THƯ VIỆN
TRUNG TÂM KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN QUỐC GIA

QUÁ TRÌNH BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

GS.TSKH. **Nguyễn Đức Ngữ**
Trung tâm Khoa học Công nghệ Khí tượng Thủy văn và Môi trường

Bài báo này giới thiệu một số vấn đề khoa học của quá trình biến đổi khí hậu, những tiến bộ trong nhận thức và ứng dụng cũng như những tồn tại trong việc mô phỏng các quá trình và dự báo diễn biến khí hậu trong tương lai.

1. Mở đầu

Biến đổi khí hậu (BĐKH) tiêu biểu là sự nóng lên toàn cầu đang thu hút sự quan tâm của nhiều quốc gia do những ảnh hưởng của nó hiện nay và hiểm họa trong tương lai đối với xã hội loài người. Nhiều thiên tai nghiêm trọng, các hiện tượng khí hậu dị thường đã xảy ra ở nhiều nơi trên thế giới trong thời gian qua. Nhiều Hội nghị quốc tế diễn ra trong thời gian gần đây nhất đã thảo luận và ra tuyên bố về vấn đề biến đổi khí hậu như Hội nghị cấp cao các nước G8, Hội nghị Khí hậu thế giới của LHQ tại Nairobi (Kenya), tại đó, Tổng thư ký LHQ kêu gọi các nhà lãnh đạo thế giới đặt ưu tiên vấn đề biến đổi khí hậu toàn cầu tương đương với các vấn đề chiến tranh và ngăn chặn phổ biến vũ khí giết người hàng loạt; Hội nghị cấp cao Á - Âu lần thứ 6 ở Đan Mạch v.v... Ngày 2/2/2007, tại Hội nghị quốc tế về Môi trường với chủ đề "Các công dân trên trái đất" họp tại Paris, Ban Liên chính phủ về biến đổi khí hậu đã đưa ra lời cảnh báo nghiêm trọng nhất từ trước đến nay về hậu quả của sự biến đổi khí hậu có thể ảnh hưởng tiêu cực đến hệ thống khí hậu toàn cầu trong vòng 1000 năm tới. Ngày 21/2/2007 vừa qua, tại Brucxen (Bỉ), Hội nghị Bộ trưởng Môi trường EU đã ra tuyên bố thông qua kế hoạch cắt giảm 20% khí thải gây hiệu ứng nhà kính vào năm 2020 so với mức 1990; ngày 20/2/2007, tại Hội nghị bàn tròn toàn cầu về biến đổi khí hậu, hơn 100 giám đốc điều hành các hãng công nghiệp lớn, các tổ chức quốc tế và chuyên gia môi trường đã ra tuyên bố kêu gọi các Chính phủ có kế hoạch hành động khẩn cấp nhằm ngăn chặn sự nóng lên toàn cầu.

2. Sự nóng lên toàn cầu

Nóng lên toàn cầu (Global Warming) là hiện tượng lớp khí quyển gần mặt đất và bề mặt trái đất (bao gồm cả bề mặt lục địa và đại dương) thay đổi theo chiều hướng nóng dần lên trong khoảng 100 năm qua so với khoảng thời gian tương ứng, thậm chí có thể hàng nghìn năm trước đó.

Từ cuối thế kỷ 19 đến nay, nhiệt độ trung bình toàn cầu của bề mặt trái đất đã tăng 0,2 đến 0,6^{0}C. Thập kỷ 90 của thế kỷ 20 là thập kỷ nóng nhất kể từ năm 1861, khi có số liệu quan trắc bằng máy và thậm chí là nóng nhất trong 1000 năm qua ở bán cầu Bắc. Hai giai đoạn có nhiệt độ tăng nhanh nhất là 1910 - 1945 và từ 1976 đến nay với mức khoảng 0,15^{0}C/thập kỷ. Mức tăng của nhiệt độ mặt biển chỉ bằng khoảng một nửa mức tăng nhiệt độ không khí bề mặt đất. Những phân tích mới cho thấy, hàm lượng nhiệt của đại dương toàn cầu tăng lên rõ rệt từ những năm 1950, trong đó hơn một nửa lượng nhiệt tăng lên này xảy ra ở lớp nước 300m bên trên, tương đương với mức tăng khoảng 0,04^{0}C/thập kỷ. Đây là kết quả đánh giá lần thứ 3 của Ban Liên chính phủ về BĐKH (2001). Mức tăng nhiệt độ toàn cầu được đánh giá lần này cao hơn một ít so với

lần đánh giá thứ 2 (1994) do có thêm một số nghiên cứu mới, trong đó có việc kiểm nghiệm độc lập mối quan hệ với nhiệt độ mặt biển và ảnh hưởng của hiệu ứng "đảo nhiệt" từ các đô thị đến xu thế nhiệt độ bề mặt toàn cầu.

Nóng lên toàn cầu sẽ tiếp tục xảy ra trong tương lai. Đánh giá nhạy cảm khí hậu (sự phản ứng về mặt lý thuyết của nhiệt độ không khí trung bình bề mặt trái đất nhằm cân bằng với sự thay đổi của hàm lượng các khí nhà kính trong khí quyển và những cơ chế cưỡng bức khác) theo mức tăng gấp đôi hiện nay của hàm lượng khí CO_2 trong khí quyển vào thế kỷ 21 cho thấy nhiệt độ trung bình toàn cầu sẽ tăng 3^0C (dao động trong phạm vi 1,5 - $4,5^0C$) so với trung bình thời kỳ 1961 - 1990.

3. Hệ thống khí hậu trái đất

Hệ thống khí hậu trái đất bao gồm: khí quyển, lục địa, đại dương, băng quyển và sinh quyển. Các quá trình khí hậu diễn ra trong sự tương tác liên tục của những thành phần này. Tuy nhiên, quy mô thời gian của sự hồi tiếp (sự cưỡng bức từ bên ngoài) ở mỗi thành phần khác nhau rất nhiều.

- Đối với khí quyển là vài phút đến vài ngày.
- Đối với đại dương: từ vài tuần đến vài nghìn năm.
- Đối với sinh quyển là vài năm đến hàng trăm năm.
- Đối với băng quyển: từ hàng nghìn năm đến hàng triệu năm.
- Đối với lục địa: từ hàng triệu năm đến hàng trăm triệu năm.

Vì thế, sự tương tác giữa 5 thành phần nói trên của hệ thống khí hậu được thể hiện qua một dải phổ phong phú của sự biến đổi khí hậu, trong đó đỉnh phổ lớn nhất liên quan đến lực cưỡng bức thiên văn (sự biến động trong quỹ đạo chuyển động của trái đất, sự thay đổi trong hoạt động của mặt trời...). Tổng hợp các quá trình diễn ra bên trong các thành phần của hệ thống trái đất sẽ được phản ánh qua các đỉnh phổ khác trong dải phổ biến đổi khí hậu.

Cách thức đơn giản nhất trong việc nghiên cứu dự báo khí hậu trái đất trong tương lai là xem xét cán cân bức xạ toàn cầu thông qua một mô hình không thứ nguyên, thường được viết dưới dạng sau đây:

$$S(1 - A) = \sigma T e^4$$

$$T_s = T_e + T_{\text{hiệu ứng nhà kính}}$$

Trong đó: S là lượng bức xạ tới của mặt trời trên một đơn vị diện tích bề mặt rìa ngoài trái đất với trị số khoảng $342 w/m^2$

- A là Albedo của trái đất với trị số khoảng 0,3, σ là hằng số Stefan - Boltzmann, bằng $5,67 \times 10^{-8} w/m^2K^4$ (nhiệt độ bức xạ vật đen hữu hiệu của trái đất.

- T_e được xác định bằng khoảng 255^0K, thấp hơn nhiệt độ trung bình toàn cầu T_s là 288^0K, chênh lệch khoảng 33^0C chủ yếu do hiệu ứng nhà kính tự nhiên.

Trong mô hình này, khí hậu trái đất chỉ có thể biến đổi nếu bức xạ tới của mặt trời thay đổi, hoặc Albedo của trái đất thay đổi hay hiệu ứng nhà kính thay đổi

4. Bức xạ cưỡng bức

Bức xạ cưỡng bức (Radiative Forcing) là sự thay đổi trong cán cân bức xạ của trái đất giữa lượng bức xạ tới từ mặt trời dưới dạng bức xạ sóng ngắn với lượng bức xạ phát ra từ trái đất dưới dạng bức xạ hồng ngoại. Cụ thể là sự thay đổi trong thông lượng bức xạ thẳng đứng, tính trên một đơn vị diện tích bề mặt ở đỉnh tầng khí quyển được biểu thị bằng w/m^2 do thay đổi bên trong (hàm lượng các khí nhà kính trong khí quyển) hoặc sự cưỡng bức từ bên ngoài hệ thống khí hậu (bức xạ mặt trời v.v...). Bức xạ cưỡng bức dương khi bức xạ hấp thu lớn hơn bức xạ phát xạ và có tác dụng làm tăng nhiệt độ bề mặt trái đất, ngược lại, bức xạ cưỡng bức âm có tác dụng làm giảm nhiệt độ. Thông thường, bức xạ mặt trời đi tới được trái

đất hấp thụ gần như cân bằng với bức xạ hồng ngoại phát ra từ trái đất và do đó, nhiệt độ trung bình bề mặt trái đất rất ít thay đổi. Tuy nhiên, từ khoảng giữa thế kỷ 19, khi các hoạt động công nghiệp không ngừng tăng lên, việc sử dụng các nhiên liệu hóa thạch ngày càng nhiều đã thải vào khí quyển các chất khí có vai trò hấp thụ bức xạ hồng ngoại phát ra từ bề mặt trái đất, sau đó phát xạ trở lại mặt đất (bức xạ nghịch), đồng thời qua đó hạn chế lượng bức xạ hồng ngoại thoát ra ngoài khoảng không vũ trụ, làm tăng hiệu ứng nhà kính của khí quyển, dẫn đến tăng nhiệt độ bề mặt trái đất. Hàm lượng các khí nhà kính trong khí quyển càng lớn, hiệu ứng nhà kính càng cao, nhiệt độ bề mặt trái đất càng tăng.

Bức xạ cưỡng bức do sự gia tăng hàm lượng các khí nhà kính trong khí quyển do con người gây ra trong thời kỳ 1750 - 2000 được đánh giá là 2,43w/m^2, trong đó từ khí CO_2 là 1,46w/m^2, từ khí CH_4 là 0,48w/m^2, từ các halocarbon là 0,34w/m^2 và từ N_2O là 0,15w/m^2.

Bức xạ cưỡng bức từ các sol khí nhân tạo (chủ yếu do đốt nhiên liệu hóa thạch, sinh khối) được đánh giá là -0,4w/m^2 đối với sulphate, -0,2w/m^2 đối với các sol khí từ đốt sinh khối, -0,1w/m^2 đối với carbon hữu cơ nhiên liệu hóa thạch và +0,2w/m^2 đối với các sol khí carbon đen nhiên liệu hóa thạch.

Bức xạ cưỡng bức liên quan đến sự biến động của bức xạ mặt trời từ năm 1750 được đánh giá là +0,3w/m^2, chủ yếu xảy ra vào nửa đầu thế kỷ 20. Các sol khí tầng bình lưu từ những vụ nổ của núi lửa tạo ra bức xạ cưỡng bức âm kéo dài khoảng vài năm. Một số vụ lớn xảy ra trong thời kỳ 1880 - 1920 và 1960 - 1991.

Biến đổi tổng hợp bức xạ cưỡng bức từ hai nhân tố tự nhiên chính trên đây được đánh giá là âm trong khoảng hai đến bốn thập kỷ đã qua.

5. Tiềm năng nóng lên toàn cầu

Tiềm năng nóng lên toàn cầu (Global Warming Potential) là một chỉ số về hiệu ứng bức xạ cưỡng bức của một chất khí nhà kính so với khí CO_2 trong một mặt bằng thời gian (chẳng hạn 100 năm). Tiềm năng nóng lên toàn cầu của các chất khí nhà kính nêu trong Nghị định thư Kyoto được tính cho thời kỳ cam kết đầu tiên trong 100 năm tới, trong đó nếu lấy tiềm năng nóng lên toàn cầu của khí CO_2 là 1 thì của khí CH_4 là 23, của khí Oxit Nitơ là 296, của các chất Hydrofluorocarbon dao động rất lớn, từ hàng chục đến chục nghìn lần so với khí CO_2.

6. Các nhân tố chủ yếu tham gia vào các quá trình khí hậu

Nhiều quá trình khí hậu quan trọng đã được nhận thức rõ và đã được triển khai trong các mô hình khí hậu. Nhiều quá trình hồi tiếp của các nhân tố vật lý, hóa học và sinh hóa có vai trò tăng cường sự biến đổi khí hậu (hồi tiếp dương) hoặc hạn chế sự biến đổi (hồi tiếp âm) nhằm ứng phó những thay đổi ban đầu rất quan trọng đối với việc mô phỏng chính xác sự tiến triển của khí hậu trong tương lai đã được khai thác, sử dụng. Tuy nhiên, vẫn còn những nhân tố mà sự hồi tiếp của chúng chưa được hiểu đầy đủ hoặc chưa thể đưa vào các mô hình khí hậu.

a. Hơi nước

Sự hồi tiếp đối với nóng lên toàn cầu do sự tăng lên của hàm lượng khí CO_2 được dự báo từ các mô hình khí hậu chủ yếu liên quan đến sự tăng lên của hàm lượng hơi nước trong khí quyển. Ở trong lớp biên dưới của khí quyển (khoảng 1 - 2km), hơi nước tăng lên khi nhiệt độ tăng. Tuy nhiên, trong lớp khí quyển tự do bên trên lớp biên này, nơi hiệu ứng nhà kính của hơi nước có vai trò quan trọng nhất lại rất khó đánh giá định lượng. Sự hồi tiếp của hơi nước nhận được từ các mô hình khí hậu hiện nay vào khoảng gấp đôi so với trường hợp lượng hơi nước không thay đổi. Một khó khăn nữa trong xử lý hồi tiếp của hơi nước trong các mô hình là những sản phẩm hơi nước từ mây còn chưa chắc chắn, do đó, vẫn còn sự khác

biệt giữa phân bố hơi nước mô hình và số liệu quan trắc.

b. Mây

Khó khăn lớn nhất trong việc diễn tả tương lai của khí hậu là sự hồi tiếp của mây và sự tương tác giữa mây và bức xạ mặt trời. Mây vừa hấp thụ vừa phản xạ bức xạ mặt trời, đồng thời lại phát xạ bức xạ hồng ngoại, đóng góp vào lượng bức xạ nghịch của khí quyển làm ấm trái đất. Sự hồi tiếp này phụ thuộc vào đặc điểm, tính chất của mây và bức xạ cũng như sự phân bố hơi nước trong khí quyển. Liên quan đến mây là các quá trình mưa cũng đang là những tồn tại chưa được giải quyết đầy đủ.

c. Đại dương

Những tiến bộ gần đây đạt được nhờ các cuộc nghiên cứu thực nghiệm và lý thuyết về mô hình hóa các quá trình đại dương, đặc biệt là quá trình trao đổi nhiệt là rất quan trọng trong việc đánh giá sự hồi tiếp của đại dương trong quá trình nóng lên toàn cầu. Các dòng nước biển vẫn tải nhiệt từ các vĩ độ nhiệt đới lên các vùng vĩ độ cao. Các quá trình trao đổi nhiệt, hơi nước, khí CO_2 giữa đại dương và khí quyển tham gia vào quá trình biến đổi toàn cầu. Với khối lượng lớn, hàm lượng nhiệt khổng lồ, đại dương làm chậm quá trình biến đổi khí hậu và ảnh hưởng đến sự biến động theo thời gian trong hệ thống khí quyển - đại dương. Tồn tại chủ yếu hiện nay là các quá trình quy mô nhỏ, đối lưu và xáo trộn đại dương.

d. Băng quyển

Băng quyển bao gồm lớp phủ băng và tuyết trên đất liền và trên biển vĩnh cửu hoặc theo mùa. Việc diễn tả các quá trình băng biển đã có nhiều cải tiến trong một số mô hình, trong khi đối với băng trên đất liền vẫn ở mức sơ bộ. Quá trình hồi tiếp của băng biển rất quan trọng do mặt băng có độ phản xạ (albedo) bức xạ mặt trời lớn hơn mặt nước biển, mặt khác, lớp băng biển có tác dụng ngăn chặn sự mất nhiệt của đại dương trong mùa đông. Vì thế, trong điều kiện nóng lên toàn cầu, lớp phủ băng giảm đi, sẽ tạo ra sự hồi tiếp dương, nhất là ở vùng vĩ độ cao. Ngoài ra, băng biển có hàm lượng muối thấp hơn nước biển, vì thế, sự tồn tại lớp băng biển làm cho độ muối và mật độ của lớp mặt đại dương tăng lên, tạo thuận lợi cho việc trao đổi nước bề mặt với các lớp nước sâu hơn của đại dương, ảnh hưởng đến hoàn lưu biển. Việc hình thành các núi băng trôi và tan chảy các thềm băng làm cho lượng nước ngọt từ đất liền chảy vào đại dương cũng làm biến đổi hoàn lưu biển do trao đổi độ mặn bề mặt biển. Tương tự như băng, albedo của tuyết cũng cao hơn mặt đất. Vì thế diện tích lớp phủ tuyết giảm tạo ra hồi tiếp dương.

e. Mặt đất

Mặt đất bao gồm cả lớp phủ thực vật có sự hồi tiếp quan trọng đối với quá trình biến đổi khí hậu nhân tạo, từ sự gia tăng của hàm lượng khí CO_2 trong khí quyển. Những tính chất vật lý của đất, các quá trình quang hóa của thực vật có quan hệ chặt chẽ với sự trao đổi nhiệt, ẩm, năng lượng và carbon giữa mặt đất và khí quyển đã được nhận thức đầy đủ hơn và được tham số hóa trong một số mô hình khí hậu toàn cầu trong việc mô phỏng các thông lượng giữa mặt đất và khí quyển. Mặc dù vậy, một số quá trình còn chưa được giải quyết như sự thay đổi bề mặt đất như suy thoái rừng, nhất là rừng nhiệt đới, dẫn đến giảm lượng bốc hơi và tăng nhiệt độ, thay đổi chu trình thủy văn, vấn đề dự báo quá trình ẩm và dòng chảy, chuyển đổi sử dụng đất.

f. Tầng bình lưu

Sự thay đổi cấu trúc và tính chất của tầng bình lưu có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình bức xạ và động lực của khí quyển. Các quan trắc cho thấy, nhiệt độ tầng bình lưu dưới giảm có liên quan đến sự suy giảm ô Zôn bình lưu hơn là do sự tăng nồng độ khí CO_2.

Những biến đổi của tổng lượng bức xạ ở đỉnh tầng khí quyển chủ yếu là bức xạ tử ngoại

dẫn đến những biến đổi về ô Zôn liên quan đến phản ứng quang hóa, làm thay đổi suất tăng nhiệt ở tầng bình lưu, ảnh hưởng đến hoàn lưu khí quyển tầng đối lưu, thông qua các sóng khí quyển trao đổi giữa hai tầng này. Tuy nhiên, việc hiểu biết các quá trình nói trên vẫn còn những điều chưa chắc chắn trong xử lý các mô hình khí hậu.

7. Đề xuất nhiệm vụ nghiên cứu

Từ những thành tựu và tồn tại, khó khăn nêu trên trong việc mô phỏng các quá trình khí hậu và dự báo khí hậu trong tương lai, trong điều kiện nóng lên toàn cầu đang và sẽ tiếp tục diễn ra, để có thể diễn tả định lượng diễn biến của khí hậu trong tương lai, cần phải sử dụng các mô hình khí hậu để mô phỏng tốt nhất các quá trình đóng vai trò quan trọng nhất, phản ánh mối quan hệ tương tác, sự hồi tiếp khí hậu giữa các thành phần chủ yếu của hệ thống khí hậu (khí quyển, đất liền, đại dương, băng quyển) với sự gia tăng của hàm lượng khí CO_2 nhân tạo. Xử lý các chu trình carbon nhân tạo hấp thụ bởi đại dương và bởi các hệ sinh thái lục địa với những cơ chế phức tạp cần được tiếp tục nghiên cứu. Việc lựa chọn sử dụng các mô hình khí hậu cần đáp ứng được cả yêu cầu nghiên cứu đối với khu vực.

Ngoài nhiệm vụ nghiên cứu quá trình biến đổi khí hậu và dự báo diễn biến khí hậu trong tương lai nêu trên, cần có các giải pháp chiến lược nghiên cứu giảm nhẹ tác động của biến đổi khí hậu.

- Nghiên cứu đánh giá định lượng tính nhạy cảm, khả năng thích ứng và tổn thương của các hệ thống tự nhiên và con người đối với biến đổi khí hậu, đặc biệt là phạm vi biến động khí hậu, tần suất và mức độ nghiêm trọng của các sự kiện khí hậu cực đoan.

- Nghiên cứu các giải pháp ứng phó, đánh giá chi phí và hiệu quả của các giải pháp lựa chọn, những cơ hội và trở ngại đối với khả năng ứng phó của từng vùng.

Tài liệu tham khảo

1. *IPCC - Climate Change 2001 - Synthesis Report.*
2. *Kluwer Academic Publishers - Mitigation and Adatation Strategies for Global Change, volum 1 - 1996.*
3. *Oxford University Press 1990 - Global Warming - The Greenpeace Report.*