

# BIẾN THIÊN NGÀY ĐÊM CỦA LỚP ĐIỆN LY F TẠI TP HỒ CHÍ MINH TRONG GIAI ĐOẠN MẶT TRỜI HOẠT ĐỘNG MẠNH (2000 - 2002)

HOÀNG THÁI LAN

Không giống như các lớp ở dưới, mật độ không khí trong lớp F khá thấp làm cho các mức ion tồn tại với nồng độ cao suốt cả ngày và giảm rất chậm sau khi Mặt Trời lặn. Hình thái và các biến thiên của lớp điện ly F xích đạo phụ thuộc vào khá nhiều yếu tố như sự trôi điện từ, gió trung hòa, sự khuếch tán, các quá trình tái hợp và phân ly. Điện ly xích đạo thể hiện nhiều dị thường do sự ràng buộc áp đặt của từ trường lên những chuyển động của các hạt mang điện [ 2, 3, 5, 6, 10, 17 ]. Để tìm hiểu các dị thường của điện ly xích đạo, việc nghiên cứu cần được bắt đầu từ những vấn đề mang tính quy luật trong điều kiện tĩnh và ổn định. Bài báo trình bày một số kết quả nghiên cứu về quy luật biến thiên ngày đêm của lớp điện ly F không nhiễu loạn, được quan trắc tại Tp Hồ Chí Minh (106.34 °E , 10.51 °N) từ năm 2000 đến nay.

## I. CÁC QUÁ TRÌNH VẬT LÝ TRONG LỚP ĐIỆN LY F

Trong lớp F, các quá trình vật lý được thể hiện bằng phương trình liên tục của nồng độ ion và electron [1, 2] :

$$\partial N/\partial t = q - \beta N - \text{div}(NV) \quad (1)$$

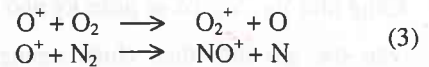
$q$  - tốc độ ion hóa tạo thành plasma điện ly,  $\beta$  - hệ số tái hợp,  $V$  - tốc độ trôi của plasma.

Mức độ ion hóa của khí quyển được tính bằng công thức :

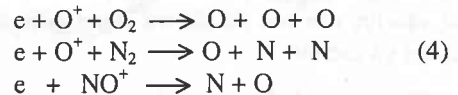
$$q = \eta \cdot \sigma \cdot n \cdot I \quad (2)$$

$I$  - cường độ bức xạ Mặt Trời,  $\eta$ - hiệu suất quang ion hóa của thành phần trung hòa,  $\sigma$  - hiệu suất hấp thụ bức xạ Mặt Trời của thành phần trung hòa,  $n$  - nồng độ nguyên tử hoặc phân tử khí có khả năng bị ion hóa.

Bức xạ Mặt Trời chủ yếu tạo ra lớp F có bước sóng 300 - 800 Å. Phản ứng ion hóa trong lớp F bao gồm :



Các phản ứng tái hợp xảy ra trong lớp F :



Số hạng biểu diễn chuyển động có thể triển khai như sau :

$$\text{div}(NV) = N \cdot \text{div} V + V \cdot \text{grad} N \quad (5)$$

Ta thấy hiệu ứng trôi của nồng độ electron phụ thuộc một phần vào vận tốc phân kỳ, một phần vào sự chuyển động của gradient nồng độ electron tồn tại từ trước.

Trong vùng điện ly xích đạo thường có gradient ngang của nồng độ electron và chuyển động plasma theo chiều ngang chiếm ưu thế thông qua số hạng  $V \cdot \text{grad} N$  hơn là ở điện ly vùng vĩ độ trung bình.

Vận tốc plasma  $V$  gồm các số hạng : điện trường ( $E$ ), gió trung hòa ( $W$ ) và khuếch tán plasma ( $D$ ) :

$$V = V_E + V_W + V_D \quad (6)$$

Số hạng thứ nhất biểu diễn sự trôi điện từ :

$$V_E = (E \times B)/B^2 \quad (7)$$

Trường địa từ  $B$  nằm ngang và hướng về phía bắc ở tại xích đạo tạo ra một điện trường từ tây sang đông  $E_x$  sẽ gây ra sự trôi plasma lên phía trên và một trường thẳng đứng  $E_z$  tạo ra sự trôi plasma hướng về phía tây.

Sự trôi điện từ trong phương trình liên tục chủ yếu phụ thuộc vào số hạng ngang ( $V_E \cdot \text{grad} N$ ), số

hạng divergence trong phương trình (5) thường nhỏ, vì :

$$\operatorname{div} V_E = (B \cdot \operatorname{rot} E - E \cdot \operatorname{rot} B) / B^2 + (E \times B) \cdot \operatorname{grad} (1/B^2) \approx 0 \quad (8)$$

Ở đây,  $\operatorname{rot} E = 0$  vì  $E$  là trường thế và  $\operatorname{rot} B$  thực tế bị triệt tiêu vì mật độ dòng trong lớp F rất nhỏ. Số hạng còn lại trong phương trình (8) cũng khá nhỏ vì nó phụ thuộc vào biến thiên không gian của  $B$ .

Số hạng thứ hai biểu diễn hiện tượng gió trung hòa điều khiển plasma lớp F theo các đường sức từ với một tốc độ bằng với thành phần gió theo hướng đó. Vecto vận tốc có thể viết như sau :

$$V_w = (U \times B) B / B^2 \quad (9)$$

Cũng như  $V_E$ ,  $V_w$  có sự phân kỳ nhỏ.

Vận tốc gió thổi theo chiều ngang ( $U$ ) phụ thuộc vào lực Coriolis do sự quay của Trái Đất với vận tốc góc  $\Omega$ , vào độ nhớt phân tử của không khí và vào lực cản ion do các va chạm giữa các phân tử khí và các ion.

Phương trình động lực của gió ngang :

$$dU/dt = F - 2\Omega \times U + k_n(V-U) + (\mu/\rho)\nabla^2 U \quad (10)$$

$F$  - lực do chênh lệch áp suất,  $\rho$  - mật độ khí quyển,  $\mu$  - hệ số nhớt phân tử,  $k_n$  - tần số va chạm giữa ion và phân tử trung hòa.

Ở đây :

$$dU/dt = \partial U / \partial t + (U \cdot \nabla) U \quad (11)$$

Ngoài các số hạng trên, có thể còn thêm hiệu ứng triều nhập vào số hạng gradient áp suất. Số hạng độ nhớt quan trọng trong lớp F vì nó ảnh hưởng đến biến thiên dọc của gió. Lực cản ion tồn tại bởi các ion, bị trường địa từ chế ngự, không thể chuyển động một cách tự do cùng với gió. Lực cản ion chỉ thực thi khi vận tốc trôi của plasma  $V$  khác với vận tốc gió trung hòa  $U$ . Sự khác biệt đó được xác định phần lớn bởi trường địa từ. Phương trình (10) cho thấy, nếu các ion khởi động bằng lực điện từ, thì lực cản ion tác động như một lực điều khiển lên khí quyển trung hòa [1, 4, 7, 8, 10-16].

Số hạng thứ ba biểu diễn sự khuếch tán của plasma. Tốc độ khuếch tán của plasma phụ thuộc vào hệ số khuếch tán  $\mathcal{D}$ , vào trọng lực, vào đạo hàm bậc 1 và bậc 2 của nồng độ plasma và nhiệt độ theo hướng của trường địa từ. Số hạng khuếch tán plasma trong phương trình liên tục có dạng :

$$-\operatorname{div} (NV_D) = D \nabla^2 N \quad (12)$$

Ở đây  $\mathcal{D}$  là toán tử vi phân phức hợp, liên quan đến đạo hàm bậc 1 và bậc 2 trong hệ tọa độ dipole. Nó đã được Kendall tính toán bằng phương pháp đại số (1962) cho trường hợp khí quyển đẳng nhiệt và từ trường dipole [9].

## II. THÔNG TIN ĐIỆN LY QUA HAI THÔNG SỐ $f_0F2$ VÀ $h_m F2$

Quan sát điện ly đồ ta thấy, nhóm độ cao h' tăng theo tần số đến khi xảy ra tần số thâm nhập. Quá trình khuếch tán và vận chuyển của các ion được thực hiện dọc theo các đường sức của từ trường Trái Đất. Từ lớp F, càng lên cao, mật độ ion càng giảm theo quy luật :

$$\frac{1}{n} \frac{dn}{dh} \approx \frac{mg}{2kT_p} \sin I \quad (13)$$

$$T_p = (T_i + T_e) / 2 \quad (14)$$

$T_p$  - nhiệt độ plasma,  $T_e$  - nhiệt độ của electron,  $T_i$  - nhiệt độ ion,  $I$  - độ nghiêng của từ trường

Với dòng nhiệt ổn định của plasma, khi  $T_p$  thay đổi thì mọi thay đổi của khối lượng ion trong ống đường sức sẽ phản ánh sự thay đổi của nồng độ ion ở mỗi độ cao và điểm cực đại của lớp F. Ở độ cao  $h_m F$ , nơi có nồng độ ion cực đại, cân bằng hóa học trở thành yếu tố chủ yếu trong việc hình thành và duy trì sự ion hóa. Cân bằng hóa học được định nghĩa là sự cân bằng vận tốc tái hợp - phân ly của các phân tử  $N_2$  và  $O_2$ , và sự bù trừ của dòng ion di chuyển từ lớp phía trên với mật độ cực đại [8, 9].

Tổng hợp các yếu tố trên, ta có thể kết luận nồng độ ion cực đại  $N_m F2$  là thông số để kiểm soát trạng thái của toàn bộ lớp F trong điều kiện tĩnh và ổn định. Giữa nồng độ ion cực đại và tần số tới hạn của lớp F có mối quan hệ phụ thuộc :

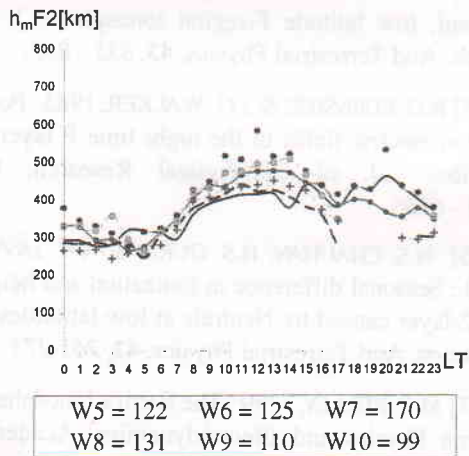
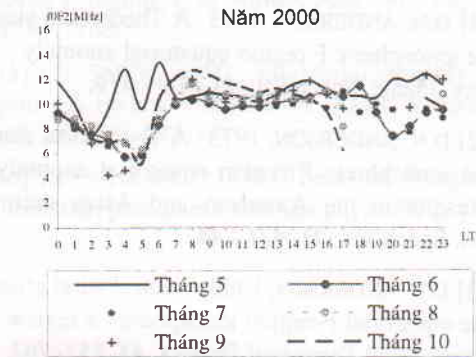
$$N_m = 1,24 \times 10^4 f_0^2 [\bar{e}/\text{cm}^3] \quad (15)$$

Dưới tác dụng của gió trung hòa và điện trường tại vùng xích đạo, lớp F dịch chuyển lên phía trên và xuống phía dưới theo đường sức từ trường. Sự ion hóa khi di chuyển dọc theo toàn bộ ống đường sức tạo thành 2 cực đại ở hai bên xích đạo từ. Vì vậy, muốn kiểm soát trạng thái của lớp F, chúng ta phải biết cả độ cao xảy ra ion hóa cực đại  $h_m F$ . Hai thông số quan trọng này và sự thay đổi của chúng theo thời gian có thể nhận được qua phương pháp thăm dò vô tuyến thẳng đứng.

### III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

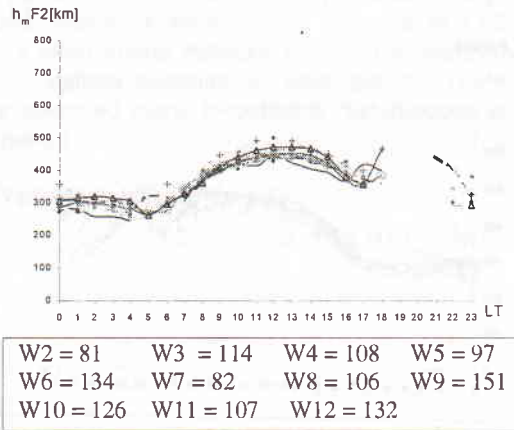
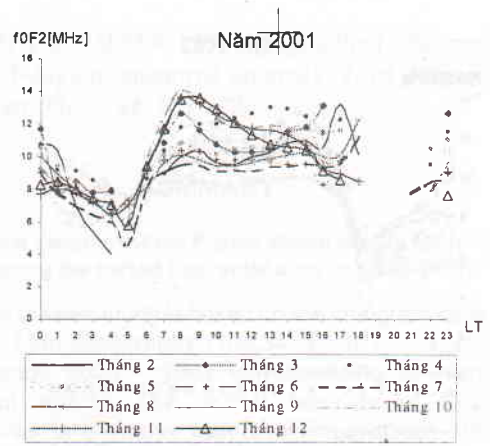
Số liệu được sử dụng để phân tích gồm 26 tháng quan trắc trong giai đoạn Mặt Trời hoạt động mạnh (2000-2002) bằng máy thăm dò vô tuyến thẳng đứng tại Đài quan trắc Khí quyển Hóc Môn, Tp. Hồ chí Minh.

Hình thái và các biến thiên ngày đêm của lớp điện ly F2 trong năm 2000 ( $W = 120$ ) được trình bày trên hình 1. Là năm có độ hoạt động của Mặt Trời đạt cực đại trong chu kỳ 23, các quan trắc cho thấy : trong nhiều tháng, tầng điện ly thể hiện các nhiễu loạn. Đặc biệt là vào các thời điểm xung quanh bình minh và ban đêm.



Hình 1. Giá trị trung bình của  $f_0F_2$  và  $h_mF_2$  trong năm 2000

Hình 2 biểu diễn các biến thiên ngày đêm đặc trưng của điện ly trong năm 2001 ( $W = 111$ ). Vào thời gian từ 18 LT đến 20 LT quan sát thấy sự giảm nồng độ ion của lớp F trong suốt cả năm.

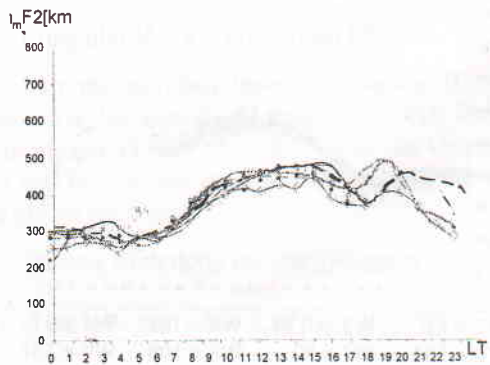
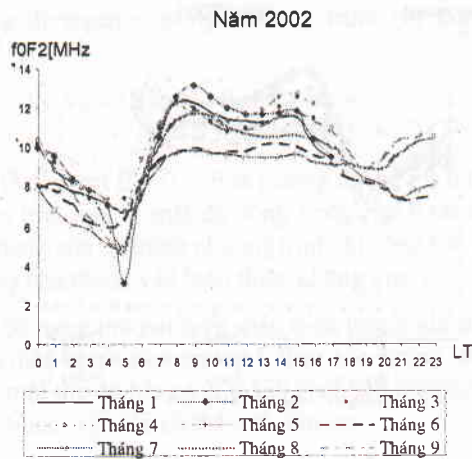


Hình 2. Giá trị trung bình của  $f_0F_2$  và  $h_mF_2$  trong năm 2001

Hình 3 biểu diễn các biến thiên ngày đêm của điện ly trong năm 2002. Với độ hoạt động của Mặt Trời giảm ( $W = 104$ ), hình thái điện ly thể hiện ổn định hơn rất nhiều so với năm 2001 và đặc biệt là so với năm 2000.

### KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy : tác động của bức xạ Mặt Trời thể hiện rõ rệt trong sự tăng nhanh của  $f_0F_2$  sau khi Mặt Trời mọc. Tuy nhiên, vào thời điểm Mặt Trời ở thiên đỉnh, tức là lúc cường độ bức xạ mạnh nhất lại không quan trắc thấy cực đại của nồng độ điện ly. Trong biến trình ngày đêm, giá trị của tần số tới hạn biến thiên trong khoảng từ 5,1 MHz đến 12,5 MHz. Giá trị cực tiểu quan trắc thấy vào lúc 05 LT. Hai cực đại nồng độ ion thể hiện một vào buổi sáng (khoảng 08 - 09 LT) và một vào buổi chiều (15 - 16 LT). Thời gian buổi trưa cho thấy sự sút



W1 = 114	W2 = 107	W3 = 98	W4 = 121
W5 = 121	W6 = 88	W7 = 100	W8 = 116
W9 = 109			

Hình 3. Các giá trị trung bình của  $f_0F_2$  và  $h_mF_2$  trong năm 2002

nồng độ ion của điện ly. Vào các giờ ban đêm, quá trình tái hợp xảy ra là chính thì giá trị của  $f_0F_2$  lại khá cao (8 - 12 MHz). Độ cao của lớp F2 tại Tp HCM nằm ở 250 - 500 km, biến thiên ngày đêm của  $h_mF_2$  vào khoảng 150 km và bị kiểm soát bởi sự trôi điện tử - lên phía trên vào ban ngày và xuống phía dưới vào ban đêm.

Vào thời gian nửa đêm, thường quan sát thấy hiện tượng tăng đột ngột nồng độ điện tử dẫn đến phát quang khí quyển. Dòng plasma trôi dịch theo hướng đông với vận tốc khoảng 150 km/h vào trước nửa đêm và khoảng 80 km/h vào sau nửa đêm.

Theo quy luật chuyển động biểu kiến của Mặt Trời trong năm giữa hai chí tuyến thì khoảng thời gian cuối tháng 4 đầu tháng 5 và cuối tháng 8 đầu tháng 9, Mặt Trời chiếu thẳng góc vào vị trí Tp

HCM - cường độ bức xạ mạnh nhất. Vào cuối tháng 12 đầu tháng 1, góc chiếu là nhỏ nhất. Tuy vậy, sự tăng hay giảm độ ion hóa của điện ly không thay đổi tương ứng. Sự phụ thuộc của trạng thái điện ly thể hiện rõ hơn vào số vết đen của Mặt Trời. Khi số vết đen cao, giá trị của tần số  $f_0F_2$  cũng tăng cao và tần suất nhiễu loạn điện ly cũng xảy ra nhiều hơn. Về các nhiễu loạn quan trắc được đối với lớp F tại Tp Hồ Chí Minh, chúng tôi sẽ trình bày trong một bài báo khác.

Công trình được hoàn thành với sự hỗ trợ kinh phí của Chương trình Nghiên cứu Cơ bản về Khoa học Tự nhiên.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D.N. ANDERSON, 1973 : A Theoretical study of the ionospheric F region equatorial anomaly - I. Theory. Planet. Space Sci., **21**, 409 - 419.
- [2] D.N. ANDERSON, 1973 : A Theoretical study of the ionospheric F region equatorial anomaly - II. Results in the American and Asian sectors. Planet. Space Sci., **21**, 421 - 442.
- [3] D.N. ANDERSON, 1980 : Neutral wind effects on the equatorial F-region ionosphere - a review. J. of Atmos. And Terrestrial Physics, **43**, 753 - 762.
- [4] D.N. ANDERSON, 1981 : Modeling the ambient, low latitude F-region ionosphere. J. of Atmos. And Terrestrial Physics, **43**, 835 - 843.
- [5] R.G. BURNSIDE & J.G. WALKER, 1983 : Polarization electric fields in the night time F layer at Arecibo. J. of Geophysical Research, **88**, 6259 - 6266.
- [6] N.S. CHAUHAN, H.S. GURM & A.V. JANVE, 1980 : Seasonal difference in ionization and height of F2-layer caused by Neutrals at low latitudes. J. of Atmos. And Terrestrial Physics, **42**, 265-273.
- [7] M.C. KELLEY, 1989 : The Earth's Ionosphere-Plasma Physics and Electrodynamics. Academic Press Inc.
- [8] P.C. KENDALL, 1962 : Geomagnetic control of diffusion in the F2 region of the ionosphere. I - The form of the diffusion operator. J. of Atmos. And Terr. Phys., **24**, 805 - 811.
- [9] G.K. PARKS, 1998 : Physics of Space Plasma. Addison - Wesley Publishing Company.

[10] G. RAJARAM and R.G. RASTOGI, 1974 : Low latitude F-region anomalies and the equatorial electric field. Indian J. of Radio & Space Physics, **3**, 323 - 331.

[11] G. RAJARAM, 1977 : Structure of the equatorial F-region, topside and bottomside - a review. J. of Atmos. And Terr. Phys., **39**, 1125 - 1144.

[12] H. RISHBETH, A. LYON & M. PEART, 1963 : Diffusion in the equatorial F-region. J. Geophys. Res., **68**, 2559 - 2569.

[13] H. RISHBETH, 1971 : Polarization fields produced by winds in the equatorial F-region. Planet. Space Sci., **19**, 357 - 369.

[14] H. RISHBETH, 1977 : Dynamic of the equatorial F-region. J. of Atmos. And Terr. Phys., **39**, 1159 - 1168.

[15] J.H. SASTRI, 1990 : Equatorial anomaly in F-region - A review. Indian J. of Radio & Space Physics, **19**, 225 - 240.

[16] T.E. VANZANDT, 1974 : Theory of F-region recombination processes. Ann. Geophys., **30**, 21-30.

[17] G.O. WALKER, 1981 : Longitudinal structure of the F-region equatorial anomaly. J. of Atmos. And Terr. Phys., **42**, 763 - 774.

## SUMMARY

### Diurnal variation of the F-layer above Ho Chi Minh city during the period high solar activity (2000-2002)

The present study is based on the ionogram data at Hoc Mon observatory (106.34° E, 10.51° N) for the period 2000 - 2002 corresponding to high sunspot activity. The diurnal behavior of  $f_0F_2$  preserves its character with a minimum about 05 LT and two maximum values, one in the morning and the other in the afternoon. A prominent trough around midday is evident. The increase in  $f_0F_2$  occurs often during midnight period. The state of the ionosphere depends on solar activity. There were observed many ionospheric disturbances in this period.

Ngày nhận bài : 28-10-2002

Phân viện Vật lý Tp Hồ Chí Minh