

**SỬ DỤNG RA ĐA THỜI TIẾT TRS-2730
ĐỂ QUAN TRẮC, PHÁT HIỆN, THEO DÕI, CẢNH BÁO
ĐÔNG, TỔ, LỐC, MƯA ĐÁ Ở VIỆT NAM**

ThS. Nguyễn Viết Thắng, CN. Đinh Đức Tú
Đài Khí tượng Cao không

Từ những năm 80 của thế kỷ 20, Tổng cục Khí tượng Thủy văn cũ (nay là Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia trực thuộc Bộ Tài nguyên và Môi trường) đã bắt đầu đặt một vài trạm ra đa thời tiết do Liên Xô (trước đây) viện trợ; đến nay mạng lưới trạm ra đa thuộc Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia đã được bổ sung thêm một số trạm ra đa thời tiết với nhiều chủng loại khác nhau. Những trạm ra đa này góp phần đáng kể cho việc điều tra cơ bản khí tượng trên cao, bước đầu phục vụ quan sát và dự báo bão, áp thấp nhiệt đới và gió mùa, nhất là gió mùa đông bắc. Tuy nhiên, việc khai thác, sử dụng ra đa còn hạn chế. Để phát huy hiệu quả các trạm ra đa thời tiết hiện có, cần đầu tư đồng bộ về nhiều mặt, nhằm phục vụ tốt cho công tác dự báo các hiện tượng thời tiết nguy hiểm, dự báo hạn ngắn và cực ngắn. Trong bài báo này, các tác giả đã nghiên cứu, đánh giá, phân tích chi tiết đặc điểm phản hồi vô tuyến của cơn tố, lốc, mưa đá xảy ra ngày 16/IV/1998 tại xã Đại Mỹ huyện Từ Liêm Tp. Hà Nội. Qua quá trình nghiên cứu số liệu thực tế, kết hợp với lý thuyết vật lý mây, sơ bộ bước đầu rút ra một số đặc trưng quan trọng có thể tiếp tục nghiên cứu bổ sung làm rõ thêm quy luật tại một số vùng có điều kiện để phục vụ dự báo dông, tố, lốc và mưa đá tại Việt Nam trong tương lai gần đây.

Một vài thập kỷ gần đây với sự biến đổi của khí hậu toàn cầu, các hiện tượng thời tiết cực đoan xuất hiện ngày càng nhiều ở hầu khắp các nước trên thế giới. Ở Việt Nam, từ năm 1999 đến năm 2004 các trận lũ lịch sử và các cơn tố, lốc, mưa đá xảy ra liên tục, riêng 6 tháng đầu năm 2004 đã xảy ra 25 cơn tố, lốc, mưa đá ở hầu khắp các tỉnh trên cả nước, đặc biệt trong tháng VI đã xuất hiện 2 cơn bão trên biển Đông, trong đó cơn bão số 2 đổ bộ vào Bình Định, Quảng Ngãi gây thiệt hại lớn cho nền kinh tế quốc dân. Trước tình hình đó, mạng lưới các trạm ra đa thời tiết ở Việt Nam đã duy trì hoạt động liên tục 24/24 giờ trong ngày nhằm phát hiện, theo dõi, cảnh báo các hiện tượng thời tiết nguy hiểm có thể xảy ra. Hiện nay, mạng lưới trạm ra đa thời tiết nước ta chưa bảo đảm mật độ theo yêu cầu qui hoạch để có thể kiểm soát, theo dõi các hiện tượng thời tiết xảy ra trên toàn bộ lãnh thổ. Đặc biệt, mạng ra đa thời tiết hiện nay gồm nhiều chủng loại khác nhau, chúng ta chưa xây dựng được quy trình quan trắc, phát hiện các hiện tượng thời tiết nguy hiểm hữu hiệu cho từng chủng loại ra đa, việc đầu tư nghiên cứu, khai thác sử dụng thiết bị này còn nhiều hạn chế cần được đẩy mạnh hơn nữa.

1. Hiện trạng mạng lưới trạm ra đa thời tiết ở Việt Nam

Việt Nam là nước có nền khí hậu nhiệt đới gió mùa, có mùa đông lạnh, là nơi giao tranh của nhiều hệ thống thời tiết rất phức tạp. Hàng năm có hơn 30 đợt gió mùa đông bắc, hàng chục đợt gió mùa tây nam và là nơi hoạt động mạnh của dải hội tụ nhiệt đới.... Kèm theo các quá trình thời tiết quy mô lớn nói trên là các quá trình thời tiết quy mô nhỏ như: tố, lốc, mưa đá xảy ra rất bất thường. Để quan trắc phát hiện, tiến tới kiểm soát, cảnh báo các hiện tượng trên, từ những năm 70 của thế kỷ 20 các nhà hoạch định chiến lược của ngành Khí tượng Thủy văn đã bắt đầu xây dựng, lắp đặt các trạm ra đa thời tiết nhằm mục đích quan trắc bão, phục vụ dự báo khí tượng thủy văn, quan trắc mây và các hiện tượng thời tiết có liên quan phục vụ hàng không dân dụng....

Trước những năm 80 của thế kỷ 20, Tổng cục Khí tượng Thủy văn cũ (nay là Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia thuộc Bộ Tài nguyên và Môi trường) đã lắp đặt 2 trạm ra đa thời tiết MRL-2 hoạt động trên kênh có bước sóng $\lambda = 3,2\text{cm}$. Loại ra đa thời tiết này chủ yếu là quan trắc phát hiện mây, mưa nhỏ, không có khả năng quan trắc bão, đặc biệt là mưa trong bão. Trải qua gần 20 năm Tổng cục Khí tượng Thủy văn (trước đây) tiếp tục triển khai lắp đặt thêm 2 ra đa thời tiết thế hệ mới MRL-5 tại Phù Liễn (năm 1990) và Vinh (năm 1993) hoạt động trên 2 kênh có bước sóng $\lambda_1 = 3,2\text{cm}$ và $\lambda_2 = 10,0\text{cm}$, thế hệ ra đa này đáp ứng tương đối tốt yêu cầu quan trắc mây, mưa và bão, đặc biệt là phục vụ nghiên cứu vật lý mây. Như vậy, mạng lưới trạm ra đa thời tiết được hình thành không chỉ để quan trắc mây, bão mà còn quan trắc phát hiện các hiện tượng thời tiết nguy hiểm khác. Tổng cục Khí tượng Thủy văn trước đây đã tiến hành xây dựng quy hoạch mạng lưới trạm ra đa thời tiết đến năm 2020 gồm 12 trạm ra đa, hình 1.

Mạng ra đa thời tiết hiện nay có 6 trạm với 8 ra đa, gồm 3 chủng loại khác nhau:

a. Loại ra đa MRL-5

Hoạt động trên kênh có bước sóng $\lambda_1 = 3,2\text{cm}$, $\lambda_2 = 10,0\text{cm}$ lắp đặt tại Phù Liễn và Vinh, ưu điểm lớn là quan trắc được mây ($\lambda_1 = 3,2\text{cm}$), mưa lớn và bão ($\lambda_2 = 10,0\text{cm}$), là công cụ nghiên cứu vật lý mây rất hữu hiệu. Tuy nhiên, cũng còn một số nhược điểm lớn đó là không số hóa, việc đo các thông số phụ thuộc chủ yếu vào trình độ quan trắc viên, không đồng bộ về thời gian.

b. Loại ra đa TRS-2730

Đây là loại ra đa số hóa tương đối hiện đại, hoạt động trên kênh có bước sóng $\lambda = 5,6\text{cm}$, lắp đặt theo chương trình ODA do Chính phủ Pháp tài trợ năm 1997 cho 3 trạm Phù Liễn, Vinh và Việt Trì. Loại ra đa thời tiết này có nhiều ưu điểm hơn ra đa MRL-5, có khả năng quan trắc mây, mưa, dông, tố, lốc và bão, phạm vi hoạt động rộng, ít phụ thuộc vào trình độ quan trắc viên trong quá trình quan trắc. Tuy nhiên, còn có những nhược điểm sau:

- Không tổ hợp được sản phẩm 3 chiều,

- Không xác định được độ cao đỉnh mây theo sản phẩm mặt cắt ngang.

c. Loại ra đa DWSR

Là ra đa Doppler, đã được số hoá, hoạt động trên kênh có bước sóng $\lambda = 5,6\text{cm}$, lắp đặt tại Tam Kỳ, Nha Trang và Tp. Hồ Chí Minh, đây là loại ra đa thời tiết hiện đại có hệ thống quan trắc phản hồi vô tuyến thu thập được nhiều sản phẩm, đáp ứng tốt cho các nhu cầu quan trắc, cảnh báo các hiện tượng thời tiết nguy hiểm và các yêu cầu khác.

Trong 2 loại ra đa thời tiết số hóa hiện đang hoạt động nghiệp vụ tốt, thì ra đa TRS-2730 là loại có nhiều nhược điểm hơn, cần được đầu tư nghiên cứu mới có thể đáp ứng được yêu cầu quan trắc, phát hiện, theo dõi cảnh báo các hiện tượng thời tiết nguy hiểm, nhất là cần đầu tư nghiên cứu xây dựng quy trình quan trắc phát hiện, theo dõi cảnh báo các hiện tượng thời tiết nguy hiểm như dông, tố, lốc, mưa đá nhằm khai thác có hiệu quả số liệu do loại ra đa thời tiết này cung cấp.

2. Sử dụng ra đa TRS-2730 để quan trắc phát hiện dông mạnh, tố, lốc, mưa đá

Quan trắc mây và các hiện tượng thời tiết liên quan ở những khu vực thưa hoặc không có trạm quan trắc mặt đất là một trong những ưu điểm đặc biệt quan trọng của ra đa thời tiết [1], [2], [3], [4]. Tuy nhiên, không phải ra đa thời tiết nào cũng có tất cả các khả năng như nhau, mỗi loại ra đa hoạt động trên kênh có bước sóng khác nhau, có ưu, nhược điểm khác nhau. Vì vậy, để phát huy ưu điểm, hạn chế nhược điểm của mỗi loại ra đa thời tiết cần xác định được các giá trị ngưỡng. Ví dụ: giá trị ngưỡng của các loại mây, mưa, dông..., để xác định được mây và các hiện tượng thời tiết thì việc xác định giá trị ngưỡng của các hiện tượng trên là vấn đề quan trọng đầu tiên. Giá trị ngưỡng của các hiện tượng dông, tố, lốc, mưa đá được xác định dựa vào 2 chỉ tiêu sau [1]:

a. Đặc điểm hình thái của mây

Các hiện tượng thời tiết nguy hiểm như tố, lốc, mưa đá, thường có hình dạng cơ bản của đám mây gây ra nó (hình 2), [2] như sau:

- Dạng ngón tay,
- Dạng móc,
- Dạng vỏ sò.

Độ cao đỉnh phản hồi vô tuyến và giá trị độ phản hồi Z của các đám mây gây nên hiện tượng thời tiết nguy hiểm này, phụ thuộc vào đặc điểm khí hậu của từng khu vực.

b. Đặc điểm phản hồi vô tuyến

Một số dấu hiệu được dùng để nhận biết các hiện tượng nguy hiểm [6]:

- Độ cao đỉnh mây cực đại $H_{z_{\max}} \geq 15\text{km}$ hoặc $H_{z_{\max}} = H_{\text{đối lưu}} + 3 \div 4\text{km}$,
- Độ phản hồi cực đại ở độ cao $6 \div 7\text{km}$, $Z_{\max} \geq 48\text{dBZ}$,

- Đường biên của mây sắc rõ,
- Phản hồi vô tuyến thể hiện thành hình móc câu hoặc vòng nhẩn gắn vào với phản hồi "mẹ",
- Tốc độ di chuyển của vùng phản hồi lớn $V > 74\text{km/giờ}$,
- Phản hồi có dạng móc, hình 3,
- Tốc độ phát triển của đỉnh phản hồi lớn $V_H > 600\text{m/phút}$,
- Có sự kết hợp giữa các đám mây phản hồi thành đám mây lớn,
- Các đám mây đối lưu mạnh phân bố cách đều nhau.

3. Đặc điểm phản hồi vô tuyến của cơn tố, lốc, mưa đá xảy ra tại xã Đại Mỹ huyện Từ Liêm thành phố Hà Nội ngày 16/V/1998 (theo số liệu của trạm ra đa TRS – 2730 Phù Liên)

Năm 1998, tố, lốc, mưa đá và các hiện tượng thời tiết nguy hiểm xảy ra với tần suất tương đối lớn ở miền Bắc Việt Nam, trong đó cơn lốc kèm theo mưa đá xảy ra hồi 20 giờ 33 phút ngày 16/V/1998 tại xã Đại Mỹ huyện Từ Liêm thành phố Hà Nội là một trong những cơn lốc do Trạm ra đa Phù Liên phát hiện tương đối sớm và hoàn chỉnh. Vậy hiện tượng trên xảy ra trong hình thể thời tiết nào ?

a. Điều kiện hình thành dông, tố, lốc tại khu vực Hà Nội

Theo bản đồ hình thể synop lần quan trắc lúc 13 giờ ngày 16/V/1998 cho thấy: trên bản đồ khí áp 500mb tồn tại rãnh áp thấp trên cao, hình 4. Rãnh áp thấp này bị nén lấn sâu xuống tầng thấp, hình 5 và 6. Đây là hình thể thời tiết gây bất ổn định mạnh, có điều kiện để mây đối lưu hình thành phát triển tạo mưa rào và dông mạnh ở khu vực phía Bắc của Việt Nam.

b. Đặc điểm phản hồi vô tuyến của vùng mây gây tố, lốc xảy ra tại Hà Nội

Trên khu vực miền Bắc Việt Nam hồi 15 giờ 03 phút ngày 16/V/1998 xuất hiện dải mây đối lưu có độ cao và phản hồi mạnh, hướng trục đông – tây (đây là dải mây có đặc điểm khác thường của hệ mây do rãnh áp thấp phía tây gây ra; có dạng tương tự dải mây minh họa trên hình 7) di chuyển từ bắc xuống nam, đồng thời ở khu vực Hòa Bình, Ninh Bình hình thành 3 đám mây dông tồn tại tương đối lâu, những đám mây này có xu hướng di chuyển lên phía bắc, hình 8, 9 và 10.

Trong quá trình di chuyển xuống phía nam và lên phía bắc, các đám mây mạnh dần lên, hình 8, 9 và 10. Với các đặc trưng phản hồi vô tuyến được thể hiện, bảng 2 và hình 11, 12, 13, 14.

Các đám mây đối lưu trong dải mây ở phía bắc có giá trị phản hồi rất lớn (bảng 2), các đám mây này có khả năng sinh ra dông [6].

Các đám mây gây dông phân bố cách đều nhau thành dải dài. Khi các đám mây đối lưu phân bố cách đều nhau, khu vực này thường xảy ra gió giật mạnh [1]. Dải mây trên di chuyển xuống phía nam, trong quá trình tồn tại, di chuyển hình thành các đám mây mới (mây con), hình 8, 9 và 10. Từ 16 giờ 05 phút đến 16 giờ 10 phút một loạt các đám mây con được hình thành. Những

đám mây con này có vòng đời ngắn. Điều đặc biệt trong dải mây phía bắc là các đám mây con được hình thành từ các đám mây mẹ, phân bố thành dải và cách đều nhau, đây là quy tắc phân bố mây đặc biệt trái với quy tắc phân bố thông thường. Các đám mây con có phản hồi tương đối lớn (đồ thị 11 đến đồ thị 13). Chú ý các đám mây từ hình 1 đến hình 7 (phân bố từ trái sang phải) được xem như những đám mây “mẹ”, có phản hồi tương đối lớn và đặc biệt hơn nữa là vòng đời của các đám mây này rất dài (5 giờ 44 phút), điều đó chứng tỏ rằng: khí quyển ở điều kiện bất ổn định mạnh, thuận lợi cho quá trình hình thành và phát triển mây đối lưu. Tuy nhiên, ở đây chỉ là những đám mây có phản hồi mạnh phân bố cách đều nhau thành dải, thì hiện tượng mạnh nhất gây ra cũng chỉ là dông, mưa rào kèm theo gió giật mạnh. Đồng thời với sự hình thành của dải mây đối lưu ở phía bắc là sự xuất hiện của hai đám mây đối lưu độc lập ở phía nam có phản hồi rất lớn. Các đám mây này nằm ở phía Bắc của tỉnh Hòa Bình và Tây Bắc tỉnh Thanh Hóa, cách Hà Nội 71km và 125km về phía tây và tây nam. Hai đám mây này có phản hồi mạnh $Z_1 = 41\text{dBZ}$, $H_1 = 7,3\text{km}$ và $Z_2 = 45\text{dBZ}$, $H_2 = 8,6\text{km}$. Hai đám mây này tồn tại độc lập với dải mây ở phía bắc, chúng di chuyển, phát triển ngược với nhau. Các đám mây ở phía bắc di chuyển, phát triển rất nhanh xuống phía nam. Tốc độ di chuyển xuống phía nam của dải mây này lớn hơn 45km/giờ, tốc độ phát triển chung của các đám mây trong dải mây là 2dBZ/5 phút, trong khi đó tốc độ di chuyển và phát triển của các đám mây ở phía nam rất chậm ($V \ll 5\text{km/giờ}$, $\nabla Z/\nabla t$ rất nhỏ). Như vậy, quá trình di chuyển lên phía bắc của các đám mây ở phía nam là do hoàn lưu gió ở phía nam và sự phát triển nội lực của mây đưa lên. Vậy có thể nhận định rằng: trong vùng hoạt động của ra đa thời tiết tồn tại một vùng hội tụ mang tính địa phương với quy mô không lớn. Qua hình 15, 16 về phân bố nhiệt độ, độ ẩm, hướng và tốc độ gió lần quan trắc lúc 07 giờ (Hà Nội) có thể thấy rõ điều đó.

Bảng 2. Đặc trưng phản hồi vô tuyến của các đám mây trong dải mây ở phía bắc (tính trung bình)

Dải mây phía bắc											
1		2		3		4		5		6	
Z	H	Z	H	Z	H	Z	H	Z	H	Z	H
37,5	8,4	37,8	6,2	38,3	5,1	38,5	4,1	37,1	3,5	36,8	3,3
7		8		9		10		11		12	
Z	H	Z	H	Z	H	Z	H	Z	H	Z	H
37,5	4,2	38,6	3,5	35,9	2,9	35,5	3,2	33,7	3,0	34,7	4,0
13		14		15		16		17		18	
Z	H	Z	H	Z	H	Z	H	Z	H	Z	H
31,3	4,2	40,7	4,7	34,0	5,8						

$Z_{\max} = 45,0\text{dBZ}$, $H_{\max} = 12\text{km}$ (giá trị cực đại trong chuỗi số liệu quan trắc đạt lúc 16h15 phút)

Trong đó: 1, 2, 3...18 là thứ tự dải mây được nghiên cứu.

Đặc trưng phản hồi vô tuyến của các đám mây ở phía nam được thể hiện trong bảng 3 như sau:

Bảng 3. Đặc trưng phản hồi vô tuyến ra đa thời tiết của các đám mây ở phía nam (tính trung bình)

Phản hồi vô tuyến ra đa của các đám mây ở phía nam								
1			2			3		
Z	H	t	Z	H	t	Z	H	t
38,6	5,2	5h44	39,6	5,5	5h44	39,4	3,5	5h44
Z_{max}	H_{zmax}		Z_{max}	H_{zmax}		Z_{max}	H_{zmax}	
46	7,8		45	10		44	10	

(Tiếp theo bảng 3)

Phản hồi vô tuyến ra đa của các đám mây ở phía nam								
4			5			6		
Z	H	t	Z	H	t	Z	H	t
38,4	6,2	40p	51,5	6,6	10p	35,0	9,2	05p
Z_{max}	H_{zmax}		Z_{max}	H_{zmax}		Z_{max}	H_{zmax}	
42,5	7,5		42	9,3				

Trong đó: t - thời gian tồn tại của đám mây

Từ bảng 3 cho thấy: mây ở phía nam có độ phản hồi lớn, thời gian tồn tại dài (đám mây 1, 2, 3). Trong quá trình phát triển, di chuyển lên phía bắc, hình thành 3 đám mây mới (mây con, đám mây 4, 5, 6). Các đám mây này có độ phản hồi và ở độ cao tương đối lớn. Theo tài liệu về vật lý mây, khi các đám mây “mẹ” cho hiện tượng, chúng tạo ra các dòng giáng, các dòng giáng đó kết hợp với các dòng gió của môi trường xung quanh tạo ra những vùng hội tụ, các dòng thăng được hình thành ở xung quanh mây “mẹ” và quá trình hình thành các đám mây con được thiết lập. Thông thường các đám mây “mẹ” tan rã, bổ sung tiềm nhiệt, ẩm cho quá trình phát triển của các đám mây con, nhưng ở đây lại xảy ra điều ngược lại. Những đám mây con hình thành, phát triển, tan rã với vòng đời rất ngắn. Quá trình tan rã của các đám mây con lại cung cấp tiềm nhiệt, ẩm cho các đám mây “mẹ”, vì vậy, các đám mây “mẹ” tồn tại trong khoảng thời gian dài (5 giờ 44 phút). Điều đó, chứng tỏ rằng: quá trình dòng đối lưu bị cuốn hút đi vào trong các đám mây “mẹ” xảy ra rất mạnh. Quá trình đó được kết thúc khi dải mây phía bắc và các đám mây ở phía nam gặp nhau tại Hà Nội và chúng phát triển đến cực đại với hiện tượng hết sức mãnh liệt gây ra tố, lốc, mưa đá xảy ra tại xã Đại Mỹ huyện Từ Liêm Tp. Hà Nội.

Kết luận

Đông, tố, lốc, mưa đá là những hiện tượng thời tiết đặc biệt nguy hiểm, xuất hiện ở nước ta do nhiều loại hình thời tiết khác nhau gây ra. Sự xuất hiện của các hiện tượng trên, có những dấu hiệu nhất định trên màn hình ra đa thời tiết. Qua nghiên cứu về cơn tố, lốc kèm theo mưa đá xảy ra ngày 16/V/1998 tại xã Đại Mỹ huyện Từ Liêm Tp. Hà Nội, tác giả có nhận xét bước đầu như sau:

Đặc điểm hình thái phản hồi vô tuyến

1) Các đám mây đối lưu có phản hồi mạnh ($40\text{dBZ} < Z_{\text{TB}} < 50\text{dBZ}$), sắc nét phân bố cách đều nhau thành dải.

2) Trường mây di chuyển với tốc độ nhanh $V > 45\text{km/giờ}$.

3) Có sự hội tụ của các vùng mây phản hồi mạnh.

Để phát hiện, cảnh báo được các hiện tượng trên, cần thực hiện những vấn đề sau:

1) Thống kê các hình thể thời tiết có các hiện tượng tố, lốc, mưa đá xảy ra với tần suất cao nhằm thực hiện các biện pháp đề phòng mỗi khi chúng xuất hiện (kể cả các phương án quan trắc tìm kiếm và cảnh báo).

2) Khảo sát, nghiên cứu chi tiết quá trình hình thành, phát triển các đám mây đối lưu gây ra tố, lốc, mưa đá (nhằm phát hiện sớm các hiện tượng nguy hiểm trên).

3) Mô tả chi tiết đặc điểm hình thái phản hồi vô tuyến của các đám mây gây ra tố, lốc, mưa đá (giúp cho quan trắc viên ra đa, dự báo viên phát hiện kịp thời, chính xác các hiện tượng đặc biệt nguy hiểm).

4) Nghiên cứu chi tiết đặc trưng phản hồi vô tuyến phát hiện ra các hiện tượng tố, lốc, mưa đá ở nhiều loại hình thời tiết khác nhau.

5) Soạn thảo phương pháp quan trắc phát hiện các hiện tượng thời tiết đặc biệt nguy hiểm cho từng trạm cụ thể.

6) Thực hiện thường xuyên chế độ tập huấn cho quan trắc viên ở các trạm ra đa thời tiết về phương pháp quan trắc phát hiện các hiện tượng thời tiết nguy hiểm như tố, lốc, mưa đá....

Tài liệu tham khảo

1. *Hướng dẫn vận hành quan trắc ra đa thời tiết MRL_{1,2}* (bản tiếng Nga) NXB - KTTV. Leningrat, 1974.
2. *Hướng dẫn vận hành quan trắc ra đa thời tiết MRL_{1,2,3,4,5}* (bản tiếng Nga) NXB - KTTV. Leningrat, 1992.
3. Đài Cao không Trung ương. "*Hướng dẫn thực hành quan trắc và sử dụng thông tin ra đa MRL-5*" bản dịch, 1991.
4. Đài Cao không Trung ương. Báo cáo tổng kết TBKT "*Khai thác thử nghiệm trạm ra đa thời tiết MRL-5 Phù Liễn Hải Phòng*", 1991.
5. Tổng cục Khí tượng Thủy văn. Báo cáo tổng kết đề tài "*Nghiên cứu bão và các hiện tượng thời tiết nguy hiểm bằng phương pháp ra đa*", 1994.
6. Đài Khí tượng Cao không. Tài liệu tập huấn đề tài nghiên cứu khoa học "*Nghiên cứu sử dụng thông tin ra đa thời tiết phục vụ theo dõi, cảnh báo dông mưa và bão*", 2001.