

VIỆC BIẾN ĐỔI THỜI TIẾT VÀ KHÍ HẬU

Viện sĩ E. K. FÊĐÔRÔP

Tác động tích cực lên các quá trình khí tượng là một trong những vấn đề tương tác giữa xã hội loài người và tự nhiên. Toàn bộ giới tự nhiên sống cho tới con người đã chịu đựng ảnh hưởng không thể tránh được của các điều kiện của môi trường chung quanh. Tự thích ứng trải qua hàng triệu năm, các sinh vật và quần đoàn sinh vật đã thu được khả năng tồn tại trong những điều kiện khác nhau. Sự phong phú của các dạng của sự sống, và sự thích ứng của chúng với những tình trạng cùng cực nhất, là điều làm chúng ta ngạc nhiên. Nhưng, mỗi dạng riêng biệt của vật chất sống và mỗi sinh vật riêng biệt chỉ có khả năng phát triển trong một dải tương đối hẹp của các điều kiện tự nhiên.

Đối với con người, không phải việc biến đổi giới tự nhiên sinh vật, mà chính là việc sử dụng những phương tiện kĩ thuật đã trở thành cách chủ yếu để bảo vệ chống những hiện tượng thiên nhiên không thuận lợi, cũng như để mở rộng dải của các điều kiện sinh sống của mình. Ở đây đã đạt được một sự tiến bộ rõ rệt không phải sau hàng triệu năm, mà là sau hàng nghìn và hàng trăm năm, trong thời gian gần đây—sau hàng chục năm. Nhưng việc bảo vệ chống những hiện tượng thiên nhiên chỉ là giai đoạn đầu của sự tương tác giữa con người và tự nhiên. Từ lâu, giai đoạn thứ hai đã bắt đầu, đó là việc biến đổi các tính chất của môi trường bên ngoài, một giai đoạn chỉ đặc trưng riêng cho con người thôi.

Nền nông nghiệp làm biến đổi lớp đất phủ. Các tài nguyên nước trên mặt đất ngày càng biến đổi rộng rãi. Việc đốt cháy chất đốt, những chất thải kĩ nghệ tuôn vào khí quyển và vào nước đã bắt đầu biến đổi rõ rệt sự tuần hoàn tự nhiên của các chất trên hành tinh. Chúng ta hiểu rằng, chúng ta mới đang ở vào lúc bắt đầu của một quá trình hiện nay còn hỗn độn và được mọi người rất quan tâm. Quá trình này trong tương lai không xa có lẽ sẽ trở thành một trong

những quá trình quan trọng nhất trong hoạt động của xã hội loài người. Khả năng đang lớn lên nhanh chóng của con người làm biến đổi môi trường tự nhiên chắc hẳn sẽ kết thúc bằng việc khai khẩn môi trường đó và việc tổ chức nó lại có mục đích, tùy theo những nhu cầu và khả năng của loài người đang phát triển (1).

Năng lượng của các quá trình thủy văn và khí tượng trên toàn trái đất có nguồn gốc là luồng bức xạ mặt trời tuôn xuống mặt đất. Công suất của nó bằng khoảng 10^{13} kW. Năng lượng của các quá trình riêng biệt trong khí quyển có thể đánh giá bằng những đại lượng đi từ 10^6 kW—công suất của một đám mây thông thường, đến 10^9 — 10^{10} kW—công suất của những quá trình quyết định thời tiết trên một lãnh thổ rộng lớn. Trong một khoảng thời gian ngắn—trong một xung—ta có thể phát triển một công suất lớn hơn, bằng cách cho chạy, chẳng hạn, tất cả những động cơ tên lửa, cho nổ một vũ khí hạt nhân v.v... Nhưng, toàn bộ các nguồn năng lượng hoạt động lâu dài mà hiện nay loài người có trong tay—các máy móc, các động cơ, các nhà máy điện—lấy gộp cả lại, có một công suất tổng hợp bằng vào khoảng một tỉ kilôoat (10^9 kW).

Như vậy, những khả năng của chúng ta, mặc dù tăng lên nhiều qua mỗi kỉ chục năm, vẫn còn nhỏ bé so với các quá trình khí tượng và thủy văn trong thiên nhiên.

NHỮNG CÁCH ĐIỀU KHIỂN NHỮNG QUÁ TRÌNH KHÍ TƯỢNG

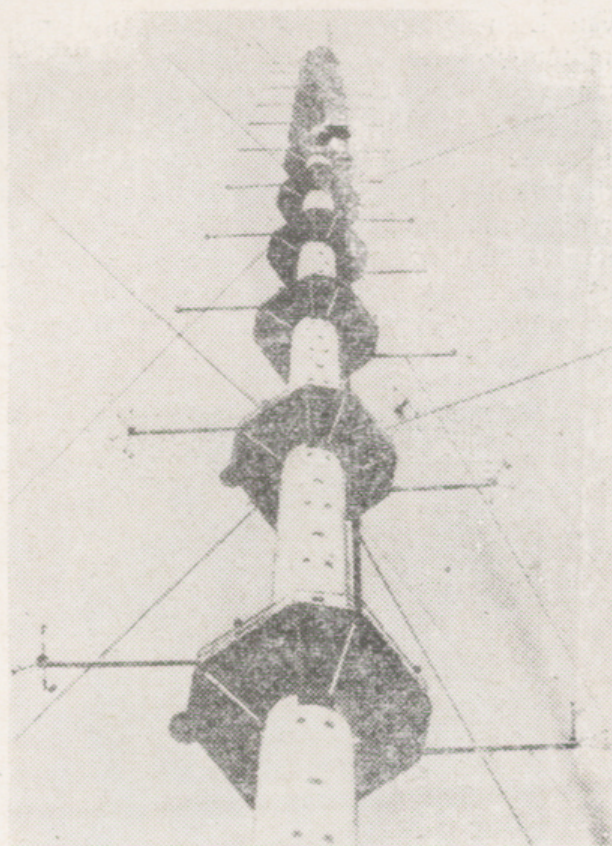
Năng lượng khổng lồ của các quá trình khí tượng báo giờ cũng là trở ngại cơ bản cho việc trực tiếp khắc phục chúng. Cho nên các khả năng tác động lên các quá trình khí tượng

(1) Xem E.K. Fedôrop. Một nguy cơ cần ngăn chặn. «Tự nhiên», 1970, N° 9; M.I. Budsô. Khí hậu tương lai «Tự nhiên», 1971, N° 6.

được tìm ở những cách điều khiển chúng. Trong khí quyển không có những kênh điều khiển thường xuyên tồn tại, đặc trưng cho các máy móc hoặc những sinh vật. Do đó, cần phải tìm trong tổng hợp phức tạp các quá trình khí quyển những chuỗi xuất hiện theo thời gian của các hiện tượng gắn liền với nhau, mà những chuỗi này có thể dùng làm những kênh điều khiển. Các hiện tượng khí quyển chứa đầy cuộc đấu tranh của những nguyên lý đối lập nhau. Chẳng hạn, một mặt, khối không khí trong một thời gian dài duy trì những đặc trưng vật lý của nó. Mặt khác, đối lập với tính bảo toàn đó của nó, là khả năng thay đổi đột ngột những tính chất vật lý của mình trong những điều kiện nhất định. Chẳng hạn, trong không khí chứa hơi nước với nồng độ gần mức bão hòa, khi nó lạnh đi rất ít cũng hình thành sương mù hoặc đám mây, sự kiện này làm thay đổi tận gốc những tính chất quang học của thể tích khí quyển đó, tạo ra những điều kiện khác cho sự trao đổi nhiệt của nó với đất v.v. .

Khi quyển rất nhạy bén đối với sự có mặt của một số tạp chất với những lượng hoàn toàn nhỏ không đáng kể so với khối lượng của không khí chứa đựng chúng. Để tạo thành một đám mây, ngoài việc có nồng độ hơi nước đầy đủ trong những điều kiện cho sẵn, còn cần phải có mặt những hạt nhân ngưng kết. Độ ẩm, đủ để cho sự ngưng kết bắt đầu, tốc độ lớn lên của các giọt nước và toàn bộ sự phát triển tiếp sau của đám mây đều phụ thuộc vào những tính chất vật lý của các hạt nhân ngưng kết. Khối lượng tổng cộng các hạt nhân ngưng kết, cần thiết để tạo thành một hệ thống mây có thể tích hàng vạn kilômet khối, bằng không quá một kilôgam.

Sự phát triển của nhiều quá trình khí quyển nhiều khi dẫn tới những trạng thái không bền vững, tới hạn, đặc biệt nhạy cảm với những cuộc can thiệp này khác. Chẳng hạn, như ta đã biết, đó là trạng thái của đám mây nước quá lạnh. Việc bổ thêm vào trong đám mây đó những hạt nhân kết tinh thích hợp, với một lượng nhỏ không đáng kể so với khối lượng của đám mây, làm cho đám mây chuyển sang trạng thái tinh thể, làm cho mưa rơi và những hiện tượng khác xảy ra. Tính chất mâu thuẫn của sự phát triển của các quá trình khí tượng và tính không bền vững gắn liền với điều đó trong nhiều trường hợp và khả năng thay đổi sự phát triển đó dưới ảnh hưởng của một cuộc can thiệp nhỏ — đó là nhân tố cơ bản mà ta cần dựa vào khi tìm tòi những phương pháp điều khiển các quá trình đó.



Hình dáng bên ngoài của tháp khí tượng của Viện khí tượng thực nghiệm ở Opnhinxeo

NHỮNG PHƯƠNG PHÁP TÁC ĐỘNG LÊN MÂY VÀ MƯA

Ta có thể lấy việc thực hành tác động lên mây và mưa (tuyết) — việc này đang phát triển nhanh chóng — làm ví dụ về việc sử dụng phương pháp điều khiển để biến đổi những quá trình khí tượng riêng biệt, giới hạn trong một khoảng thời gian và một khoảng không gian tương đối nhỏ.

Những cố gắng nhằm tác động tích cực lên mây có một lịch sử lâu dài. Trong nhiều chục năm, chúng được những người ham chuộng riêng lẻ tiến hành mà không có những cơ sở khoa học đầy đủ (ví dụ như việc dùng súng cối bắn lên đám mây cho mưa đá, mà mọi người đều biết). Tới những năm 20 và 30 của thế kỷ này, các nhà bác học xô viết, đặc biệt là V.N. Ôbôlenxki cùng với các học trò và các bạn đồng nghiệp của ông, mới lần đầu tiên đặt trên cơ sở khoa học vấn đề biến đổi tích cực thời tiết và tạo ra mưa nhân tạo, mặc dù tất cả các nhà khí tượng học lỗi lạc nhất của các nước khác không cho rằng việc đó có thể làm được.

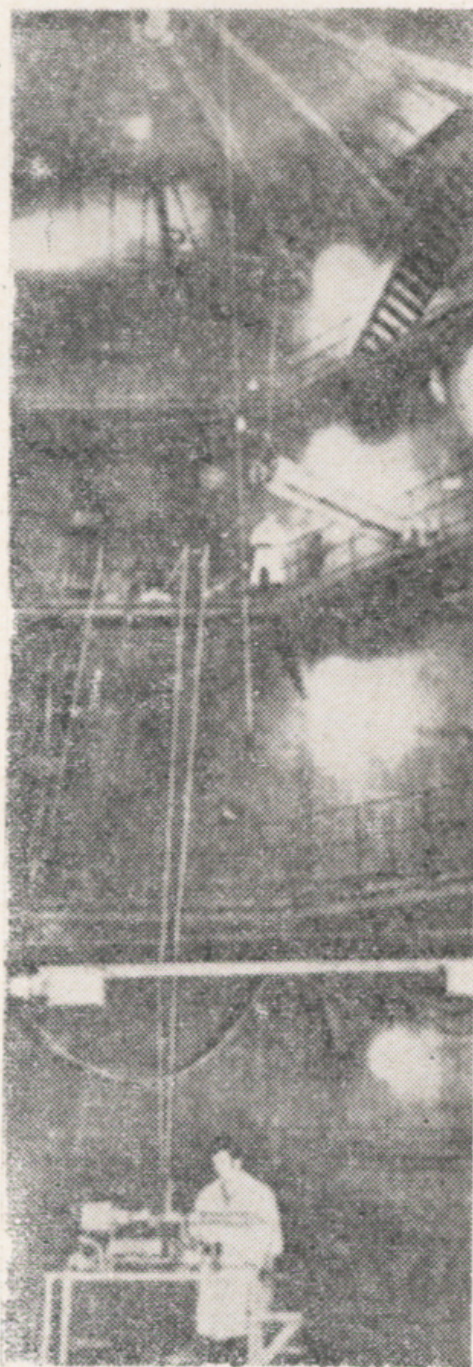
Ngay từ năm 1932, ngành khí tượng thủy văn Liên-xô đã xác định những nhiệm vụ nghiên cứu khoa học của Viện mưa nhân tạo, sau được đổi thành Viện khí tượng thực nghiệm. V.N. Ôbôlenxki, B.P. Vâynobec, V.A. Fêdôxêep, M.A. Aganin và nhiều nhà bác học khác đã bắt đầu nghiên cứu tỉ mỉ những quá trình tự nhiên của sự phát triển của các đám mây và của sự tạo thành mưa và xây dựng trên cơ sở đó những phương pháp tác động lên mây. Cố gắng tiến tới sử dụng tài nguyên

của tất cả các dạng mây, họ đã nghiên cứu sự đông tụ và sự kết tinh của các giọt nước trong mây và tìm những phương pháp kích thích chúng. Trong những công trình đầu tiên của V.N. Ôbôlenxki và các học trò của ông, đã chú ý nhiều đến việc sử dụng các hiện tượng điện để kích thích sự đông tụ. Họ đã đưa vào trong đám mây những hạt tích điện, bằng tự nhiên, chiếu vào các đám mây những tia ion hóa và các năm 1937 — 1939 đã thu được những trường hợp đầu tiên, lí thú về nguyên tắc, của việc biến đổi mây và tạo thành mưa khi tác động nhân tạo. Trong các năm 1935 — 1938, những ý kiến về khả năng tác động tích cực lên mây đã được T. Becđơrôn (Thụy-điển) và V. Fimđâyzen (Đức) phát biểu.

Chiến tranh bắt đầu xảy ra đã bắt buộc các nhà bác học xô viết phải giảm bớt các cuộc nghiên cứu của mình. Sau đó rất lâu, trong các năm 1945 — 1946 những công trình về việc biến đổi tích cực các đám mây nhằm thu được những lượng mưa bổ sung thêm đã được bắt đầu làm ở Mĩ. Ở đây V. Sêphe, Gi. Lãngơmuya, B. Vôn-nêgat và các nhà bác học khác cũng đã chú ý đến phản ứng kết tinh của các giọt nước quá lạnh, phản ứng này có lợi cho mục đích biến đổi đám mây, và họ đã sử dụng thành công axit cacbonic rắn để làm việc đó. Họ đã thu được những kết quả tốt trên hiện trường, nhưng những kết quả này, do việc quảng cáo quá đáng, đã gây ra một quan niệm quá mức về các khả năng của việc tác động tích cực. Trong những năm 50 của thế kỉ XX, ở Mĩ xuất hiện những hãng tư nhân làm mưa nhân tạo và họ đã lấy được ở những người chủ trại khờ dại hàng bao chục triệu đôla trả cho lượng mưa «bổ sung thêm». Nhưng, dần dần ở Mĩ và những nước khác có những nhà bác học nghiêm túc tham gia các cuộc nghiên cứu, và họ đã thu được những kết quả lí thú.

Ở Liên-xô, những cuộc nghiên cứu, do V.N. Ôbôlenxki bắt đầu làm, đã được nhiều học trò của ông tiếp tục và phát triển sau chiến tranh và hiện nay họ đang tích cực nghiên cứu. Ở Liên-xô bao giờ người ta cũng đã và đang chú ý nhiều đến việc nghiên cứu mặt vật lí của các hiện tượng và chú ý đến những vấn đề kiểm sát những cuộc thí nghiệm trong tự nhiên.

Qua những công trình được tiến hành ở những nước khác nhau, đã thu được những kết quả quý giá. Trong số các kết quả đó cần nói đến sự tiến bộ lớn trong việc hiểu biết cấu trúc và những qui luật phát triển tự nhiên của các đám mây, đến việc xây dựng lí



Căn phòng có thể tích 3 000 m³ để nghiên cứu mây cho phép tạo ra sự dẫn nở đoạn nhiệt. Đám mây hình thành một cách nhân tạo tồn tại trong mấy giờ

thuyết của mưa (và nói riêng của mưa đá), đến rất nhiều phương pháp và máy móc dùng để nghiên cứu các đặc trưng vật lý của mây và đến nhiều điểm khác nữa. Song, theo ý kiến của tôi, kết quả quan trọng nhất của các cuộc nghiên cứu là việc chứng tỏ *khả năng về nguyên tắc và trong thực hành tác động được theo nguyên tắc điều khiển*.

Những công trình cơ bản về việc tác động tích cực được hướng về việc biến đổi một trong những hiện tượng khí tượng quan trọng nhất — sự tuần hoàn của hơi ẩm, cụ thể là việc kích thích hoặc dập tắt sự phát triển của mây và sự tạo thành mưa.

SỰ KÍCH THÍCH HOẶC SỰ DẬP TẮT CÁC DÒNG ĐI LÊN

Nguyên nhân ban đầu tạo thành mây là sự lạnh đi của một thể tích không khí nào đó, có chứa hơi nước. Sự lạnh đi thường hay xảy ra khi không khí bốc lên tới những lớp lạnh hơn của khí quyển. Sự bốc lên xảy ra trong những dòng chảy hoặc những túi hơi, được tạo thành khi có hiện tượng đối lưu, hoặc khi không khí trượt trên mặt frông, ngăn cách những khối không khí có những tính chất khác nhau.

Một số nhà nghiên cứu xây dựng những phương pháp kích thích các dòng đi lên để gây ra hiện tượng đối lưu trong những điều kiện mà nó không xuất hiện do những quá trình tự nhiên, cũng như để phá hủy những lớp nghịch nhiệt làm cản trở sự phát triển của nó. Họ đã thiết lập những dụng cụ đốt nóng kiểu khác nhau, gọi là những « métêô-trông » (météotron) do H. Đetxăng (Pháp) đề ra lần đầu tiên. Đó là những bình đốt lửa lớn, gây ra luồng không khí đi lên. « Métêô-trông » mạnh nhất được xây dựng trong những năm gần đây ở Cuba.

Những nhà nghiên cứu khác tìm cách kích thích các dòng đi lên bằng cách thay đổi an-bê-lô của mặt trái dưới, chẳng hạn, bằng cách bôi đen đất. Các nhà bác học Liên-xô sử dụng cho những thí nghiệm tương tự những dòng chảy lên, thu được nhờ những động cơ tua-bin phản lực. Ngoài ra họ đã xem xét và thử nghiệm trên hiện trường những khả năng dập tắt những dòng đi lên nhờ những dòng phun xuống, tạo thành bởi những máy bay phản lực bay dọc lên cao, cũng như bằng cách tung ra những lượng tương đối nhỏ các chất bột.

Khi xem xét những khả năng tác động tích

cực lên mây bằng cách kích thích hoặc dập tắt các dòng đi lên cần chú ý rằng, đám mây được tạo thành trên dòng đi lên, bắt đầu từ một giai đoạn phát triển xác định, có thể tự duy trì và làm tăng cường dòng đi lên do năng lượng ngưng kết hơi nước được giải phóng ra. Chính nhờ đó mà các đám mây tích lớn được tạo thành nhanh chóng.

Song hiện nay, mặc dù đã có những kết quả lý thú riêng biệt, việc tác động lên sự phát triển của đám mây bằng cách kích thích hoặc dập tắt các dòng đi lên chưa vượt qua giai đoạn làm thí nghiệm.

VIỆC TÁC ĐỘNG LÊN NHỮNG QUÁ TRÌNH LÝ HÓA CƠ BẢN

Bây giờ chúng ta hãy xem xét những cố gắng nhằm tác động lên những quá trình lý hóa cơ bản, bảo đảm sự phát triển của đám mây, trước hết là lên những quá trình ngưng kết, đông tụ và kết tinh của các hạt.

Nhiều nhà bác học đã chú ý nhiều đến việc nghiên cứu các hạt nhân ngưng kết. Nhưng, trong một thời gian dài người ta đã nghiên cứu những hạt hoạt động với tư cách là hạt nhân ngưng kết trong những trạng thái quá bão hòa rất nhiều, mà trong khí quyển thực không thấy có. Còn những đám mây thì được tạo thành khi có những trạng thái quá bão hòa bằng vài phần của một phần trăm. Chỉ trong thời gian gần đây nhất người ta mới xây dựng những phương pháp thích hợp và bắt đầu nghiên cứu những hạt nhân ngưng kết hoạt động trong những điều kiện tự nhiên. Một số nhà nghiên cứu khảo sát việc kích thích hoặc dập tắt hoạt tính của các hạt nhân.

Sự đông tụ làm cho các giọt nước lớn lên và tạo thành mưa trong những đám mây nóng. Chỉ riêng do sự ngưng kết thì các giọt nước lớn lên hết sức chậm và trong thực tế không thể tạo thành mưa. Các cuộc nghiên cứu cho thấy rằng sự đông tụ do trọng lực, xuất hiện khi các giọt rơi với những tốc độ khác nhau va vào nhau, có thể tạo thành mưa từ những đám mây nóng. Nhưng nó chỉ có thể bắt đầu sau khi một phần nào đó của các giọt nước đạt tới những kích thước lớn, khác những giọt còn lại. Hiện nay vẫn còn nhiều điểm chưa rõ ràng trong những giai đoạn đầu của sự đông tụ, đặc biệt là sự đông tụ của các giọt nhỏ.

Người ta đang nghiên cứu vai trò của những hiện tượng loạn lưu, của những điện tích và

của những quá trình lý—hóa khác, tác động đến sự hòa lẫn của các giọt nhỏ. Người ta đã tìm được những phương tiện khác nhau để kích thích sự đông tụ. Ví dụ, đó là việc rắc vào trong đám mây những giọt nước lớn để kích thích sự đông tụ do trọng lực; việc đưa vào những hạt rắn hút ẩm hoặc những giọt dung dịch. Áp suất nhỏ hơn của hơi nước bão hòa trên bề mặt dung dịch chất hút ẩm so với trên mặt nước, làm cho giọt dung dịch lớn lên nhanh hơn nhiều do ngưng kết, và nhờ đó làm cho sự đông tụ do trọng lực chóng xảy ra. Rất nhiều cuộc thực nghiệm trong phòng thí nghiệm và trên hiện trường cho những kết quả tốt về nguyên tắc, nhưng hiện nay những lượng vật chất cần dùng để kích thích sự đông tụ còn quá lớn để thực hiện được một cuộc tác động có hiệu quả khá.

Một loạt cuộc nghiên cứu nhằm làm sáng tỏ vai trò của các điện tích và các điện trường trong sự đông tụ. Tất nhiên chúng giữ một vai trò nào đó, nhưng việc sử dụng các hiện tượng điện làm vật kích thích trong những thí nghiệm trên hiện trường gặp khó khăn.

Như vậy, mặc dù những cuộc tìm tòi các cách kích thích sự đông tụ được tiến hành trên một mặt trận khá rộng, nhưng hiện nay vẫn chưa thu được những kết quả trong thực tế có ích và có hiệu quả khá.

Phương tiện biến đổi tích cực đám mây thực tiễn nhất và, thực ra, duy nhất dùng được trong thực tế, là việc kích thích sự kết tinh của các giọt quá lạnh. Chính trong việc đó người ta đã thu được những kết quả thành công đầu tiên của việc tác động tích cực trên hiện trường, và dĩ nhiên là rất nhiều nhà nghiên cứu đã chú ý đến việc đó. Người ta đã tìm được một loạt vật kích thích sự kết tinh của các giọt quá lạnh. Một số trong những vật đó (axit cacbonic rắn, propan nước v.v...) hoạt động nhờ sự giảm nhiệt độ đột ngột. Chẳng hạn, ở gần các hạt CO₂ đang bốc hơi, có nhiệt độ vào khoảng -80°C , xuất hiện một vùng hơi nước rất lạnh và bão hòa, trong đó những tinh thể băng rất nhỏ được tạo thành với số lượng lớn.

Khi rắc 1 gam axit cacbonic rắn, trong đám mây nước quá lạnh có $10^{14} - 10^{16}$ tinh thể băng được tạo thành. Các tinh thể sau đó lớn lên do hơi ẩm từ những giọt nước đang bốc hơi trong môi trường chung quanh dồn tới (1). Quá trình này được thực hiện khi có nhiệt độ -3° , -4°C và thấp hơn.

Một cách khác nhằm kích thích sự kết tinh của đám mây nước dựa trên tác dụng của

những hạt nhỏ của một số chất dùng làm hạ nhân ngưng kết. Chắc hẳn rằng, trong trường hợp đó có sự ngưng hóa của hơi nước trên hạt do cấu trúc của nó tương tự với cấu trúc của tinh thể băng, và có cả sự đông băng của một số giọt quá lạnh khi chúng chạm trực tiếp vào các hạt. Hiện nay người ta đã biết một loạt chất thích hợp với mục đích đó — AgI, PbI và những chất khác, hoạt động trong vùng nhiệt độ từ -4° đến -5°C và thấp hơn.

Những lượng chất kích thích cần dùng thì rất nhỏ. Để kết tinh 1 km^3 đám mây nước quá lạnh chỉ cần 1 — 2 trăm gam axit cacbonic rắn hoặc mấy gam hợp chất iôđua. Như vậy, nguyên tắc điều khiển được thực hiện ở đây trong mức độ đầy đủ. Mặc dù một số đặc điểm của các phản ứng đã được mô tả ở trên cho tới nay chưa được sáng tỏ hoàn toàn, nhưng việc kích thích sự kết tinh được sử dụng thành công theo ba hướng: để làm tan các đám mây thấp, để ngăn ngừa sự phát triển của mưa đá và để tìm tòi những khả năng kích thích mưa.

Để đưa các chất rắn CO₂, AgI, PbI và những chất tác động khác vào trong mây, hiện nay người ta dùng những phương pháp và thiết bị nhiều vẻ khác nhau, chúng hoạt động từ các máy bay cũng như từ mặt đất. Người ta dùng một số kiểu máy rắc CO₂ trên máy bay, tự động làm việc; những máy rắc đặt trên mặt đất phun CO₂ trong dòng không khí chảy thẳng đứng lên tới một độ cao nhỏ; những viên đạn hỏa công và những tên lửa nhỏ, khi cháy chúng rắc ra những hợp chất iôđua; những tên lửa lớn và những viên đạn cao xạ để đưa những hợp chất đó lên các đám mây ở độ cao mấy kilômét.

VIỆC LÀM TAN MÂY

Việc làm tan những đám mây thấp quá lạnh và sương mù trong thực hành đã được dùng thành công ở Liên-xô trong mấy năm qua để làm quang một số sân bay trong thời kỳ mùa đông.

Khi các đám mây tan đi, phần năng lượng mà trước đây đã được phản chiếu từ bề mặt của chúng vào không gian vũ trụ, nay rơi xuống trái đất, nó đốt nóng mặt đất và từ mặt đất đốt nóng lớp dưới của khí quyển, dẫn tới những biến đổi nhất định trong quá trình khí tượng tự nhiên. Thật vậy, một số ít

(1) Trong trường hợp này các tinh thể lớn lên do sự khác nhau của áp suất hơi nước bão hòa trên nước và trên băng.

các cuộc thí nghiệm tiến hành ở Liên-xô để làm tan mây trên một lãnh thổ rộng mấy nghìn kilômet vuông, đã dẫn tới sự biến đổi trạng thái của lớp dưới của khí quyển. Chẳng hạn, nhiệt độ ban ngày tăng lên $7^{\circ} - 8^{\circ}$, và ta có thể cho rằng, xét toàn bộ, đã xuất hiện một hiện tượng giống một xoáy nghịch yếu. Những biến đổi trong lượng nhiệt năng dồn tới lớp dưới của khí quyển trên lãnh thổ được làm quang, trong các thí nghiệm đó đã đạt tới các độ lớn 10^{14} cal. Năng lượng này đã hoàn toàn tương đương với năng lượng của các quá trình qui mô vừa trong khí quyển. Ta có thể cho rằng việc làm tan mây trên những khoảng không gian rộng hàng vạn kilômet vuông, hiện nay hoàn toàn thực hiện được, có thể dùng trong một số tình hình làm phương tiện thích hợp để tác động lên cả các quá trình khí tượng lớn hơn.

VIỆC NGĂN NGỪA MƯA ĐÁ

Việc lí thú nhất trong thực hành là dùng cách kết tinh nhân tạo để ngăn ngừa mưa đá. Hiện nay một loạt tập thể các nhà bác học xô viết: Viện vật lí địa cầu núi cao, Đài cao không trung ương, Viện nghiên cứu khoa học khí tượng thủy văn ngoại Capca của ngành khí tượng thủy văn, Viện vật lí địa cầu của Viện hàn lâm khoa học nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa xô viết Gruzơ và những viện khác đang nghiên cứu vấn đề đó. Mặc dù có những điểm khác nhau nhất định trong những giả thuyết được xây dựng cho tới nay về sự hình thành và phát triển của đám mây cho mưa đá, ta có thể nêu lên một số qui tắc khá đơn giản và chung cho các giả thuyết đó. Chẳng hạn, ta có thể cho rằng mưa đá lớn hình thành do tinh thể băng được tạo thành lúc đầu, rơi vào lớp mây mà ở đó có những giọt nước quá lạnh tương đối lớn. Sự đóng băng của tinh thể ban đầu khi va chạm với các giọt đó dẫn tới sự hình thành và lớn lên nhanh chóng của hạt nước đá và sau đó nó rơi xuống mặt đất. Như vậy, sự kết tinh của các giọt quá lạnh trong khu vực chúng gặp những tinh thể băng ban đầu ngăn ngừa sự lớn lên của các hạt to. Do sự kết tinh, hạt nước đá sẽ phải ngừng lớn lên nhanh và sẽ có mưa đá phụn hoặc mưa đá nhỏ rơi, trên mưa đá nhỏ này khi tiếp tục rơi xuống ở những lớp dưới thấp, nóng của khí quyển, có thể biến thành những giọt nước mưa. Hiện nay, các nhà bác học xô viết tiến hành những công tác to lớn nhằm bảo vệ các cây

nông nghiệp chống mưa đá. Những diện tích được bảo vệ đã đạt tới 3 triệu hecta vào năm 1971.

Việc bảo vệ chống mưa đá giống như việc bảo vệ phòng không. Ở trung tâm của vùng được bảo vệ, mà đường kính đạt tới 60 — 70 km, là đài chỉ huy với những thiết bị radar chuyên dụng và những hệ thống quan sát khác, và cả những phương tiện liên lạc. Trên vùng được bảo vệ, bố trí đều đặn những súng cao xạ hoặc những bộ phóng tên lửa. Đài chỉ huy xác định, theo những số liệu của radar, khu vực có nguy cơ mưa đá và vị trí của nó trong đám mây đang tiến tới biên giới của vùng cần bảo vệ, ra những hiệu lệnh thích hợp cho các điểm lửa để bắn lên, và theo dõi những biến đổi trong đám mây, những biến đổi này xảy ra dưới tác động của các chất làm kết tinh.

Kinh nghiệm công tác trên những diện tích lớn trong mấy năm chứng tỏ rằng số lần mưa đá phá hoại ở vùng được bảo vệ giảm đi khoảng 3 — 5 lần so với những khu vực không được bảo vệ. Việc đánh giá được tiến hành bằng mấy cách độc lập với nhau: người ta xét số lần bị nạn mưa đá, diện tích những cây nông nghiệp bị hư hại và những thiệt hại mà mưa đá gây ra cho các nông trang tập thể và nông trường xô viết ở vùng được bảo vệ cũng như ở vùng « kiểm tra », có những điều kiện địa lí tự nhiên và diện tích tương tự. Những số liệu thu được trong thời kì bảo vệ được đem so sánh với những số liệu trong mấy năm trước khi tiến hành việc bảo vệ.

Hiện nay chưa xóa bỏ được nạn mưa đá trên lãnh thổ được bảo vệ trong tất cả mọi lần. Những nguyên nhân của phần lớn những « thất bại » của hệ thống bảo vệ thì dễ hiểu — đó là những sai lầm của các nhân viên công tác, việc liên lạc bị trở ngại, máy bay ngẫu nhiên bay qua vùng được bảo vệ và do đó phải tạm ngừng bắn, v.v... Song trong một số trường hợp, có những « thất bại » hiện nay chưa rõ nguyên nhân, điều đó cho thấy những hiểu biết của chúng ta về cơ chế phát triển mưa đá còn chưa đủ. Tuy nhiên, việc làm giảm thiệt hại do mưa đá mà ta đã đạt được là hoàn toàn có hiệu quả về kinh tế, vì những chi phí cho việc bảo vệ chỉ bằng vài phần trăm trị giá của mùa màng được bảo vệ. Cần lưu ý rằng, những kết quả, cả khoa học lẫn thực hành, đạt được ở Liên-xô trong cuộc đấu tranh chống mưa đá, vượt xa những thí nghiệm ở các nước ngoài.

Rất có thể rằng những kết quả thu được

trong các công trình nhằm ngăn ngừa mưa đá, sẽ có thể cũng được dùng để ngăn ngừa sự phát triển của giông và mưa lớn.

VIỆC KÍCH THÍCH MƯA (TUYẾT)

Trên thế giới người ta chú ý nhiều đến những vấn đề kích thích mưa (tuyết). Ở đây ta có thể tách ra *hai hướng*: việc xử lý các đám mây, thông thường không cho mưa (tuyết), nhằm thu được từ các đám mây đó một lượng hơi ẩm nào đó, và những thí nghiệm làm tăng cường quá trình gây mưa đang diễn ra, chủ yếu là ở những đám mây phát triển trên frông nóng.

Người ta đã tiến hành nhiều cuộc thí nghiệm ở trường thí nghiệm của Viện nghiên cứu khoa học khí tượng thủy văn Ucrain ở tỉnh Đonhiepprôpêtrôp, xây dựng năm 1956. Trong mấy năm liền, vào mỗi mùa đông, ban ngày người ta tác động lên tất cả các đám mây thích hợp đi qua trường thí nghiệm. Trường thí nghiệm là hai diện tích lớn bằng nhau (50×75 km) — diện tích thí nghiệm và diện tích kiểm tra — với một mạng lưới dày thung đo mưa (tuyết). Khoảng không gian trên diện tích thí nghiệm được quan sát bằng máy thiết bị radar. Chúng kiểm tra đường bay của các máy bay, những máy bay này quan sát trạng thái của các đám mây và các trận mưa (tuyết) và tác động lên chúng.

Những cuộc thí nghiệm tương tự như vậy cũng được tiến hành trong thời gian mùa đông trên một trường thí nghiệm khác — ở khu vực thành phố Ôpnhinxeo (các vùng Maxkva và Caluga). Các kết quả được đánh giá theo những cuộc đo tuyết tiến hành đặc biệt.

Một số loạt thí nghiệm tác động lên mây nhằm tạo ra mưa (tuyết) đã được tiến hành ở bắc Cazaxstax và ở những vùng khác của Liên-xô, nhưng việc kiểm tra sự biến đổi trạng thái của những đám mây được xử lý và kiểm tra các trận mưa (tuyết) thì kém cần thận hơn nhiều. Do kết quả của các cuộc nghiên cứu đó, người ta thấy rằng, lượng mưa (tuyết) trên diện tích thí nghiệm tăng lên khoảng 10 — 15% so với các khu vực lân cận. Ở những nước khác, cũng thu được những kết quả phỏng chừng như vậy. Một lượng mưa (tuyết) tăng như vậy không thể coi là có hiệu quả về mặt kinh tế, nhưng việc phân tích tất cả các loạt thí nghiệm đã chứng tỏ rằng, không phải là tất cả các dự trữ hơi ẩm có thể có đã được sử dụng thực sự.

Một vấn đề rất lí thú đang được các nhà bác học xô viết nghiên cứu là vấn đề: khi tác động lên mây thì xảy ra hiện tượng lấy thêm mưa (tuyết) từ đám mây ra hay là ta gặp hiện tượng phân bố lại lượng mưa (tuyết)? Nhằm giải quyết vấn đề đó, trong ba mùa các nhà bác học đã nghiên cứu trên một trong các trường thí nghiệm, mà vùng kiểm tra của nó trải dài 80 — 100 km từ vùng tác động theo đường di chuyển của hệ thống mây. Hiện nay chưa thể nói chắc chắn về kết quả của các công trình đó, nhưng có lẽ là ta thấy sự *phân bố lại của mưa* (tuyết), chứ không phải là mưa (tuyết) rơi thêm từ đám mây xuống. Trong tất cả các cuộc thí nghiệm, đã thu được hiệu ứng « bóng tối » rõ rệt, mặc dù biểu hiện chưa thật sắc nét, tức là hiện tượng các trận mưa (tuyết) giảm đi một cách tương ứng ở tiếp sau vùng mà chúng tăng lên do kết quả của việc tác động.

VIỆC TÍCH LŨY THÊM TUYẾT

Một nhiệm vụ lí thú và độc đáo của việc thu thêm mưa (tuyết) là việc tích lũy thêm lớp tuyết phủ ở những thung lũng xác định của các hệ núi. Việc này nên tiến hành trong những trường hợp mà nước sông do một thung lũng cung cấp được dùng để tưới ruộng hoặc để sinh năng lượng. Việc tìm hiểu khả năng tích lũy tuyết ở những thung lũng miền núi chính là mục đích của những công trình được tiến hành ở Viện nghiên cứu khoa học khí tượng thủy văn Trung Á. Hiện nay chưa có thể đánh giá dứt khoát các kết quả nghiên cứu đó. Nhưng chắc hẳn là lượng tuyết đã tích lũy thêm một ít ở thung lũng được chọn để làm các cuộc thí nghiệm, so với các thung lũng lân cận. Cần lưu ý rằng một nhiệm vụ tương tự như vậy đã được đề ra ở Mĩ và những nước khác. Những công trình tiến hành theo những khối lượng lớn hơn nhiều so với ở Liên-xô đã cho thấy, theo lời khẳng định của các tác giả, có sự tăng lên cũng rõ rệt như vậy, nhưng chưa đủ hiệu quả (ước chừng tăng 10 — 15%), của trữ lượng tuyết ở những khu vực được xử lý. Một điều lạ là con số đó — khoảng 10% — được lặp lại không thay đổi (trong thực tế) trong một số rất lớn các cuộc thí nghiệm, tiến hành bằng những cách khác nhau ở những khu vực khác nhau trên trái đất.

Việc đánh giá khả năng thu được thêm mưa (tuyết) từ các hệ thống mây cho thấy rằng, tăng lượng mưa (tuyết) thêm 10% có nghĩa là

rút ra khoảng 50 — 70% hơi ẩm chứa trong những đám mây được xử lí đi qua lãnh thổ thí nghiệm, mà những đám mây này thường không cho mưa (tuyết) theo cách tự nhiên. Ta phải nhớ rằng, khi tạo thành mưa (tuyết) một cách tự nhiên thì, như các công trình của các nhà nghiên cứu xô viết cho thấy, đám mây cho lượng hơi ẩm lớn hơn khoảng 10 — 20 lần lượng hơi ẩm chứa trong mây trong lúc đang xét, tức là đám mây hoạt động trong một khoảng thời gian nào đó với tư cách là *máy phát hơi ẩm* độc đáo, biến đổi hơi nước chứa trong không khí thành những giọt nước hoặc những hạt tinh thể, mà sau đó chúng rơi xuống đất.

BẮT Đám Mây TẠO RA HƠI ẨM BẰNG CÁCH NÀO ?

Rõ ràng rằng vấn đề thu thêm nhiều mưa (tuyết) là bằng cách này hay cách khác kích thích đám mây để nó làm việc với tư cách là máy phát hơi ẩm. Trong trường hợp đó, ta có thể hi vọng rút ra được những lượng mưa (tuyết) ước chừng bằng những lượng thu được từ những hệ mây do kết quả của các quá trình tự nhiên. Nếu như chúng ta không thể làm được điều đó, thì chúng ta sẽ chỉ thu được một phần nào đó của hơi ẩm chứa trong đám mây.

Hiện nay chúng ta chưa hiểu biết đầy đủ những qui luật của các quá trình tự nhiên tạo thành mưa (tuyết) trong đám mây. Chúng ta đã nhắc lại rằng, một đám mây bắt đầu phát triển dưới tác dụng của những nhân tố bên ngoài đối với nó, chẳng hạn như sự bốc lên của không khí trong những dòng đối lưu, hoặc khi nó trượt trên mặt ranh giới frông. Nhưng bắt đầu từ một giai đoạn nhất định của sự phát triển, năng lượng phóng ra trong quá trình ngưng kết của một phần hơi nước nào đó, là đủ để lôi cuốn vào trong đám mây một phần hơi nước bằng như vậy hoặc lớn hơn nữa, tức là quá trình phát triển của đám mây từ lúc đó trở thành một quá trình *tự duy trì*.

Ta có thể, bằng cách tác động nào đó, thúc đẩy đám mây đi tới giai đoạn tự duy trì đó không?

Trong những năm gần đây, một số công trình trong lĩnh vực đó đã được tiến hành ở Mĩ. Người ta tác động — kích thích sự kết tinh — lên những phần quá lạnh ở trên cao của những đám mây tích lớn, để cho nhờ việc

đưa vào năng lượng bổ sung (do tiềm nhiệt kết tinh được giải phóng) đám mây sẽ tiếp tục phát triển và kết quả là sẽ thu được nhiều mưa (tuyết) hơn. Theo ý kiến của những nhà bác học tiến hành các công trình đó, thì họ đã tách thêm ra được tới 30% lượng mưa (tuyết) từ hệ thống mây đó.

Chúng tôi nghĩ rằng, những nghiên cứu về sự tương tác của toàn bộ đám mây với môi trường chung quanh, việc nghiên cứu cân bằng và động lực hơi ẩm trong các đám mây hiện nay là những công trình mấu chốt để đánh giá và lựa chọn đúng đắn những phương



Tên lửa chống mưa đã lên đường

động tích cực, hướng vào việc thu thêm nhiều mưa (tuyệt)

CÓ NHỮNG « CƠ CHẾ KHỞI ĐỘNG » NÀO ĐỂ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ?

Mặc dù đã có những thành tựu nhất định nhưng hiện nay chúng ta mới chỉ thực hiện việc biến đổi mây trong một dải rất hẹp của các điều kiện. Tuy nhiên, kinh nghiệm tác động lên những đặc điểm địa phương của thời tiết cho phép ta nêu lên vấn đề khả năng tác động tích cực lên những quá trình lớn hơn nhiều, với qui mô cỡ khu vực, và có thể cả với qui mô cỡ hành tinh.

Vấn đề cơ bản trong việc đánh giá khả năng tác động lên các hiện tượng khí tượng qui mô lớn, theo nhận xét của tôi, đó là vấn đề tính bền vững của các quá trình tạo thành khí hậu.

Khí hậu là kết quả của sự cân bằng động độc đáo của một tập hợp rất phức tạp các quá trình khí tượng thủy văn, diễn ra trên toàn bộ trái đất. Chúng ta hình dung được sự tương tác của các quá trình đó dưới dạng định tính chung. Nhưng, hiện nay, người ta mới chỉ đi được những bước đầu tiên tới việc tính toán những mối quan hệ định lượng giữa chúng.

Ta biết rõ rằng, trong lịch sử của trái đất khí hậu trước đây khác nhiều, tức là tập hợp các quá trình khí tượng thủy văn trên trái đất đã được đặc trưng không phải bằng trạng thái hiện đại của sự cân bằng động, mà bằng một số điều kiện khác.

Giải thích những cuộc chuyển tiếp từ trạng thái này sang trạng thái khác bằng cách nào ?

Hiện nay chưa có lý thuyết biến đổi khí hậu nào được mọi người đều thừa nhận. Người ta đã nêu lên những giả thuyết khác nhau về những nguyên nhân và cơ chế của các cuộc chuyển tiếp đó. Một số trong các giả thuyết giải thích những biến đổi của khí hậu bằng sự tổ chức lại cấu trúc của mặt đất, tức là bằng sự bố trí khác của các lục địa và đại dương, của các dãy núi; những giả thuyết khác cho rằng hoạt động của mặt trời thay đổi; những giả thuyết thứ ba chú ý đến tính không thường xuyên của các hiện tượng núi lửa phun, chúng làm bắn khí quyển bằng những phẩm vật phun lên và do đó biến đổi cân cân nhiệt trên trái đất. Những biến đổi về hướng của trục trái đất,

và do đó, về vị trí theo vĩ độ của những khu vực này hoặc khu vực khác của trái đất, cũng có thể dẫn tới những biến đổi của khí hậu.

Nhưng, cũng có những giả thuyết giải thích những dao động của khí hậu bằng sự chuyển tiếp của tập hợp các quá trình khí tượng thủy văn từ trạng thái này sang trạng thái khác, mà không có những biến đổi lớn của cấu trúc của trái đất, của hướng trục quay của nó hoặc của sự bố trí các lục địa, các đại dương và các dãy núi. Chúng dựa trên khả năng xuất hiện những chuỗi điều khiển, những mối quan hệ ngược và những trạng thái không bền vững trong tập hợp những quá trình tạo thành khí hậu. Khi đó, những biến đổi nhỏ trong một quá trình nào đó trong số các quá trình tạo thành khí hậu sẽ có thể gây ra một phản ứng, mà phản ứng này rồi cuộc sẽ chuyển tập hợp của chúng sang một trạng thái khác của sự cân bằng động.

Tôi thấy rằng những giả thuyết như vậy đáng được chú ý đến. Thật vậy, bằng cách đó có lẽ ta có thể giải thích được những biến đổi rất lớn, mặc dù không cơ bản lắm, của khí hậu, đã xảy ra trong 10-20 nghìn năm gần đây của lịch sử hành tinh chúng ta.

Nếu có thể có một số trạng thái của sự cân bằng động trong tập hợp các quá trình khí tượng thủy văn khi những nét cơ bản của cấu tạo trái đất vẫn được duy trì, thì về nguyên tắc sẽ mở ra triển vọng biến đổi khí hậu trên qui mô lớn. Dĩ nhiên, đó có thể là sự biến đổi của khí hậu hoặc trên toàn bộ trái đất, hoặc trên bán cầu. Và, tất nhiên ta có thể xác lập một khí hậu không phải bất kì, mà chỉ một thứ trong mấy cái có thể có thôi.

Phải tìm ở đâu « những cơ chế khởi động » để đạt mục đích đó ?

Chắc hẳn rằng một trong những cơ chế đó là việc biến đổi tính chất của mặt trái dưới trên những khoảng không gian rộng lớn. Chúng ta biết vai trò của mặt trái dưới trong sự hình thành và phát triển của các quá trình khí quyển, lớn đến mức nào. Ở đây có thể nhắc đến giả thuyết cho rằng, lớp băng phủ trên Bắc băng dương mà bị tiêu tan đi một lần thì không xuất hiện lại nữa, vì sơ đồ hoàn lưu của khí quyển trái đất đã biến đổi đi sẽ tạo thuận lợi cho sự duy trì một đại dương nóng, không có băng trên Bắc băng dương (chắc hẳn hiện tượng đó đã xảy ra trong quá khứ).

Việc thay đổi trong một thời hạn nào đó nhiệt độ của lớp nước trên mặt ở những vùng nước rộng lớn trên đại dương có thể thúc đẩy việc biến đổi hoàn lưu khí quyển. Chắc hẳn ta có thể biến đổi nhiệt độ bằng cách tác động

lên các dòng nước biển, chẳng hạn nhờ những công trình thủy lợi lớn.

Ta đã biết một số đề nghị về việc biến đổi những dòng nước biển hiện có hoặc về việc tạo ra những dòng mới. Chẳng hạn, đó là những đề nghị về việc xây những đập hoặc những trạm bơm nước ở eo biển Bêlinh. Cần lưu ý rằng, các dự án đó đã được nổi tiếng rộng khắp nhưng chúng không xứng đáng được nổi tiếng như vậy, vì phần quan trọng nhất — đánh giá ảnh hưởng đến khí hậu — trong các dự án đó, thiếu thay không có cơ sở.

Lớp tuyết phủ có thể là đối tượng tác động. Việc tăng cường hoặc, ngược lại, việc kìm hãm sự tan ra hoặc việc làm hình thành nhân tạo lớp tuyết phủ trên những diện tích lớn sẽ ảnh hưởng đến sự trao đổi nhiệt giữa khí quyển và mặt đất. Và điều đó đến lượt nó phải gây ra những biến đổi nhất định trong các quá trình khí tượng.

Hiện nay người ta đã tiến hành việc làm tan nhanh các lớp tuyết và băng phủ trên những lãnh thổ rộng hàng chục kilômet vuông bằng cách rải muối, bột than v.v... Người ta đã dùng cách nhân tạo làm hình thành một lớp tuyết phủ mỏng trên những lãnh thổ trước đó không có tuyết, rộng hàng nghìn kilômet vuông, khi kích thích mưa (tuyết) rơi từ các đám mây trong thời gian lạnh.

Địa hình là một đặc điểm quan trọng của mặt trái dưới. Ta biết rõ rằng, những nét lớn của địa hình gây ra những đặc điểm rõ rệt của hoàn lưu khí quyển. Nhưng, như một số nghiên cứu cho thấy, ngay cả những nét nhỏ của địa hình, chẳng hạn những dải rừng, cũng có thể ảnh hưởng một cách nhất định đến các quá trình khí tượng. Chẳng hạn, chắc hẳn là chính những nét nhỏ của địa hình — những ngọn đồi nhỏ — là nguyên nhân gây ra sự phân bố của mưa (tuyết) thành từng đám, mà ta đã biết rõ.

Không loại trừ khả năng là nhờ những công trình nhỏ, nhưng được tính toán và xây dựng đặc biệt, ta sẽ có thể tác động một cách xác định đến trạng thái của lớp khí quyển bên dưới, chẳng hạn kích thích những chuyển động loạn lưu.

Việc cải thiện đất bằng tưới, tiêu làm cho sự bốc hơi thay đổi nhiều; trong tương lai nó sẽ được tiến hành trên những lãnh thổ rộng lớn. Mặc dù trong sự tuần hoàn ẩm thành phần hành tinh của nó — sự chuyển vận hơi ẩm từ đại dương vào lục địa — giữ vai trò chủ yếu, nhưng một điều sẽ rất quan trọng là xác định xem những biến đổi tương đối nhỏ trong những thành phần địa phương của các chuỗi tuần hoàn ẩm có thể ảnh hưởng hay không đến việc mưa (tuyết) rơi ở những vùng này hay vùng khác của lục địa.

Và, cuối cùng, ta có thể xem xét sự can thiệp vào những quá trình diễn ra trong tầng bình lưu với tư cách là một trong những cách có thể nhằm tác động lên các quá trình tạo thành khí hậu. Lượng nhỏ vật chất ở những lớp trên cao và năng lượng nhỏ, truyền từ tầng bình lưu xuống tầng đối lưu do kết quả của những hiện tượng gắn liền với hoạt động mặt trời, theo nhận xét của chúng tôi, mở ra khả năng gây những biến đổi nhân tạo lớn của những tính chất của các lớp trên cao của khí quyển, mà những biến đổi này chắc hẳn có khả năng ảnh hưởng đến sự biến đổi tính chất hoạt động của các lớp dưới thấp.

Trên đây đã nêu lên một số hiện tượng, có khả năng dùng làm «những cơ chế khởi động» khi tác động lên khí hậu. Nhưng những biến đổi lớn của khí hậu chỉ có thể thực hiện được trong trường hợp các hiện tượng đó sẽ tạo ra bước đầu của một chuỗi sự kiện, phát triển theo một hướng xác định cho tới khi xảy ra sự biến đổi theo đúng kế hoạch dự định trong sơ đồ của hoàn lưu chung của khí quyển trái đất. Sự biến đổi đó phải bền vững, và việc dự báo nó phải đúng đắn. Khó khăn cơ bản và không lồ của vấn đề, theo nhận xét của tôi, chính là ở việc tính toán đó, chứ không phải ở mặt kĩ thuật của việc làm hoặc ở những chi phí về năng lượng.

NGUYỄN VĂN QUI
dịch từ tạp chí «*Prirôda*»
Liên-xô, số 9 — 1971