

# ẢNH HƯỞNG CỦA BÃO TỪ TỚI NỒNG ĐỘ ĐIỆN TỬ TỔNG CỘNG VÙNG DỊ THƯỜNG ĐIỆN LY XÍCH ĐẠO ĐÔNG NAM Á QUAN SÁT ĐƯỢC TỪ SỐ LIỆU GPS

LÊ HUY MINH, NGUYỄN CHIẾN THẮNG, TRẦN THỊ LAN, R. FLEURY,  
P. LASSUDRIE DUCHESNE, A. BOURDILLON, C. AMORY-MAZAUDIER,  
TRẦN NGỌC NAM, HOÀNG THÁI LAN

## I. MỞ ĐẦU

Bão từ là một trong những hiện tượng vật lý phức tạp nhất liên quan tới từ trường Trái Đất, nó được gây bởi sự tương tác của các luồng gió Mặt Trời mạnh xuất hiện khi xảy ra bùng nổ sắc cầu trên Mặt Trời với từ quyển Trái Đất. Bão từ có thể gây nên những nhiễu loạn lớn của điện trường, gió trung hòa và chuyển động trong nhiệt quyển Trái Đất. Trong thời gian bão từ, năng lượng trong từ quyển và moment động lượng được đưa tới tầng điện ly và nhiệt quyển do dòng hạt gió Mặt Trời đi vào vùng cực quang và chuyển động đối lưu của plasma không chế bởi trường điện trong từ quyển. Sự gia tăng của các luồng hạt gió Mặt Trời đi vào vùng cực quang làm đốt nóng nhiệt quyển, ion hóa các phân tử khí trung hòa làm gia tăng độ dẫn của tầng điện ly. Độ dẫn điện gia tăng tổ hợp với trường điện trong từ quyển tạo nên sự toả nhiệt Joule trong tầng điện ly và nhiệt quyển, và đây là nguồn năng lượng quan trọng trong thời gian bão từ.

Sự đốt nóng nhiệt quyển tạo nên sự gia tăng gió thổi về phía xích đạo và làm cho các phân tử khí trung hòa nặng bị đẩy lên cao làm gia tăng khối lượng phân tử trung bình. Vùng có khối lượng phân tử trung bình gia tăng được vận chuyển về phía xích đạo nhờ các trường gió trung hòa trong thời gian bão. Nhiễu loạn điện trường trong thời gian bão từ ảnh hưởng đáng kể tới phân bố plasma của tầng điện ly, chúng gây ra bởi sự thâm nhập của trường điện từ có nguồn gốc từ quyển và các hiệu ứng dynamo nhiễu loạn điện ly. Ở vùng vĩ độ thấp, vector cường độ trường từ gần như nằm ngang,

tầng điện ly gần như đồng nhất, do đó trường điện theo phương vĩ tuyến, tạo bởi dynamo gió trung hòa trong thời gian trường từ yên tĩnh, có thể vận chuyển plasma theo phương thẳng đứng do tác dụng của lực  $\vec{E} \wedge \vec{B}$ . Vào thời gian ban ngày, dịch chuyển thẳng đứng này là hướng lên trên, làm cho plasma bị nâng lên độ cao lớn hơn, sau đó chúng bị khuếch tán dọc theo các đường sức của trường tới vùng vĩ độ cao hơn tạo nên hai dị thường plasma ở hai phía của xích đạo, được gọi là hai đỉnh dị thường điện ly xích đạo (EIA - Equatorial ionization anomaly) và hiệu ứng vận chuyển plasma từ xích đạo từ về các vùng vĩ độ cao hơn được miêu tả như là hiệu ứng "vòi phun".

Trong thời gian bão từ, có nhiều yếu tố có thể gây ra bởi sự thay đổi của dị thường điện ly xích đạo. Từ tháng 4 năm 2005, trong khuôn khổ hợp tác giữa Viện Vật lý Địa cầu (Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam), Trường Đại học Tổng hợp Rennes 1 và Trường Viễn thông Quốc gia Brest (Pháp) đã đặt 3 trạm thu tín hiệu vệ tinh GPS. Hệ thống 3 trạm GPS ở nước ta cùng với một số trạm ở Trung Quốc, Singapore và Indonesia hình thành một dải gần như dọc theo kinh tuyến 105 °E, tạo điều kiện thuận lợi cho việc nghiên cứu biến đổi của tầng điện ly vùng dị thường điện ly xích đạo ở khu vực Đông Nam Á. Bài báo giới thiệu kết quả đầu tiên của việc sử dụng số liệu hệ thống 8 trạm GPS nghiên cứu sự biến đổi của vùng dị thường điện ly xích đạo khu vực Đông Nam Á trong thời gian bão từ, góp phần tìm hiểu cơ chế vật lý ảnh hưởng của bão từ tới cấu trúc tầng điện ly khu vực xích đạo.

## II. SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH

Số liệu sử dụng trong nghiên cứu này thu được từ 8 trạm thu GPS cố định ở khu vực Đông Nam Á, được liệt kê trong *bảng 1*. Số liệu của 5 trạm Kunm, Ntus, Bako, Bsat và Mlkn lấy từ trang web của Trung tâm dịch vụ GPS quốc tế <http://sopac.ucsd.edu/cgi-bin/dbDataBySite.cgi>.

*Bảng 1. Vị trí các trạm thu GPS*

Tên trạm	Tọa độ địa lý	
	Vĩ độ (°E)	Kinh độ (°N)
Kunm (Trung Quốc)	25°01'44"	102°47,49"
Hà Nội (Việt Nam)	21°02'50"	105°47'59"
Huế (Việt Nam)	16°27'33"	107°35'33"
Hóc Môn (Việt Nam)	10°50'54"	106°33'35"
Ntus (Singapore)	1°20'45"	103°40'48"
Bako (Indonesia)	- 6°29'28"	106°50'56"
Mlkn (Indonesia)	-5°21'09"	102°16'35"
Bsat (Indonesia)	-3°04'36"	100°17'04"

Phương pháp tính nồng độ điện tử tổng cộng tầng điện ly (TEC) đã được giới thiệu chi tiết trong bài báo trước đây [11], dựa trên việc sử dụng các giả khoảng cách đo được từ các vệ tinh GPS tới vị trí các máy thu ở hai tần số  $f_1 = 1.575,42$  MHz và  $f_2 = 1.227,6$  MHz theo công thức [6]:

$$TEC = \frac{1}{40,3} \left( \frac{f_1^2 f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} \right) (p_{2j}^i - p_{1j}^i - k^i - k_j) \quad (1)$$

trong đó  $p_{1j}^i, p_{2j}^i$  là các giả khoảng cách từ vệ tinh  $i$  tới máy thu  $j$  tương ứng với các tần số  $f_1$  và  $f_2$ ,  $k^i$  và  $k_j$  là các độ lệch do phân cứng trên vệ tinh  $i$  và ở máy thu  $j$ . Đơn vị của TEC được ký hiệu là TECU và bằng  $10^{16}$  electron/m<sup>2</sup>.

TEC tính theo công thức (1) là TEC nghiêng, được chuyển về TEC thẳng đứng theo công thức:

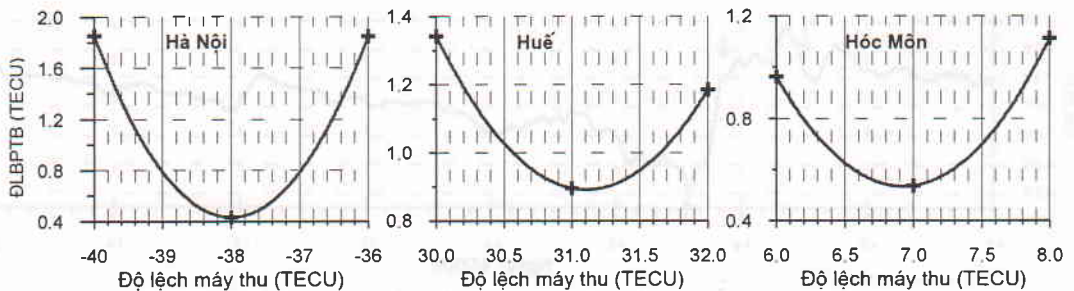
$$TECV = TEC * \cos z' \quad (2)$$

trong đó  $z'$  là góc thiên đỉnh tại điểm cắt tầng điện ly, được xác định bởi công thức:

$$z' = \arcsin \left( \frac{R_e \cos \alpha}{R_e + h_{ion}} \right) \quad (3)$$

trong đó  $R_e$  là bán kính Trái Đất,  $h_{ion}$  là độ cao của tầng điện ly trong mô hình lớp đơn và được lấy bằng 400 km,  $\alpha$  là góc nhìn thấy vệ tinh ở vị trí máy thu.

Độ lệch do phân cứng của các vệ tinh (satellite bias) được thông báo hàng ngày trong các mô hình TEC toàn cầu. Để xác định độ lệch do phân cứng máy thu  $k_j$  (receiver bias), chúng tôi tính độ lệch bình phương trung bình giữa các giá trị TEC thẳng đứng trung bình tính được theo (1) và (2) trong khoảng thời gian 01h-05hLT (18h00-22h00 UT đối với vùng kinh tuyến đang nghiên cứu) với các giá trị TEC thẳng đứng tính được từ mô hình TEC toàn cầu ở cùng thời điểm và ở cùng vị trí. Xây dựng đường cong biểu diễn sự phụ thuộc của độ lệch bình phương trung bình nêu trên vào độ lệch do phân cứng máy thu của từng trạm chọn trước. Giá trị độ lệch do phân cứng máy thu  $k_j$  là giá trị làm cho độ lệch bình phương trung bình đã nêu đạt cực tiểu [9]. Ví dụ việc tính độ lệch  $k_j$  cho các trạm Hà Nội, Huế và Hóc Môn ngày 12-04-2006 được minh họa trên *hình 1*. Các giá trị độ lệch máy thu xác định được từ *hình 1* bằng -38,0 TECU, 31,1 TECU và 6,93 TECU tương ứng với các trạm Hà Nội, Huế và Hóc Môn. Việc xác định độ lệch máy thu như vậy thường rất hợp lý với 3 trạm thu GPS của nước ta. Đối với các trạm ở vùng đỉnh dị thường xích đạo như Kunm và Bako, giá trị TEC lớn, giá trị độ lệch máy thu được xác định như trên thường phải đưa thêm một hằng số điều chỉnh để lấy được mức cực tiểu của tiến trình ngày đêm của TEC có giá trị dương hợp lý.



*Hình 1. Xác định độ lệch máy thu cho các trạm Hà Nội, Huế và Hóc Môn ngày 12-04-2006*

Cũng cần nhấn mạnh, TEC thu được từ số liệu GPS bị ảnh hưởng của nhiều quá trình vật lý phức tạp trong tầng điện ly, nhất là hiện tượng nhiễu đường xuất hiện khi góc nhìn thấy vệ tinh nhỏ, tín hiệu truyền từ vệ tinh tới máy thu có thể bị phản xạ nhiều lần trong tầng điện ly trước khi tới máy thu, khi đó TEC tính được theo các công thức trên không còn đúng nữa. Do vậy để tránh hiện tượng này, chúng tôi chỉ dùng thông tin TEC thu được từ các vệ tinh có góc nhìn thấy lớn hơn  $20^\circ$ . Ngoài ra cũng phải loại trừ những nguồn gây nhiễu có tính địa phương gây nên sự tán mạn lớn của TEC xung quanh một xu thế chung của tiến trình ngày đêm của TEC tính được như ở trạm Ntus của Singapore. Tập hợp giá trị TEC thu được cũng phải lọc những nguồn nhiễu khác không rõ nguyên nhân bằng việc áp dụng các bộ lọc số.

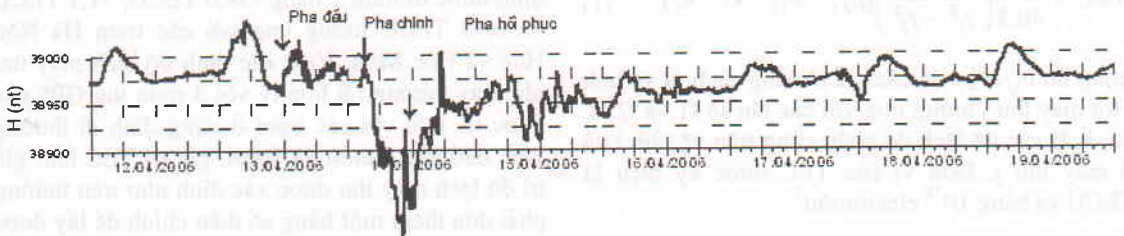
### III. BIẾN ĐỔI TEC TRONG BÃO TỪ NGÀY 13-18/04/2006

Trên đường cong biến thiên của thành phần nằm ngang H của trường địa từ quan sát được tại Phú Thụy trong các ngày 12-19/04/2006 (hình 2) có thể thấy, vào lúc 11h52 UT ngày 13/04 H tăng lên đột ngột, sau đó giao động phức tạp tới 03h10UT ngày 14/04 bắt đầu giảm mạnh đến giá trị cực tiểu vào lúc 10h15UT cùng ngày; sau thời điểm này, trường từ

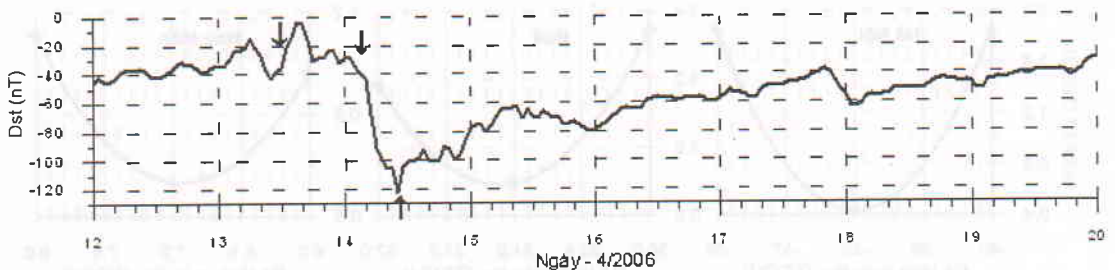
hồi phục dần về mức yên tĩnh. Như vậy pha đầu của trận bão này kéo dài từ 11h52UT ngày 13/04 đến 03h10UT ngày 14/04, pha chính kéo dài từ 03h10UT tới 10h15UT ngày 14/04, và pha hồi phục bắt đầu từ 10h15UT ngày 14/04 kéo dài tới hết ngày 18-04-2006. Các pha của trận bão này cũng thể hiện rõ trên đường cong biến thiên theo thời gian của chỉ số Dst, chỉ số cho biết độ lớn của dòng vòng xích đạo, mức của chỉ số Dst vào ngày 19-04-2006 gần như trùng với mức của ngày 12-04-2006, ảnh hưởng của bão hoàn toàn kết thúc trong ngày 18-04-2006 (hình 3).

Hình 4 biểu diễn vết của các vệ tinh GPS trên tầng điện ly (lấy ở độ cao 400 km) quan sát được bởi 6 trạm (bảng 1) ngày 12-4-2006. Chúng ta có thể thấy ở độ cao này vết của các vệ tinh GPS quan sát được nằm trong dải kinh vĩ độ khoảng  $15^\circ$ , vết của các vệ tinh quan sát được ở 6 trạm bao trùm lên nhau trong khoảng vĩ độ từ  $-13^\circ$  đến  $30^\circ$  trong dải kinh tuyến xấp xỉ xung quanh kinh tuyến  $105^\circ$ . Như vậy chúng ta hoàn toàn có thể thu được thông tin về sự biến đổi liên tục của TEC trong khoảng vĩ độ đã nêu ở khu vực Đông Nam Á.

Biến đổi của TEC theo vĩ độ và thời gian trong khoảng 12-19/4/2006 được thể hiện trên hình 5. Đường xích đạo từ (ME - Magnetic equator) nằm ở khoảng vĩ độ  $8^\circ\text{N}$  được vẽ trên hình 5 suy ra từ mô hình

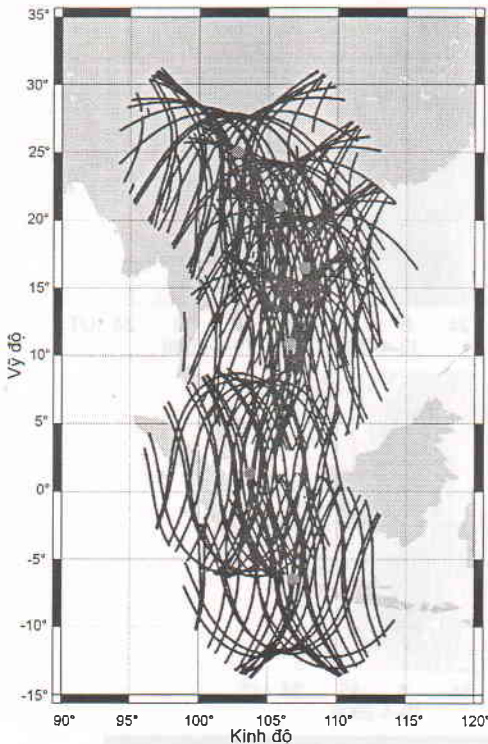


Hình 2. Đường cong biến thiên của thành phần nằm ngang H tại Phú Thụy trong khoảng thời gian 12-19/04/2006



Hình 3. Biến thiên của chỉ số Dst trong khoảng thời gian 12-19/04/2006 (các mũi tên chỉ thời điểm bắt đầu của pha đầu, pha chính và pha hồi phục)





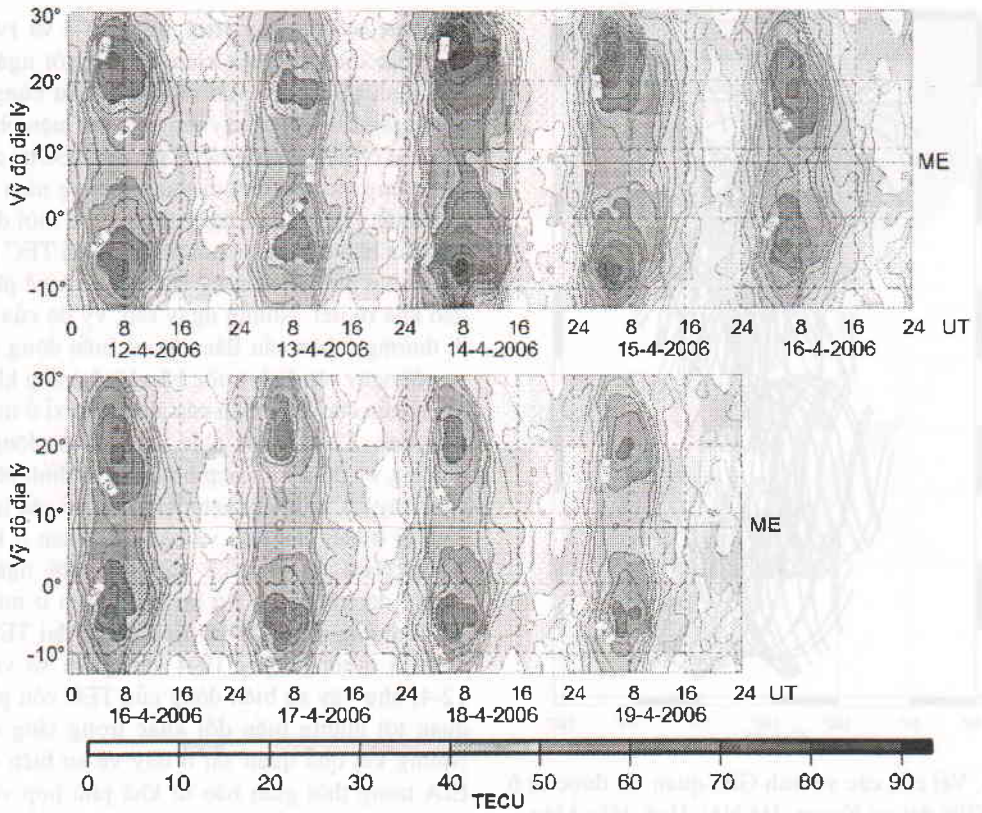
Hình 4. Vết của các vệ tinh GPS quan sát được từ 6 trạm GPS đặt tại Kunm, Hà Nội, Huế, Hóc Môn, Ntut và Bako ngày 12-4-2006

trường chuẩn quốc tế IGRF2005. Từ hình này chúng ta thấy TEC phân bố theo vĩ độ thể hiện rõ cấu trúc của dị thường lớp F điện ly xích đạo, gồm vùng cực tiểu ở xích đạo từ và 2 đỉnh dị thường nằm cách xích đạo từ khoảng 10-15°.

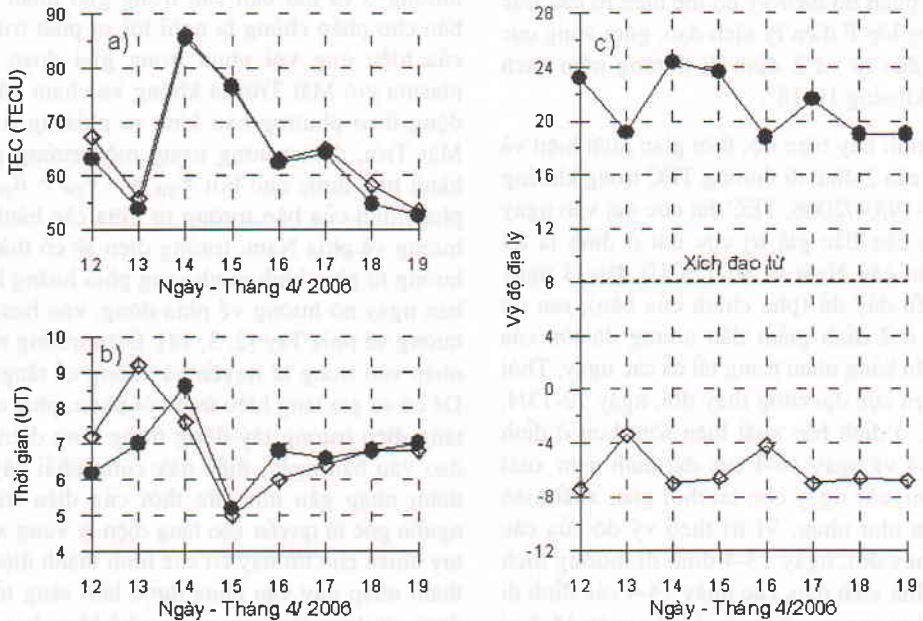
Hình 6 trình bày biên độ, thời gian xuất hiện và vĩ độ địa lý của 2 đỉnh dị thường TEC trong khoảng thời gian 12-19/04/2006. TEC đạt cực đại vào ngày 14-4 (ở bán cầu Bắc giá trị cực đại ở đỉnh là 85 TECU, ở bán cầu Nam là 86 TECU) đây là ngày Dst phát triển đầy đủ (pha chính của bão), sau đó giá trị TEC ở 2 đỉnh giảm dần nhưng độ lớn của chúng vẫn gần bằng nhau trong tất cả các ngày. Thời gian xuất hiện cực đại cũng thay đổi, ngày 12-13/4, cực đại TEC ở đỉnh bắc xuất hiện sớm hơn ở đỉnh nam, ngày 14 và ngày 16-4 cực đại đỉnh nam xuất hiện sớm hơn, các ngày còn lại thời gian xuất hiện các đỉnh gần như nhau. Vị trí theo vĩ độ của các đỉnh cũng thay đổi, ngày 13-4 đỉnh dị thường dịch chuyển về phía xích đạo, các ngày 14-4 các đỉnh di chuyển về phía cực so với ngày 13-4; ngày 16-4 vị trí các cực lại di chuyển về phía xích đạo so với ngày 15-4, ngày 17-4 các đỉnh dị thường dịch về

phía cực so với ngày 16-4, ngày 18-4 và 19-4 đỉnh phía bắc dịch về phía xích đạo so với ngày 17-4, còn đỉnh phía nam vẫn nằm gần như cùng vĩ độ như ngày 17-4. Như vậy ở ngày xuất hiện pha chính của bão có sự gia tăng rất rõ rệt của TEC tại các đỉnh dị thường và các đỉnh dị thường cũng nằm xa xích đạo nhất. Ngày 16-4, ngày thứ ba sau thời điểm bắt đầu của bão trong pha hồi phục giá trị TEC giảm rõ rệt và hai đỉnh dị thường chuyển dịch về phía xích đạo khá rõ nét. Những ngày sau, vĩ độ của cực đại dị thường ở bán cầu Bắc vẫn có biến động đáng kể so với ngày yên tĩnh trước bão 12-4, trong khi vĩ độ địa lý của cực đại ở bán cầu Nam xấp xỉ ở mức ngày yên tĩnh 12-4, đỉnh phía Nam dao động trong khoảng vĩ độ địa lý hẹp hơn so với đỉnh phía Bắc. Như vậy có sự khác biệt nhất định về cấu trúc tầng điện ly ở bán cầu Bắc và bán cầu Nam ở khu vực Đông Nam Á. Hình 2 cho thấy tới ngày 19-4 cường độ trường từ trở lại hoàn toàn ở mức ngày 12-4, nhưng ở hình 5 và hình 6 cực đại TEC ở các đỉnh dị thường ngày 19-4 vẫn giảm so với ngày 12-4, như vậy sự biến động của TEC còn phải liên quan tới những biến đổi khác trong tầng điện ly. Những kết quả quan sát ở đây về sự biến đổi của EIA trong thời gian bão từ khá phù hợp với quan sát của các tác giả khác trên thế giới [5, 7, 13].

Những quan sát về sự gia tăng về ban ngày của TEC và sự dịch chuyển xa xích đạo của các đỉnh dị thường ở cả hai bán cầu trong giai đoạn đầu của bão cho phép chúng ta nghĩ tới sự phát triển mạnh của hiệu ứng vòi phun trong giai đoạn này. Vì plasma gió Mặt Trời là không va chạm và chuyển động theo phương bán kính ra phía ngoài tính từ Mặt Trời, điện trường trong môi trường giữa các hành tinh được cho bởi  $\vec{E}_{SW} = -\vec{V}_{SW} \wedge \vec{B}_{SW}$ , trong pha chính của bão trường từ giữa các hành tinh là hướng về phía Nam, trường điện sẽ có thành phần hướng từ phía bình minh sang phía hoàng hôn, vào ban ngày nó hướng về phía đông, vào ban đêm nó hướng về phía Tây [2, 3, 14]. Điện trường này thâm nhập vào trong từ quyển và xuống cả tầng điện ly. Để có sự gia tăng hiệu ứng vòi phun, phải có sự gia tăng điện trường tây-đông trong tầng điện ly xích đạo vào ban ngày, điều này cũng phải gây bởi sự thâm nhập gần như tức thời của điện trường có nguồn gốc từ quyển vào tầng điện ly vùng xích đạo, tuy nhiên cho tới nay cơ chế hình thành điện trường thâm nhập này vẫn chưa được làm sáng tỏ và vẫn được sự quan tâm của nhiều nhà khoa học trên thế giới [10]. Chính sự gia tăng của điện trường có hướng tây- đông này làm gia tăng chuyển động lên



Hình 5. Biến đổi của TEC theo vĩ độ và thời gian, từ 12-4-2006 đến 19-4-2006. Khoảng cách giữa các đường đẳng trị là 5 TECU



Hình 6. Biên độ a) thời gian xuất hiện b) và vĩ độ địa lý c) của các đỉnh dị thường TEC ở bán cầu Bắc (các vòng tròn đậm) và ở bán cầu Nam (các hình thoi rỗng), trong khoảng thời gian 12-19/4/2006



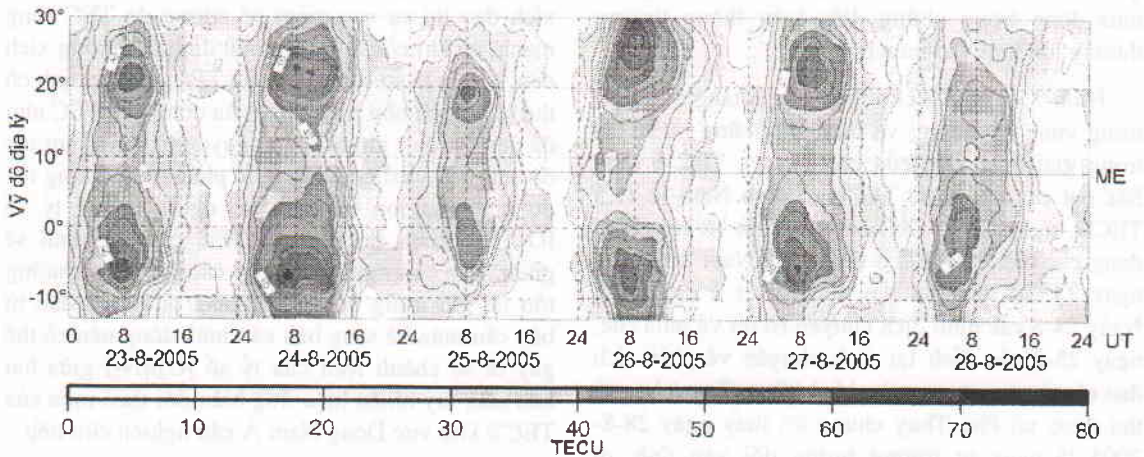
trên của plasma do tác dụng của lực  $\vec{E} \wedge \vec{B}$ , đẩy plasma tới độ cao lớn hơn về ban ngày. Plasma được nâng lên sau đó khuếch tán dọc theo đường sức từ trường làm gia tăng nồng độ điện tử tổng cộng ở các vùng vĩ độ cao hơn ở cả hai phía xích đạo. Vùng đỉnh dị thường trong pha chính cũng bị dãn ra theo phương thời gian, điều đó có nghĩa các dịch chuyển theo phương vuông góc với các đường sức từ trường gây bởi nhiễu loạn điện trường cũng có tác dụng. Sự suy giảm của TEC vào ngày 16-4 có thể được giải thích bằng sự suy giảm của hiệu ứng vòi phun plasma xích đạo, nghĩa là liên quan tới sự suy giảm của điện trường  $\vec{E}$  kéo theo sự trôi dạt xuống dưới của plasma. Theo M. Blanc và A. Rich-mond [1], trong thời gian bão từ, sự đốt nóng của vùng cực làm xuất hiện gió nhiệt quyển thổi về phía xích đạo, dẫn đến hiện tượng cả điện trường và dòng điện vùng vĩ độ thấp, biến đổi ngược với trạng thái của chúng trong ngày từ trường yên tĩnh, hiện tượng này có thể thấy ở số liệu từ trong pha hồi phục của bão trong những điều kiện nhất định [4].

Trận bão đã xem xét xảy ra vào thời kỳ phân điểm, bán cầu Bắc ở vào thời kỳ xuân phân, bán cầu

Nam ở thời điểm thu phân, giá trị TEC ở các đỉnh bắc và nam của dị thường xích đạo gần như bằng nhau. Để có cơ sở so sánh và hiểu thêm về sự biến đổi TEC trong thời gian bão từ, chúng tôi xem xét sự biến đổi của TEC trong một cơn bão khác vào mùa hè, đó là trận bão ngày 24-8-2005.

#### IV. BIẾN ĐỔI TEC ĐỐI VỚI TRƯỜNG HỢP BÃO TỪ 24-28/08/2005

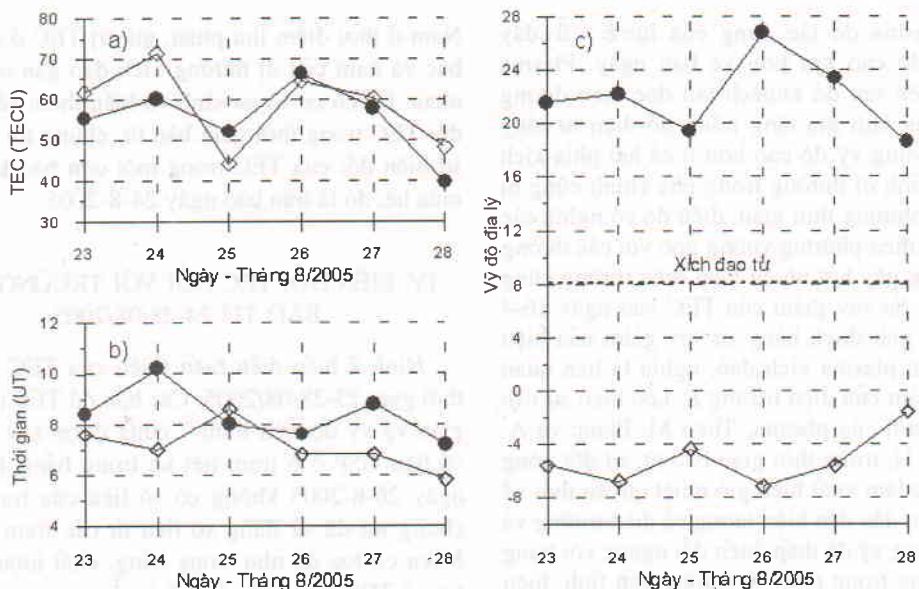
Hình 7 biểu diễn biến thiên của TEC từ trong thời gian 23-28/08/2005. Các bản đồ TEC theo thời gian và vĩ độ trên hình 7 cũng được xây dựng từ số liệu GSP ở 6 trạm liệt kê trong bảng 1, chỉ có ngày 26-8-2005 không có số liệu của trạm Ntus, chúng tôi đã sử dụng số liệu từ các trạm Bsat và Mkn có tọa độ như trong bảng, chất lượng thông tin về TEC trong khoảng thời gian xem xét là đầy đủ trên toàn bộ dải vĩ độ từ 13 °S đến 30 °N. Hình 8 giống như hình 6 biểu diễn biên độ, thời gian xuất hiện và vị trí theo vĩ độ địa lý của hai cực đại dị thường điện ly xích đạo.



Hình 7. Biến thiên của nồng độ điện tử tổng cộng tầng điện ly trong khoảng thời gian 23-28/08/2005. Khoảng cách giữa các đường đẳng trị là 5 TECU

Từ hình 8 chúng ta thấy ở ngày 23-8, ngày từ trường yên tĩnh, cấu trúc của dị thường điện ly xích đạo vẫn tương tự như ở ngày 12-4-2006, TEC ở đỉnh nam có giá trị cực đại là 62 TECU, cao hơn đáng kể giá trị cực đại là 55 TECU ở đỉnh bắc. Sự chênh lệch này có thể giải thích do tháng 8 bán cầu Bắc đang ở thời kỳ mùa hè, còn bán cầu Nam đang ở thời kỳ mùa đông. Trong vùng F của tầng điện ly, tốc độ sinh ion và điện tử tỷ lệ thuận với mật độ nguyên tử oxy và tốc độ mất mát ion chủ yếu tăng

theo sự gia tăng mật độ phân tử nitơ. Những nghiên cứu về các hợp phần khí này trong tầng điện ly cho thấy sự suy giảm rõ rệt của mật độ nguyên tử oxy vào mùa hè, gia tăng vào các tháng xuân phân (tháng 3 và tháng 4) tháng mùa đông (tháng 11), còn mật độ phân tử nitơ lại tăng vào mùa hè (tháng 7 và tháng 8) [12]. Kết quả là vào mùa hè tốc độ tạo ion và điện tử giảm đi, tốc độ mất mát ion và điện tử tăng lên, mật độ ion và điện tử trong tầng điện ly sẽ giảm đi vào mùa hè; vào mùa đông, tốc độ tạo



Hình 8. Biên độ a) thời gian xuất hiện b) và vĩ độ địa lý c) của các đỉnh dị thường TEC ở bán cầu Bắc (các vòng tròn đậm) và ở bán cầu Nam (các hình thoi rỗng), ngày 23-28/8/2005

ion và điện tử tăng lên, tốc độ mất ion giảm đi, kết quả là mật độ điện tử ở vùng đỉnh dị thường vào mùa đông trong những điều kiện thông thường thường lớn hơn vào mùa hè.

Hình 7 và hình 8 cho thấy sự gia tăng của TEC trong vùng dị thường về ban ngày cũng rất rõ rệt trong giai đoạn đầu của bão (24-8), TEC ở đỉnh Bắc đạt cực đại là 60 TECU, ở đỉnh Nam là 71,5 TECU, ngày 25-8 TEC lại giảm rất rõ rệt. Biến động của biên độ TEC ở đỉnh phía Nam trong các ngày 23, 24 và 25-4 lớn hơn rõ rệt ở đỉnh Bắc. Ngày 24-8 các đỉnh dịch chuyển rõ rệt về phía cực, ngày 25-8 các đỉnh lại dịch chuyển về phía xích đạo như trường hợp ngày 16-4-2006. Từ số liệu từ thu được tại Phú Thọ chúng tôi thấy ngày 28-8-2005 là ngày từ trường tương đối yên tĩnh, dị thường TEC điện ly xích đạo lại thay đổi rất rõ rệt so với ngày yên tĩnh trước khi bão 23-8-2005, điều này cũng thấy trong trường hợp cơn bão xem xét ở trên. Biến động về thời gian xuất hiện của hai đỉnh dị thường trong trận bão này cũng lớn hơn trường hợp trận bão ngày 13-18/4/2006.

Sự suy giảm bất đối xứng của các đỉnh dị thường xích đạo như trong ngày 25-8-2005 không thể chỉ giải thích bằng sự suy giảm của hiệu ứng vò phun. C.H. Lip và các cộng sự cũng quan sát thấy mối liên hệ giữa sự suy giảm của TEC ở vùng đỉnh dị thường còn liên quan tới nhiễu loạn về hợp phần

khí trung hòa ; ở vùng đỉnh nào có sự phát triển của vùng khí trung hòa có tỷ số  $[O]/[N_2]$  thấp về phía xích đạo thì sự suy giảm về cường độ TEC càng mạnh, có khi còn làm biến mất đỉnh dị thường xích đạo. Nghĩa là sự suy giảm của TEC ở vùng đỉnh có thể giải thích như hiệu ứng mùa đông của TEC như đã nêu ở trên ; khi mật độ nguyên tử oxy giảm tốc độ sinh ion và điện tử, mật độ phân tử nitơ tăng tốc độ mất ion và điện tử, nghĩa là khi tỷ số  $[O]/[N_2]$  giảm thì mật độ TEC ở vùng đỉnh sẽ giảm. Vào ban ngày ở thời kỳ các điểm chỉ thường tồn tại gió trung hòa thổi ngang qua xích đạo từ bán cầu mùa hè sang bán cầu mùa đông nên có thể gây ra sự chênh lệch của tỷ số  $[O]/[N_2]$  giữa hai bán cầu, tuy nhiên hiệu ứng biến đổi theo mùa của TEC ở khu vực Đông Nam Á cần nghiên cứu tiếp.

## KẾT LUẬN

Hệ thống 3 trạm GPS ở Việt Nam cùng một số trạm khác ở các nước lân cận tạo nên một hệ thống trạm GPS dọc theo kinh tuyến  $105^\circ$  tạo điều kiện rất tốt để nghiên cứu cấu trúc vùng dị thường điện ly ở khu vực Đông Nam Á.

Chúng tôi đã quan sát được sự gia tăng về biên độ TEC ở hai đỉnh dị thường điện ly xích đạo về ban ngày trong giai đoạn đầu của bão và sự di chuyển về phía cực của các đỉnh dị thường. Hiện tượng này có thể giải thích bởi sự thâm nhập gần như tức

thời của điện trường có nguồn gốc từ quyển vào tầng điện ly xích đạo, kéo theo sự gia tăng trời đạt lên trên của plasma, đưa plasma tới các độ cao lớn hơn, sau đó khuếch tán theo đường sức từ trường về hai cực tạo nên sự gia tăng mật độ điện tử ở các vĩ độ từ cao hơn ở hai phía xích đạo từ.

Một vài ngày sau thời điểm bắt đầu của bão trong pha hồi phục có sự suy giảm về biên độ và sự dịch chuyển về phía xích đạo của các đỉnh dị thường điện ly xích đạo, điều này được giải thích bằng hiệu ứng dynamo nhiễu loạn điện ly.

Các kết quả thu được trong bài báo này khẳng định việc sử dụng số liệu ba trạm thu GPS ở Việt Nam cùng với một số trạm ở khu vực Đông Nam Á hoàn toàn có thể nghiên cứu biến đổi của nồng độ điện tử tổng cộng tầng điện ly khu vực dị thường xích đạo ở Đông Nam Á. Thông tin về sự biến đổi của TEC rất quan trọng trong các nghiên cứu liên quan tới các quá trình vật lý bão từ, vật lý điện ly ở vùng vĩ độ thấp. Có thể mở rộng kiểu nghiên cứu tương tự cho các vùng kinh tuyến châu Mỹ, châu Âu - châu Phi, làm sáng tỏ sự bất đối xứng theo kinh tuyến của một số đặc trưng biến thiên trường từ Trái Đất.

Lời cảm ơn : bài báo được hoàn thành với sự hỗ trợ về kinh phí của đề tài nghiên cứu cơ bản "Xử lý số liệu 3 trạm thu tín hiệu vệ tinh GPS đặt tại Hà Nội, Huế và Tp Hồ Chí Minh với những ứng dụng cơ bản trong nghiên cứu nồng độ điện tử tổng cộng tầng điện ly ở Việt Nam và chuyển động vô Trái Đất ở các vùng quan sát", mã số 711906.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] M. BLANC, A. RICHMOND, 1980. The ionospheric disturbance dynamo, *J. Geophys. Res.*, **85**, 1669-1686.

[2] B.G. FEJER, C.A. GONZALES, D.T. FARLEY, M.C. KELLEY, 1979 : Equatorial electric field during magnetically disturbed conditions, 1, the effect of interplanetary magnetic field, *J. Geophys. Res.*, **84**, 5797.

[3] J.C. FOSTER & F.J. RICH, 1997 : Prompt mid-latitude electric field effects during severe geomagnetic storms, *J. Geophys. Res.*, **84**, 5797.

[4] M. LE HUY, C. AMORY-MAZAUDIER, 2005 : Magnetic signature of the ionospheric disturbance dynamo at equatorial latitudes : "Ddyn", *J. Geophys. Res.*, **110**, A10301, doi:10.1029/2004JA010578.

[5] C.H. LIN, A.D. RICHMOND, J.Y. LIU, H.C. YEH, L.J. PAXTON, G. LU, H.F. TSAI, C.C. WU, C.L. TSENG, L.C. TSAI, W.H. TSAI, K. LIOU, S.Y. SU, 2005 : Large-scale variations of the low-latitude ionosphere during the October-November 2003 superstorm : Observational results, *J. Geophys. Res.*, **110**, A09S28, doi:10.1029/2004JA010900.

[6] J.Y. LIU, H.F. TSAI & T.K. JUNG, 1996 : Total electron content obtained by using the global positioning system, *TAO*, **7**, **1**, 07-17.

[7] J.Y. LIU, H.F. TSAI, C.C. WU, C.L. TSENG, L.C. TSAI, W.H. TSAI, W.H. TSAI, K. LIOU, J.K. CHAO, 1999 : The effect of geomagnetic storm on ionospheric total electron content at the equatorial anomaly region, *Adv. Space Res.*, **24**, **11**, 1491-1494.

[8] K.J.W. LYNN, M. SJARIFUDIN, T.J. HARRIS & M. LE HUY, 2004 : Combined TOPEX/Poseidon TEC and ionospheric observations of negative low-latitude ionospheric storms, *Annales Geophysicae*, **22**, 2837-2847.

[9] G. MA & T. MARUYAMA, 2002 : Derivation of TEC and estimation of instrument biases from GEONET in Japan, *J. Communications Research Laboratory*, **49**, 121-133.

[10] T. MARUYAMA et al, 2005 : Modeling Storm-time equatorial electric fields, Abstract, Center for Intergrated Space Weather Modeling.

[11] LÊ HUY MINH, A. BOURDILLON, P.L. DUCHESNE, R. FLEURY, NGUYỄN CHIẾN THẮNG, TRẦN THỊ LAN, NGÔ VĂN QUÂN, LÊ TRƯỜNG THANH, TRẦN NGỌC NAM, HOÀNG THÁI LAN, 2006 : Xác định nồng độ điện tử tổng cộng tầng điện ly ở Việt Nam qua số liệu các trạm thu tín hiệu vệ tinh GPS, *Tạp chí Địa chất*, **A**, **296**, 54-62.

[12] T. ONDOH & K. MARUBASHI, 2001 : *Science of Space Environment*, IOS Press.

[13] R. PANDEY & N. DASHORA, 2005 : Space weather studies at the crest of the equatorial ionization anomaly using GPS receiver, [www.ips.gov.au/IPSHosted/NCRS/Commg\\_ursi2005/oral/go2b-5-0457.pdf](http://www.ips.gov.au/IPSHosted/NCRS/Commg_ursi2005/oral/go2b-5-0457.pdf).

[14] J.H. SASTRI, K.B. RAMESH, H.N. RANGANATH RAO, 1992 : Transient composite electric field disturbances near dip equator associated with auroral substorms, *Geophys. Res. Lett.*, **19**, 1451.



[15] A. YAMAMOTO, Y. OHTA, T. OKUZAWA, S. TAGUCHI, I. TOMIZAWA, T. SHIBATA, 2000 : Characteristics of TEC variations observed at Chofu for geomagnetic storms, *Earth Planets Space*, **52**, 1073-1076.

## SUMMARY

**The effect of the geomagnetic storm on the ionospheric total electron content in the Southeast Asian equatorial ionization anomaly region observed by the GPS data**

The global positioning system (GPS) now consists of 29 satellites flying at the 20200km altitude on the six orbital planes inclined at about fifty-five degrees with respect to the equatorial plane. The informations received by the GPS receivers have used in different applications: navigation, ionospheric monitoring, determination of the differential motions of the Earth's crust plates... In the frame of the scientific cooperation between the Institute of Geophysics, Vietnamese Academy of Sciences and Technologies, and the University of Rennes 1 and National Graduate Telecommunications Engineering School of Brittany (French), two GPS receivers have been installed in Hanoi and Hoc Mon (Ho Chi Minh city) since April 2005 and one in Hue since January 2006. This paper presents the results of computations of ionospheric total electron content (TEC) using the pseudo-ranges measured by the GPS receivers in Vietnam and in the Southeast Asian regions during two magnetic storms on 13-18 April 2006 and 24-27 August 2005. It was found that the structure of the daytime equatorial ionization anomaly (EIA) in the Southeast Asian region, which consists of two

crests in the vicinity of magnetic latitude 10~15, could be observed from the monitoring data of the chain of the GPS receivers. It is shown clearly that during the early stage of the studied magnetic storms, the EIA expanded poleward with large increases of TEC, which provides evidence of a penetration of the magnetospheric eastward electric field and a strong plasma fountain effect associated with the upward plasma drifts. In the recovery phase, one to three days after the storm sudden commencement, the EIA is significantly reduced, the TEC value decreases and the crests move equatorward. These observations suggest that one to three days after the SSC onset in the recovery phase, the ionospheric disturbance dynamo has an important influence on storm-time ionospheric electric fields at low latitudes, which significantly decreases the TEC value and affects structure of the equatorial ionization anomaly. In the equinox, the TEC variations in the two EIA crests are nearly similar, but the variation of TEC magnitude of the crest in the winter hemisphere is larger than in the summer one. This could be caused by the difference of [O]/[N<sub>2</sub>] ratio between two hemispheres in solstices.

*Ngày nhận bài : 24-8-2006*

*Viện Vật lý Địa cầu,*

*Trường Viễn thông Quốc gia Brest (Pháp),*

*Trường Đại học Tổng hợp Rennes 1 (Pháp),*

*Trung tâm Nghiên cứu Môi trường Trái Đất và*

*Các Hành tinh (Pháp),*

*Trường Đại học Tổng hợp Huế,*

*Phân Viện Vật lý thành phố Hồ Chí Minh*