong công nghiệp	E1	10,2	34,187	37,2	3,65
Cải tạo, thay các nồi hơi chạy dầu trong công nghiệp	E2	3,4	34,137	-12,6	-3,65
Cải tiến các động cơ xăng của các phương tiện vận tải	E3	21,9	34,008	-148,9	-6,78
Phát triển địa nhiệt	E4	29,2	34,300	105,5	5,15
Phát triển năng lượng Mặt Trời	E5	26,1	34,306	157,0	6,01
Xây dựng các trạm điện gió	E6	34,0	34,196	-158,0	-4,64
Cải tiến bếp đun than	E7	73,0	34,051	-303,0	-4,15
Thay thế đèn dây tóc bằng đèn compac	E8	16,0	34,221	-133,0	-8,13
Nâng cao hiệu suất motor điện	E9	70,0	33,851	-5036,0	-7,19
Tổng cộng		283,8			

Ghi chú: KNK – Khí nhà kính



Hình 4.16. Tiềm năng và chi phí giảm thiểu khí nhà kính của một số phương án trong năng lượng

2. Các phương án giảm thiểu khí nhà kính trong lĩnh vực lâm nghiệp và thay đổi sử dụng đất

Các phương án giảm thiểu khí nhà kính trong lâm nghiệp được xây dựng và đánh giá theo kịch bản cơ sở. Theo kịch bản này, đến năm 2010 Việt Nam sẽ trồng được 5 triệu ha rừng, nâng tổng số diện tích rừng toàn quốc lên 14,2 triệu ha với độ che phủ của rừng đạt 43%. Bên cạnh đó, rừng tự nhiên hiện có sẽ được bảo vệ tích cực nhằm giảm nạn khai phá rừng bừa bãi, giảm diện tích chuyển đổi sử dụng đất lâm nghiệp sang nông nghiệp và các mục đích sử dụng khác.

Chương trình trồng 5 triệu ha rừng và bảo vệ rừng tự nhiên bảo đảm cho các hoạt động trồng rừng, bảo vệ rừng được đầu tư một cách thích đáng nhằm bảo tồn và tăng cường các bể chứa cacbon trong lâm nghiệp. Mô hình COMAP được áp dụng trong xây dựng và đánh giá các phương án giảm thiểu khí nhà kính trong lâm nghiệp.

Phương án F1: Bảo vệ tích cực khoảng 3 triệu ha rừng cấm, bao gồm các khu vực vườn quốc gia, rừng gỗ quý, rừng phòng hộ đầu nguồn, khu dự trữ quan trọng v.v... Theo phương án này, 3 triệu ha rừng tự nhiên ở những vùng quan trọng nói trên được bảo vệ đặc biệt.

Phương án F2: Phục hồi rừng phòng hộ đặc dụng theo biện pháp khoanh nuôi tái sinh kết hợp trồng bổ sung 1 triệu ha rừng. Sau 10 năm thực hiện phương án, 1 triệu ha rừng phòng hộ, rừng đặc dụng sẽ được trồng và khoanh nuôi tự nhiên.

Phương án F3: Trồng mới 1 triệu ha rừng phòng hộ gần với định canh, định cư. Theo phương án này, trồng 1 triệu ha rừng trong khoảng thời gian 15 năm với tốc độ trung bình 65.000 ha /năm.

Phương án F4: Trồng 1,6 triệu ha rừng sản xuất chu kỳ hạn ngắn. Theo phương án này, tốc độ trồng rừng sản xuất sẽ thực hiện như sau: 100.000 ha/năm cho 5 năm đầu, 128.000 ha/năm cho 9 năm sau. Một số cây trồng chủ yếu theo phương án này là các loài keo (tai tượng, lá trầm, keo lai), bạch đàn, bồ đề, tre, quế...

Phương án F5: Trồng 1,3 triệu ha rừng sản xuất chu kỳ hạn dài. Theo phương án này, tốc độ trồng rừng sản xuất sẽ thực hiện như sau: 60.000ha/năm cho 5 năm đầu, 115.000ha/năm cho 9 năm sau. Các loại cây trồng theo phương án này là cao su, trám, thông nhiệt đới, các nhóm cây họ đậu, cây gỗ truyền thống như dẻ, dổi, de, lát, sấu v.v...

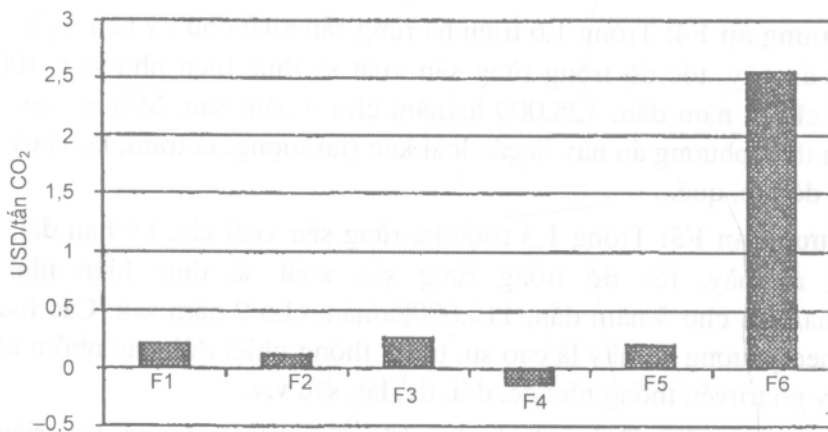
Phương án F6: Trồng 4 tỷ cây phân tán (tương đương 1,6 triệu ha). Theo phương án này sẽ đáp ứng một phần nhu cầu gỗ tại chỗ, tăng thu nhập cho người dân và cải thiện môi trường.

Bảng 4.15 trình bày tóm tắt kết quả đánh giá các phương án giảm thiểu khí nhà kính nêu trên sử dụng mô hình COMAP.

Bảng 4.15. Tiềm năng và chi phí giảm thiểu khí nhà kính của một số phương án trong lâm nghiệp và thay đổi sử dụng đất

Phương án	Ký hiệu	Diện tích (triệu ha)	Tiềm năng giảm phát thải/tăng cường bể hấp thụ (CO ₂ /ha)	Hiệu quả chi phí		Giá trị hiện tại thuần (NPV) của chi phí	
				USD/tấn CO ₂	USD/ha	USD/tấn CO ₂	USD/ha
Bảo vệ rừng	F1	3,0	434,2	0,21	92,10	0,07	31,28
Tái sinh khoanh nuôi kết hợp	F2	1,0	372,6	0,11	40,6	0,25	93,72
Trồng rừng phòng hộ, đặc dụng	F3	1,0	325,8	0,26	83,49	0,60	193,58
Trồng rừng sản xuất chu kỳ ngắn	F4	1,6	278,6	-0,15	-27,70	0,85	159,17
Trồng rừng sản xuất chu kỳ dài	F5	1,3	381,6	0,20	76,14	0,61	235,43
Trồng cây phân tán	F6	4 tỷ cây*	174,2	2,56	409,12	0,29	46,21
Tổng cộng			3221,6				

Ghi chú: * 4 tỷ cây phân tán tương đương với trồng 1,6 triệu ha.



Hình 4.17. Tiềm năng và chi phí giảm thiểu khí nhà kính của một số phương án trong lâm nghiệp và thay đổi sử dụng đất

Tiềm năng giảm khí nhà kính tính đến năm 2020, phương án bảo vệ rừng tự nhiên (F1) có tiềm năng lớn nhất, trong khi phương án trồng cây phân tán (F6) cho tiềm năng thấp nhất. Phương án trồng rừng với chu kỳ dài (F5) có tiềm năng lớn hơn phương án trồng rừng chu kỳ ngắn (F4) và trở thành phương án có tiềm năng đứng thứ hai sau phương án bảo vệ rừng tự nhiên.

Tổng tiềm năng giảm phát thải khí nhà kính của 6 phương án giảm thiểu là 3.221,6 triệu tấn CO₂ tương đương.

Về chi phí, để giảm 1 tấn CO₂, thấp nhất thuộc phương án bảo vệ rừng tự nhiên (0,07USD/tấn CO₂), tiếp đến là phương án tái sinh khoanh nuôi kết hợp (0,25USD/tấn CO₂), phương án trồng cây phân tán (0,29USD/tấn CO₂), trồng rừng phòng hộ đặc dụng (0,6USD/tấn CO₂), trồng rừng sản xuất chu kỳ dài (0,61USD/tấn CO₂) và giá trị cao nhất thuộc phương án trồng rừng sản xuất chu kỳ ngắn (0,85USD/tấn CO₂).

3. Các phương án giảm thiểu khí nhà kính trong lĩnh vực nông nghiệp

Trong lĩnh vực nông nghiệp, một số phương án giảm phát thải khí nhà kính tiềm năng đã được xác định: Quản lý tưới tiêu nước ruộng trồng lúa, cải thiện thức ăn chăn nuôi và sử dụng khí sinh học. Những phương án này vừa có tiềm năng giảm phát thải CH₄ lại phù hợp với mục tiêu phát triển kinh tế bền vững ở nông thôn, thúc đẩy sản xuất, đồng thời mang lại nhiều lợi ích kinh tế và môi trường cho người nông dân.

Các phương án giảm thiểu khí nhà kính trong nông nghiệp được xây dựng và đánh giá theo kịch bản cơ sở về định hướng phát triển nông nghiệp Việt Nam cho các năm cuối thế kỷ XX và các thập niên đầu thế kỷ XXI.

Phương án A1: Quản lý tưới tiêu ruộng trồng lúa.

Nội dung của phương án này là chủ động tưới tiêu nước ruộng theo yêu cầu cây lúa. Vào giai đoạn cuối đẻ nhánh và sau trổ bông 15 – 20 ngày nước được rút khô, làm tăng sản lượng lúa và hạn chế phát thải khí nhà kính. Hiện tại, có khoảng 5 triệu ha lúa được tưới, song diện tích được chủ động tưới tiêu thì không lớn. Việc cải thiện và nâng cao chất lượng tưới tiêu, xây dựng hệ thống tưới tiêu chủ động cần được chú ý thực hiện trên các vùng: Đồng bằng Bắc Bộ, Nam Bộ, Bắc Trung Bộ và ven biển Nam Trung Bộ. Dự tính diện tích được tưới tiêu chủ động sẽ là 3,0 triệu ha vào năm 2010 và khoảng 5,5 triệu ha vào năm 2030.

Phương án A2: Cung cấp thức ăn gia súc được chế biến.

Nội dung của phương án này là tăng số lượng và chất lượng thức ăn gia súc được chế biến và tăng tỷ lệ chất vi lượng, nhằm nâng cao sản lượng thịt, sữa, đồng thời, giảm lượng phát thải khí nhà kính trong quá trình tiêu hóa thức ăn trên một đơn vị thu hoạch. Dự tính số lượng gia súc được cung cấp thức ăn chế biến là 2 triệu vào năm 2010 và lên tới 4, 4 triệu vào năm 2020.

Phương án A3: Xây dựng bếp khí sinh học (biogas) thay thế chất đốt vùng nông thôn.

Nội dung của phương án này là sử dụng khí sinh học được tạo ra do sự phân hủy phân gia súc trong điều kiện yếm khí làm nhiên liệu thay thế cho chất đốt sinh khối ở các hộ gia đình nông thôn. Thực hiện phương án này, không những tiết kiệm chi phí dành cho chất đốt mà còn cải thiện vệ sinh môi trường và cuộc sống nông thôn.

Theo dự tính, số bể biogas được xây dựng tại các vùng nông thôn ở đồng bằng Bắc Bộ, Nam Bộ, Bắc Trung Bộ, Nam Trung Bộ và Đông Nam Bộ,... sẽ tăng từ 15.000 bể trong năm 2000 lên tới 500.000 bể trong năm 2020.

Kết quả đánh giá 3 phương án giảm thiểu khí nhà kính trong nông nghiệp cho thấy tổng tiềm năng giảm nhẹ của 3 phương án là 140,3 triệu tấn CO₂ tương đương với chi phí giảm từ 3,41 đến 13,1USD/tấn CO₂ (bảng 4.16).

Nhận xét:

– Thực hiện khung biến đổi khí hậu của Liên hiệp quốc, Việt Nam đã xây dựng và đánh giá 18 phương án giảm thiểu khí nhà kính bao gồm 9 phương án năng lượng, 6 phương án lâm nghiệp và 3 phương án nông nghiệp (như đã trình bày ở mục C2).

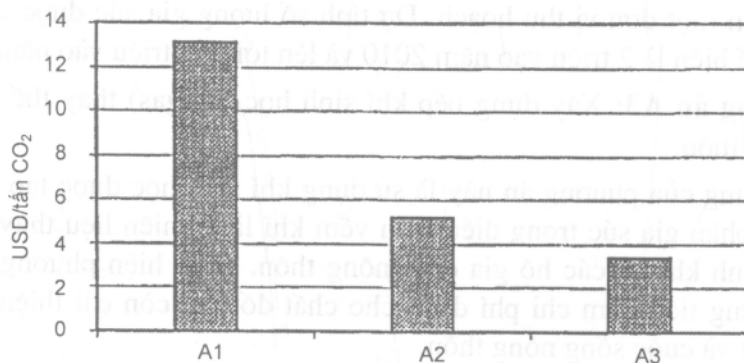
– Trong lĩnh vực năng lượng, các phương án giảm thiểu được xây dựng và đánh giá thông qua mô hình EFOM-ENV; trong khi đó các phương án

của lâm nghiệp được đánh giá thông qua mô hình COMP và các phương án nông nghiệp được đánh giá bằng phương pháp xác suất thống kê. Các phương án có sự khác nhau đáng kể về tiềm năng và chi phí giảm nhẹ khí nhà kính.

Bảng 4.16. Tiềm năng và chi phí giảm thiểu khí nhà kính trong nông nghiệp

Đơn vị: Triệu tấn

Các phương án	Ký hiệu	Lượng CH ₄ giảm (quy ra CO ₂ tương đương)	Chi phí giảm (USD/tấn CO ₂)
Quản lý nước	A1	105,0	13,12
Chế biến thức ăn gia súc	A2	8,0	5,19
Sử dụng khí sinh học	A3	27,3	3,41
Tổng cộng		140,3	



Hình 4.18. Tiềm năng và chi phí giảm thiểu khí nhà kính trong nông nghiệp

– Kết quả đánh giá cho thấy lĩnh vực có tiềm năng giảm phát thải/tăng cường bể hấp thụ khí nhà kính nhất là lâm nghiệp. Phương án có tiềm năng giảm khí nhà kính lớn nhất là phương án bảo vệ rừng tự nhiên (1.302 đơn vị CO₂ tương đương). Chi phí để giảm 1 tấn CO₂ tương đương của các phương án lâm nghiệp đều dưới 1 USD trong khi các phương án nông nghiệp đòi hỏi mức chi phí cao hơn, 3,4–13,1 USD/tấn CO₂. Trong 9 phương án năng lượng, phương án đầu tư cải tạo nồi chạy than (E1), phát triển địa nhiệt (E4) và phát triển năng lượng Mặt Trời (E5) đòi hỏi mức đầu tư chi phí từ 3,65 – 6,01 USD/tấn CO₂, 6 phương án năng lượng còn lại đều chứng tỏ mang lại hiệu quả thiết thực về kinh tế với chi phí âm (từ –3,65 đến –10,54USD/tấn CO₂).

– Tổng tiềm năng giảm thiểu khí nhà kính của 18 phương án nêu trên là 3.646 triệu tấn CO₂, tương đương trong giai đoạn 1994 – 2020.

4.3. MƯA AXIT

4.3.1. Khái niệm và định nghĩa về mưa axit

Trong khí quyển luôn tồn tại các chất khí gốc axit như SO_x và NO_x . Dưới tác động của bức xạ Mặt Trời, các chất khí dễ hoà tan này phản ứng với hơi nước tạo thành các axit mạnh như axit sunfuric và nitric. Trong khí quyển, các axit này tồn tại dưới dạng sol khí cùng với mây, khi xảy ra mưa, các axit này rơi cùng với hạt mưa xuống đất. Vì vậy, nước mưa trong tự nhiên đều chứa một lượng axit nhất định.

Định nghĩa mưa axit:

Trong hóa học, độ axit hoặc độ kiềm của một chất thường được biểu diễn bằng một đại lượng gọi là thông số pH. Các chất có $\text{pH} < 7$ có tính axit, giá trị này càng nhỏ thì tính axit càng mạnh. Hiện vẫn còn nhiều tranh cãi trong việc xác định trị số pH giới hạn để định nghĩa mưa axit. Theo định nghĩa của Ủy ban Kinh tế châu Âu (ECE), mưa có chứa các axit (H_2SO_4 và HNO_3) với $\text{pH} \leq 5,5$ là mưa axit [40]. Tuy vậy, quy định về giá trị giới hạn của pH ứng với mưa axit ở những nước khác nhau có khác nhau, ví dụ ở Mỹ quy định mưa axit là những trận mưa có $\text{pH} \leq 5,0$; còn ở Ấn Độ, Indonesia, Hàn Quốc, Thái Lan thì chỉ tiêu tương ứng với $\text{pH} \leq 5,6$ [50]. Hiện nay người ta đều thống nhất lấy giá trị $\text{pH} = 5,6$ (là giá trị pH của dung dịch axit cacbonic (H_2CO_3) bão hòa trong nước cất) làm giới hạn để định nghĩa mưa axit. Theo đó, tất cả những cơn mưa có độ pH đo được $< 5,6$ đều được xem là mưa axit.

4.3.2. Nguồn gốc và cơ chế hình thành mưa axit

Mưa axit tự nhiên chắc chắn có từ xa xưa, là hậu quả của những vụ phun trào núi lửa, còn ngày nay, mưa axit là hậu quả của sự phát thải quá nhiều vào bầu khí quyển các khí SO_x và NO_x , đặc biệt từ sự đốt cháy không hoàn toàn các nhiên liệu hóa thạch như than đá, dầu mỏ, v.v... Mưa axit lần đầu tiên được nhà khoa học Robert Angus Smith, người Anh ghi nhận tại Anh vào năm 1872 qua việc quan sát hiện tượng các công trình bằng đá và gạch bị mưa ăn mòn. Nhưng đến tận thời kỳ 1959 – 1961, mưa axit mới gây được sự chú ý của xã hội khi được các nhà khoa học xác định là nguyên nhân gây ra nhiều thảm họa liên quan đến môi trường và sức khỏe con người. Hiện nay, nhiều nhà khoa học vẫn đang tiếp tục nghiên cứu để tìm ra cơ chế hóa học của hiện tượng này và đã biết chắc chắn rằng, nguồn gốc của mưa axit là khí SO_2 được tạo thành từ quá trình đốt nhiên liệu bằng than, dầu khí,... từ quá trình phân huỷ của các loài thực vật, sinh vật phù du và khí nitơđiôxit

(NO₂) tạo thành từ các quá trình phản ứng trong các nhà máy điện và các ống xả khói của các nhà máy công nghiệp. Những phản ứng hoá học chính của quá trình hình thành axit H₂SO₄ và HNO₃ trong nước mưa tạo thành mưa axit có thể được biểu diễn đơn giản như sau:



Phản ứng (4.29) và (4.30) được xúc tác bởi các chất như ion NH₄⁺, ôzôn,...; phản ứng (4.31) và (4.32) được xúc tác bởi ion Mg²⁺, NH₄⁺, Fe²⁺, v.v... có mặt trong không khí, đặc biệt là không khí bị ô nhiễm nặng.

Trong thế kỷ XX, cùng với sự phát triển kinh tế – xã hội và sự bùng nổ về khoa học kỹ thuật, mức tiêu dùng năng lượng của con người cũng ngày càng tăng lên, làm cho lượng khí SO₂, NO₂ phát thải ra môi trường ngày càng nhiều và mức độ ô nhiễm của bầu khí quyển ngày càng tăng, do đó hiện tượng mưa axit xảy ra ngày càng thường xuyên hơn và trên địa bàn càng rộng lớn hơn.

4.3.3. Tác hại của mưa axit

1. Rừng bị huỷ diệt

Mưa axit làm tổn thương lá cây, phá hoại khả năng quang hợp, lá bị vàng úa, rơi rụng. Mưa axit hoà tan chất dinh dưỡng trong đất, phá hoại sự cố định đạm của vi sinh vật và sự phân giải các chất hữu cơ, làm giảm độ phì và màu mỡ của đất đai, hạn chế sự sinh trưởng của rễ cây, làm suy giảm khả năng chống bệnh và sâu hại.

"Lá phổi châu Âu" là các dải rừng lớn bên bờ sông Đông bị mưa axit tàn phá đã ảnh hưởng đến môi trường sinh thái các nước Pháp, Đức, Thụy Sĩ. Toàn châu Âu có khoảng 14% rừng bị mưa axit phá hoại, riêng nước Đức bị tàn phá tới 50%.

Theo số liệu nghiên cứu thì trên toàn thế giới chỉ riêng thiệt hại về gỗ do tác hại của mưa axit đã vượt quá 10 tỷ USD [40].

2. Nước hồ bị axit hoá

Ở Thụy Điển có khoảng 100.000 hồ nước, 22% đã bị axit hoá ở mức độ khác nhau. 80% nước hồ ở miền Nam Na Uy bị axit hoá. Ở Canada có hơn 5

vạn hồ đang có nguy cơ biến thành "hồ chết". Ở Mỹ có 2,7% hồ bị axit hóa, có vùng bị axit hóa lên tới 28–56%. Các chuyên gia môi trường Mỹ cho rằng, trong vòng 20 – 50 năm tới, mức độ axit hoá các hồ của toàn nước Mỹ sẽ tăng 5 – 10 lần hiện nay.

Mưa axit gây ô nhiễm nguồn nước hồ, đe dọa sự tồn tại của các loài tôm cua cá và sinh vật thủy sinh khác (4.000 hồ ở Thụy Điển và 1,3km² diện tích mặt hồ ở Na Uy không còn cá).

3. Sản lượng nông nghiệp bị suy giảm

Mưa axit làm cho lá cây bị hư hại, xuất hiện các vết đốm, làm suy giảm tác dụng quang hợp, phá hoại các tổ chức bên trong, làm mất chất đường, chất keo và các axit amin, làm cho cây khó mọc. Mưa axit còn ức chế việc phân giải các chất hữu cơ và cố định đạm trong đất, rửa trôi các nguyên tố dinh dưỡng trong đất như Ca, Mg, K, v.v... làm cho nghèo đất, sản lượng cây ngũ cốc giảm đi 30%.

Hiện nay, ở Mỹ, mưa axit gây thiệt hại 1 tỷ USD hàng năm; còn ở Trung Quốc mỗi năm thiệt hại tới 5,3 triệu tấn lương thực.

Ngoài ra, mưa axit còn hoà tan các kim loại độc hại trong đất đá như chì, thủy ngân, Cd, Al v.v... Cây nông nghiệp hấp thụ chất hoà tan đó, tích tụ lại làm giảm giá trị sử dụng, thậm chí gây ngộ độc cho người và gia súc khi sử dụng nguồn lương thực làm thức ăn.

4. Làm tổn hại đến sức khỏe con người

Khí SO₂ là chất chủ yếu gây ra mưa axit, rất nguy hiểm cho sức khỏe con người. Với hàm lượng SO₂ trong không khí lên tới 8mg/lít, con người sẽ cảm thấy khó chịu, nếu hàm lượng SO₂ lên tới 400mg/lít thì sẽ gây tử vong. Mùa đông năm 1952, ở Luân Đôn (Anh) đã xảy ra vụ "Màn sương mù giết người" làm chết 4.000 người mà thủ phạm chính là màn sương axit.

5. Ăn mòn các vật liệu kiến trúc

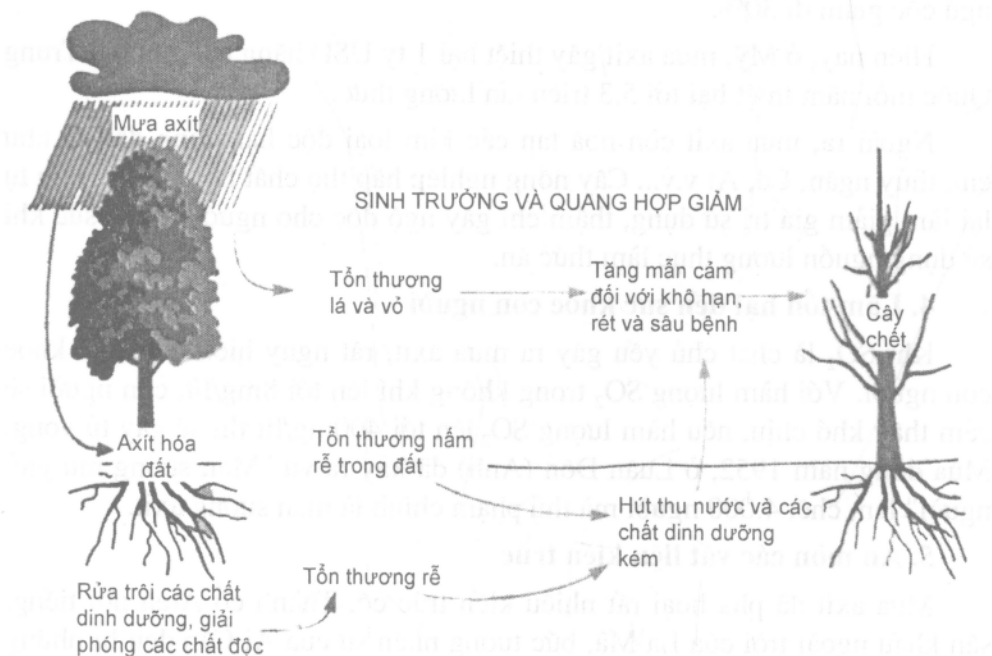
Mưa axit đã phá hoại rất nhiều kiến trúc cổ. Thành cổ Aten nổi tiếng, sân khấu ngoài trời của La Mã, bức tượng nhân sư của Ai Cập đều bị những trận mưa axit xâm thực.

Ở thành phố cổ Kracóp (Ba Lan) có 6.000 kiến trúc cổ có giá trị đang bị các trận mưa axit huỷ hoại. Một số tượng thánh đã không còn mặt mũi, một số tượng khác chỉ còn là một đồng đá. Lăng Thai Chi của Ấn Độ, Đại Giác đường thánh Paolô của Anh đã bị mưa axit phá huỷ. Pho tượng Phật lớn nhất thế giới ở Lạc Sơn (Trung Quốc) đã bị hư hỏng nhiều chỗ do tác dụng ăn

mòn của các trận mưa axit. Ngoài ra, mưa axit còn làm tăng nhanh độ ăn mòn đường ray xe lửa, cầu bằng kim loại, nhà cao tầng, công trường, hầm mỏ, dây cáp điện v.v... làm giảm tuổi thọ của chúng.

Theo dự báo, đến giữa thế kỷ XXI, hàm lượng khí SO_2 trong khí quyển sẽ tăng gấp đôi so với hiện nay. Ở Việt Nam đã xuất hiện mưa axit ở vùng bán đảo Cà Mau năm 1998.

Nhiệm vụ giảm thiểu mưa axit vô cùng cần thiết nhưng cũng gặp nhiều khó khăn, mặc dù nhiều nước đã rất cố gắng áp dụng các biện pháp giảm thiểu như tăng cường nghiên cứu và giám sát, khống chế việc thải các chất khí có chứa axit, trồng cây gây rừng v.v... nhưng mưa axit vẫn rất khó ngăn chặn. Bước vào thế kỷ XXI, tình hình có khả năng xấu hơn. Cuộc đấu tranh của loài người ngăn chặn thảm họa do chính con người gây ra còn nhiều gian khổ.



Hình 4.19. Minh họa quá trình mưa axit làm chết thực vật [25]

4.3.4. Lắng đọng axit – vấn đề toàn cầu [40]

1. Khái niệm lắng đọng axit

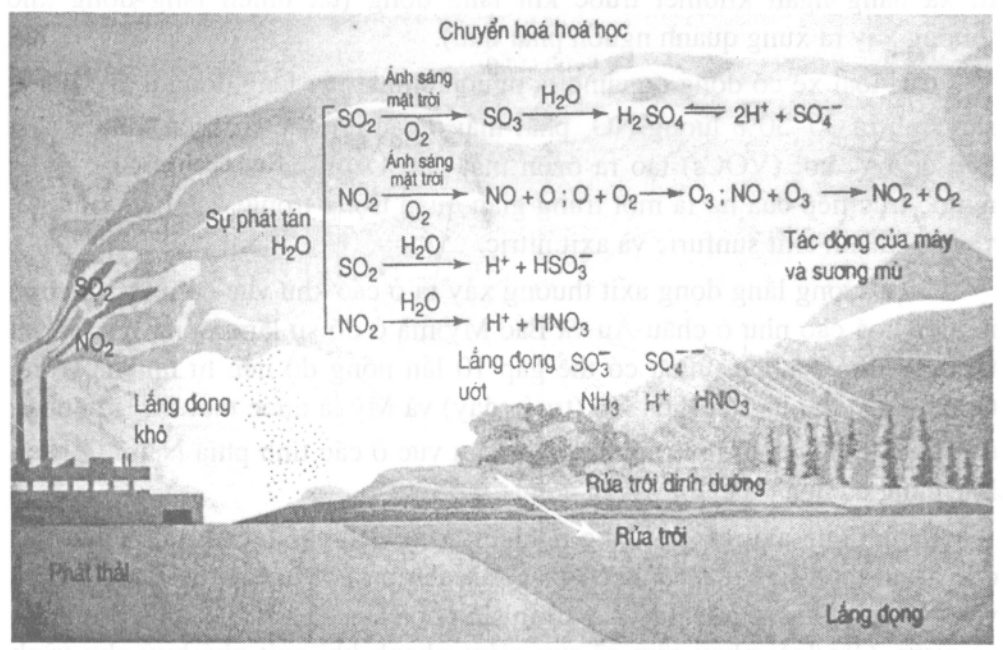
Lắng đọng axit (acid deposition) hiện đang là một trong những vấn đề nghiêm bản môi trường nghiêm trọng trên phạm vi toàn cầu.

Lắng đọng axit là một hiện tượng đã được phát hiện từ lâu, song được chú ý nhiều nhất từ khoảng những năm 80 cho tới nay do tác hại của chúng gây ra ở nhiều quốc gia, khu vực trên thế giới. Lắng đọng axit được tạo thành trong điều kiện khí quyển bị ô nhiễm do sự phát thải quá mức các khí SO_2 , NO_x từ các nguồn thải công nghiệp và có khả năng lan xa tới hàng trăm, hàng ngàn kilômét. Bởi vậy, nguồn phát thải sinh ra từ quốc gia này có thể ảnh hưởng tới nhiều quốc gia lân cận do sự chuyển động quy mô lớn trong khí quyển. Lắng đọng axit gây ra những hậu quả nghiêm trọng về người và của: làm hư hại mùa màng, giảm năng suất cây trồng, phá hủy các rừng cây, đe dọa cuộc sống của các loài sinh vật ở dưới nước và trên cạn, phá hoại các công trình kiến trúc, xây dựng, ảnh hưởng nghiêm trọng tới sức khỏe con người v.v... Thiệt hại hàng năm trên toàn cầu ước tính tới hàng tỷ USD Mỹ. Những tác động tiêu cực này thường kéo dài và khó khắc phục. Bởi vậy, hiện nay lắng đọng axit là vấn đề được toàn nhân loại quan tâm.

Thuật ngữ *lắng đọng axit* bao gồm cả hai hình thức:

Lắng đọng khô (dry deposition), gồm các dạng: khí (gases), hạt bụi (particulate) và sol khí (aerosol) có tính axit.

Lắng đọng ướt (wet deposition): thể hiện dưới nhiều dạng (trước đây thường gọi chung là mưa axit) như mưa, tuyết, sương mù, hơi nước có tính axit.



Hình 4.20. Sự tạo thành lắng đọng ở axit [25]

2. Các hoạt động liên quan đến lắng đọng axit trên thế giới, châu Á và ở Việt Nam

Trong những năm 70 của thế kỷ XX, ở châu Âu và Bắc Mỹ, sự phối hợp của các hoạt động quốc tế trên quy mô khu vực đã được thực hiện Công ước về ô nhiễm không khí xuyên biên giới phạm vi rộng (LRTAP- The Covention on Long Range Transboundary Air Pollution) đã được ký kết ở châu Âu vào năm 1979; tiếp theo là các Nghị định thư về cắt giảm SO_2 và NO_x cũng đã được các bên tham gia Công ước ký kết.

Hiện nay, quá trình công nghiệp hóa đang phát triển hết sức nhanh chóng ở khu vực châu Á – Thái Bình Dương. Vào thời điểm năm 1997, mức tăng trưởng kinh tế của hầu hết các nước trong vùng đạt từ 5 – 10% hàng năm, hệ quả là nền công nghiệp của vùng Đông Á đã đóng góp khoảng 1/3 tổng lượng khí thải của toàn cầu và có mức độ gia tăng lớn nhất trong các vùng trên Trái Đất.

Các nguồn ổn định như đốt than đá ở nhà máy điện, lò nấu kim loại, nồi hơi công nghiệp là các địa chỉ phát thải SO_2 và khoảng 35% NO_x . Các ống khói cao 300m phun các khí thải vào khí quyển mà phần lớn chuyển thành các hạt sunphat, nitrat; nếu gặp các gió thịnh hành chúng có thể được mang đi xa hàng ngàn kilômét trước khi lắng đọng (tất nhiên lắng đọng khó thường xảy ra xung quanh nguồn phát thải).

Các loại xe có động cơ cũng là nguồn chính gây lắng đọng axit. Chúng sản sinh ra 30–50% lượng NO_x phát thải ở các nước phát triển, nhiều chất hữu cơ bay hơi (VOCs) tạo ra ôzôn mặt đất. Ôzôn này cộng với tác dụng ngược trực tiếp của nó là một trung gian quan trọng trong việc biến đổi SO_2 và NO_x thành axit sunfuric và axit nitric.

Hiện tượng lắng đọng axit thường xảy ra ở các khu vực có mức độ công nghiệp hoá cao như ở châu Âu và Bắc Mỹ mà ở đó sự lắng đọng lưu huỳnh tại các vùng ô nhiễm nhất có thể gấp 10 lần nồng độ nền tự nhiên. Trung Quốc, nước thứ ba sau Liên Xô (trước đây) và Mỹ là nước thải SO_2 lớn nhất, đã bắt đầu chịu hậu quả của mưa axit khu vực ở các tỉnh phía Nam. Ở Nhật Bản cũng đã quan trắc thấy lắng đọng axit.

Lắng đọng axit có tác động nghiêm trọng đến các hệ sinh thái nước và đất. Theo thời gian, đất và nước mặt dần dần bị axit hoá. Mức axit hoá khi vượt quá ngưỡng sẽ phá huỷ quá trình sinh hoá của các cơ thể sống trong đất và nước. Các loài nhạy cảm sẽ suy giảm nhanh khi axit phá huỷ chu trình sinh sản của chúng. Ở Na Uy, hiện tượng axit hoá các sông có cá hồi đã làm

giảm một nửa sản lượng cá vào năm 1978 và phần còn lại bị giảm 40% sau 5 năm (1983).

Ở Đức, các khảo sát cho thấy tuy mức suy giảm của rừng có dấu hiệu giảm đi vào những năm 1989 nhưng vẫn còn khoảng 1/2 số cây bị thiệt hại do rụng lá. Ở nhiều nơi của Trung Âu và các nước cộng hoà vùng Baltic, thiên tai nghiêm trọng hơn và mức suy giảm rừng tăng lên. Ở Ba Lan, hơn 75% cây cối đã bị ảnh hưởng và mức thiệt hại tăng lên 10% vào giữa năm 1988 và 1989.

Sự suy giảm rừng cũng xảy ra ở Bắc Mỹ tuy mức độ có thấp hơn ở châu Âu. Các nghiên cứu mới đây đã xác định mưa axit là nguyên nhân chính gây chết loài vân sam đỏ ở núi Appalachian. Lắng đọng axit cũng gây chết loài mía ở Canada và Đông Bắc Mỹ. Ngoài gây thiệt hại đối với các hệ sinh thái, mưa axit còn huỷ hoại vật liệu đá và kim loại trong các công trình xây dựng, đặc biệt ở châu Âu, nhiều công trình di sản văn hoá, nghệ thuật đã bị huỷ hoại dần dưới tác động của mưa axit. Hiện nay các quốc gia này ngày càng quan tâm đến tác động đối với sức khoẻ do các sol khí axit gây ra từ sự biến đổi hoá học của SO_2 và NO_x trong khí quyển. Các sol khí axit ảnh hưởng xấu đến sức khoẻ thông qua sự tác động lên các bộ phận của hệ hô hấp, gây ra các bệnh như hen và viêm cuống phổi.

Mặc dù có nhiều tiến bộ trong kiểm soát các phát thải hình thành mưa axit ở một số nước, nhưng sự uy hiếp toàn cầu do mưa axit còn lâu mới vượt qua được. Thật vậy, mức độ mưa axit đã tăng nhanh ở châu Á. Các phát thải SO_2 đến năm 2010 sẽ tăng lên gấp 3 lần so với năm 1990 nếu xu thế hiện nay vẫn tiếp tục. Để giảm thiệt hại do mưa axit ở châu Á và để tránh thiệt hại nặng nề hơn trong tương lai, đòi hỏi phải đầu tư lớn trong kiểm soát như châu Âu và Bắc Mỹ đã làm.

Hiện nay, mưa axit đã xảy ra nhiều và đang được quan tâm nghiên cứu, theo dõi ở các nước đang phát triển, nhất là ở một số nước châu Á – Thái Bình Dương. Sự lắng đọng mưa axit đặc biệt cao đã xuất hiện ở Trung Quốc, Đông Bắc Ấn Độ, Thái Lan, Triều Tiên ở gần hoặc cuối hướng gió của các đô thị chính hoặc trung tâm công nghiệp. Nghiên cứu về sản lượng thông và sồi trong vùng bị mưa axit của Bắc Triều Tiên, cả ở thành thị và nông thôn cho thấy sự suy giảm về sản lượng đã gia tăng từ 1970 v.v...

Các thiệt hại này có thể phòng tránh được nếu các công nghệ kiểm soát, khống chế ô nhiễm hiện đại như máy lọc ống hơi (flue – gas scrubbers) được sử dụng rộng rãi và nếu các chất đốt có hàm lượng lưu huỳnh thấp được sử

dụng. Người ta đã tính được rằng, nếu dùng các công nghệ chống ô nhiễm có thể giảm lắng đọng axit đi 1/2 trong giai đoạn 1990 – 2020 ở châu Á mặc dù mức dùng năng lượng có thể tăng lên gấp 3 lần. Những chi phí cho bảo vệ môi trường là khá lớn, ước khoảng 90 tỷ USD/năm cho toàn vùng châu Á, tương đương 0,6% tổng sản phẩm quốc nội của vùng.

Tại Việt Nam, Trung tâm Giám sát lắng đọng axit quốc gia (do Viện Khí tượng Thủy văn – trực thuộc Tổng cục Khí tượng Thủy văn cũ, nay là Bộ Tài nguyên và Môi trường chủ trì) được giao nhiệm vụ phối hợp với các đơn vị liên quan ở trong và ngoài ngành để thực hiện việc giám sát lắng đọng axit thông qua các trạm giám sát môi trường cùng với các phòng thí nghiệm để phân tích các mẫu có liên quan.

Từ năm 2000 đến nay, Viện Khí tượng Thủy văn đã tiến hành giám sát lắng đọng axit tại 2 vị trí theo chương trình đã thống nhất với mạng lưới Giám sát lắng đọng axit Đông Á:

(1) Trạm Khí tượng ở Hà Nội (loại trạm đô thị): giám sát các thành phần lắng đọng khô và lắng đọng ướt.

(2) Trạm môi trường ở Hòa Bình (loại trạm nông thôn – miền núi): giám sát các thành phần lắng đọng khô và lắng đọng ướt.

Kết quả phân tích thành phần hoá học nước mưa tại các điểm quan trắc ở Việt Trì, Láng, Cúc Phương, Phù Liễn, Ninh Bình, Thanh Hoá cho thấy có hiện tượng lắng đọng axit ướt cục bộ, đã có các trận mưa có pH = 4,37; pH = 4,58. Đặc biệt, ở Phù Liễn năm 1991 đã xuất hiện độ pH trung bình tháng của nước mưa là 5,2; 5,4; 5,5; ở Cúc Phương năm 1990 trong các tháng 1, 2, 3, 4, 5, 10, độ pH = 5,1 – 5,91. Do cơ sở dữ liệu và mạng lưới quan trắc ít lại chưa tiêu biểu nên chưa thể đánh giá đầy đủ về sự lắng đọng axit, nhưng có điều chắc chắn là ở nước ta đã có dấu hiệu lắng đọng axit cục bộ.

Cuối năm 1993, ở khu vực thị trấn Nhà Bè, các xã Phú Xuân, Phú Mỹ và một số xã lân cận đã xuất hiện một trận mưa diện rộng 100km² có màu đen lục và mùi hôi, hàm lượng nitrit khá lớn, có nhiều tạp chất hữu cơ, lượng cặn không tan cao và sơ bộ có thể khẳng định trận mưa này đã bị axit hoá.

Báo cáo hiện trạng môi trường Việt Nam năm 1997 và 1998 cũng khẳng định rằng, có dấu hiệu mưa axit ở Lào Cai; ở phía nam có tại Minh Hải, Trà Vinh, Thành phố Hồ Chí Minh và phụ cận, Bình Dương, Đồng Tháp. So sánh số liệu 2 năm cũng cho thấy, hiện tượng này gia tăng. Ví dụ, ở xung quanh Nhà máy Supe Photphat Lâm Thao đất đã bị axit hoá (pH = 1,9 – 3,5).

CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 4

1. Trình bày cấu trúc phân tử của ôzôn trong khí quyển. Vai trò của ôzôn và đơn vị đo.
2. Tại sao nói tầng ôzôn bình lưu là lá chắn bảo vệ sự tồn tại và phát triển sự sống trên Trái Đất?
3. Trình bày quá trình quang hoá tạo thành và phân huỷ ôzôn trong khí quyển. Từ đó chỉ ra rằng, mật độ ôzôn tập trung chủ yếu ở tầng bình lưu và đạt cực đại ở độ cao nào?
4. Thiết lập phương trình vi phân mô tả quá trình vận chuyển và phân bố ôzôn trong khí quyển. Từ đó minh hoạ các sơ đồ phân bố của ôzôn theo không gian và thời gian.
5. Trình bày cơ chế suy giảm tầng ôzôn bình lưu và lỗ thủng tầng ôzôn. Nêu chỉ tiêu đánh giá lỗ thủng ôzôn. Trình bày các giả thiết về "đám mây vùng cực" và "các xoáy động lực vùng cực" gây ra sự suy giảm tầng ôzôn bình lưu.
6. Hãy kể tên những chất nhân tạo do hoạt động của con người tạo ra phát thải vào khí quyển làm suy giảm chất lượng tầng ôzôn bình lưu. Các giải pháp giảm thiểu nhằm bảo vệ tầng ôzôn.
7. Cơ chế hình thành ôzôn đối lưu (ôzôn mặt đất). Nếu nồng độ ôzôn mặt đất tăng lên thì có hại hay có lợi?
8. Trình bày nội dung chủ yếu của Chương trình quốc gia Việt Nam về bảo vệ ôzôn bình lưu và đối lưu.
9. Trình bày khái niệm và định nghĩa về hiệu ứng nhà kính.
10. Trình bày các tác động của hiệu ứng nhà kính, mối quan hệ của nó với biến đổi khí hậu toàn cầu và các giải pháp nhằm giảm thiểu sự gia tăng khí nhà kính.
11. Trình bày khái niệm và định nghĩa về mưa axit. Nguồn gốc và cơ chế hình thành mưa axit.
12. Khái niệm lắng đọng axit có những điểm gì giống và khác với mưa axit?
13. Trình bày tác hại của lắng đọng axit và các giải pháp giảm thiểu.

Chương 5

KIỂM SOÁT Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ

5.1. GIỚI THIỆU CHUNG

Ô nhiễm không khí là sự tồn tại của các vật chất nhân tạo có hại trong không khí với lượng đủ lớn để gây ra những tác động xấu đến đời sống con người và sinh vật [49]. Mặc dù định nghĩa này không giới hạn ô nhiễm không khí chỉ do con người gây ra, nhưng người ta vẫn thường xuyên chỉ nói về nó. Những chất không mong muốn này có thể gây tác hại cho sức khỏe con người, cây cối, đồ đạc, hoặc môi trường toàn cầu.

Rất nhiều vật chất độc hại đã xâm nhập vào bầu khí quyển từ những nguồn phát thải vượt quá khả năng kiểm soát của con người. Tuy nhiên, ở phần lớn những nơi tập trung dân cư đông đúc trên Trái Đất, đặc biệt là những nước công nghiệp phát triển thì nguồn gây ô nhiễm chính lại do các hoạt động của con người. Những hoạt động này lại có mối quan hệ chặt chẽ với việc tạo ra những vật liệu cơ bản cho cuộc sống của chúng ta nên hiếm khi được tính đến. Phương thuốc được đưa ra đối với phần lớn các nước công nghiệp phát triển là tiếp tục những hoạt động này và kiểm soát sự phát thải ô nhiễm không khí một cách nghiêm ngặt.

5.1.1. Một vài nét lịch sử của kiểm soát ô nhiễm không khí

Dù hoạt động kiểm soát ô nhiễm không khí đã có từ thế kỷ XIII [47], nhưng phần lớn những nỗ lực kiểm soát ô nhiễm của thế giới thật sự mới bắt đầu từ năm 1945. Trước đó, những vấn đề xã hội được ưu tiên hơn (và hiện vẫn là vấn đề ưu tiên tại các nước đang phát triển). Vào những năm 30 và 40 của thế kỷ XX, một nhà máy với ống khói thải ra cột khí dày đặc được coi là dấu hiệu của sự thịnh vượng, thậm chí một vài cơ quan Chính phủ đã sử dụng hình ảnh đó trong biểu tượng của cơ quan mình.

Trước năm 1945, những cố gắng để kiểm soát ô nhiễm không khí công nghiệp chỉ được thực hiện trực tiếp với những nhà máy phát thải ô nhiễm lớn mà những nhà máy này là nguyên nhân dẫn đến các vụ xung đột đối với các nhà máy bên cạnh. Mặc dù những hoạt động kiểm soát này không nằm trong chương trình hoạt động của chính phủ nhưng đã có sự lưu tâm với những vấn đề mang tính đe dọa hoặc gây tổn hại xấu. Khoảng giữa năm 1945 và 1969,

nhận thức về hoạt động kiểm soát ô nhiễm đã được nâng cao nhưng mới chỉ khởi đầu với sự cố gắng mang tính địa phương, đáng chú ý là ở Pittsburgh, Los Angeles và St.Louis ở nước Mỹ. Vào giữa năm 1963 và 1967, Chính phủ liên bang bắt đầu xem xét và liên kết các nỗ lực kiểm soát ô nhiễm không khí của các địa phương và các bang.

Đến năm 1969, 1970, nước Mỹ đã có kinh nghiệm trong hoạt động nhận thức về các vấn đề môi trường lớn. Vào năm 1968, vấn đề môi trường ít khi được đề cập trên những tờ báo lớn, nhưng nó đã trở thành câu chuyện hàng ngày trên cùng những tờ báo này vào năm 1970. Chính thời kỳ này đã cho ra đời những hành lang pháp lý về Chính sách Môi trường quốc gia và Luật Không khí sạch năm 1970, cả hai đạo luật này đã có hiệu quả bao quát và làm thay đổi sâu sắc cách giải quyết vấn đề ô nhiễm không khí ở nước Mỹ.

Lúc này, nhận thức về ô nhiễm không khí trên thế giới đã được nâng lên. Đây là một chủ đề vẫn đang được tranh luận, nhưng có một vài lý do thì rõ ràng. Nhiều hoạt động chống chiến tranh Việt Nam lúc đó đã bị làm lệch hướng đột ngột bằng hoạt động môi trường. Cùng thời điểm này, vụ tràn dầu của tàu Santa Barbara là một ví dụ dễ thấy lôi kéo mạnh mẽ giới truyền thông đại chúng và thu hút được sự quan tâm rộng rãi của người dân.

Mối quan tâm về môi trường thường được coi là một sự xa xỉ chỉ dành cho những quốc gia giàu có có khả năng như Mỹ. Đối với những người đang phải lo lắng cho bữa ăn hàng ngày, một mái nhà để trú thân hay có thể đang lo lắng cho việc chi trả thuốc chữa bệnh, thì ô nhiễm không khí dường như không quan trọng. Đối với những người mà các nhu cầu cơ bản đã tương đối thỏa mãn thì vấn đề ô nhiễm không khí có thể trở nên đáng quan tâm hơn, phần lớn họ là tầng lớp trung lưu trở lên, bao gồm rất nhiều sinh viên đại học. Có rất ít trong số đó những người nghèo khó hoặc những người đã sống qua thời kỳ Đại khủng hoảng kinh tế những năm 30.

Hơn nữa, khi những nguyên nhân chính gây tử vong lại là những bệnh truyền nhiễm như cúm, lao, sốt thương hàn, thì tác động của ô nhiễm không khí tới sức khỏe thường chậm và được tích lũy nên hiếm khi được quan sát. Khi chúng ta đã tìm ra được cách chữa trị những căn bệnh này, tuổi thọ được nâng cao, con người lại phải đối mặt với những căn bệnh mãn tính như xơ vữa mạch, bệnh tim, đột quỵ, khí thũng, ung thư – những căn bệnh này gắn liền với các yếu tố môi trường, bao gồm cả ô nhiễm không khí.

Một sự quan sát tương tự cũng được thực hiện với khói thuốc. Trước khi chúng ta tìm được cách điều trị những bệnh lây nhiễm, khói thuốc có tác động

ít đối với toàn bộ tuổi thọ của chúng ta. Giờ đây, những nguyên nhân gây tử vong trên đã thực sự được loại bỏ, chúng ta đã sống lâu hơn đủ để nhận ra những tác động của khói thuốc đến tuổi thọ. Ô nhiễm không khí cũng vậy.

Vào cuối những năm 80 của thế kỷ XX, một chủ đề mới được đề cập là phạm vi hoạt động của ô nhiễm không khí: ô nhiễm không khí toàn cầu. Trước đó, ô nhiễm môi trường không khí được nhìn nhận là những vấn đề mang tính cục bộ địa phương. Những chất ô nhiễm được quan tâm có thời gian tồn tại trong không khí ngắn hoặc lượng phát thải nhỏ đến mức chúng không được xem như là một vấn đề khi chúng vượt ra xa khỏi nơi phát thải. Do đó, một cách logic, chúng được dành cho chính quyền các địa phương tự giải quyết (ví dụ, một nhà máy gây ra nhiều mùi hôi hám trong khi lại tạo ra công ăn việc làm thì cuộc xung đột giữa người quan tâm tới lợi ích kinh tế mà nhà máy đem lại với những người thường xuyên phải chịu đựng mùi từ nhà máy có thể trở thành chủ đề tranh luận trong cuộc tranh cãi địa phương).

Trong thời gian này, ba vấn đề nổi lên liên quan đến những chất ô nhiễm tồn tại lâu và những chất ô nhiễm được vận chuyển đi xa trước khi chúng kịp gây ra thiệt hại bao gồm: mưa axit, phá hủy tầng ôzôn bởi chất CFC và sự gia tăng khí CO₂ trong bầu khí quyển. Hệ thống luật pháp và cơ cấu hành chính đã phát triển trong những năm 70 của thế kỷ XX để giải quyết các vấn đề ô nhiễm không khí của địa phương dường như không hữu hiệu để giải quyết những vấn đề mang tính quốc tế hoặc toàn cầu.

5.1.2. Loại bỏ không khí bẩn hay kiểm soát phát thải

Để trả lời câu hỏi này, chúng ta xét một ví dụ được trình bày trong [47].

Vịnh Los Angeles rộng 4083 dặm vuông, chứa một lớp không khí ô nhiễm dày 2.000 ft. Một giải pháp được đưa ra là sẽ bơm luồng không khí bẩn này đi xa.

Giả sử, chúng ta mong muốn đẩy không khí bẩn này ra xa khỏi vịnh Los Angeles 50 dặm mỗi ngày đến sa mạc gần Palm Springs (giả sử cư dân ở đó không phàn nàn gì). Giả sử rằng, vận tốc trung bình của ống dẫn là 40 ft/giây. Hãy đánh giá mức yêu cầu cần thiết kể của đường kính ống dẫn này.

Tỷ lệ thổi yêu cầu là:

$$Q = \frac{AII}{\Delta t} = \frac{4083 \text{mi}^2 \times 2000 \text{ft}}{24 \text{h}} \times \frac{(5280 \text{ft} / \text{mi})^2}{3600 \text{s} / \text{h}}$$

$$= 2,63 \times 10^9 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}} = 7,47 \times 10^7 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Yêu cầu của đường kính ống dẫn là:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \times 2,63 \times 10^9 \text{ ft}^3 / \text{s}}{\pi \times 40 \text{ ft} / \text{s}}} = 9.158 \text{ ft} = 2.791 \text{ m}$$

Đường kính này bằng khoảng 6 lần chiều cao của những kiến trúc nhân tạo cao nhất. Nó vượt ra ngoài khả năng thiết kế và chế tạo hiện có. Tính toán tương tự, năng lượng cần để vận hành vượt quá tổng điện năng được tạo ra của lưu vực Los Angeles. Điều này lại càng không có tính khả thi để thực hiện phương pháp bơm không khí ô nhiễm đi xa, mặc dù biện pháp này thực sự đã được tính đến. Thay vào đó, chúng ta phải giải quyết vấn đề này bằng cách giảm lượng phát thải có tính khả thi hơn.

Bảng 5.1 đưa ra sự đánh giá phát thải quốc gia từ các nguồn ô nhiễm nhân tạo lớn nhất ở Mỹ năm 1991. Từ bảng này cho thấy:

- Có 6 nguồn gây ô nhiễm riêng lẻ được kiểm soát lớn nhất tại Mỹ.
- Một số nguồn thải từ các phương tiện giao thông (ô tô, xe cộ), số còn lại chủ yếu từ các nguồn thải công nghiệp.
- Từ năm 1982 – 1991, Mỹ đã có những tiến bộ đáng chú ý trong việc giảm sự phát thải chì (chủ yếu do đã loại bỏ chì khỏi xăng) và những nguồn ô nhiễm chủ yếu khác. Sự phát thải ô nhiễm không khí có thể biểu diễn bằng mối quan hệ sau:

$$\text{Phát thải ô nhiễm không khí} = \text{Dân số} \times \text{Hoạt động kinh tế của mỗi người} \times \text{Mức phát thải tính trên mỗi đơn vị hoạt động kinh tế.} \quad (5.1)$$

Bảng 5.1. Đánh giá phát thải quốc gia ở Mỹ năm 1991

Đơn vị: Triệu tấn/năm

Nguồn	PM ₁₀	SO _x	CO	NO _x	VOCs	Pb
Giao thông	1,51	0,99	43,49	7,26	5,08	0,00162
Đốt cháy nhiên liệu	1,10	16,55	4,67	10,59	0,67	0,00045
Công nghiệp chế biến	1,84	3,16	4,69	0,60	7,86	0,00221
Chôn lấp chất thải rắn	0,26	0,02	2,06	0,10	0,69	0,00069
Hỗn hợp	0,73	0,01	7,18	0,21	2,59	0,00000
Tổng số	5,44	20,73	62,09	18,76	16,89	0,00497
% so với tổng số năm 1982	97%	101%	69%	92%	87%	9,5%

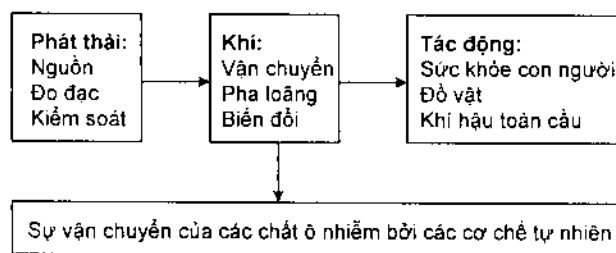
Ghi chú: PM₁₀ = chất đặc biệt ≤ 10µm; VOCs – chất hữu cơ dễ bay hơi.

Kể từ giai đoạn nhận thức về môi trường được quan tâm những năm 1969 – 1970, dân số nước Mỹ tăng đều đặn và hoạt động kinh tế tiếp tục phát triển nhưng mức phát thải tính trên một đơn vị hoạt động kinh tế thì giảm dần bởi những chương trình kiểm soát phát thải nghiêm ngặt. Do đó, ở hầu hết các nơi trên nước Mỹ, mức phát thải và nồng độ của phần lớn chất ô nhiễm đo đạc được trong không khí đã giảm xuống trong khoảng từ năm 1970 – 1993. Nhìn chung, việc lắp đặt thiết bị kiểm soát ô nhiễm nhằm làm giảm nồng độ các chất ô nhiễm trong không khí đã mang lại hiệu quả.

5.1.3. Phát thải, di chuyển, tiếp nhận

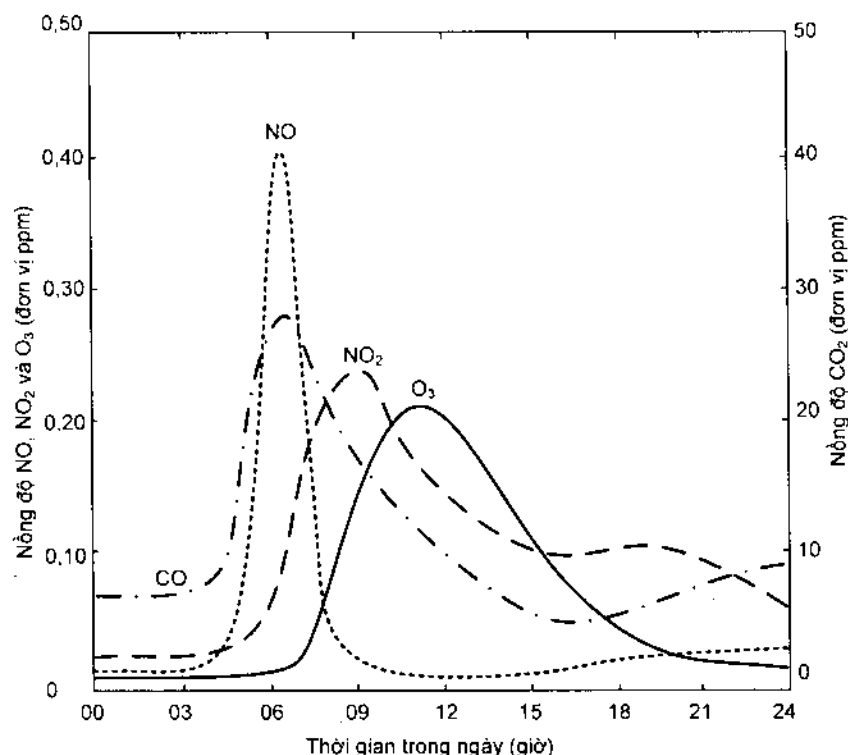
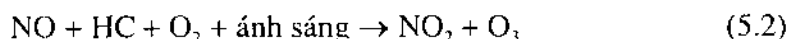
Hình 5.1 là sơ đồ của một chu trình ô nhiễm không khí. Các chất ô nhiễm được vận chuyển, pha loãng và bị biến đổi hóa học hoặc biến đổi vật lý trong không khí, cuối cùng đã đến được một số nơi tiếp nhận, nơi mà chúng gây ra các tác hại cho sức khỏe và đồ vật hoặc một số thành phần khác của môi trường.

Hình 5.1 cũng chỉ ra những lý do chủ yếu tại sao mà ô nhiễm không khí khác với ô nhiễm nước và vệ sinh công nghiệp. Để mô tả ô nhiễm nước thì thay mục vận chuyển không khí bằng mục nước ngầm hay bay hơi. Các cơ chế này thực sự phức tạp, nhưng không phức tạp như sự vận chuyển của không khí. Hầu hết các chất hóa học hoặc sinh học trong các chất ô nhiễm nước đều gây tác động có hại. Điều này không hoàn toàn đúng với ô nhiễm không khí: rất nhiều chất ô nhiễm chính lại hình thành trong bầu khí quyển và được gọi là *chất ô nhiễm thứ cấp* để phân biệt với các tiền thân của chúng – *chất ô nhiễm sơ cấp*. Chuyên gia vệ sinh công nghiệp, những người chịu trách nhiệm bảo vệ công nhân trong nhà máy và ở những nơi làm việc khác thường quan tâm đến sự phát thải như các kỹ sư kiểm soát ô nhiễm không khí, nhưng họ xác định được dễ dàng hơn sự phát thải đến những tác động, nên hiếm khi giải quyết được các chất ô nhiễm thứ cấp.



Hình 5.1. Chu trình ô nhiễm không khí, mối liên quan giữa phát thải, vận chuyển, pha loãng, biến đổi và tác động

Hình 5.2 thể hiện nồng độ trung bình của 4 loại khí ô nhiễm trong một ngày ở Los Angeles. NO và CO là những chất ô nhiễm sơ cấp, phần lớn do ô tô thải ra (tương tự như hydrocacbon (HC), khí này không có trong hình vẽ). Cực đại của nồng độ khí CO và NO lần lượt xảy ra trong suốt buổi sáng. NO₂ và O₃ là những chất ô nhiễm thứ cấp trong không khí được tạo ra bởi các phản ứng phức tạp, tóm tắt như sau:



Hình 5.2. Đường cong nồng độ một số chất ô nhiễm ở Los Angeles, California, ngày 19/7/1965

Theo dõi quá trình biến đổi $\text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{O}_3$ và những vấn đề quan trọng khác của CO, khí này không trải qua các quá trình hóa học nhanh chóng trong khí quyển.

Cực đại nồng độ khí NO₂ xảy ra trước đỉnh của O₃ vì đó là phản ứng nối tiếp, mà những phản ứng này phức tạp hơn nhiều so với sự đơn giản hóa của phương trình (5.2), NO₂ được sinh ra trước, sau đó là O₃. Cực đại của nồng độ khí CO, ứng với thước chia độ ở bên phải đồ thị, gấp khoảng 70 lần cực đại của nồng độ khí NO, thì không xuống nhanh như cực đại của NO, bởi vì nồng độ của CO chỉ có thể giảm bởi sự hòa loãng và pha trộn của không khí,

trong khi NO ngoài giảm do hai nguyên nhân trên còn giảm do phản ứng hóa học theo phương trình (5.2). Buổi chiều, sự tạo thành khí NO và CO cũng lần lượt tăng lên, nhưng nồng độ đo được thì không lớn bằng các cực đại của buổi sáng vì buổi chiều có tốc độ gió trung bình lớn hơn và sự pha trộn của không khí mạnh hơn so với buổi sáng, do đó tạo ra sự hòa loãng nhanh hơn. Tương tự, các cực đại nồng độ O_3 cao nhất thường xảy ra vào khoảng 30 – 60 dặm cuối chiều gió ở những nơi mà có sự phát thải của NO_2 và HIC vào buổi sáng lớn nhất và khối không khí ô nhiễm có thể bị đưa ra xa trong ngày. Do đó, mọi kế hoạch kiểm soát các chất ô nhiễm này phải tính toán để mô tả được các chất ô nhiễm xấu nhất có thể xảy ra ở nhiều nước, bang, thành phố khác nhau từ những nguồn phát thải chính.

5.2. LUẬT VÀ NHỮNG QUY ĐỊNH VỀ KIỂM SOÁT Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ, NGUYÊN TẮC KIỂM SOÁT Ô NHIỄM

Hầu hết các hành động kiểm soát ô nhiễm môi trường không khí đều được tiến hành theo luật pháp quy định cụ thể với các luật định dự kiến. Các luật lệ và quy định này đều thay đổi theo thời gian. Phần này tập trung thảo luận cấu trúc cơ bản về các luật lệ và quy định kiểm soát ô nhiễm môi trường không khí tại Mỹ để làm ví dụ.

5.2.1. Các quy định và luật kiểm soát ô nhiễm không khí

Hầu hết các kỹ sư và thiết bị phục vụ công việc kiểm soát ô nhiễm môi trường không khí đều phải được cấp giấy phép phù hợp với luật pháp. Các nhà máy quan trọng như nghiền thép, nấu đồng, sản xuất hóa chất bảo vệ thực vật đều phải có giấy phép hoạt động. Giấy phép này được cấp có thẩm quyền tương ứng như địa phương, Nhà nước cấp phép, thông thường các giấy phép này đều phải ghi câu: *"Mức độ phân tán chất ô nhiễm X vào trong môi trường không khí từ công đoạn sản xuất chính tại nhà máy Y sẽ không vượt quá giá trị Z kg/h" đối với từng phân đoạn của dây chuyền sản xuất*". Bên cạnh đó, còn kèm theo các thông tin về hiện trạng kiểm soát môi trường, các thông báo phát tán chất ô nhiễm vùng phụ cận, các kiểm tra, đánh giá và nhiều dữ liệu công bố khác. Một ví dụ điển hình ở Mỹ về việc cấp phép hợp lệ cho các loại giấy phép hoạt động dạng này được chỉ ra cụ thể ở hình 5.3. [47].

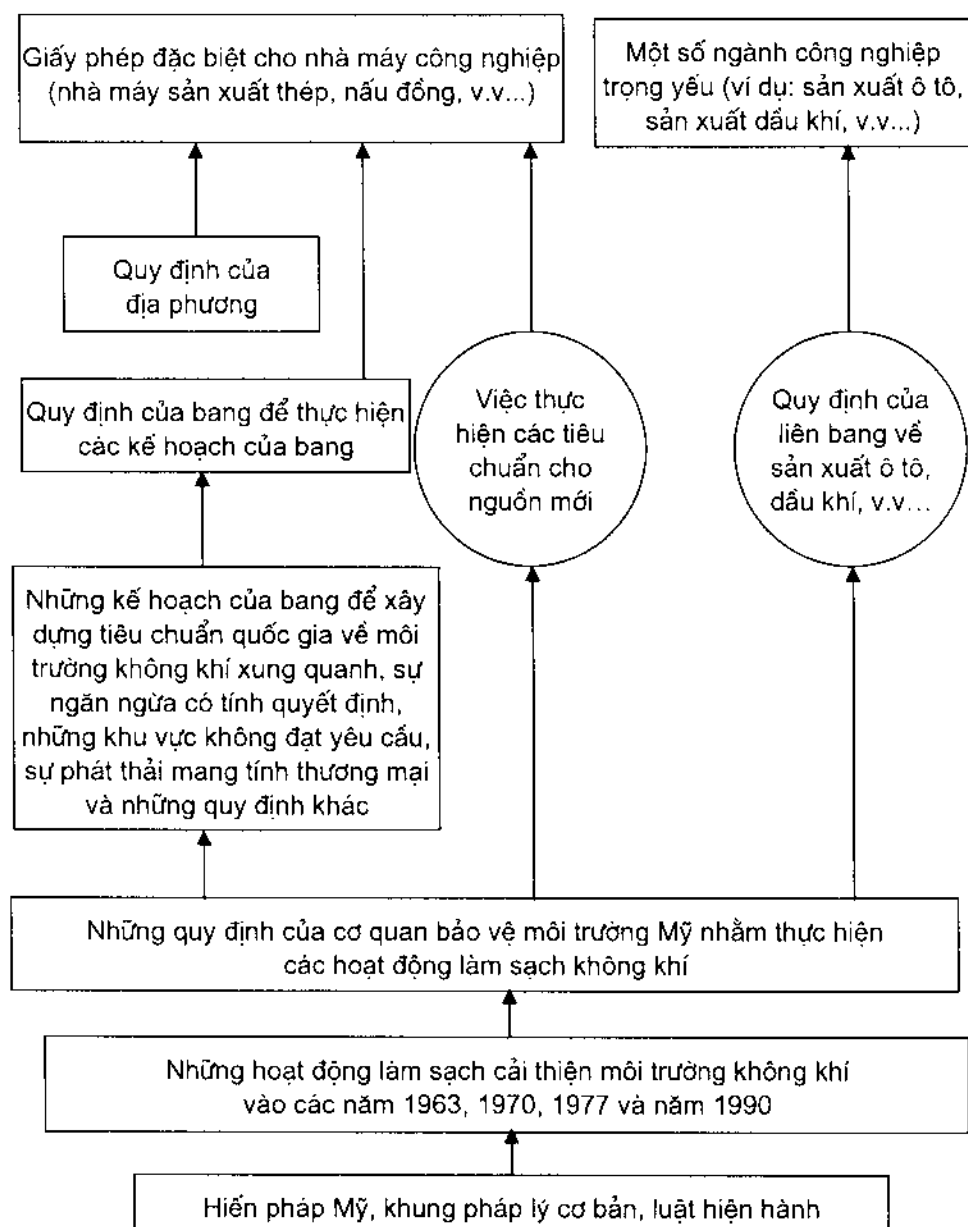
Việc thay đổi, cải tiến các quy định này được dựa trên cơ sở Hiến pháp của mỗi nước thông qua cơ sở luật pháp và một loạt các hệ thống đo đạc, đánh giá, các quy định pháp luật phổ biến khác. Ví dụ, hành động vì một môi trường xanh, sạch năm 1963 – đã được sửa đổi năm 1970, 1977 và 1990

sau khi được Quốc hội thông qua và được Tổng thống ký, đưa ra cơ sở pháp luật cho việc hình thành các luật lệ kiểm soát ô nhiễm môi trường không khí tại Mỹ. Hiệp hội Bảo vệ môi trường Mỹ (EPA) chịu trách nhiệm ấn hành các luật lệ chi tiết và chỉ rõ cách thức sử dụng các điều khoản trong luật này. Các điều khoản trong luật là các vấn đề cộng đồng đang phải đối mặt với công chúng, đều do OMB đưa ra và sửa đổi. Khi được sử dụng trong xem xét, đánh giá thì chúng được pháp luật bảo vệ. Một số quy định trong điều khoản này (NSPS và NESHAPS sẽ được trình bày chi tiết ở phần dưới đây) đã được áp dụng rộng rãi trên phạm vi toàn thế giới. Các quy định theo EPA khi tiến hành tại địa phương sẽ được tiến hành trực tiếp khá thuận tiện.

Những phần khác của các quy định này sẽ được giới thiệu chi tiết đến từng quốc gia về cách thức sắp xếp bố trí theo các quy định của SIPs khi tiến hành kiểm tra, đánh giá sự ô nhiễm môi trường không khí trong từng quốc gia. Các kế hoạch này phải được tiến hành rộng khắp ra cộng đồng và áp dụng có hiệu quả trong nhiều quốc gia khác nhau trên phạm vi toàn cầu. Sau đó tiến hành thu thập, xử lý và đưa vào hệ thống quản lý EPA. Dựa trên các giá trị SIPs của từng quốc gia mà quốc gia đó tiến hành chuẩn bị các quy định và bao hàm cả việc biên soạn các hướng dẫn chi tiết cho việc tiến hành quy định đó đối với các nhà máy sản xuất trong quốc gia đó. Quy định của Chính phủ thường bao hàm cả các quy định cơ sở trực tiếp (NSPS, NESHAP) và thậm chí có thể bao hàm các quy định có giá trị của địa phương.

Một số sản phẩm có tính phổ biến rộng khắp như automobile và gasoline đều được đặt dưới sự kiểm soát chặt chẽ bằng các quy định trực tiếp của EPA. Kế hoạch sản xuất sản phẩm automobile phải được sự cấp phép của chính phủ nhằm giảm thiểu sự phát tán các loại chất thải vào môi trường không khí chung và các nhà máy này đều phải được cấp một giấy chứng nhận của EPA về vấn đề môi trường, toàn bộ quy trình sản xuất của nhà máy phải đảm bảo không phát tán các chất thải vào môi trường không khí ở nồng độ vượt ngưỡng tiêu chuẩn.

Nói chung, các quy định riêng lẻ thường có tính pháp lý không như các quy định và luật lệ. Các quy định riêng lẻ này thường được ban hành và kiểm soát bởi các tổ chức chính quyền địa phương thông qua các quy định, luật an toàn giao thông quốc gia, luật tự động thanh tra, kiểm soát hiện trạng phát thải các chất gây ô nhiễm môi trường không khí của bất kỳ một cơ sở sản xuất nào trong vùng của địa phương. Bên cạnh đó vấn đề này còn được thực hiện nhờ các quy định của chính các nhà máy tham gia vào hoạt động sản xuất kinh doanh trên toàn quốc gia và toàn vùng lãnh thổ nhất định, đặc biệt là các nhà máy sản xuất và kinh doanh hai loại mặt hàng trên.



Hình 5.3. Sơ đồ cơ quan hành pháp/quyền hành pháp trong việc cấp phép hoạt động kiểm soát ô nhiễm không khí tại Mỹ

SIP – Lập kế hoạch thực hiện của bang;

NAAQS – Các tiêu chuẩn quốc gia về chất lượng môi trường không khí xung quanh;

PSD – Ngăn chặn sự suy giảm nghiêm trọng/sự ô nhiễm nghiêm trọng;

NSPS – Các tiêu chuẩn thực hiện cho nguồn mới; NESHAP – Tiêu chuẩn quốc gia về nguồn phát thải cho các chất ô nhiễm không khí độc hại.

5.2.2. Nguyên tắc kiểm soát ô nhiễm không khí

Điều mong đợi lớn nhất của chúng ta là có một môi trường không khí hoàn toàn không bị ô nhiễm và không phải dành ngân sách để giải quyết các vấn đề liên quan đến môi trường ô nhiễm đó. Hành động kiểm soát môi trường là cơ sở cho việc kiến tạo các ý tưởng trong công tác xác định mức độ sạch hay bẩn của môi trường, chi phí đầu tư, cải tiến và việc phân phối các nguồn đầu tư đó. Chính các ý tưởng này là cơ sở cho việc xây dựng các quy định và luật lệ bảo vệ môi trường ở mỗi quốc gia.

Các quy định cụ thể có thể được xem xét tỉ mỉ hoặc không chặt chẽ. Khi đó, một trong các quy định, luật lệ nghiêm ngặt hoặc chưa nghiêm ngặt đó sẽ được áp dụng vào trong các hoạt động cụ thể, tùy thuộc vào mục đích kiểm soát ô nhiễm môi trường không khí ở mức độ nào. *Người ta cho rằng, một hành động kiểm soát sự ô nhiễm môi trường không khí được xem là hoàn hảo nhất khi nó có giá trị về mặt kinh tế, đơn giản, hiệu quả, linh động và tiên tiến. Các hành động bảo vệ môi trường hiệu quả đòi hỏi phải có hiệu quả kinh tế lớn nhất, ít thiệt hại và tổn thất.* Một hành động bảo vệ môi trường đơn giản và thực thi thuận tiện phải được triển khai và truyền bá một cách đơn giản mà mang lại hiệu quả cao, tuy nhiên không nhất thiết phải đúng đến từng chi tiết theo các quy định và luật lệ các cấp. Các hành động kiểm soát này giúp chúng ta có được cách nhìn thấu đáo hơn trong quá trình lựa chọn, phát triển công nghệ trong và ngoài nước, nhằm đảm bảo phát thải ở mức độ thấp nhất các chất gây ô nhiễm môi trường không khí.

5.2.3. Bốn quan điểm trong hệ thống kiểm soát

1. Quan điểm về tiêu chuẩn phát thải (các loại nguồn thải)

Ý tưởng về quan điểm tiêu chuẩn phát thải là mức kiểm soát nghiêm ngặt các nguồn thải lớn nhất có thể xảy ra. Mức phát thải này thay đổi theo các loại hình phát thải nhưng cũng có thể xác định cho mỗi loại hình này. Nếu mức độ phát thải của mỗi loại hình thải được kiểm soát thì yêu cầu các nguồn thải tương ứng trong từng loại hình phát thải cũng được hạn chế ở mức phát thải tối thiểu. Vì mức phát thải và độ trong sạch của không khí liên quan hữu cơ với nhau, nên nếu như quan điểm này được thực hiện chặt chẽ thì chúng ta sẽ có môi trường không khí xanh sạch.

Ví dụ, ứng dụng các quan điểm này trên phạm vi rộng lớn đối với các ngành sản xuất liên quan đến kiểm ở Anh đã được bắt đầu từ năm 1863. Tại giai đoạn đầu của quá trình, sản phẩm phụ HCl được thải ra từ ống khói nhà

máy giống như hơi nước hay sương mù. Sự phát thải này đã ảnh hưởng đến các thảm thực vật cuối hướng gió và dẫn đến các mâu thuẫn liên quan đến các vấn đề về pháp luật. Qua đó đã hình thành các nhóm thanh tra về kiểm, nhiệm vụ của họ là thanh tra thường xuyên các nhà máy liên quan đến kiểm và tìm ra công nghệ ưu việt nhất nhằm giảm thiểu các chất gây ô nhiễm không khí. Sau một số kỹ thuật được áp dụng thành công, thanh tra bắt buộc tất cả các nhà máy phải áp dụng kỹ thuật này. Vì thế, việc hạn chế phát thải hiệu quả hơn khi các công nghệ giảm thiểu ô nhiễm được cải thiện, và mỗi nguồn thải trong từng loại hình phát thải bắt buộc đạt cùng một mức hạn chế phát thải như nhau như nguồn thải sạch nhất. Ứng dụng này được gọi là *công nghệ sạch nhất* của tiêu chuẩn phát thải vì tất cả các nguồn thải của từng loại hình thải yêu cầu áp dụng công nghệ tốt nhất để kiểm soát sự phát thải. Trong loại hình này, nhìn chung không quy định mức phát thải cụ thể hay việc kiểm tra phát thải.

Tiếp cận công nghệ tốt nhất vẫn được sử dụng rộng rãi, một số nơi áp dụng mức phát thải tính theo pound/giờ có thể khó khăn. Ví dụ, quy định của liên bang đối với các thùng chứa xăng lớn là phải có mái che được thiết kế đúng và có dán nhãn bảo dưỡng tốt, tương tự như vậy tại hầu hết các bang yêu cầu các trạm xăng áp dụng biện pháp thu hồi hơi, đối với bể chứa ngầm và các xe tải vận chuyển phải đạt yêu cầu nhằm giảm thiểu mức phát thải trong quá trình vận chuyển. Quy định này cũng bao gồm các miêu tả về kỹ thuật của thiết bị, cách thức hoạt động và quy trình bảo dưỡng.

Cấm đốt các bãi rác và chất thải nông nghiệp lộ thiên là một loại tiêu chuẩn phát thải, bởi vì đốt lộ thiên tạo ra nhiều chất ô nhiễm không khí hơn bãi rác, lò thiêu sống, tái chế hay làm phân hữu cơ. Thông qua việc cấm này bắt buộc chủ phát thải phải sử dụng công nghệ tiên tiến hơn.

Các nguồn phát thải từ ống khói tàu hỏa, ống khói xe ô tô, đặc biệt từ các ống khói lò than là các dấu hiệu phát thải chất ô nhiễm không khí. Quy định hạn chế những nguồn thải này là một dạng của tiêu chuẩn phát thải. Việc kiểm tra các loại hình thải này là biện pháp được áp dụng rộng rãi, nhanh chóng và rẻ tiền để kiểm soát sự phát thải và thực thi quy định.

Hàm lượng khí sunfua và xăng nhiên liệu cũng có trong các tiêu chuẩn phát thải, bởi vì hầu hết các khí sunfua trong nhiên liệu đều thải vào khí quyển, ví dụ như SO_2 ; Olefin ảnh hưởng nhiều đến việc hình thành khói quang hóa hơn cân bằng lượng HC.

Tiêu chuẩn phát thải là một loại tiêu chuẩn đồ sộ. Ví dụ, theo quy định của EPA Mỹ hiện nay, các nhà máy nhiệt điện được xây dựng sau tháng 9

năm 1978 không được phép phát thải vào bầu khí quyển các phân tử nặng hơn 0,03 pound trên 10^6 Btu nhiên liệu được đốt.

Tất cả các loại tiêu chuẩn phát thải có cùng một quan điểm: có một số mức kiểm soát phát thải phù hợp để áp dụng cho tất cả các nguồn thải của từng loại hình thải. Quan điểm này là ý tưởng cơ bản của hầu hết các hoạt động kiểm soát ô nhiễm trong thế giới công nghiệp từ năm 1863 – 1970.

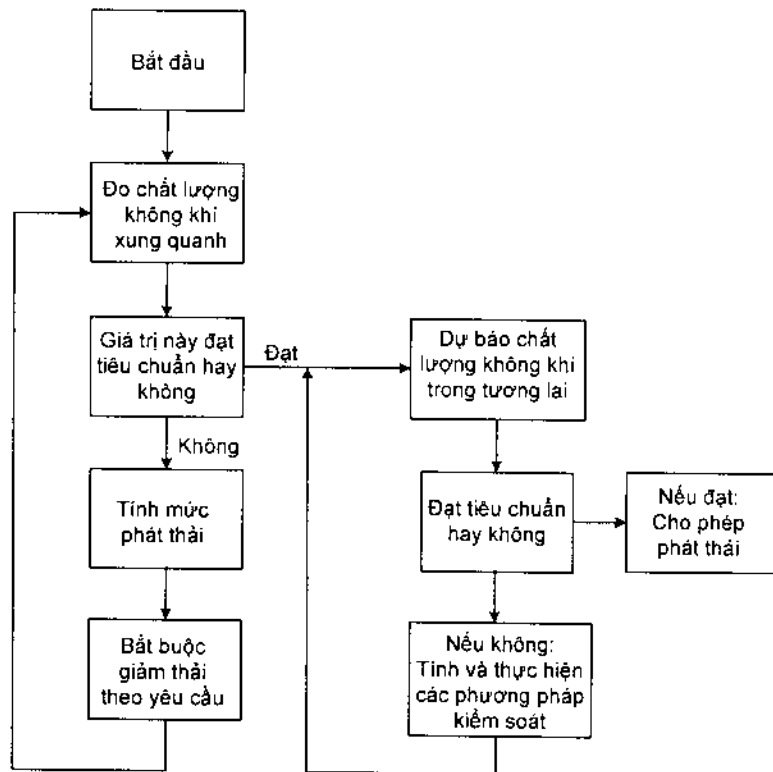
Cần lưu ý rằng, tính hiệu quả của tiêu chuẩn phát thải là không thích hợp, nếu chúng ta áp dụng các tiêu chuẩn phát thải một cách chặt chẽ cho toàn bộ các loại hình phát thải đối với tất cả các vùng xa xôi, khu công nghiệp và những vùng bị ô nhiễm nặng với cùng một tiêu chuẩn. Nếu các tiêu chuẩn này được nới lỏng cho tất cả các đối tượng tại các vùng khác nhau, kể cả những đối tượng phát thải lớn thì khó có thể kiểm soát mức độ tác động đến các vùng xung quanh. Hậu quả này là tất yếu từ việc áp dụng tiêu chuẩn chung cho cả khu vực dân cư đông đúc và thưa thớt. Các tiêu chuẩn phát thải về khí thải công nghiệp của Việt Nam 5939–5940/2005 là một minh chứng cho việc khắc phục các hạn chế nêu trên.

2. Quan điểm về tiêu chuẩn chất lượng không khí xung quanh

Nếu quan điểm tiêu chuẩn phát thải theo logic là phải đạt được “chất lượng không khí sạch nhất”, thì quan điểm về tiêu chuẩn chất lượng không khí theo logic sẽ có mức ảnh hưởng bằng không. Ở phần trên chúng ta đã nói đến giá trị ngưỡng và mức độ tác động có thể ảnh hưởng. Quan điểm về tiêu chuẩn chất lượng không khí dựa vào giả thiết rằng tình huống cho tất cả các chất ô nhiễm là ngưỡng giá trị được xác lập cụ thể.

Khi áp dụng quan điểm này, nếu nồng độ chất ô nhiễm đo đạc thực tế hoặc dự đoán vượt tiêu chuẩn cho phép thì phải áp dụng ngay các biện pháp để giảm thiểu đến mức cho phép. Quyết định cuối cùng là phải giảm bao nhiêu phụ thuộc vào cách ước tính mối quan hệ giữa nồng độ phát thải và chất lượng không khí xung quanh theo mô hình đánh giá chất lượng không khí.

Tương quan giữa sự phát thải và chất lượng không khí tại một số vị trí phụ thuộc vào sự biến đổi của các yếu tố khí tượng cũng như của các chất ô nhiễm dưới tác dụng của các phản ứng hoá học và các quá trình liên kết của chất ô nhiễm với các chất khác có mặt trong khí quyển. Mô hình quản lý chất lượng không khí xung quanh theo tiêu chuẩn được trình bày ở hình 5.4.



Hình 5.4. Mô hình quản lý chất lượng không khí xung quanh theo tiêu chuẩn

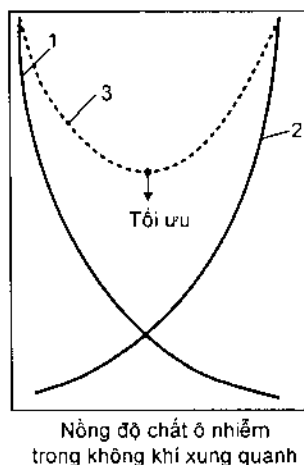
3. Quan điểm về thuế phát thải

Thuế phát thải được đánh thuế theo mức phát thải của các nguồn ô nhiễm chính. Ví dụ, X đồng cho mỗi chất ô nhiễm, Y đồng cho tất cả các nguồn phát thải. Mức thuế này nhằm cảnh báo việc lắp đặt các thiết bị kiểm soát ô nhiễm là có lợi ích hơn việc phải đóng thuế.

Nếu áp dụng thuế phát thải thì có khả năng dẫn đến hai kết quả: Thứ nhất, mức kiểm soát phát thải của mỗi công ty trở thành các quyết định có tính chất kinh tế. Trong hai quan điểm đã được nêu trước đó, nếu các công ty thuyết phục được việc kiểm soát ít chặt chẽ hơn, thì họ có thể tiết kiệm được tiền và có lợi nhuận trong cạnh tranh. Thứ hai, thuế phát thải sẽ giảm sự tập trung cho các nguồn kiểm soát ô nhiễm, khi đó các hoạt động của nguồn thải nhỏ nhận thấy việc nộp thuế là kinh tế hơn so với việc đầu tư các thiết bị xử lý ô nhiễm, còn các công ty lớn thấy rằng nên lắp đặt các thiết bị xử lý ô nhiễm kinh tế hơn.

4. Quan điểm về chi phí lợi ích

Cách tiếp cận chi phí lợi ích giả thiết rằng không có ngưỡng ô nhiễm hoặc nếu có thì cũng không thể nỗ lực đạt được mức không khí sạch. Do vậy, chúng ta phải chấp nhận một mức ô nhiễm không khí ảnh hưởng đến sức khỏe người dân tại một số khu vực. Quan điểm này đề xuất một hình thức hợp lý giữa mức thiệt hại có thể là bao nhiêu tương ứng với chi phí mà chúng ta sẵn sàng chi trả để giảm thiểu nó.



Hình 5.5. Mô hình chi phí lợi ích trong kiểm soát môi trường

1. Phí kiểm soát ô nhiễm; 2. Phí thiệt hại do ô nhiễm;
3. Phí tổng (kiểm soát + thiệt hại)

Quan điểm này được minh họa trên hình 5.5, với ý nghĩa là chi phí xử lý các chất ô nhiễm trong không khí xung quanh tỷ lệ nghịch với nồng độ các chất ô nhiễm. Và chi phí kiểm soát mức thiệt hại do ô nhiễm tỷ lệ thuận với nồng độ các chất ô nhiễm trong không khí xung quanh. Tại mức nồng độ các chất ô nhiễm bằng không thì mức phí kiểm soát ô nhiễm cũng bằng không, sau đó chi phí ô nhiễm tăng chậm thời điểm ban đầu và sau đó tăng nhanh khi nồng độ chất ô nhiễm tăng cao. Tổng cộng hai chi phí với mức giá trị tối thiểu đạt tại giá trị nồng độ chất ô nhiễm trung bình. Mức ô nhiễm này là tối ưu về chi phí xử lý, dưới hoặc trên mức chi phí này là không tối ưu.

Hình 5.5 là mô hình đơn giản bởi vì chỉ có ba đường, đường chi phí kiểm soát, đường chi phí thiệt hại do ô nhiễm và đường nồng độ các chất ô nhiễm trong không khí xung quanh (trùng với trục hoành). Mô hình này cũng không đề cập đến câu hỏi chi phí của ai và lợi ích của ai. Nếu các chất ô nhiễm được thải ra do ô tô trên các tuyến đường giao thông, thì chi phí kiểm soát phát thải có thể do người dân gánh chịu. Nhưng đối với các chất ô nhiễm từ các nhà máy

ảnh hưởng đến cộng đồng xung quanh thì sự phân bổ chi phí chung cho mọi người là không công bằng. Điều này phải được tính đến trong khía cạnh kinh tế.

5.2.4. Kiểm soát thị trường và quyền phát thải

Giả sử có hai nhà máy đều phát thải chất ô nhiễm. Theo quy định, họ phải giảm 20% mức phát thải. Nhưng có thể nói rằng, một nhà máy giảm mức phát thải 40% thì kinh tế hơn so với khi cả hai nhà máy cùng đồng thời phát thải 20%. Tại sao vậy?

Nếu mỗi nhà máy có thể giảm tới mức phát thải yêu cầu tối thiểu theo quy định thì họ có thể yêu cầu cho phép họ bán quyền phát thải này.

Căn cứ vào từng khu vực, Nhà nước có thể cho phép các công ty được bán quyền phát thải nếu họ không muốn phát thải. Như vậy, đối với môi trường thì tổng lượng phát thải không đổi, nhưng về mặt kinh tế cả hai nhà máy phát sinh ô nhiễm đều có lợi. Mỗi nhà máy có hai sự lựa chọn: hoặc là họ đầu tư các thiết bị để xử lý ô nhiễm hoặc là họ mua quyền phát thải của các nhà máy khác để được phát thải, dĩ nhiên nhà máy bán quyền phát thải sẽ được tiền và không được thải. Qua đó, họ có thể tự lựa chọn phương án tối ưu.

Qua việc mua bán này sẽ hình thành thị trường ô nhiễm và bằng cách này người gây ô nhiễm sẽ tối thiểu hóa chi phí ô nhiễm và mức phát thải ô nhiễm.

5.3. CÁC BIỆN PHÁP KIỂM SOÁT Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG

5.3.1. Các biện pháp kiểm soát nguồn ô nhiễm

Tiến hành kiểm soát nguồn ô nhiễm là nhằm xem xét, đánh giá chất lượng của khí thải so với tiêu chuẩn cho phép. Các tiêu chuẩn đó là:

- TCVN 5939 – 2005: Tiêu chuẩn khí thải công nghiệp đối với bụi và các chất vô cơ (Phụ lục III.7).

- TCVN – 2005: Tính nồng độ tối đa cho phép của các chất ô nhiễm trong khí thải công nghiệp (Phụ lục III.9).

- TCVN 5940 – 2005: Tiêu chuẩn khí thải công nghiệp đối với các chất hữu cơ (Phụ lục III.8).

- TCVN 7440 – 2005: Tiêu chuẩn khí thải ngành công nghiệp nhiệt điện (Phụ lục III.11).

- TCVN 7740 – 2005: Tính nồng độ tối đa cho phép của NO_x , SO_2 và bụi trong khí thải nhà máy nhiệt điện (Phụ lục III.10).

- TCVN 5947 – 1996: Giới hạn tối đa cho phép của thành phần ô nhiễm trong khí thải của phương tiện giao thông đường bộ (Phụ lục 5).

TCVN 5948 –1999: Tiếng ồn do phương tiện giao thông đường bộ phát ra khi tăng tốc độ. Mức ồn tối đa cho phép (Phụ lục IV.4).

Trong trường hợp khí thải của các nguồn công nghiệp, giao thông vượt TCVN, cần phải kiểm soát các biện pháp giảm thiểu. Có hai cách tiếp cận với các biện pháp giảm thiểu tiêu dùng nhiên liệu:

Nâng cao hiệu suất sử dụng nhiên liệu trong công nghiệp năng lượng cũng như các ngành công nghiệp nói chung.

Tăng cường sử dụng tài nguyên năng lượng sạch, như năng lượng Mặt Trời, năng lượng gió, thủy điện, địa nhiệt và năng lượng nguyên tử v.v... để giảm sản xuất nhiệt điện bằng nhiên liệu than, dầu.

Có ba cách xử lý, giảm thiểu chất thải công nghiệp:

- Dùng nhiên liệu có ít chất ô nhiễm hoặc giảm bớt hàm lượng chất ô nhiễm trong nhiên liệu trước khi đốt. Chẳng hạn, giảm hàm lượng lưu huỳnh (S) trong than, dùng dầu nhẹ thay dầu nặng, thay nhiên liệu cũ bằng nhiên liệu mới như ethanol, methanol, khí tự nhiên v.v...

- Cải tiến quá trình đốt nhiên liệu để giảm thiểu khí thải độc hại. Ví dụ, cải tiến lò ghi đốt nhiên liệu khô bằng lò ghi đốt nhiên liệu ướt nhiều tầng để vừa giảm khí thải SO_2 và NO_x , hoặc dùng tuabin gas thay cho tuabin xăng dầu, v.v...

- Sử dụng các thiết bị lọc bụi, thiết bị hấp thụ hay hấp phụ khí thải độc hại trước khi thải ra ống khói.

Đối với nguồn thải ô nhiễm từ phương tiện giao thông, cần tiến hành kiểm soát theo các khía cạnh sau đây:

- Kiểm soát việc đăng kiểm nguồn thải ô tô.
- Kiểm soát hoạt động của các động cơ đốt trong.
- Kiểm soát hệ thống thải của xe.
- Các biện pháp giảm thiểu bao gồm:
 - + Cải tiến động cơ đốt trong.
 - + Thay thế nhiên liệu.

Kỹ thuật giảm thiểu được trình bày chi tiết trong tài liệu tham khảo [1].

5.3.2. Kiểm soát môi trường không khí xung quanh

Việc kiểm soát chất lượng môi trường không khí xung quanh được tiến hành quan trắc (monitoring) theo định kỳ hoặc đột xuất dựa trên quy trình và quy phạm quan trắc chất lượng môi trường không khí do Cục Môi trường, Bộ Tài nguyên và Môi trường ban hành năm 2005. Việc kiểm soát chất

lượng môi trường không khí xung quanh khu vực các nguồn phát thải công nghiệp, xây dựng, giao thông, sinh hoạt v.v... là nhằm đối sánh các chất đặc trưng cho chất lượng môi trường không khí (SO_2 , NO_x , CO , O_3 , bụi v.v...) đo đạc trên thực tế có nồng độ vượt giá trị nồng độ giới hạn cho phép hay không? Nếu có thì cảnh báo kịp thời cho công chúng phòng tránh và kiến nghị các biện pháp giảm thiểu thích hợp đối với các cơ sở hoạt động gây ô nhiễm.

Các TCVN dùng để kiểm soát chất lượng môi trường không khí xung quanh bao gồm:

– TCVN 5937–2005: Tiêu chuẩn chất lượng không khí xung quanh (Phụ lục III.5).

– TCVN 5938–2005: Nồng độ tối đa cho phép của một số chất độc hại trong không khí xung quanh (Phụ lục III.6).

Số liệu để đối sánh với các tiêu chuẩn trên bao gồm các số liệu quan trắc thực tế tại mỗi điểm trong khu vực cần kiểm soát, hoặc số liệu tính toán từ các mô hình lan truyền chất ô nhiễm ứng với nguồn điểm, nguồn đường và nguồn mặt như đã trình bày ở chương III.

CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 5

1. Tại sao phải kiểm soát ô nhiễm không khí? Trình bày một số nét chung về lịch sử của kiểm soát; phát thải, di chuyển và tiếp nhận.

2. Trình bày luật và những quy định về kiểm soát ô nhiễm không khí. Chỉ rõ những văn bản pháp luật, quy định về vấn đề trên trong hệ thống Luật Bảo vệ môi trường Việt Nam (sửa đổi năm 2005).

3. Trình bày các nguyên tắc cơ bản và bốn quan điểm trong hệ thống kiểm soát chất lượng môi trường không khí.

4. Trình bày các biện pháp kiểm soát ô nhiễm môi trường không khí:

– Kiểm soát nguồn phát thải.

– Kiểm soát ô nhiễm môi trường không khí xung quanh.

– Kiểm soát thị trường và quyền phát thải.

5. Trình bày ứng dụng tổ hợp phương pháp GIS, viễn thám và mô hình toán học để xây dựng cơ sở dữ liệu, bản đồ phục vụ cho công tác kiểm soát và quản lý chất lượng không khí (minh họa bằng một ví dụ cụ thể).

PHỤ LỤC

PHỤ LỤC I [1]

CHUYỂN ĐỔI ĐƠN VỊ ĐO LƯỜNG THÔNG DỤNG
GIỮA ĐƠN VỊ ĐO LƯỜNG ANH, MỸ VÀ ĐƠN VỊ ĐO LƯỜNG QUỐC TẾ (SI)

1. Chiều dài

1 in (inch)	=	2,540cm
1 bộ (foot)	=	0,3048m
1 thước Anh (yard)	=	0,9144m
1 dặm (mile)	=	1,6093km
1 mét (meter)	=	3,2808ft (bộ)
1 kilômét (kilometer)	=	0,6214mi (dặm)

2. Diện tích

1 in vuông	=	6,452cm ²
1 bộ vuông	=	0,0929m ²
1 mẫu Anh (acre)	=	43,560ft ²
	=	0,0015625 dặm vuông
	=	4.046,86m ² = 0,404685ha
1 dặm vuông	=	640acre
	=	2,604km ² = 259 ha
1 mét vuông, m ²	=	10,764ft ²
1 công mẫu (hecta)	=	2,471acre

3. Thể tích

1 bộ khối	=	0,03704 thước khối Anh
	=	7,4805 gal (Mỹ) = 28,32l
1 galon (Mỹ), gal	=	0,134 bộ khối
	=	3,785l
1 mét khối, m ³	=	8,11.10 ⁻⁴ Acft
	=	35,3147 ft ³
	=	264,172 gal (Mỹ)

4. Tốc độ

1 bộ trên giây	=	1,0973km/h
	=	0,3048m/s

1 dặm trên giờ, mi/h	=	1,467ft/s
	=	0,4470m/s = 1,609km/h
1 mét trên giây, m/s	=	3,280ft/s

5. Trọng lượng

1 cân Anh (pound – lb)	=	0,45392kg
1 kilôgam	=	2,205lb (cân Anh)
	=	35,27396 ounce (aoxơ)
1 tấn	=	1.000kg
	=	2204,622lb (cân Anh)

6. Lưu lượng

1 bộ khối trên giây	=	0,028316m ³ /s
	=	448,8 gal (Mỹ)/phút
1 bộ khối trên phút	=	4,72.10 ⁻⁴ m ³ /s
	=	7,4805 gal (Mỹ)/phút
1 galon (Mỹ) trên phút	=	6,31.10 ⁻⁵ m ³ /s
1 triệu galon (Mỹ) trên ngày	=	0,0438m ³ /s
1 mét khối trên giây	=	35,315 bộ khối/s
	=	2.118,9 ft ³ /phút
	=	22,83.10 ⁶ gal/ngày

7. Tỷ trọng

1 cân Anh (lb) trên bộ khối	=	16,018 kg/m ³
1 cân Anh (lb) trên galon	=	1,2.10 ⁵ mg/l
1 kilôgam trên mét khối	=	0,062428 lb/ft ³
1 gam trên centimét khối	=	62,427961 lb/ft ³

8. Nồng độ

1mg/l nước (tỷ trọng riêng = 1,0)	=	1 phần triệu (ppm)
	=	1.000 phần tỷ
	=	1,0g/m ³
	=	8,34 lb trên 1 triệu gal

9. Áp suất

1 atmosphe	=	76,0cm cột thủy ngân (°C)
	=	14,696 lb/in ²
	=	29,921 in cột thủy ngân (°C)

1 atmosphe	=	33,8995 ft cột nước (°C)
	=	101,325 kPa
1 cân Anh (lb) trên in vuông	=	2,307 ft cột nước
	=	2,036 in cột thủy ngân
	=	0,06805 atm
1 Pascal (Pa)	=	1 N/m ²
	=	1,45.10 ⁻⁴ psia
1 in cột thủy ngân (°C)	=	3386,4 Pa
10. Nhiệt độ		
1 độ bách phân (°C)	=	1,8°C + 32°F
1 độ F (°F)	=	((°F) – 32°C)/1,8
11. Năng lượng		
1 đơn vị nhiệt Anh (Btu)	=	778 ft – lb
	=	252cal = 1055J
	=	0,2930W.h
1 quadrillion Btu	=	10 ¹⁵ Btu
	=	1055.10 ¹⁵ J
	=	2,93.10 ¹¹ kW.h
1 jun	=	1 N.m
	=	9,48 . 10 ⁻⁴ Btu
	=	0,73756 ft – lb
1 kilôoát giờ	=	3600kJ
	=	3412Btu
	=	860kcal
1 kilocalo	=	4,185kJ
12. Sức, công suất		
1 kilôoát	=	1.000J/s
	=	3.412 Btu/h
	=	1,340 sức ngựa
1 sức ngựa	=	746 W
1 quadrillion Btu trên năm	=	0,471 triệu thùng dầu / ngày
	=	0,03345 TW

PHỤ LỤC II [1]

CHUYỂN ĐỔI ĐƠN VỊ NỒNG ĐỘ CHẤT Ô NHIỄM TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC VÀ MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ

1. Đối với chất lỏng (nước)

Nồng độ chất ô nhiễm hoà tan trong nước thường được đo lường bằng trọng lượng của chất ô nhiễm trên đơn vị thể tích của hỗn hợp chất lỏng. Đơn vị đo lường chất ô nhiễm thông dụng nhất là miligam (mg) hay microgam (μg) chất gây ô nhiễm trên 1 lít (l) chất lỏng hỗn hợp. Đôi khi còn đo lường bằng gam trên mét khối (g/m^3).

Người ta còn dùng đơn vị đo lường nồng độ chất ô nhiễm trong nước bằng trọng lượng của chất ô nhiễm trên đơn vị trọng lượng nước hỗn hợp, thông thường trọng lượng chất ô nhiễm trong nước rất nhỏ, có thể bỏ qua và thừa nhận 1m^3 nước có trọng lượng là 1.000kg , do đó chúng ta có công thức chuyển đổi đơn vị nồng độ chất ô nhiễm đối với môi trường nước đơn giản là:

$$1\text{mg/l} = 1\text{g}/\text{m}^3 = 1\text{ppm} \text{ (theo trọng lượng)} - \text{một phần triệu} \quad (1)$$

$$1\mu\text{g/l} = 1\text{mg}/\text{m}^3 = 1\text{ppb} \text{ (theo trọng lượng)} - \text{một phần tỷ} \quad (2)$$

Nếu như tỷ trọng riêng của chất ô nhiễm rất lớn và nồng độ cũng lớn thì phải tính đến trọng lượng riêng của chất ô nhiễm trong nước, tức là :

$$\text{mg/l} = \text{ppm} \text{ (theo trọng lượng)} \times \text{tỷ trọng riêng của chất ô nhiễm} \quad (3)$$

2. Đối với chất khí (không khí)

Trên thế giới tồn tại hai đơn vị đo lường nồng độ chất ô nhiễm trong môi trường không khí, đó là: đơn vị ppm (một phần triệu) và đơn vị g, mg hay μg chất ô nhiễm trên m^3 không khí.

Đơn vị ppm có nghĩa là một đơn vị thể tích chất ô nhiễm trên 1 triệu đơn vị thể tích không khí, tức là:

$$\frac{1 \text{ đơn vị thể tích khí ô nhiễm}}{10^6 \text{ đơn vị thể tích không khí}} = 1\text{ppm} \text{ (theo thể tích)} \quad (4)$$

Quan hệ giữa đơn vị ppm (theo thể tích) và đơn vị theo trọng lượng mg/m^3 hay $\mu\text{g}/\text{m}^3$ phụ thuộc vào mật độ của chất ô nhiễm, mà mật độ của chất ô nhiễm lại phụ thuộc vào khí áp, nhiệt độ và trọng lượng phân tử của nó. Ở nhiệt độ 0°C và áp suất 1atm thì một phân tử gam của khí lý tưởng có thể tích là $22,4\text{l}$ (hay là $22,4 \cdot 10^{-3}\text{m}^3$). Do đó chúng ta có thể viết đơn giản hoá:

$$\text{mg} / \text{m}^3 = \text{ppm} \cdot \frac{\text{Trọng lượng phân tử}}{22,4} \quad (5)$$

Nếu môi trường không khí thực tế có nhiệt độ và áp suất ở một trị số nào đó thì công thức (5) cần được hiệu chỉnh là:

$$\text{mg} / \text{m}^3 = \text{ppm} \times \frac{\text{Trọng lượng phân tử}}{22,4} \times \frac{273}{T(^{\circ}\text{K})} \times \frac{p(\text{atm})}{1\text{atm}} \quad (6)$$

trong đó: T – Nhiệt độ của môi trường không khí, nhiệt độ K = °C + 273;

P – Áp suất của môi trường không khí (atm).

Ví dụ: Chuyển đổi từ đơn vị ppm sang $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Cho biết nồng độ khí CO trong không khí là 9ppm, nhiệt độ không khí là 25°C, áp suất khí quyển là 1atm. Nồng độ CO tính theo đơn vị mg/m^3 là bao nhiêu?

Giải: Ta có trọng lượng phân tử của khí CO là 28, vì trọng lượng nguyên tử của C là 12, trọng lượng nguyên tử O là 16 (bảng dưới đây).

Theo công thức (6) ta chuyển nồng độ khí CO sang đơn vị mg/m^3 là:

$$\text{Nồng độ CO} = \frac{9 \times 28}{22,4} \times \frac{273}{273 + 25} \times \frac{1\text{atm}}{1\text{atm}} = 10,3\text{mg} / \text{m}^3$$

3. Số hiệu và khối lượng nguyên tử của các nguyên tố

Ký hiệu	Nguyên tố	Số hiệu nguyên tử	Khối lượng nguyên tử	Ký hiệu	Nguyên tố	Số hiệu nguyên tử	Khối lượng nguyên tử
Ac	Actini	89	227,03	Er	Ecbi	68	167,26
Ag	Bạc	47	107,87	Es	Ensteni	99	254
Al	Nhôm	13	26,98	Eu	Europi	63	151,96
Am	Amerixi	95	243	F	Flo	9	19,00
Ar	Argon	18	39,95	Fe	Sắt	26	55,85
As	Asen	33	74,92	Fm	Fecmi	100	257
At	Atatin	85	210	Fr	Franxi	87	223
Au	Vàng	79	196,97	Ga	Gali	31	69,72
B	Bo	5	10,81	Gd	Gadolini	64	157,25
Ba	Bari	56	137,33	Ge	Gecmani	32	72,59
Be	Berili	4	9,01	H	Hydro	1	1,01
Bi	Bitmut	83	208,98	He	Heli	2	4,00
Bk	Bekeli	97	247	Hf	Hafni	72	178,49
Br	Brom	35	79,90	Hg	Thủy ngân	80	200,59
C	Cacbon	6	12,01	Ho	Honmi	67	164,93
Ca	Canxi	20	40,08	I	Iot	53	126,90
Cd	Cadimi	48	112,41	Ir	Iridi	77	192,22
Ce	Xeri	58	140,12	K	Kali	19	39,10
Cf	Califoni	98	251	Kr	Kripton	36	83,80

Ký hiệu	Nguyên tố	Số hiệu nguyên tử	Khối lượng nguyên tử	Ký hiệu	Nguyên tố	Số hiệu nguyên tử	Khối lượng nguyên tử
Cl	Clo	17	35,45	La	Lantan	57	138,91
Cm	Curi	96	247	Li	Liti	3	6,94
Co	Coban	27	58,93	Lr	Laurenxi	103	256
Cr	Crom	24	52,00	Lu	Lutexi	71	174,97
Cu	Đồng	29	63,55	Md	Mendelevi	101	258
Dy	Disrozi	66	162,50	Mg	Magiê	12	24,31
Mn	Mangan	25	54,94	Ru	Ruteni	44	101,07
Mo	Molipden	42	95,94	S	Lưu huỳnh	16	32,06
N	Nitơ	7	14,01	Sb	Stibi	51	121,75
Na	Natri	11	22,99	Sc	Scandi	21	44,96
Nb	Niobi	41	92,91	Si	Silic	14	28,09
Nd	Neodim	60	144,24	Se	Selen	34	78,96
Ne	Neon	10	20,18	Sm	Samari	62	150,4
Ni	Niken	28	58,70	Sn	Thiếc	50	118,70
Np	Neptuni	93	237,05	Sr	Stronti	38	87,62
O	Oxi	8	16,00	Ta	Tantali	73	180,95
Os	Osimi	76	190,2	Tb	Tecbi	65	158,93
P	Photpho	15	30,97	Tc	Tecnexi	43	98,91
Pa	Protactani	91	231,04	Te	Telu	52	127,60
Pb	Chì	82	207,19	Th	Thori	90	232,04
Pd	Paladi	46	106,4	Ti	Titan	22	47,90
Pm	Promêti	61	145	Tl	Tali	81	204,37
Po	Poloni	84	209	Tm	Tuli	69	168,93
Pr	Prazeodim	59	140,90	U	Urani	92	238,03
Pt	Platin	78	195,09	V	Vanadi	23	50,94
Pu	Plutoni	94	244	W	Vonfram	74	183,85
Ra	Radi	88	226,03	Xe	Xenon	54	131,30
Rb	Rubidi	37	85,47	Y	Ytri	39	88,91
Re	Reni	75	186,21	Yb	Ytecbi	70	173,04
Rh	Rodi	45	102,91	Zn	Thiếc	30	65,38
Rn	Radon	86	222	Zr	Ziriconi	40	91,22

PHỤ LỤC III

HỆ THỐNG TIÊU CHUẨN VỀ MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ

Hệ thống tiêu chuẩn về môi trường không khí là một phần của hệ thống tiêu chuẩn môi trường, được áp dụng và có hiệu lực dựa trên các quyết định sau:

1. Quyết định số 22/2006/QĐ – BTNMT ngày 18 tháng 12 năm 2006 của Bộ Tài nguyên và Môi trường về việc bắt buộc áp dụng tiêu chuẩn Việt Nam về môi trường.
2. Quyết định số 35/2002/QĐ – BKHCNMT ngày 25 tháng 6 năm 2002 của Bộ trưởng Bộ Khoa học, Công nghệ và Môi trường về việc công bố danh mục Tiêu chuẩn Việt Nam về môi trường bắt buộc áp dụng.

III.1. TCVN 5947 – 1996

CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ – TIÊU CHUẨN PHÁT THẢI ĐỐI VỚI PHƯƠNG TIỆN VẬN TẢI ĐƯỜNG BỘ (Air quality – Road vehicle emission standards)

Phần 1. Phương tiện đang lưu hành (In – Use vehicle)

1. Phạm vi áp dụng

- 1.1. Tiêu chuẩn này quy định giới hạn tối đa các thành phần ô nhiễm trong khí thải của phương tiện vận tải đường bộ đang lưu hành.
- 1.2. Tiêu chuẩn này dùng làm cơ sở để kiểm soát khí thải của động cơ phương tiện vận tải đường bộ.

2. Tiêu chuẩn trích dẫn

TCVN 5418 – 1991: Ô tô chạy bằng động cơ diezen – Độ khối của khí xả – Mức và phương pháp đo.

TCVN 6204 – 1996 (ISO 3920 – 1995): Phương tiện giao thông đường bộ – Phương pháp đo khí xả trong quá trình kiểm tra hoặc bảo dưỡng.

3. Giá trị giới hạn

- 3.1. Giá trị giới hạn tối đa các thành phần ô nhiễm trong khí thải của động cơ của phương tiện vận tải đường bộ đang lưu hành được quy định trong bảng III.1.1.
- 3.2. Giá trị giới hạn tối đa các thành phần ô nhiễm trong khí thải của động cơ phương tiện vận tải đường bộ mới sản xuất hoặc nhập khẩu được quy định trong một tiêu chuẩn riêng.

4. Phương pháp thử

Phương pháp xác định giá trị các thành phần ô nhiễm trong khí thải động cơ phương tiện vận tải đường bộ áp dụng theo TCVN 5419 – 1991 là TCVN 6204 – 1996.

Bảng III.1.1.

	CO ⁽¹⁾		HC ⁽¹⁾		Khói đen ⁽²⁾	
	Sản xuất đến 1990	Sản xuất sau 1990	Sản xuất đến 1990	Sản xuất sau 1990	Sản xuất đến 1990	Sản xuất sau 1990
Động cơ xăng	6% thể tích khí thải	4,5% thể tích khí thải	1500 ppm thể tích khí thải	1200 ppm thể tích khí thải		
Động cơ diesel	—	—	—	—	75% HSU	66% HSU

Ghi chú:

(1) Xác định theo TCVN 6204 – 1996.

(2) Xác định theo TCVN 5418 – 1991.

III.2. TCVN 6560 – 1999

CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ – KHÍ THẢI LÒ ĐỐT CHẤT THẢI RẮN Y TẾ GIỚI HẠN CHO PHÉP

(Air quality – Emission standards for health care solid waste Incinerators Permissible limits)

1. Phạm vi áp dụng

1.1. Tiêu chuẩn này quy định danh mục, giới hạn tối đa cho phép của các thông số ô nhiễm trong khí thải của các lò đốt chất thải rắn y tế, khí thải vào không khí xung quanh.

1.2. Tiêu chuẩn này áp dụng để kiểm soát chất lượng khí thải của lò đốt chất thải rắn y tế; cũng áp dụng để lựa chọn và hoàn chỉnh thiết bị trong lĩnh vực chế tạo, nhập khẩu, lắp đặt, vận hành, bảo dưỡng lò đốt chất thải y tế.

2. Tiêu chuẩn viện dẫn

2.1. Danh mục và giới hạn tối đa cho phép của các thông số ô nhiễm đặc trưng trong khí thải lò đốt chất thải rắn y tế quy định trong bảng III.2.1.

2.2. Phương pháp lấy mẫu, phân tích, tính toán để xác định các thông số ô nhiễm trong khí thải lò đốt chất thải rắn y tế được quy định trong các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành.

Bảng III.2.1. Giới hạn tối đa cho phép đối với các thông số ô nhiễm trong khí thải lò đốt chất thải rắn y tế

Thông số	Công thức và ký hiệu hóa học	Đơn vị	Giới hạn tối đa cho phép
1. Bụi		mg/m ³	100
2. Axit flohydric	HF	mg/m ³	2

Thông số	Công thức và ký hiệu hóa học	Đơn vị	Giới hạn tối đa cho phép
3. Axit clohydric	HCl	mg/m ³	100
4. Cacbon monoxit	CO	mg/m ³	100
5. Nitơ ôxit	NO _x	mg/m ³	350
6. Lưu huỳnh ôxit	SO _x	mg/m ³	300
7. Cadimmi	Cd	mg/m ³	1
8. Thủy ngân	Hg	mg/m ³	0,5
9. Tổng các kim loại nặng	As, Sb, Ni, Co, Cr, Pb, Cu, V, Sn, Mn	mg/m ³	2
10. Tổng Dioxin/Furan Dioxin Furan	$C_{12}H_{8-n}Cl_nO_2$ $C_{12}H_{8-n}Cl_nO$	mg/m ³	1
11. Tổng các hợp chất hữu cơ		mg/m ³	20

Ghi chú: n^+ : $2 \leq n \leq 8$.

III.3. TCVN 6991 – 2001

CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ – KHÍ THẢI CÔNG NGHIỆP – TIÊU CHUẨN THẢI THEO LƯỢNG THẢI CỦA CÁC CHẤT VÔ CƠ TRONG KHU CÔNG NGHIỆP

(Air quality -- Standards for inorganic substances in industrial emission discharged in industrial zones)

1. Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này áp dụng để kiểm soát nồng độ thành phần khí thải phát thải từ các nguồn thải tĩnh đang hoạt động và/hoặc áp dụng để tính, thẩm định sự phát thải của một cơ sở sản xuất công nghiệp mới, hoặc sau khi cải tạo, nâng cấp.

Tiêu chuẩn này cụ thể hoá TCVN 5939 – 1995 có tính đến lưu lượng thải (tải lượng) của khí thải công nghiệp chứa thành phần các chất vô cơ được thải ra môi trường trong khu công nghiệp, trình độ công nghệ và khu vực hoạt động của cơ sở sản xuất.

2. Tiêu chuẩn viện dẫn

TCVN 5939 – 1995: Chất lượng không khí – Tiêu chuẩn khí thải công nghiệp đối với bụi và các chất vô cơ.

TCVN 5940 – 1995: Chất lượng không khí – Tiêu chuẩn khí thải công nghiệp đối với các chất hữu cơ.

TCVN 6994 – 2001: Chất lượng không khí – Khí thải công nghiệp – Tiêu chuẩn thải theo lưu lượng của các chất hữu cơ trong khu công nghiệp.

3. Tiêu chuẩn thải

3.1. Danh mục các chất vô cơ trong khí thải công nghiệp và nồng độ của chúng theo lưu lượng, trình độ công nghệ khi phát thải vào môi trường khu công nghiệp, không được vượt các giá trị nêu trong bảng III.3.1 khi hệ số $K_v = 1$.

3.2. Trong trường hợp cơ quan có thẩm quyền về môi trường yêu cầu có sự phân vùng chi tiết và cụ thể hơn cho mỗi vùng công nghiệp ($K_v \neq 1$) thì có thể áp dụng hệ số K_v là một dãy giá trị để tính nồng độ thải theo công thức nêu ở phụ lục A của TCVN 6994 – 2001 cùng với hệ số K_Q , K_{CN} tương ứng với từng nguồn thải.

Bảng III.3.1. Nồng độ cho phép của chất vô cơ trong khí thải công nghiệp ứng với lưu lượng khác nhau và trình độ công nghệ thải ra trong khu vực công nghiệp ($K_v = 1$)

Đơn vị: Miligam trên mét khối khí thải ở đktc (mg/Nm^3)

TT	Tên	Công nghệ cấp A $K_{CN} = 0,6$			Công nghệ cấp B $K_{CN} = 0,75$			Công nghệ cấp C $K_{CN} = 1$		
		Q_1	Q_2	Q_3	Q_1	Q_2	Q_3	Q_1	Q_2	Q_3
		$K_Q=1$	$K_Q=0,75$	$K_Q=0,5$	$K_Q=1$	$K_Q=0,75$	$K_Q=0,5$	$K_Q=1$	$K_Q=0,75$	$K_Q=0,5$
1	Antimon	15	11,25	7,5	18,75	14,0625	9,375	25	18,75	12,5
2	Asen	6	4,4	3	7,5	5,625	3,75	10	7,5	5
3	Cadimi	0,6	0,45	0,3	0,75	0,5625	0,375	1	0,75	0,5
4	Chi	6	4,5	3	7,5	5,625	3,75	10	7,5	5
5	Đồng	12	9	6	15	11,25	7,5	20	15	10
6	Kẽm	18	13,5	9	22,5	16,875	11,25	30	22,5	15
7	Clo	12	9	6	15	11,25	7,5	20	15	10
8	HCl	120	90	60	150	112,5	7,5	200	150	100
9	F ₂ axit HF (các nguồn)	6	4,5	3	7,5	5,625	3,75	10	7,5	5
10	H ₂ S	1,2	0,9	0,6	1,5	1,125	0,75	2	1,5	1
11	CO	300	225	150	375	281,25	187,5	500	375	250
12	SO ₂	300	225	150	375	281,25	187,5	500	375	250
13	NO _x (các nguồn)	600	450	300	750	562,5	375	1000	750	500

TT	Tên	Công nghệ cấp A $K_{CN} = 0,6$			Công nghệ cấp B $K_{CN} = 0,75$			Công nghệ cấp C $K_{CN} = 1$		
		Q_1 $K_Q=1$	Q_2 $K_Q=0,75$	Q_3 $K_Q=0,5$	Q_1 $K_Q=1$	Q_2 $K_Q=0,75$	Q_3 $K_Q=0,5$	Q_1 $K_Q=1$	Q_2 $K_Q=0,75$	Q_3 $K_Q=0,5$
14	NO_x (cơ sở s.xuất axit)	600	450	300	750	562,5	375	1000	750	500
15	H_2SO_4	21	15,75	10,5	26,25	19,6875	13,125	35	26,25	17,5
16	HNO_3	42	31,5	21	52,5	39,375	26,25	70	52,5	35
17	Amoniac	60	45	30	75	56,25	37,5	100	75	50

Ghi chú:

Q_1 ứng với các nguồn thải có lưu lượng khí thải nhỏ hơn $5.000m^3/h$ ($Q < 5.000m^3/h$).

– Q_2 ứng với các nguồn thải có lưu lượng khí thải bằng hoặc lớn hơn $5.000^3/h$ đến nhỏ hơn $20.000m^3/h$ ($5.000m^3/h \leq Q < 20.000m^3/h$).

– Q_3 ứng với các nguồn thải có lưu lượng khí thải lớn hơn $20.000m^3/h$ ($Q \geq 20.000m^3/h$).

– Công nghệ cấp A: Áp dụng cho các cơ sở sản xuất công nghiệp có thiết bị mới, hiện đại, tương đương với trình độ công nghệ hiện thời của thế giới.

– Công nghệ cấp B: Áp dụng cho các cơ sở sản xuất công nghiệp hoạt động (cấp C) sau khi được đầu tư, cải tiến, bảo dưỡng, nâng cấp thiết bị, công nghệ theo yêu cầu của cơ quan quản lý môi trường để tuân thủ tiêu chuẩn thải; hoặc sau khi phải cải tiến thiết bị, công nghệ theo yêu cầu của sản xuất; hoặc là thiết bị sản xuất cấp A nhưng được vận hành, hoạt động từ sau khi Luật Bảo vệ môi trường có hiệu lực đến thời điểm tiêu chuẩn này được công bố.

– Công nghệ cấp C: Áp dụng cho các cơ sở sản xuất công nghiệp đang hoạt động nhưng được lắp đặt, vận hành từ tháng 1 năm 1994 trở về trước (được xây dựng trước khi Luật Bảo vệ môi trường có hiệu lực).

– K_{CN} : Hệ số theo trình độ công nghệ của thiết bị.

– K_Q : Hệ số theo quy mô nguồn thải.

– K_V : Hệ số phân vùng.

-- Các hệ số K_V , K_{CN} , K_Q có thể thay đổi tùy theo yêu cầu, mục tiêu kiểm soát ô nhiễm của các cơ quan quản lý môi trường có thẩm quyền (xem thêm phụ lục A của TCVN 6994 – 2001).

III.4.

SO SÁNH TIÊU CHUẨN CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ XUNG QUANH CỦA VIỆT NAM, TỔ CHỨC Y TẾ THẾ GIỚI (WHO) VÀ MỘT SỐ NƯỚC ASEAN

Chất ô nhiễm	Việt Nam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	WHO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Brunei ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Indonesia	Malaysia ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Philippines ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Singapore ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Thái Lan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
SO₂								
1 giờ	350	300	350	0,10 ppm	350	340	—	780
24 giờ	125	125	125	—	105	180	—	300
Năm	50	50	50	—	—	80	80	100
CO								
1 giờ	30.000	30.10^3	30.10^3	—	35.10^3	35.10^3	—	$34,2.10^3$
8 giờ	10.000	—	—	—	—	—	—	—
24 giờ	—	10.10^3	10.10^3	200 ppm	10.10^3	10.10^3	10.10^3	$10,26.10^3$
Năm	—	—	—	—	—	6.10^3	—	—
NO₂								
1 giờ	200	400	300	—	320	190	—	320
24 giờ	—	150	100	—	—	—	—	—
Năm	40	40	—	0,05 ppm	—	—	100	—
O₃								
1 giờ	180	—	120	0,08 ppm	200	140	235	200
8 giờ	120	120	60	—	120	10	—	—
24 giờ	80	—	—	—	—	—	—	—
TSP								
1 giờ	300	—	—	—	—	—	—	—
24 giờ	200	120	150	$269\text{g}/\mu\text{m}^3$	260	230	—	330
Năm	140	50	90	—	90	90	75	100
PM₁₀								
24 giờ	150	—	100	—	150	150	150	120
Năm	50	—	60	—	50	60	50	50
Pb								
24 giờ	1,5	—	—	$60\text{g}/\mu\text{m}^3$	—	—	—	—
3 tháng	—	—	1,0	—	1,5	1,5	1,5	—
Năm	0,5	0,5	—	—	—	—	—	1,5

Nguồn:

– TCVN 5937:2005 (đối với các thông số cơ bản trong môi trường không khí xung quanh).

– First ASEAN State of the Environment Report, UNEP, Published by the ASEAN Secretariat, 1997.

Ghi chú:

TSP: Nồng độ bụi lơ lửng;

PM₁₀: Bụi lơ lửng có kích thước khí động học nhỏ hoặc bằng 10µm;

(-): Không quy định, hoặc không có số liệu;

Các giá trị 1 giờ, 8 giờ, 24 giờ là các giá trị trung bình tương ứng với khoảng thời gian lấy mẫu để phân tích hoặc tính toán từ chuỗi số liệu tự ghi;

Năm là giá trị trung bình số học.

III.5. TCVN 5937 – 2005

CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ – TIÊU CHUẨN CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ XUNG QUANH
(TCVN 5937 – 2005 thay thế cho TCVN 5937 – 1995)

1. Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định giá trị giới hạn các thông số cơ bản, gồm SO₂, CO, NO_x, O₃, bụi lơ lửng và bụi PM₁₀ (bụi ≤ 10µm) và Pb trong không khí xung quanh.

Tiêu chuẩn này áp dụng để đánh giá chất lượng không khí xung quanh và giám sát tình trạng ô nhiễm không khí.

Tiêu chuẩn này không áp dụng để đánh giá chất lượng không khí trong phạm vi cơ sở sản xuất hoặc không khí trong nhà.

2. Giá trị giới hạn

Giá trị giới hạn các thông số cơ bản trong không khí xung quanh quy định trong bảng dưới đây.

TIÊU CHUẨN CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ XUNG QUANH

Đơn vị : µg/m³

Thông số	Trung bình 1 giờ	Trung bình 8 giờ	Trung bình 24 giờ	Trung bình năm (trung bình số học)	Phương pháp xác định
SO ₂	350	–	125	50	Pararosalin hoặc huỳnh quang cực tím
CO	30000	10000	–	–	Quang phổ hồng ngoại không phân tán (NDIR)
NO ₂	200	–	–	40	Huỳnh quang hóa học pha khí
O ₃	180	120	80	–	Trắc quang tử

Thông số	Trung bình 1 giờ	Trung bình 8 giờ	Trung bình 24 giờ	Trung bình năm (trung bình số học)	Phương pháp xác định
					ngoại
Bụi lơ lửng (TSP)	300	–	200	140	-- Lấy mẫu thể tích lớn – Phân tích khối lượng
Bụi PM ₁₀ ($\leq 10\mu\text{m}$)	–	–	150	50	Phân tích khối lượng hoặc tách quán tính
Pb	–	–	1,5	0,5	Lấy mẫu thể tích lớn và quang phổ hấp thụ nguyên tử

Ghi chú:

PM₁₀: Bụi lơ lửng có kích thước khí động học nhỏ hơn hoặc bằng 10 μm ;

(–): Không quy định

III.6. TCVN 5938 – 2005

NỒNG ĐỘ TỐI ĐA CHO PHÉP CỦA MỘT SỐ CHẤT ĐỘC HẠI TRONG KHÔNG KHÍ XUNG QUANH

(TCVN 5938 – 2005 thay thế cho TCVN 5938 – 1995)

1. Phạm vi áp dụng

1.1. Tiêu chuẩn này quy định nồng độ tối đa cho phép của một số chất độc hại trong không khí xung quanh sinh ra do các hoạt động của con người.

1.2. Tiêu chuẩn này áp dụng để đánh giá mức chất lượng không khí xung quanh và giám sát tình trạng ô nhiễm không khí.

1.3. Tiêu chuẩn này không áp dụng đối với không khí trong phạm vi các cơ sở sản xuất công nghiệp và khí trong nhà.

2. Giá trị giới hạn

Nồng độ tối đa cho phép của một số chất độc hại trong không khí xung quanh được quy định trong bảng III.6.1.

Phương pháp lấy mẫu, phân tích, tính toán để xác định từng thông số cụ thể được quy định trong các TCVN tương ứng hoặc theo các phương pháp do cơ quan có thẩm quyền chỉ định.

Bảng III.6.1. Tiêu chuẩn một số chất độc hại trong không khí xung quanhĐơn vị: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

TT	Tên chất	Công thức hoá học	Thời gian trung bình	Nồng độ cho phép
Các chất vô cơ				
1	Asen (hợp chất vô cơ tính theo As)	As	1 giờ	0,033
			Năm	0,0055
2	Asin (asen hydrua)	AsH_3	1 giờ	0,33
			Năm	0,055
3	Axit clohydric	HCl	24 giờ	60
4	Axit nitric	HNO_3	1 giờ	400
			24 giờ	150
5	Axit sunfuric	H_2SO_4	1 giờ	300
			24 giờ	50
			Năm	3
6	Bụi chứa $\text{SiO}_2 > 50\%$		1 giờ	150
			24 giờ	50
7	Bụi chứa amiăng: Chrysotil	$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})$	8 giờ	$1 \text{ sợi}/\text{m}^3$
8	Cadimi (khối gồm ôxit và kim loại) theo Cd	Cd	1 giờ	0,4
			8 giờ	0,17
			Năm	0,005
9	Clo	Cl_2	1 giờ	100
			24 giờ	30
10	Crom VI	Cr	1 giờ	0,0067
			24 giờ	0,003
			Năm	0,0023
11	Hydro florua	HF	1 giờ	20
			24 giờ	5
			Năm	1
12	Hydro cyanua	HCN	1 giờ	10
			24 giờ	10
13	Mangan và hợp chất (tính theo MnO_2)	Mn/ MnO_2	1 giờ	10
			24 giờ	8
			Năm	0,15

TT	Tên chất	Công thức hoá học	Thời gian trung bình	Nồng độ cho phép
14	Niken (kim loại và hợp chất)	Ni	24 giờ	1
15	Thuỷ ngân (kim loại và hợp chất)	Hg	24 giờ	0,3
			Năm	0,3
Các chất hữu cơ				
16	Acrolein	CH ₂ =CHCHO	1 giờ	50
17	Acrylonitril	CH ₂ = CHCN	24 giờ	45
			1 năm	22,5
18	Anilin	C ₆ H ₅ NH ₂	1 giờ	50
			24 giờ	30
19	Axit acrylic	C ₂ H ₃ COOH	Năm	54
20	Benzen	C ₆ H ₆	1 giờ	22
			Năm	10
21	Benzidin	NH ₂ C ₆ H ₄ C ₆ H ₄ NH ₂	1 giờ	KPHT
			8 giờ	KPHT
			24 giờ	KPHT
			Năm	KPHT
22	Cloroform	CHCl ₃	24 giờ	16
			Năm	0,043
23	Hydratcacbon (xăng)	C _n H _m	1 giờ	5.000
			24 giờ	1.500
24	Fomaldehyd	HCHO	1 giờ	20
			Năm	15
25	Naphtalen	C ₁₀ H ₈	8 giờ	500
			24 giờ	120
26	Phenol	C ₆ H ₅ OH	1 giờ	10
			24 giờ	10
27	Tetracloetylen	C ₂ Cl ₄	24 giờ	100
28	Vinyl clorua	ClCH=CH ₂	24 giờ	26

TT	Tên chất	Công thức hoá học	Thời gian trung bình	Nồng độ cho phép
Các chất gây mùi khó chịu (Offensive odour)				
29	Amoniac	NH_3	1 giờ	200
			24 giờ	200
30	Acetaldehyd	CH_3CHO	1 giờ	45
			Năm	30
31	Axit propionic	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	8 giờ	300
32	Hydro sunfua	H_2S	1 giờ	42
33	Methyl mecarptan	CH_3SH	1 giờ	50
			24 giờ	20
34	Styren	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2$	1 tuần	260
			Năm	190
35	Toluen	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$	30 phút	1.000
			1 giờ	500
			Năm	190
36	Xylen	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$	1 giờ	1.000
			Năm	950

Ghi chú:

- Giá trị trung bình năm là giá trị trung bình số học;
- KPHT: Không phát hiện thấy.

III.7. TCVN 5939 – 2005

TIÊU CHUẨN KHÍ THẢI CÔNG NGHIỆP ĐỐI VỚI BỤI VÀ CÁC CHẤT VÔ CƠ

(TCVN 5939 – 2005 thay thế cho TCVN 5939 – 1995; TCVN 6991 – 2001; TCVN 6992 – 2001 và TCVN 6993 – 2001)

1. Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định giá trị nồng độ tối đa của các chất vô cơ và bụi trong khí thải công nghiệp (tính bằng mg/Nm^3 khí thải tiêu chuẩn) khi thải vào không khí xung quanh.

Khí thải công nghiệp nói trong tiêu chuẩn này là khí và khí có chứa bụi do con người tạo ra từ các quá trình sản xuất, kinh doanh, dịch vụ và các hoạt động khác tạo ra.

Tiêu chuẩn này áp dụng để kiểm soát nồng độ các chất vô cơ và bụi trong thành phần khí thải công nghiệp trước khi thải vào không khí xung quanh.

2. Giá trị giới hạn

Danh mục và giá trị giới hạn nồng độ của các chất vô cơ và bụi trong khí thải công nghiệp khi xả vào khí quyển phải phù hợp với quy định trong bảng dưới đây.

Giá trị giới hạn ở cột A áp dụng cho các nhà máy, cơ sở đang hoạt động. Giá trị giới hạn quy định ở cột B áp dụng cho các nhà máy, cơ sở xây dựng mới.

Phương pháp lấy mẫu, phân tích, tính toán để xác định giá trị nồng độ các thành phần vô cơ cụ thể và bụi trong khí thải công nghiệp được quy định trong các TCVN tương ứng hoặc theo các phương pháp đo cơ quan có thẩm quyền chỉ định.

Ghi chú:

– Thành phần khí thải có tính đặc thù theo ngành công nghiệp của một số hoạt động sản xuất, kinh doanh – dịch vụ cụ thể, được quy định trong các tiêu chuẩn riêng.

– Các nhà máy, cơ sở đang hoạt động áp dụng các giá trị giới hạn quy định ở cột B theo lộ trình và do cơ quan quản lý môi trường quy định đối với từng nguồn thải cụ thể.

GIỚI HẠN TỐI ĐA CHO PHÉP CỦA BỤI VÀ CÁC CHẤT VÔ CƠ TRONG KHÍ THẢI CÔNG NGHIỆP

Đơn vị: mg/Nm³*

TT	Thông số	Giá trị giới hạn	
		A	B
1	Bụi khô	400	200
2	Bụi chứa silic	50	50
3	Amoniac và các hợp chất amoni	76	50
4	Antimon và các hợp chất (tính theo Sb)	20	10
5	Asen và hợp chất (tính theo As)	20	10
6	Cadimi và hợp chất (tính theo Cd)	20	5
7	Chì và hợp chất (tính theo Pb)	10	5
8	CO	1.000	1.000
9	Clo	32	10
10	Đồng và hợp chất (tính theo Cu)	20	10
11	Kẽm và hợp chất (tính theo Zn)	30	30
12	HCl	200	50
13	F, HF, hoặc các hợp chất hữu cơ chứa F (tính theo HF)	50	20
14	H ₂ S	7,5	7,5
15	SO ₂	1.500	500
16	NO _x (tính theo NO ₂)	1.000	580
17	NO _x trong cơ sở sản xuất axit (tính theo NO ₂)	2.000	1.000

TT	Thông số	Giá trị giới hạn	
		A	B
18	H ₂ SO ₄ hoặc SO ₃ (tính theo SO ₃)	100	50
19	Hơi HNO ₃ trong cơ sở sản xuất axit (tính theo NO ₂)	2.000	1.000
20	Hơi HNO ₃ (các nơi khác), (tính theo NO ₂)	1.000	500

Ghi chú: * Mét khối khí thải chuẩn nói trong tiêu chuẩn này là một mét khối khí thải ở nhiệt độ 0°C và áp suất tuyệt đối 760mm thủy ngân.

III.8. TCVN 5940 – 2005

TIÊU CHUẨN KHÍ THẢI CÔNG NGHIỆP ĐỐI VỚI MỘT SỐ CHẤT HỮU CƠ
(TCVN 5940 – 2005 thay thế cho TCVN 5940 – 1995; TCVN 6994 – 2001;
TCVN 6995 – 2001 và TCVN 6996 – 2001)

1. Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định giá trị tối đa nồng độ của các chất hữu cơ trong khí thải công nghiệp khí thải vào không khí xung quanh.

Khí thải công nghiệp nói trong tiêu chuẩn này là do con người tạo ra từ các quá trình sản xuất, kinh doanh, dịch vụ và các hoạt động khác.

Tiêu chuẩn này áp dụng để kiểm soát nồng độ các chất hữu cơ trong thành phần khí thải công nghiệp trước khi thải vào không khí xung quanh.

2. Giá trị giới hạn

Giới hạn tối đa cho phép của một số chất hữu cơ trong khí thải công nghiệp khí thải vào không khí xung quanh được quy định trong bảng III.8.1.

Ghi chú: Thành phần khí thải có tính đặc thù theo ngành công nghiệp của một số hoạt động sản xuất, kinh doanh – dịch vụ cụ thể, được quy định trong các tiêu chuẩn riêng.

Phương pháp lấy mẫu, phân tích, tính toán để xác định giá trị nồng độ các chất hữu cơ trong khí thải công nghiệp được quy định trong các TCVN tương ứng hoặc theo các phương pháp do cơ quan có thẩm quyền chỉ định.

Bảng III.8.1. Giới hạn tối đa cho phép của các chất hữu cơ khí thải vào không khí

Đơn vị: mg/Nm³*

TT	Tên	Số CAS**	Công thức hoá học	Giới hạn tối đa
1	Axetylen tetrabromua	79-27-6	CHBr ₂ CHBr ₂	14
2	Axetaldehyt	75-07-0	CH ₃ CHO	270
3	Acrolein	107-02-8	CH ₂ =CHCHO	2,5

TT	Tên	Số CAS**	Công thức hoá học	Giới hạn tối đa
4	Amyl axetat	628-63-7	$\text{CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}$	525
5	Anilin	62-53-3	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	19
6	Benzidin	92-87-5	$\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2$	KPHĐ
7	Benzen	71-43-2	C_6H_6	5
8	Benzyl clorua	100-44-7	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl}$	5
9	1,3-Butadien	106-99-0	C_4H_6	2.200
10	n-Butyl axetat	123-86-4	$\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$	950
11	Butylamin	109-73-9	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2\text{NH}_2$	15
12	Creson	1319-77-3	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$	22
13	Clobenzen	108-90-7	$\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$	350
14	Clorofom	67-66-3	CHCl_3	240
15	β -clopren	126-99-8	$\text{CH}_2=\text{CClCH}=\text{CH}_2$	90
16	Clopicrin	76-06-2	CCl_3NO_2	0,7
17	Cyclohexan	110-82-7	C_6H_{12}	1.300
18	Cyclohexanol	108-93-0	$\text{C}_6\text{H}_{11}\text{OH}$	410
19	Cyclohexanon	108-94-1	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}$	400
20	Cyclohexen	110-83-8	C_6H_{10}	1.350
21	Dietylamin	109-89-7	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$	75
22	Diflodbrometan	75-61-6	CF_2Br_2	860
23	0-diclobenzen	95-50-1	$\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$	300
24	1,1-dicloetan	75-34-3	CHCl_2CH_3	400
25	1,2-dicloetylen	540-59-0	$\text{ClCH}=\text{CHCl}$	790
26	1,4 Dioxan	123-91-1	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$	360
27	Dimetylanilin	121-69-7	$\text{C}_6\text{H}_5\text{N}(\text{CH}_3)_2$	25
28	Dicloetyl ete	111-44-4	$(\text{ClCH}_2\text{CH}_2)_2\text{O}$	90
29	Dimetylformamit	68-12-2	$(\text{CH}_3)_2\text{NOCH}$	60
30	Dimetylsunfat	77-78-1	$(\text{CH}_3)_2\text{SO}_4$	0,5
31	Dimetylhydrazin	57-14-7	$(\text{NH}_3)_2\text{NNH}_2$	1
32	Dinitrobenzen	25154-54-5	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{NO}_2)_2$	1
33	Etyl axetat	141-78-6	$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$	1.400

TT	Tên	Số CAS**	Công thức hoá học	Giới hạn tối đa
34	Etylamin	75-04-7	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$	45
35	Etyl benzen	100-41-4	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5$	870
36	Etyl bromua	74-96-4	$\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$	890
37	Etylen diamin	107-15-3	$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$	30
38	Etylen dibromua	106-93-4	$\text{CHBr}=\text{CHBr}$	190
39	Etyl acrylat	140-88-5	$\text{CH}_2=\text{CHCOOC}_2\text{H}_5$	100
40	Etylen clohydrin	107-07-3	$\text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{OH}$	16
41	Etylen oxit	75-21-8	CH_2OCH_2	20
42	Ete etyl	60-29-7	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$	1.200
43	Etyl clorua	75-00-3	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$	2.600
44	Etyl silicat	78 10-4	$(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{SiO}_4$	850
45	Etanolamin	141-43-5	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_2\text{OH}$	45
46	Fufural	98-01-1	$\text{C}_4\text{H}_3\text{OCHO}$	20
47	Formandehyt	50-00-0	HCHO	20
48	Fufuryl (2-Furylméthanol)	98-00-0	$\text{C}_4\text{H}_3\text{OCH}_2\text{OH}$	120
49	Flotriclometan	75-69-4	CCl_3F	5.600
50	n-heptan	142-82-5	C_7H_{16}	2.000
51	n-hexan	110-54-3	C_6H_{14}	450
52	Isopropylamin	75-31-0	$(\text{CH}_3)_2\text{CHNH}_2$	12
53	n-butanol	71-36-3	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$	360
54	Metyl mercaptan	74-93-1	CH_3SH	15
55	Metyl axetat	79-20-9	$\text{CH}_3\text{COOCH}_3$	610
56	Metyl acrylat	96-33-3	$\text{CH}_2=\text{CHCOOCH}_3$	35
57	Metanol	67-56-1	CH_3OH	260
58	Metyl axetylen	74-99-7	$\text{CH}_3\text{C}=\text{CH}$	1.650
59	Metyl bromua	74-83-9	CH_3Br	80
60	Metyl xyclohexan	108-87-2	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_{11}$	2.000
61	Metyl cyclohexanol	25639-42-3	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_{10}\text{OH}$	470
62	Metyl cyclohexanon	1331-22-2	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_9\text{O}$	460
63	Metyl clorua	74-87-3	CH_3Cl	210

TT	Tên	Số CAS**	Công thức hoá học	Giới hạn tối đa
64	Metylen clorua	75-09-2	CH_2Cl_2	1.750
65	Metyl clorofom (tricloetan)	71-55-6	CH_3CCl_3	2.700
66	Monometylalinin	100-61-8	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NHCH}_3$	9
67	Metanolamin	3088-27-5	HOCH_2NH_2	31
68	Naphtalen	91-20-3	C_{10}H_8	150
69	Nitrobenzen	98-95-3	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$	5
70	Nitroetan	79-24-3	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NO}_2$	310
71	Nitroglycerin	55-63-0	$\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3$	5
72	Nitrometan	75-52-5	CH_3NO_2	250
73	2-nitropropan	79-46-9	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{NO}_2)\text{CH}_3$	1.800
74	Nitrotoluen	1321-12-6	$\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{CH}_3$	30
75	2-Pentanol	107-87-9	$\text{CH}_3\text{CO}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$	700
76	Phenol	108-95-2	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	19
77	Phenylhydrazyl	100-63-0	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NHNH}_2$	22
78	n-Propanol	71-23-8	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	980
79	n-Propyl axetat	109-60-4	$\text{CH}_3\text{-COO-C}_3\text{H}_7$	840
80	Propylen diclorua	78-87-5	$\text{CH}_3\text{-CHCl-CH}_2\text{Cl}$	350
81	Propylen oxit	75-56-9	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	240
82	Pyridin	110-86-1	$\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$	30
83	Pyren	129-00-0	$\text{C}_{16}\text{H}_{10}$	15
84	p-Quynon	106-51-4	$\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2$	0,4
85	Styren	100-42-5	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH=CH}_2$	100
86	TetraHydrofuran	109-99-9	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$	590
87	1,1,2,2-tetracloetan	79-34-5	$\text{CHCl}_2\text{CHCl}_2$	35
88	Tetracloetylen	127-18-4	$\text{CCl}_2=\text{CCl}_2$	670
89	Tetraclométan	56-23-5	CCl_4	65
90	Tetranotrimétan	509-14-8	$\text{C}(\text{NO}_2)_4$	8
91	Toluen	108-88-3	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$	750
92	o- Toluidin	95-53-4	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2$	22
93	Toluen - 2,4 - diisocyanat	584-84-9	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_3(\text{NCO})_2$	0,7

TT	Tên	Số CAS**	Công thức hoá học	Giới hạn tối đa
94	Trietylamin	121-44-8	$(C_2H_5)_3N$	100
95	1,1,2-tricloetan	79-00-5	$CHCl_2CH_2Cl$	1.080
96	Tricloetylen	79-01-6	$ClCH=CCl_2$	110
97	Xylen	1330-20-7	$C_6H_4(CH_3)_2$	870
98	Xylidin	1300-73-8	$(CH_3)_2C_6H_3NH_2$	50
99	Vinylclorua	75-01-4	$CH_2=CHCl$	20
100	Vinytoluen	25013-15-4	$CH_2=CHC_6H_4CH_3$	480

Ghi chú:

* Mét khối khí thải chuẩn nói trong tiêu chuẩn này là một mét khối khí thải ở điều kiện nhiệt độ 0°C và áp suất tuyệt đối 760mm thủy ngân.

** Số CAS: Số đăng ký hóa chất theo quốc tế (Chemical Abstracts Service Registry Number) dùng để phân định các hóa chất.

III.9.

QUY ĐỊNH HỆ SỐ LƯU LƯỢNG NGUỒN THẢI (K_p), HỆ SỐ VÙNG (K_v) VÀ PHƯƠNG PHÁP TÍNH NỒNG ĐỘ TỐI ĐA CHO PHÉP CỦA CÁC CHẤT Ô NHIỄM TRONG KHÍ THẢI CÔNG NGHIỆP

(Ban hành theo Quyết định số 22/2006/QĐ-BTNMT ngày 18 tháng 12 năm 2006 của Bộ trưởng Bộ Tài nguyên và Môi trường)

1. Công thức tính nồng độ tối đa cho phép của các chất ô nhiễm trong khí thải công nghiệp

Nồng độ tối đa cho phép các chất ô nhiễm trong khí thải của cơ sở sản xuất, chế biến, kinh doanh, dịch vụ thải ra môi trường không khí được tính như sau:

$$C_{\max} = C_{tc} \times K_p \times K_v$$

Trong đó:

$C_{\max}$ là nồng độ tối đa cho phép của chất ô nhiễm trong khí thải của cơ sở sản xuất, chế biến, kinh doanh, dịch vụ thải ra môi trường không khí, tính bằng miligam trên mét khối khí thải ở điều kiện tiêu chuẩn (mg/Nm^3).

C_{tc} là giá trị nồng độ tối đa cho phép của chất ô nhiễm quy định trong Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5939 – 2005.

K_p là hệ số theo lưu lượng nguồn thải.

K_v là hệ số vùng, khu vực, nơi có cơ sở sản xuất, chế biến, kinh doanh, dịch vụ.

2. Giá trị hệ số K_p

Giá trị hệ số K_p được quy định tại bảng 1A dưới đây.

Bảng 1A. Giá trị hệ số K_p ứng với lưu lượng nguồn thải của cơ sở sản xuất chế biến, kinh doanh, dịch vụ thải vào môi trường không khí

Lưu lượng nguồn thải Đơn vị tính: mét khối/giờ (m^3/h)	Giá trị hệ số K_p
$P \leq 20.000$	1
$20.000 < P \leq 100.000$	0,9
$P > 100.000$	0,8

P là tổng lưu lượng nguồn thải của cơ sở sản xuất, chế biến, kinh doanh, dịch vụ thải vào môi trường không khí.

3. Giá trị hệ số K_v

Giá trị hệ số K_v được quy định tại bảng 2A dưới đây.

Bảng 2A. Giá trị hệ số K_v ứng với các vùng, khu vực có cơ sở sản xuất, chế biến, kinh doanh, dịch vụ

Phân vùng		Hệ số K_v
Vùng 1	Nội thành đô thị loại đặc biệt ⁽¹⁾ và đô thị loại I ⁽¹⁾ ; rừng đặc dụng ⁽²⁾ ; di sản thiên nhiên, di tích lịch sử, văn hoá được xếp hạng ⁽³⁾ ; cơ sở sản xuất, chế biến, kinh doanh, dịch vụ có khoảng cách đến ranh giới các khu vực này dưới 2km.	0,6
Vùng 2	Nội thành, nội thị, đô thị loại II, III, IV ⁽¹⁾ ; vùng ngoại thành, đô thị loại đặc biệt, đô thị loại I có khoảng cách đến ranh giới nội thành lớn hơn hoặc bằng 02km; cơ sở sản xuất, chế biến, kinh doanh, dịch vụ có khoảng cách đến ranh giới các khu vực này dưới 2km.	0,8
Vùng 3	Khu công nghiệp; đô thị loại V ⁽¹⁾ ; vùng ngoại thành, ngoại thị đô thị loại II, III, IV có khoảng cách đến ranh giới nội thành, nội thị lớn hơn hoặc bằng 02km; cơ sở sản xuất, chế biến, kinh doanh, dịch vụ có khoảng cách đến ranh giới các khu vực này dưới 2km ⁽⁴⁾ .	1,0
Vùng 4	Nông thôn.	1,2
Vùng 5	Nông thôn miền núi.	1,4

Ghi chú:

(1) Đô thị được xác định theo quy định tại Nghị định số 72/2001/NĐ-CP ngày 5 tháng 10 năm 2001 của Chính phủ.

(2) Rừng đặc dụng xác định theo Luật Bảo vệ và Phát triển rừng ngày 14 tháng 12 năm 2004 gồm: vườn quốc gia, khu bảo tồn thiên nhiên, khu bảo vệ cảnh quan, khu rừng nghiên cứu, thực nghiệm khoa học.

(3) Di sản thiên nhiên, di tích lịch sử, văn hóa được UNESCO, Thủ tướng Chính phủ hoặc Bộ chủ quản ra quyết định thành lập và xếp hạng.

(4) Trường hợp cơ sở sản xuất có khoảng cách đến ranh giới 02 vùng trở lên nhỏ hơn 2km thì áp dụng hệ số khu vực K_v tương ứng ưu tiên lần lượt theo các vùng 1, 2, 3, 4 và 5 (K_v tương ứng là 0,6; 0,8; 1; 1,2 và 1,4).

III.10.

QUY ĐỊNH HỆ SỐ CÔNG SUẤT (K_p); HỆ SỐ VÙNG, KHU VỰC (K_v); PHƯƠNG PHÁP TÍNH NỒNG ĐỘ TỐI ĐA CHO PHÉP CỦA NO_x , SO_2 VÀ BỤI TRONG KHÍ THẢI NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN SỬ DỤNG NHIÊN LIỆU THAN HOẶC DẦU ÁP DỤNG TIÊU CHUẨN VIỆT NAM TCVN 7740 – 2005

1. Công thức tính nồng độ tối đa cho phép

Nồng độ tối đa cho phép các chất ô nhiễm (SO_2 , NO_x và bụi) trong khí thải nhà máy nhiệt điện sử dụng nhiên liệu than hoặc dầu thải ra môi trường không khí được tính như sau:

$$C_{\max} = C_{tc} \times K_p \times K_v$$

Trong đó:

$C_{\max}$ là nồng độ tối đa cho phép của chất ô nhiễm trong khí thải của nhà máy nhiệt điện thải ra môi trường không khí, tính bằng miligam trên mét khối khí thải ở điều kiện tiêu chuẩn (mg/Nm^3);

C_{tc} là giá trị nồng độ tối đa cho phép của chất ô nhiễm quy định trong Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7440 – 2005 (Phụ lục III.11).

K_p là hệ số công suất của nhà máy nhiệt điện (hệ số theo quy mô nguồn thải).

K_v là hệ số vùng, khu vực xây dựng nhà máy nhiệt điện.

2. Giá trị hệ số K_p

Giá trị hệ số K_p được quy định tại bảng III.10.1.

Bảng III.10.1. Giá trị hệ số K_p ứng với công suất nhà máy nhiệt điện

Công suất nhà máy nhiệt điện	Hệ số K_p
$P \leq 300MW$	$K_p = 1$
$300MW < P \leq 600MW$	$K_p = 0,85$
$P > 600MW$	$K_p = 0,7$

P là tổng công suất của nhà máy nhiệt điện xây dựng mới, bao gồm một tổ máy hoặc nhiều tổ máy. Đối với các dự án mở rộng năng công suất nhà máy đang hoạt động, P là tổng công suất các tổ máy mới (tổng công suất mở rộng nhà máy).

3. Giá trị hệ số K_v

Giá trị hệ số K_v được quy định tại bảng III.10.2.

Bảng III.10.2. Giá trị hệ số K_v ứng với vùng, khu vực xây dựng nhà máy nhiệt điện

Phân vùng		Hệ số K_v
Vùng 1	Khu đô thị đặc biệt ⁽¹⁾ , đô thị loại I ⁽¹⁾ , vùng sinh thái nhạy cảm ⁽²⁾	0,6
Vùng 2	Khu đô thị loại II, III, IV ⁽¹⁾	0,8
Vùng 3	Khu công nghiệp	1,0
Vùng 4	Đồng bằng nông thôn và miền núi và khu đô thị loại V ⁽³⁾	1,2

Ghi chú:

(1) Đô thị được xác định theo quy định tại Nghị định số 72/2001/NĐ-CP ngày 5 tháng 10 năm 2001 của Chính phủ.

(2) Vùng sinh thái nhạy cảm là các vườn quốc gia, khu bảo tồn, khu dự trữ sinh quyển, khu bảo tồn giống/loài, khu bảo vệ cảnh quan, di tích lịch sử văn hoá được Thủ tướng Chính phủ hoặc Bộ chủ quản ra quyết định thành lập.

(3) Trường hợp nhà máy nhiệt điện đặt ở vùng 4 nhưng khoảng cách giữa nhà máy nhiệt điện đến ranh giới các vùng 1, 2 và 3 nhỏ hơn hoặc bằng 5km thì áp dụng hệ số khu vực K_v tương ứng theo các vùng 1, 2 và 3 (K_v tương ứng là 0,6; 0,8 và 1).

III.11.

TIÊU CHUẨN VIỆT NAM VỀ MÔI TRƯỜNG TCVN 7440- 2005

(BAN HÀNH KÈM THEO QUYẾT ĐỊNH SỐ 179/QĐ-BKHCN NGÀY 20 THÁNG 7 NĂM 2005 CỦA BỘ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ)

(TCVN 7440 – 2005: Tiêu chuẩn thải ngành Công nghiệp nhiệt điện)

1. Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định nồng độ tối đa cho phép của các thông số ô nhiễm của nhà máy nhiệt điện sử dụng công nghệ đốt nhiên liệu hóa thạch (than, dầu, khí) khi thải ra môi trường.

Tiêu chuẩn này áp dụng để đánh giá và thẩm định về các yêu cầu môi trường đối với dự án nhiệt điện xây dựng mới hoặc cải tạo lớn và mở rộng nhà máy nhiệt điện đang hoạt động.

Tiêu chuẩn này không áp dụng cho các nhà máy nhiệt điện sử dụng công nghệ đốt nhiên liệu khác ngoài nhiên liệu hóa thạch.

2. Tài liệu viện dẫn

Các tiêu chuẩn viện dẫn sau dùng để áp dụng cùng với tiêu chuẩn này.

1. TCVN 5939-2005: Chất lượng không khí – Tiêu chuẩn khí thải công nghiệp đối với bụi và các chất vô cơ.

2. TCVN 5940-2005: Chất lượng không khí – Tiêu chuẩn khí thải công nghiệp đối với một số chất hữu cơ.

3. TCVN 5945-2005: Nước thải công nghiệp – Tiêu chuẩn thải.

4. TCVN 5977-1995: Sự thải của nguồn tĩnh – Xác định nồng độ và lưu lượng bụi trong các ống dẫn khí – Phương pháp khối lượng thủ công.

5. TCVN 6750-2000: Sự phát thải của các nguồn tĩnh – Xác định nồng độ khối lượng lưu huỳnh điôxit – Phương pháp sắc ký ion.

6. TCVN 7172-2002: Sự phát thải của các nguồn tĩnh – Xác định nồng độ khối lượng nitơ ôxit – Phương pháp trắc quang dùng naphthyletylendiamin.

3. Thuật ngữ và giải thích

Trong tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ sau:

Nhà máy nhiệt điện (Thermal power plant): Nhà máy điện dùng công nghệ đốt nhiên liệu hóa thạch để sản xuất ra điện năng.

Nhà máy nhiệt điện có thể gồm một tổ máy hoặc cụm các tổ máy phát điện.

Bụi (Particulate matter): Các hạt rắn với mọi hình dáng, cấu trúc hoặc khối lượng riêng bất kỳ, phân tán trong pha khí liên tục [theo TCVN 5977-1995].

4. Giá trị giới hạn

– Tùy theo loại nhiên liệu được sử dụng, nồng độ tối đa cho phép của các thành phần ô nhiễm NO_x , SO_2 và bụi trong khí thải nhà máy nhiệt điện được quy định trong bảng III.11.1.

**Bảng III.11.1. Nồng độ tối đa cho phép của NO_x, SO₂ và bụi
trong khí thải nhà máy nhiệt điện**

Đơn vị : mg/Nm³

Thông số	Loại nhiên liệu sử dụng			Phương pháp xác định
	Than	Dầu	Khí	
Bụi	200	150	50	TCVN 5977 – 1995
NO _x	650 (với than có hàm lượng chất bốc > 10%) 1.000 (với than có hàm lượng chất bốc ≤ 10%)	600	250	TCVN 7172 – 2002
SO ₂	500	500	300	TCVN 6750 – 2000

Ghi chú:

Các giá trị nêu trong bảng không áp dụng cho trường hợp có dùng các thiết bị để pha loãng khí thải.

Các giá trị nồng độ này tính ở điều kiện chuẩn. Đối với nhà máy nhiệt điện dùng nhiên liệu than, nồng độ O₂ dư trong khí thải là 6%, đối với tuabin khí, nồng độ ôxi dư trong khí thải là 15%.

Các thành phần khác trong khí thải của nhà máy nhiệt điện, áp dụng theo TCVN 5939–2005 và TCVN 5940–2005.

– Nước thải của nhà máy nhiệt điện áp dụng theo TCVN 5945–2005.

-- Chất thải rắn của nhà máy nhiệt điện áp dụng theo quy định về quản lý chất thải rắn hiện hành.

PHỤ LỤC IV.

HỆ THỐNG TIÊU CHUẨN VỀ TIẾNG ỒN VÀ RUNG ĐỘNG, CHẤN ĐỘNG

IV.1. TCVN 5949 – 1998

ÂM HỌC – TIẾNG ỒN KHU VỰC CÔNG CỘNG VÀ DÂN CƯ MỨC ỒN TỐI ĐA CHO PHÉP

(Acoustics – Noise in public and residential areas maximum permitted noise level)

1. Phạm vi và lĩnh vực áp dụng

1.1. Tiêu chuẩn này quy định mức ồn tối đa cho phép tại các khu công cộng và dân cư.

1.2. Tiếng ồn nói trong tiêu chuẩn này là tiếng ồn do hoạt động của con người tạo ra, không phân biệt loại gây ồn.

1.3. Tiêu chuẩn này áp dụng để kiểm soát mọi hoạt động có thể gây ồn trong khu công cộng và dân cư.

1.4. Tiêu chuẩn này không quy định mức ồn bên trong các cơ sở sản xuất, cơ sở kinh doanh, thương mại, dịch vụ.

2. Tiêu chuẩn trích dẫn

Các tiêu chuẩn sau đây được áp dụng cùng với tiêu chuẩn này:

– TCVN 5964 – 1995: Âm học – Mô tả và đo tiếng ồn môi trường – Các đại lượng và phương pháp đo chính.

– TCVN 5965 – 1995: Âm học – Mô tả và đo tiếng ồn môi trường – Áp dụng các giới hạn tiếng ồn.

– TCVN 6399 – 1998: Âm học – Mô tả và đo tiếng ồn môi trường – Cách lấy các dữ liệu thích hợp để sử dụng vùng đất.

3. Giá trị giới hạn

3.1. Mọi loại nguồn do hoạt động sản xuất, kinh doanh, dịch vụ, sinh hoạt, v.v... không được gây ra cho khu vực công cộng và dân cư mức ồn vượt quá giá trị quy định trong bảng IV.1.1.

3.2. Phương pháp đo ồn để xác định mức ồn tại khu công cộng và dân cư được quy định trong các tiêu chuẩn TCVN 5964 – 1995; TCVN 5965 – 1995 và TCVN 6399 – 1998/ISO 1996/2:1987.

**Bảng IV.1.1. Giới hạn tối đa cho phép tiếng ồn khu vực công cộng và dân cư
(theo mức âm tương đương – dBA)**

TT	Khu vực*	Thời gian		
		6 – 18 giờ	18 – 22 giờ	22 – 6 giờ
1	Khu vực cần đặc biệt yên tĩnh: bệnh viện, thư viện, nhà điều dưỡng, nhà trẻ, trường học, nhà thờ, chùa chiền.	50	45	40
2	Khu dân cư, khách sạn, nhà ở, cơ quan hành chính	60	55	45
3	Khu vực dân cư xen kẽ trong khu vực thương mại, dịch vụ, sản xuất	75	70	50

Ghi chú: * Xem thêm hướng dẫn ở phụ lục A.

Phụ lục A (Quy định)

Giải thích một số điểm trong nội dung tiêu chuẩn

A.1. Khi tiến hành đo/đánh giá để xác định mức ồn so với mức ồn quy định trong tiêu chuẩn thì mọi điểm đo đều được thực hiện tại khu vực công cộng và khu dân cư. Trong trường hợp khu dân cư có xen kẽ các cơ sở sản xuất, cơ sở kinh doanh, thương mại, dịch vụ; hoặc khu dân cư nằm xen kẽ trong khu sản xuất, thương mại, dịch vụ thì không áp dụng đo tiếng ồn trong phạm vi các cơ sở đó.

A.2. Các khu vực nêu trong bảng:

A.2.1. Khu vực cần đặc biệt yên tĩnh: là nơi cần có sự yên tĩnh để chữa bệnh, chăm sóc sức khỏe, học tập, nghiên cứu, giảng dạy, lễ thờ cúng tôn nghiêm, v.v...

A.2.2. Khu dân cư, khách sạn, nhà nghỉ, cơ quan hành chính, v.v... Là khu vực để ở và làm việc hành chính là chủ yếu. Mọi cơ sở sản xuất, kinh doanh, dịch vụ khi nằm trong khu vực này đều không được gây ra tiếng ồn cho khu vực có mức vượt quá giới hạn cho phép tương ứng nêu trong bảng 1 trên. Nếu mức ồn nền ở khu vực này vượt quá giá trị giới hạn nêu trong bảng thì mọi hoạt động sản xuất, kinh doanh, dịch vụ ở đó cũng không được gây ra mức ồn tổng cao hơn mức ồn nền đã có.

A.2.3. Khu dân cư xen kẽ trong khu vực thương mại dịch vụ và sản xuất. Là khu vực hoạt động thương mại, dịch vụ và sản xuất là chủ yếu, trong đó có thể có khu dân cư nằm kề hoặc xen kẽ với các cơ sở sản xuất, kinh doanh thương nghiệp và dịch vụ. Mọi hoạt động thương mại, dịch vụ hoặc sản xuất không được gây ra tiếng ồn vượt quá giới hạn cho phép tương ứng nêu trong bảng 1 trên. Nếu mức ồn nền ở khu vực này vượt quá giá trị giới hạn nêu trong bảng thì mọi hoạt động sản xuất, kinh doanh, dịch vụ ở đó cũng không được gây ra mức ồn tổng cao hơn mức ồn nền đã có.

IV.2. TCVN 6436 – 1998

ÂM HỌC – TIẾNG ỒN DO PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG ĐƯỜNG BỘ PHÁT RA KHI ĐỔ – MỨC ỒN TỐI ĐA CHO PHÉP

(Acoustics – Noise emitted by stationary road vehicles – Maximum permitted noise levels)

1. Phạm vi áp dụng

1.1. Tiêu chuẩn này quy định mức ồn tối đa với các phương tiện giao thông đường bộ khi đỗ tại chỗ với động cơ đang hoạt động.

1.2. Tiêu chuẩn này được áp dụng để kiểm soát mức ồn của các phương tiện giao thông đường bộ

2. Tiêu chuẩn trích dẫn

TCVN 6211 – 1996: Phương tiện giao thông đường bộ – Kiểu – Thuật ngữ và định nghĩa.

TCVN 6435 – 1998 (ISO 5130 – 1982): Âm học – Đo tiếng ồn do phương tiện giao thông đường bộ phát ra khi đỗ – Phương pháp điều tra.

3. Giá trị giới hạn

Tiếng ồn phát ra từ mọi phương tiện giao thông đường bộ khi đỗ tại chỗ với động cơ đang hoạt động, được đo theo phương pháp đo điều tra đã được quy định trong TCVN 6435 – 1998 (ISO 5130 – 1982), không được vượt quá các giá trị tương ứng với các phương tiện nêu trong bảng IV.2.1 dưới đây.

Bảng IV.2.1. Giá trị mức ồn tối đa cho phép

Đơn vị: dBA

Phương tiện giao thông đường bộ	Mức ồn tối đa cho phép
1. Xe máy đến 125cm ³	95
2. Xe máy trên 125m ³	99
3. Ô tô con	103
4. Ô tô tải, ô tô chuyên dùng và ô tô khách hạng nhẹ, $G \leq 3.500\text{kg}$	103
5. Ô tô tải, ô tô chuyên dùng và ô tô khách hạng trung $G > 3.500\text{kg}$ và $P \leq 150\text{kW}$	105
6. Ô tô tải, ô tô chuyên dùng và ô tô khách hạng nặng $G > 3.500\text{kg}$ và $P > 150\text{kW}$	107
7. Phương tiện đặc biệt	110

Ghi chú:

Ký hiệu: P là công suất có ích lớn nhất của động cơ;

G là khối lượng toàn bộ của phương tiện.

– Phương tiện đặc biệt bao gồm: xe máy thi công, phương tiện xếp dỡ, ô tô, cần cẩu và các phương tiện cơ giới đường bộ công dụng đặc biệt khác lưu thông trên đường giao thông.

IV.3. TCVN 3985 – 1999

ÂM HỌC – MỨC ỒN CHO PHÉP TẠI CÁC VỊ TRÍ LÀM VIỆC (Acoustics – Allowable noise levels at workplace)

1. Phạm vi và lĩnh vực áp dụng

1.1. Tiêu chuẩn này quy định mức ồn cho phép tại các vị trí làm việc chịu ảnh hưởng của tiếng ồn trong các cơ sở sản xuất và cơ quan.

1.2. Tiêu chuẩn này áp dụng để kiểm soát mức ồn phát sinh trong quá trình làm việc do các loại máy móc, thiết bị và phương tiện sản xuất phát ra tác động đến người lao động.

2. Tiêu chuẩn trích dẫn

TCVN 3150 – 79: Phương pháp đo tiếng ồn tại chỗ làm việc trong các gian sản xuất.

TCVN 5964 – 1995: Âm học – Mô tả và đo tiếng ồn môi trường – Các đại lượng và phương pháp đo chính.

TCVN 6399 – 1998: Âm học – Mô tả và đo tiếng ồn môi trường – Cách lấy dữ liệu thích hợp để sử dụng vùng đất.

3. Mức ồn cho phép tại các vị trí làm việc

3.1. Mức ồn cho phép tại các vị trí làm việc được đánh giá bằng mức áp suất âm tương đương (sau đây gọi là mức âm tại mọi vị trí làm việc, trong suốt ca lao động (8 giờ)), do theo đặc tính A, không được vượt quá 85dBA, mức cực đại không được vượt quá 115dBA.

3.2. Nếu tổng thời gian tiếp xúc với tiếng ồn trong ngày không quá:

- 4 giờ, mức âm cho phép là 90dBA.
- 2 giờ, mức âm cho phép là 95dBA.
- 1 giờ, mức âm cho phép là 100dBA.
- 30 phút, mức âm cho phép là 105dBA.
- 15 phút, mức âm cho phép là 110dBA và mức cực đại không quá 115dBA.

Thời gian làm việc còn lại trong ngày làm việc chỉ được tiếp xúc với mức âm dưới 80dBA.

3.3. Mức âm cho phép đối với tiếng ồn xung quanh thấp hơn 5dBA so với các giá trị nêu trong mục 3.1, 3.2.

3.4. Để đảm bảo điều kiện làm việc nên tham khảo mức âm nêu trong bảng ở phụ lục A và sử dụng các biện pháp chống ồn nêu ở phụ lục C.

4. Đo mức ồn

– Để đo mức ồn, sử dụng các tiêu chuẩn sau: TCVN 3150 – 79; TCVN 5964 – 1995; TCVN 6399 – 1998.

Tham khảo hướng dẫn phương pháp đo mức ồn (thiết bị đo, vị trí đo, đại lượng đo và phương pháp tính) nêu ở phụ lục B.

Phụ lục A (Tham khảo)

MỨC ÁP SUẤT ÂM TẠI MỘT SỐ VỊ TRÍ LÀM VIỆC

Vị trí làm việc	Mức áp suất âm tương đương không quá (dBA)	Mức âm ở các dải octa với tần số trung tâm (Hz) không quá (dBA)							
		63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
1. Tại vị trí làm việc, sản xuất trực tiếp	85	99	92	86	83	80	78	76	74
2. Buồng theo dõi và điều khiển từ xa không có thông tin bằng điện thoại, các phòng thí nghiệm, thực nghiệm có nguồn ổn định	80	94	87	82	78	75	73	71	70
3. Buồng theo dõi và điều khiển từ xa có thông tin bằng điện thoại, phòng điều phối, phòng lắp máy chính xác, đánh máy chữ	70	87	79	72	68	65	63	61	59
4. Các phòng chức năng, hành chính, kế toán, kế hoạch, thống kê	65	83	74	68	63	60	57	55	54
5. Các phòng làm việc trí óc, nghiên cứu, thiết kế, thống kê, máy tính, thí nghiệm lý thuyết và xử lý số liệu thực nghiệm	55	75	66	59	54	50	47	45	43

Phụ lục B (Tham khảo)

ĐO MỨC ỒN

B.1. Thiết bị đo: Sử dụng loại thiết bị đo xác định được mức áp suất âm tương đương L_{Aeq} và có thể phân tích được mức âm theo các dải tần số 1 octa từ 63 – 800Hz.

B.2. Vị trí đo: Tại các vị trí làm việc, micro để ngang tầm tai công nhân, hướng về nguồn ồn và cách người đo ít nhất 0,5m.

B.3. Phương pháp đo và tính

B.3.1. Mức áp suất âm tương đương $L_{Aeq,T}$ có thể thực hiện bằng một trong hai cách sau:

– Đặt máy đo ở chế độ (mode) đo mức áp suất âm tương đương (L_{Aeq}) và đo liên tục trong 8 giờ theo công thức:

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left(\sum t_i \cdot 10^{0,1L_{iA}} \right)$$

– Dựa trên việc đo các mức ồn khác nhau trong những khoảng thời gian nhất định xác định mức áp suất âm tương đương tổng $L_{Aeq,T}$ (dBA) trong 1 ca được tính theo công thức :

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left(\sum t_i \cdot 10^{0,1(L_{iAeq} + \Delta L_{iAeq})} \right)$$

Trong đó :

L_{iA} là mức áp suất âm;

L_{iAeq} là mức áp suất âm tương đương trong khoảng thời gian t_i (giờ);

ΔL_{iAeq} là phần hiệu chỉnh cho mỗi mức áp suất âm L_{iA} hoặc mức áp suất âm tương đương L_{iAeq} đã xác định trong khoảng thời gian t_i (giờ) theo bảng sau :

Thời gian t_i trong đó xác định được L_{iA} hoặc L_{iAeq} (giờ)	8	7	6	5	4	3	2	1	1/2	1/4	1/10
Phần hiệu chỉnh ΔL_{iAeq} (dB)	0	-0,6	-1,2	-2	-3	-4,2	-6	-9	-12	-15	-19

Cộng từng phần hiệu chỉnh vừa tìm được với mức áp suất âm L_{iA} hoặc áp suất âm tương đương tương ứng L_{iAeq} để xác định các giá trị $(L_{iAeq} + \Delta L_{iAeq})$, (dBA).

Ví dụ : Xác định mức áp suất âm tương đương trong ca làm việc của một tổng các mức áp suất âm tương đương.

Giả sử các mức áp suất âm tương đương đo được ở các vị trí làm việc của một công nhân trong 1 ca làm việc là :

$L_{iAeq} = 100\text{dBA}$ trong 1/4 giờ của ca làm việc;

$L_{2Aeq} = 94\text{dBA}$ trong 1/2 giờ của ca làm việc;

$L_{3Aeq} = 75\text{dBA}$ trong thời gian còn lại.

Xác định mức áp suất âm tương đương trong ca làm việc.

Trình tự tính toán sẽ như sau:

1. $t_1 = 1/4$ giờ; $t_2 = 1/2$ giờ; $t_3 = 7$ giờ.

2. Xác định phần hiệu chỉnh theo bảng trên:

$\Delta L_{1A} = -15\text{dBA}$; $\Delta L_{2A} = -12\text{dBA}$; $\Delta L_{3A} = -0,5\text{dBA}$.

Khi lấy các giá trị phần hiệu chỉnh theo bảng ứng với thời gian tương ứng t_i nếu trong bảng không có đúng giá trị cần tìm có thể lấy gần đúng của t_i – như chọn thời gian gần nhất có trong bảng hay giá trị trung bình.

3. Tính các giá trị $(L_{iA} + \Delta L_{iA})$, dBA

$$L_{1A} + \Delta L_{1A} = 100 + (-15) = 85\text{dBA}$$

$$L_{2A} + \Delta L_{2A} = 94 + (-12) = 82\text{dBA}$$

$$L_{3A} + \Delta L_{3A} = 75 + (-0,5) = 74,5\text{dBA}$$

4. Xác định mức áp suất âm tương đương trong ca làm việc $L_{Aeq,T}$ (dBA) theo công thức:

$$\begin{aligned} L_{Aeq,T} &= 10\lg(10^{0,1 \times 85} + 10^{0,1 \times 82} + 10^{0,1 \times 74,5}) \\ &= 87\text{dBA}. \end{aligned}$$

Như vậy, công nhân này làm việc với mức áp suất âm tương đương lớn hơn giới hạn cho phép (85dBA).

B.3.2. Mức áp suất âm tương đương octa L_{eq} ở các dải 2 octa có tần số trung tâm là 63, 125, 250, 500, 1.000, 2.000, 4.000, 8.000Hz.

Phụ lục C (Tham khảo)

CÁC BIỆN PHÁP CHỐNG ỒN

C.1. Trong khi thiết kế các máy mới, thiết lập quy trình công nghệ mới, thiết kế sản xuất và vận hành các loại thiết bị cũng như trong quá trình tổ chức các vị trí làm việc (đặc biệt là đối với những cơ sở mới xây dựng), cần áp dụng các biện pháp nhằm giảm tiếng ồn tại các vị trí làm việc để không vượt quá mức cho phép, ví dụ:

- Biện pháp kỹ thuật: thiết kế công nghiệp, cách ly, cô lập nguồn ồn, sử dụng quy trình công nghệ có mức ồn thấp, các thiết bị sản xuất có công suất âm thấp.
- Biện pháp âm học xây dựng: Ví dụ, dùng vật cách âm, vật liệu hút âm.
- Sử dụng điều khiển từ xa. Tự động hóa.
- Chế độ lao động và nghỉ ngơi thích hợp, giảm thời gian tiếp xúc với tiếng ồn.

C.2. Những người làm việc trong vùng có tiếng ồn cao hơn 85dBA hoặc thời gian tiếp xúc với tiếng ồn vượt quá quy định trong điều 3.1 phải được cung cấp và

phải mang dụng cụ phòng hộ lao động cá nhân như nút tai chống ồn, bịt tai chống ồn và phải được tổ chức khám diếc nghề nghiệp định kỳ hàng năm.

IV.4. TCVN 5948 – 1999

ÂM HỌC – TIẾNG ỒN DO PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG ĐƯỜNG BỘ PHÁT RA KHI TĂNG TỐC ĐỘ – MỨC ỒN TỐI ĐA CHO PHÉP

(Acoustic – Noise emitted by accelerating road vehicles – Permitted maximum noise levels)

1. Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định mức ồn tối đa cho phép đối với tiếng ồn do các loại phương tiện giao thông đường bộ phát ra khi tăng tốc độ. Tiêu chuẩn này được áp dụng cho việc thử công nhận kiểu, thử trong sản xuất và kiểm tra phương tiện giao thông đường bộ nhập khẩu mới chưa qua sử dụng thuộc loại L, M và N.

2. Tiêu chuẩn trích dẫn

TCVN 6552 – 1999 (ISO 362 – 1998): Âm học – Đo tiếng ồn do phương tiện giao thông đường bộ phát ra khi tăng tốc độ – Phương pháp kỹ thuật (Acoustics – Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles – Engineering method);

TCVN 6211 – 1996 (ISO 3833 – 1977): Phương tiện giao thông đường bộ – Khối lượng – Thuật ngữ và định nghĩa.

TCVN 6529 – 1999 (ISO 1176 – 1990): Phương tiện giao thông đường bộ – Khối lượng – Thuật ngữ, định nghĩa và mã hiệu.

ISO 9645 – 1990: Âm học – Đo tiếng ồn do xe máy hai bánh phát ra khi chuyển động – Phương pháp kỹ thuật (Acoustics – Measurement of noise emitted by two – Wheeled mopeds in motion – Engineering method).

3. Loại phương tiện

Phương tiện giao thông đường bộ loại L, M, N trong tiêu chuẩn này được định nghĩa trong TCVN 6552 – 1999 và TCVN 6211 – 1996.

4. Giá trị giới hạn

Tiếng ồn do các phương tiện giao thông đường bộ phát ra khi tăng tốc độ được đo theo phương pháp quy định trong TCVN 6552 – 1999, riêng xe máy 2 bánh đo theo ISO 9645 – 1990, phải tuân theo quy định sau:

4.1. Đối với thử công nhận kiểu

4.1.1. Mức ồn đo được không được vượt quá giá trị tương ứng với từng loại phương tiện.

Như nêu trong bảng 1 theo mức 1 hoặc mức 2 đối với từng loại phương tiện. Thời điểm áp dụng mức 1 hoặc mức 2 do cơ quan có thẩm quyền quy định.

4.1.2. Trong một số trường hợp đặc biệt, mức ồn tối đa cho phép được quy định thêm như sau:

a) Đối với các phương tiện thuộc loại M1, M2, và N1 có $G \geq 3.500\text{kg}$ lắp động cơ diesel phun trực tiếp thì các giá trị cho phép trong bảng 1 được phép cộng thêm 1dBA.

b) Theo mức 1, nếu phương tiện được thiết kế để chạy trên đường gồ ghề hoặc có 4 bánh chủ động thì các giá trị cho phép trong bảng 1 được phép cộng thêm 1dBA.

c) Theo mức 2, nếu phương tiện được thiết kế để chạy trên đường gồ ghề và có $G > 2.000\text{kg}$ thì các giá trị cho phép trong bảng 1 được phép cộng thêm như sau:

Nếu $P < 150\text{kW}$: cộng thêm 1dBA;

Nếu $P \geq 150\text{kW}$: cộng thêm 2dBA;

d) Đối với phương tiện loại M1, nếu số tay số tiến của hộp số lớn hơn 4, $P > 140\text{kW}$, tỷ lệ giữa công suất lớn nhất trên khối lượng toàn bộ cho phép lớn hơn $0,075\text{kW/kg}$; nếu trong khi thử bằng phương pháp nêu trên, tốc độ của xe khi đuôi xe đi qua đường thẳng BB (xem TCVN 6552 – 1999) của khu vực thử với số tiến đang sử dụng là số 3 lớn hơn 61km/h thì giá trị ghi trong bảng 1 được phép cộng thêm 1dBA.

Chú thích:

P là công suất có ích lớn nhất của động cơ.

CC là dung tích làm việc của xilanh động cơ.

G là khối lượng toàn bộ cho phép lớn nhất của phương tiện [G theo TCVN 6529 – 1999 (ISO 1176 – 1990)];

4.2. Đối với thử trong sản xuất và kiểm tra phương tiện nhập khẩu.

4.2.1. Mức ồn đo được của các phương tiện: xe máy hai bánh, xe loại L3, L4 và L5 không được vượt quá 3 dBA so với giá trị đo trong thử công nhận kiểu hoặc không được vượt quá 1dBA so với giá trị tương ứng với từng loại phương tiện nêu trong bảng 1.

4.2.2. Mức ồn đo được của các phương tiện thuộc các loại M và N không được vượt quá 1dBA so với các giá trị tương ứng với các phương tiện nêu trong bảng IV.4.1.

Bảng IV.4.1. Giá trị mức ồn tối đa cho phép

Đơn vị: dBA

TT	Loại phương tiện	Mức ồn tối đa cho phép	
		Mức 1	Mức 2
1	Xe máy hai bánh:		
	Tốc độ lớn nhất không quá 30km/h	70	70
	Tốc độ lớn nhất quá 30km/h	73	73

TT	Loại phương tiện	Mức ồn tối đa cho phép	
		Mức 1	Mức 2
2	L ₃ (mô tô), L ₄ và L ₅ (xe ba bánh)		
	CC ≤ 80cm ³	75	75
	80cm ³ < CC ≤ 175cm ³	77	77
	CC > 175cm ³	80	80
3	Ô tô loại M ₁	77	74
4	Ô tô loại M ₂ và N ₁ :		
	G ≤ 2.000kg	78	76
	2.000kg < G ≤ 3.500kg	79	77
5	Ô tô loại M ₂ có G > 3.500kg và M ₃		
	P < 150kW	80	78
	P ≥ 150kW	83	80
6	Ô tô loại N ₂ và N ₃ :		
	P < 75kW	81	77
	75kW ≤ P < 150kW	83	78
	P ≥ 150kW	84	80

IV.5. TCVN 6962 – 2001

RUNG ĐỘNG VÀ CHẤN ĐỘNG – RUNG ĐỘNG DO CÁC HOẠT ĐỘNG XÂY DỰNG VÀ SẢN XUẤT CÔNG NGHIỆP – MỨC TỐI ĐA CHO PHÉP ĐỐI VỚI MÔI TRƯỜNG KHU CÔNG CỘNG VÀ KHU DÂN CƯ

(Vibration and shock – Vibration emitted by construction works and factories –
Maximum permitted levels in the environment of public and residential areas)

1. Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định mức gia tốc rung tối đa cho phép do hoạt động sản xuất công nghiệp và xây dựng gây ra trong các khu công cộng và dân cư.

Tiêu chuẩn này áp dụng để kiểm soát mức gia tốc rung gây ra do các thiết bị, phương tiện, công cụ công tác sử dụng trong xây dựng và sản xuất công nghiệp (sau đây gọi là phương tiện) nhằm bảo vệ môi trường của các khu vực công cộng và dân cư.

2. Tiêu chuẩn trích dẫn

TCVN 6963 – 2001: Rung động và chấn động – Rung động do các hoạt động xây dựng và sản xuất công nghiệp – Phương pháp đo.

3. Mức rung cho phép

3.1. Các phương tiện sử dụng trong xây dựng không được gây ra mức gia tốc rung tác động đến môi trường khu vực công cộng và dân cư vượt quá mức cho phép trong bảng IV.5.1.

3.2. Các phương tiện sử dụng trong sản xuất công nghiệp không được gây ra mức rung tác động đến môi trường khu vực công cộng và dân cư vượt quá mức cho phép trong bảng 2.

4. Phương pháp đo: Được áp dụng theo TCVN 6963 – 2001.

5. Điểm đo: Đối với rung do sản xuất công nghiệp hoặc hoạt động xây dựng gây ra, mức gia tốc rung được đánh giá tại các điểm sát phía ngoài đường ranh giới (hàng rào) của cơ sở sản xuất công nghiệp hoặc công trình xây dựng với khu công cộng và dân cư.

Bảng IV.5.1. Mức gia tốc rung cho phép trong hoạt động xây dựng, dB

TT	Khu vực	Thời gian áp dụng trong ngày	Mức cho phép dBA**	Ghi chú
1	Khu vực cần có môi trường đặc biệt yên tĩnh	7h – 19h	75	Thời gian làm việc liên tục không quá 10h/ngày
		19h – 7h	Mức nền*	
2	Khu dân cư, khách sạn, nhà nghỉ, cơ quan hành chính và tương tự	7h – 19h	75	Thời gian làm việc liên tục không quá 10h/ngày
		19h – 7h	Mức nền*	
3	Khu dân cư xen kẽ trong khu vực thương mại, dịch vụ và sản xuất	6h – 22h	75	Thời gian làm việc liên tục không quá 14h/ngày
		22h – 6h	Mức nền *	
*Xem phụ lục A				
** Xem phụ lục B				

Bảng 2. Mức gia tốc rung cho phép trong hoạt động sản xuất công nghiệp (dB)

TT	Khu vực*	Mức cho phép và thời gian áp dụng trong ngày, dBA**		Ghi chú
		6h – 18h	18h – 6h	
1	Khu vực cần có môi trường đặc biệt yên tĩnh	60	55	Mức gia tốc rung quy định trong bảng là
2	Khu dân cư, khách sạn, nhà nghỉ, cơ quan hành chính và tương tự	65	60	1) mức đo được khi dao động ổn định, hoặc 2) là trung bình của giá trị

3	Khu dân cư xen kẽ trong khu vực thương mại, dịch vụ và sản xuất	70	65	cực đại đối với mỗi dao động được đo có chu kỳ hay ngắn quãng, hoặc 3) là giá trị trung bình của 10 giá trị lớn nhất từ 100 giá trị đã đo được của mỗi 5s hoặc tương đương của nó (L10) khi các dao động là bất quy tắc và đột ngột
*Xem phụ lục A				
** Xem phụ lục B				

Phụ lục A (Quy định)

GIẢI THÍCH MỘT SỐ ĐIỂM TRONG NỘI DUNG TIÊU CHUẨN

A.1. Các khu vực nêu trong bảng

A.1.1. Khu vực cần có môi trường đặc biệt yên tĩnh: Là nơi cần có sự yên tĩnh để chữa bệnh, chăm sóc sức khỏe, học tập, nghiên cứu, giảng dạy, để thờ cúng tôn nghiêm, hoặc có chức năng tương tự.

A.1.2. Khu dân cư, khách sạn, nhà nghỉ, cơ quan hành chính và tương tự.

Là khu vực để ở và làm việc hành chính là chủ yếu. Mọi cơ sở sản xuất công nghiệp nằm trong khu vực này, hoặc các hoạt động xây dựng tiến hành trong khu vực này đều không được gây ra mức rung vượt quá giá trị giới hạn cho phép tương ứng nêu trong bảng 1 và 2.

A.1.3. Khu dân cư xen kẽ trong khu vực thương mại, dịch vụ và sản xuất.

Là khu vực mà hoạt động thương mại, dịch vụ và sản xuất là chính, trong đó có thể có khu dân cư nằm kề hoặc xen kẽ với các cơ sở sản xuất công nghiệp. Mọi hoạt động của phương tiện sản xuất và xây dựng không được gây ra mức rung vượt quá giới hạn cho phép tương ứng nêu trong bảng 1 và 2.

A.2. Mức nền: là mức gia tốc rung đo được khi không có các phương tiện làm việc tại các khu vực được đánh giá.

Phụ lục B (Tham khảo)

BẢNG CHUYỂN ĐỔI GIÁ TRỊ MỨC GIA TỐC RUNG TÍNH THEO dBA VÀ GIA TỐC RUNG TÍNH THEO m/s^2

Mức gia tốc rung (dBA)	55	60	65	70	75
Gia tốc rung (m/s^2)	0,006	0,010	0,018	0,030	0,055

PHỤ LỤC V

HỆ SỐ Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ ĐỐI VỚI CÁC LOẠI XE (THEO WHO)

Các loại xe	Đơn vị (U)	TSP (kg/U)	SO ₂ (kg/U)	NO _x (kg/U)	CO (kg/U)	VOC (kg/U)
1. Xe ca (ô tô con và xe khách)						
– Động cơ < 1.400cc	1.000km	0,07	1,74S	1,31	10,24	1,29
	tấn xăng	0,80	20S	15,13	118,0	14,83
– Động cơ 1.400cc – 2.000cc	1.000km	0,07	2,0S	1,13	6,46	0,60
	tấn xăng	0,68	20S	10,97	62,9	5,85
– Động cơ > 2.000cc	1.000km	0,07	2,3S	1,13	6,46	0,60
	tấn xăng	0,06	20S	9,56	54,9	5,1
Trung bình	1.000km	0,07	2,05S	1,19	7,72	0,83
2. Xe tải						
– Xe tải chạy xăng > 3,5 tấn	1.000km	0,4	4,5S	4,5	70	7
	tấn xăng	3,5	20S	20	300	30
– Xe tải nhỏ (động cơ diesel) < 3,5 tấn	1.000km	0,2	1,16S	0,7	1	0,15
	tấn dầu	3,5	20S	12	18	2,6
– Xe tải lớn (động cơ diesel) > 16 tấn	1.000km	0,9	4,2S	11,8	6,0	2,6
	tấn dầu	4,3	20S	55	28	2,6
– Xe tải rất lớn (động cơ diesel) > 16 tấn	1.000km	1,6	7,26S	18,2	7,3	5,8
	tấn dầu	4,3	20S	20	20	16
– Xe buýt lớn (động cơ diesel) > 16 chỗ ngồi	1.000km	1,4	6,6S	16,5	6,6	5,3
	tấn dầu	4,3	20S	50	20	16
Trung bình	1.000km	0,9	4,76 S	10,3	18,2	4,2
3. Xe máy						
– Động cơ < 50cc 2 kỳ	1.000km	0,12	0,36S	0,05	10	6
	tấn xăng	6,7	20S	2,8	550	330
– Động cơ > 50cc 2 kỳ	1.000km	0,12	0,6S	0,08	22	15
	tấn xăng	4	20S	2,7	730	500
– Động cơ > 50cc 4 kỳ	1.000km		0,76S	0,30	20	3
	tấn xăng		20S	8	525	80
Trung bình	1.000km	0,08	0,57 S	0,14	16,7	8

Ghi chú: S là hàm lượng lưu huỳnh trong xăng, dầu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Ngọc Đăng – *Môi trường không khí* – NXB Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội, 2003.
2. Phạm Ngọc Hồ, Hoàng Xuân Cơ – *Cơ sở khí tượng học* – Tập I (§1– §5, §8– §10, chương II), tập III (§4, §5, chương IX). NXB Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội, 1991.
3. Phạm Ngọc Hồ – *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* – Báo cáo tổng kết đề tài KHCN, số 01C-09/05-2001-2, Hà Nội, 2003.
4. 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, Hà Nội, 1992.
5. Phạm Ngọc Hồ – *Phương pháp xác định hệ số khuếch tán rối trong lớp biên khí quyển ở Hà Nội*. Thông báo Khoa học các trường Đại học, Hà Nội, 1993.
6. Phạm Ngọc Hồ – *Nghiên cứu phương pháp xác định các tham số khuếch tán rối trong các mô hình tính toán sự phát tán và dự báo lan truyền chất ô nhiễm không khí từ các nguồn thải công nghiệp trong điều kiện khí hậu nhiệt đới gió mùa ở Việt Nam* – Báo cáo tổng hợp kết quả nghiên cứu của Đề tài Khoa học công nghệ & Môi trường, số 152/98/Mtrg, Hà Nội, 12/1998.
7. Phạm Ngọc Hồ – *Đánh giá hiện trạng và dự báo xu thế biến động môi trường không khí ở Hà Nội và một số thành phố lớn ở Bắc Việt Nam* – Báo cáo tổng kết Đề tài NCCB cấp Nhà nước, mã số 7-8-10, Hà Nội, 1999.
8. Phạm Ngọc Hồ – *Tập bài giảng "Cơ sở môi trường không khí"* – Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, 2000.
9. Phạm Ngọc Hồ – *Tập bài giảng "Mô hình hoá quá trình lan truyền chất ô nhiễm trong môi trường không khí"* – Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, 2000.
10. Phạm Ngọc Hồ, Phạm Thị Việt Anh – *Xác định quy luật biến đổi của các tham số khuếch tán rối theo khoảng thời gian trong môi trường không khí* – Tuyển tập các công trình khoa học ngành Môi trường. NXB Đại học Quốc gia Hà Nội, 2000.
11. Phạm Ngọc Hồ, Vũ Văn Mạnh – *Dự báo mức độ ô nhiễm tiếng ồn giao thông và nghiên cứu tác dụng giảm tiếng ồn của cây xanh phục vụ dự án nâng cấp Quốc lộ 10* – Tuyển tập công trình khoa học ngành Môi trường. NXB Đại học Quốc gia Hà Nội, 11/2000.

12. Phạm Ngọc Hồ, Vũ Văn Mạnh, Phạm Thị Việt Anh – *Sử dụng phương pháp mô hình hoá định lượng vào việc tính toán và dự báo chất lượng không khí cho nguồn đường giao thông* – Tuyển tập công trình khoa học ngành Môi trường, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội, 11/2000.
13. Phạm Ngọc Hồ, Vũ Văn Mạnh – *Nghiên cứu tính khả biến của tổng lượng ôzôn khí quyển tại Hà Nội và Thành phố Hồ Chí Minh* – Thông báo khoa học các trường Đại học, Bộ GD&ĐT, ISSN. 0868.3034, tr. 7–13, Hà Nội, 2000.
14. Phạm Ngọc Hồ, Vũ Văn Mạnh – *Ôzôn trong tầng đối lưu* – Tạp chí Khí tượng Thủy văn, số 8 (476), tr. 23–25, Hà Nội, 2000.
15. Phạm Ngọc Hồ – *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* – Báo cáo tổng kết đề tài KHCN, số 01C–09/05–2001–2, Hà Nội, 2003.
16. Phạm Ngọc Hồ, Vũ Văn Mạnh – *Nghiên cứu đặc trưng cấu trúc của bức xạ cực tím tại Hà Nội và Thành phố Hồ Chí Minh* – Tạp chí Khí tượng Thủy văn, số 3 (507), tr.45–50, Hà Nội, 2003.
17. Phạm Ngọc Hồ, Vũ Văn Mạnh – *Tính toán các đặc trưng biến động của tổng lượng ôzôn khí quyển tại miền Bắc Việt Nam* – Tạp chí Khí tượng Thủy văn, số 4 (508), tr.43–50, Hà Nội, 2003.
18. Phạm Ngọc Hồ, Vũ Văn Mạnh – *Nghiên cứu xu thế biến động của ôzôn đối lưu tại Hà Nội* – Tạp chí Khí tượng Thủy văn, số 5 (509), tr.7–12, Hà Nội, 2003.
19. Phạm Ngọc Hồ, Vũ Văn Mạnh – *Nghiên cứu việc sử dụng cơ sở lý thuyết rời rạc để hiện đại cho dự báo tổng lượng ôzôn khí quyển, bức xạ cực tím (UVB) và thời gian phơi nắng tối đa cho phép* – Tạp chí Khí tượng Thủy văn, số 6 (510), tr.4–11, Hà Nội, 2003.
20. Phạm Ngọc Hồ, Vũ Văn Mạnh và nnk – *Đánh giá tính biến động của ôzôn mặt đất tại nội thành Hà Nội vào mùa hè năm 2004* – Tạp chí Khí tượng Thủy văn, trang 18, số 7/2005.
21. Phạm Ngọc Hồ – *Nghiên cứu cơ sở khoa học xây dựng bản đồ hiện trạng môi trường thành phần và tổng hợp thành phố Hà Nội. Ứng dụng để thành lập bản đồ môi trường không khí* – Báo cáo tổng hợp kết quả đề tài nghiên cứu khoa học và công nghệ cấp thành phố, mã số 01C – 09/04–2004–1, Hà Nội, 3/2005.
22. Phạm Ngọc Hồ – *Cơ sở khoa học và phương pháp luận xây dựng bản đồ môi trường (Phân phương pháp đánh giá chất lượng môi trường thành phần và*

- tổng hợp*) – Tuyển tập các báo cáo Khoa học Hội nghị Môi trường toàn quốc 2005. Trang 1107–1114. Xưởng in Tạp chí Tin học và Đời sống, 2006.
23. Phạm Ngọc Hồ, Dương Ngọc Bách – *Tính toán các đặc trưng biến động theo thời gian của bụi PM_{10} thải ra từ các nguồn giao thông và dân sinh ở nội thành Hà Nội* – Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, KHTN&CN, T.XXII, số 3BPT, 2006 (tr 15–20).
 24. Phạm Ngọc Hồ – *Nghiên cứu phương pháp mô phỏng tính biến động và dự báo quá trình lan truyền bụi PM_{10} trong môi trường không khí ở Hà Nội*. Báo cáo kết quả đề tài nghiên cứu khoa học cơ bản cấp Nhà nước, mã số 706206, HN–2006.
 25. Lê Văn Khoa và nnk – *Khoa học Môi trường*. NXB Giáo dục, 2003.
 26. Vũ Văn Mạnh – *Nghiên cứu tính biến động của tầng ôzôn khí quyển phục vụ cho việc sử dụng hợp lý tài nguyên thiên nhiên và bảo vệ môi trường ở Việt Nam* – Luận án Tiến sỹ, 2004.
 27. Nguyễn Đức Ngữ, Đào Đức Tuấn – *Việt Nam với vấn đề bảo vệ tầng ôzôn* – Tập san Khoa học Kỹ thuật Khí tượng Thủy văn số 8 (440), tr.1–5, Hà Nội, 1997.
 28. 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* – Báo cáo tổng kết đề tài Nghiên cứu Khoa học, Tổng cục Khí tượng Thủy văn, Hà Nội, 1995.
 29. Lê Đình Quang, Phạm Ngọc Hồ – *Về áp dụng các mô hình lớp biên khí quyển để tính toán sự phát tán của tạp chất* – Tuyển tập công trình khoa học ngành Môi trường. NXB Đại học Quốc gia Hà Nội, 04/1998.
 30. Lê Đình Quang, Vương Quốc Cường – *Xác định độ nhám z_0 và chỉ số lũy thừa n trong công thức biến đổi gió theo quy luật lũy thừa tại trạm Hoài Đức*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, N^o1, 1998.
 31. Lê Đình Quang, Phạm Ngọc Hồ – *Động lực học môi trường lớp biên* – Giáo trình giảng dạy sau đại học. Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, 2002.
 32. Văn phòng ôzôn – *Bằng chứng đầu tiên về lỗ thủng ôzôn gây hại cho Nam cực* – Thông tin ôzôn, số 3, Hà Nội, 1998.
 33. Văn phòng ôzôn – *Nghị định thư Montreal về các chất làm suy giảm tầng ôzôn* – Hà Nội, 1998.
 34. Tổng cục Khí tượng Thủy văn – *Chương trình quốc gia Việt Nam thực hiện công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu* – Hà Nội 7/2001.
 35. Tổng cục Khí tượng Thủy văn – *Thông báo đầu tiên của Việt Nam cho công ước khung liên hợp quốc về biến đổi khí hậu* – Hà Nội, 12/2001.

36. *Quy trình & quy phạm quan trắc môi trường không khí* – Cục Môi trường, Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2005.
37. Alexander P. Economopoulos – *Assesment of Sources of Air, Water and Land Pollution* – Leningrat, 1994.
38. Ashmore, M.R. & Bell, J.N.B. – *The role of ozone in global change* – Annals of Botany, 67 (suppl. 1), p.39–48, 1991.
39. Dobson G.M.B. – *Atmospheric ozone and the movement of air in the Stratosphere, pure appli. Geophy.* vol. 106–108, 1973.
40. David D. Kemp – *Global Environmental Issues* (A climatological approach), Second edition, Routledge Publisher, p.122–143, 1994.
41. Dutch – *Atmospheric ozone and Ultraviolet radiation*. World survey climate, vol. 4, 1969.
42. Pham Ngoc Ho and Pham Thi Viet Anh – *Determination of Variable Law of the Turbulent diffusion Parameters with Time Internal in the Air Environment in Vietnam* – Osaka University, Osaka, Japan, November, 2001.
43. Hanna R.S – *Review of Atmospheric Diffusion Models for Regulatory Application*. WHO Technical Note.177, 1–37, WHO, 1982.
44. Howard E.Hesketh – *Air pollution Control, Traditional and Hazardous Pollutants*. Technomic, 1991.
45. Jetske H., Hans J.S., Frank A.A – *Air Pollution Modeling and Its Application*. Plenum Press, PP. 99–109, 1989.
46. Jenold L.Schonoor – *Environmental Modeling, Fate and Transport of Pollutants in Water, Air and Soil* – New York, 1990.
47. Noelde Nevers – *Air Pollution Control Engineering* – Printed in Singapore, 1995.
48. Pasquyll – *Atmospheric Diffusion. The dispersion of Wind bound material from Industrial and other Source* – London, 1971.
49. William J.Morz – *Air Pollution*, Printed in USA, 1989.
50. The World Climate Research program – *Global climate Change*. Scientific Review January 1990, p.3–4.
51. World Health Organization – *Environmental Health Criteria. Photochemical Oxidants*, Geneva, 1978.

Chịu trách nhiệm xuất bản:

Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc NGÔ TRẦN ÁI
Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập NGUYỄN QUÝ THAO

Biên tập và sửa bản in:

HOÀNG THỊ QUY

Trình bày bìa:

BÍCH LA

Chế bản:

HUYỀN TRANG

Giáo trình CƠ SỞ MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ

Mã số: 7K800Y9 - DAI

In 1.000 bản (QĐ : 31), khổ 16 x 24 cm. In tại Xí nghiệp in – NXB Lao động xã hội.

Địa chỉ : Ngõ Hoà Bình 4, phố Minh Khai, Hai Bà Trưng, Hà Nội.

Số ĐKKH xuất bản : 161 - 2009/CXB/33 - 208/GD.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 5 năm 2009.



CÔNG TY CỔ PHẦN SÁCH ĐẠI HỌC - DẠY NGHỀ
HEVOBCO

25 HÀN THUYỀN - HÀ NỘI

Website : www.hevobco.com.vn



VƯƠNG MIỆN KIM CƯƠNG
CHẤT LƯỢNG QUỐC TẾ

TÌM ĐỌC

Giáo trình về sinh thái và môi trường của Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam

- | | |
|---|---|
| 1. Khoa học môi trường | GS. Lê Văn Khoa |
| 2. Đất ngập nước | GS. Lê Văn Khoa |
| 3. Môi trường và giáo dục bảo vệ môi trường | GS. Lê Văn Khoa |
| 4. Môi trường và phát triển bền vững | PGS. Nguyễn Đình Hoè |
| 5. Cẩm nang quản lý môi trường | PGS. Lưu Đức Hải |
| 6. Giáo trình Khoa học Trái Đất | PGS. Lưu Đức Hải -
GS. Trần Nghi |
| 7. Giáo trình Động lực học lớp biên khí quyển | GS. Phạm Ngọc Hồ |
| 8. Giáo trình Cơ sở môi trường nước | TS. Đồng Kim Loan -
PGS. Trịnh Thị Thanh |
| 9. Kinh tế môi trường | PGS. Hoàng Xuân Cơ |
| 10. Kinh tế chất thải | GS. Nguyễn Đình Hương |
| 11. Cơ sở sinh thái học | GS. Vũ Trung Tạng |
| 12. Sinh thái học các hệ sinh thái | GS. Vũ Trung Tạng |
| 13. Sinh thái học các hệ sinh thái nước | GS. Vũ Trung Tạng |

Bạn đọc có thể mua sách tại các Công ty Sách – Thiết bị trường học ở các địa phương hoặc các Cửa hàng sách của Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam :

- Tại TP. Hà Nội : 25 Hàn Thuyên ; 187B Giảng Võ ; 232 Tây Sơn ; 23 Tràng Tiền ;
- Tại TP. Đà Nẵng : Số 15 Nguyễn Chí Thanh ; Số 62 Nguyễn Chí Thanh.
- Tại TP. Hồ Chí Minh : Cửa hàng 451B – 453 Hai Bà Trưng – Quận 3 ;
240 Trần Bình Trọng – Quận 5.
- Tại TP. Cần Thơ : Số 5/5, đường 30/4.

Website : www.hevobco.com.vn



819349801984420



Giá: 32.500đ