

# MÔ HÌNH LỚP BIÊN RỐI CỦA BÃO PHÁT TRIỂN

GS.PTS. Lê Đình Quang, PTS. Vương Quốc Cường  
Viên Khí tượng Thùy Văn

## I. MỞ ĐẦU

Trong việc nghiên cứu sự tiến triển của bão thường có 2 xu hướng: xây dựng lý thuyết định tính dựa trên việc tính gần đúng cơ chế vật lý cơ bản trong bão [4, 5, 6]; nghiên cứu dựa trên việc giải số các phương trình thủy động trong gần đúng cân bằng hoặc trong dạng đầy đủ [1, 7, 8, 9].

Sự tiến triển của bão thực hiện trên nền lớp biên rối của khí quyển và sự tương tác giữa chúng bắt đầu. Ở đây chúng ta xem xét sự tương tác này đó là lớp biên rối của bão phát triển. Ý đồ sử dụng phương trình bán thực nghiệm năng lượng của mạch động rối (phương pháp Monin - Obukhov) đã được sử dụng khi mô tả động học lớp biên rối của bão [2].

Như đã chỉ ra rằng đối với bão phát triển trong thời kỳ chuẩn tinh lớp biên có thể coi như dừng.

Giả thiết rằng:

- a) Sự chuyển hóa năng lượng do lực áp suất nhỏ so với chuyển hóa mạch động tốc độ.
- b) Chuyển hóa năng lượng do tính đến nhót là nhỏ.
- c) Lớp biên dễ di chuyển, tức là lớp biên nhiệt độ đồng nhất.
- d) Lớp biên đối xứng trực.

## II. ĐẶT BÀI TOÁN

Những phương trình sau mô tả động học lớp biên của bão phát triển (trong hệ toạ độ - z trục ở dạng thứ nguyên)

$$u \frac{\partial u}{\partial r} + w \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{V^2(r) - v^2}{r} + f(V(r) - v) = \frac{\partial}{\partial z} K \frac{\partial u}{\partial z} \quad (1)$$

$$u \frac{\partial v}{\partial r} + w \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{uv}{r} + fv = \frac{\partial}{\partial z} K \frac{\partial v}{\partial z} \quad (2)$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial(ur)}{\partial r} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (3)$$

$$u \frac{\partial b}{\partial r} + w \frac{\partial b}{\partial z} - a_b \frac{\partial}{\partial z} K \frac{\partial b}{\partial z} = -C \frac{b^{3/2}}{l} + K \left[ \left( \frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left( \frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right] \quad (4)$$

$$K = l \sqrt{b} \quad (5)$$

$$l = C^{1/4} x(Z + Z_0) \quad (6)$$

Ở đây  $V(r)$  - tốc độ tiếp tuyến (h.1) [3] trong khí quyển tự do của bão;  $f$  - tham số coriolis;  $b$  - năng lượng mạch động rối;  $l$  - độ dài hồn hợp của xoáy rối;  $Z_0$  - độ nhám;  $x, a_b, c$  - các hằng số;  $w$  - tốc độ thẳng đứng trong hệ toạ độ  $Z$ .

Điều kiện biên ở giới hạn trên và dưới:

$$\begin{aligned} \text{Khi } Z \rightarrow \infty \text{ thì } u \rightarrow 0; v \rightarrow V(r); b \rightarrow 0; \\ \text{Khi } Z \rightarrow 0 \text{ thì } u = 0; v = 0; b = -1/2 u_*^2 \end{aligned} \quad (7)$$

$u_*$  - tốc độ động lực.

Để nhận được điều kiện biên ở ngoài phạm vi bão; xem rằng khi  $r \rightarrow \infty$  tốc độ  $V(r)$  nhỏ và ít thay đổi, các phương trình động lực và năng lượng trong gần đúng của các thành phần nhỏ Rossby cũng đúng với  $r$  lớn.

Bài toán (1) - (3) và (7) đã được giải với  $K = \text{const}$ . Các kết quả này đã được so sánh giữa chúng với số liệu quan trắc về lớp biên của bão.

Phương trình (4) mô tả khá tốt tất cả các đặc trưng như: độ dày lớp biên (hình 2) [3], cực đại của tốc độ bán kính; tốc độ thẳng đứng ở giới hạn trên của lớp biên (hình 3) [3]; lực căng ma sát toàn phần trên đai dương (hình 4) [3]; góc quay của gió. Nghiêm số trị không chỉ là định tính mà còn phù hợp về định lượng khá tốt với số liệu quan trắc. Khi đó chỉ ra rằng giá trị cực đại của  $K$  mà phụ thuộc vào bán kính thay đổi rất lớn: từ  $23m^2/s$  ở rìa đến  $600m^2/s$  khi  $r = 120km$ . Như vậy các kết quả chỉ ra rằng khi mô tả đúng đắn lớp biên của bão việc sử dụng phương trình đối với mạch động rối là cần thiết, không ngờ gì nữa khi tham số hoá các quá trình trong lớp biên của bão bằng phương pháp này hay khác, sự biến đổi phụ thuộc vào bán kính và tính chất rối của nó.

Đối với bão hoạt động trên Biển Đông, ở thời kỳ áp thấp nhiệt đới phát triển thành bão (TS)- Tropical Storm) theo mô hình bão tổ hợp [10], profin tốc độ gió tiếp tuyến ở giới hạn trên của lớp biên (mức 850 hPa) thể hiện trên hình 5.

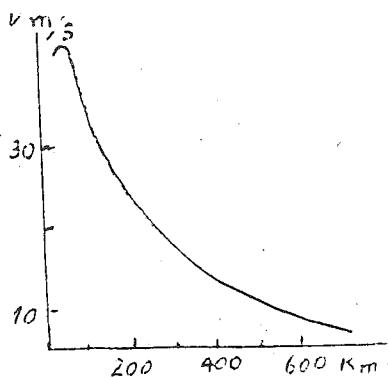
Sự phân bố của lực căng ma sát rối biến đổi theo sự tiến triển của xoáy thuận nhiệt đới ở các mức độ khác nhau. Áp thấp nhiệt đới (Tropical depression - TD); bão (tropical storm - TS); bão vừa (strong tropical storm - STS); và bão mạnh (typhoon - T). Profin của lực căng ma sát rối đối với bão tổ hợp trên Biển Đông thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Lực căng ma sát cực đại  $\tau \cdot 10^3 N/m^2$ .

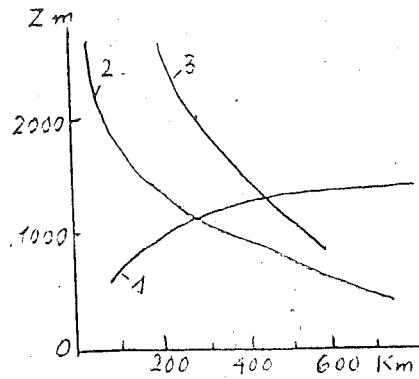
Mức độ XTNĐ	TD	TS	STS	T
Giá trị $\tau_{\max}$	0,389	0,414	1,338	>1,338

Giá trị động năng KE của toàn bộ tầng đối lưu. Profin của động năng toàn bộ tầng đối lưu đối với bão tổ hợp trên Biển Đông theo khoảng cách đến tâm bão được thể hiện ở h.6.

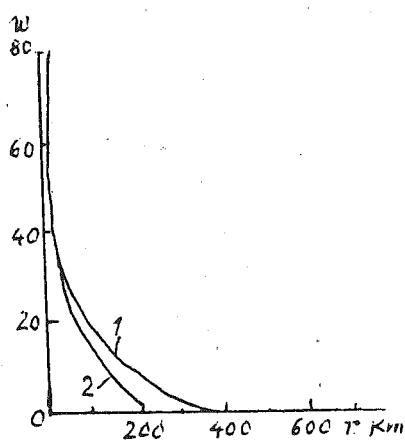
Để thấy rõ profin của một số đặc trưng động lực và năng lượng của bão hoạt động trên Biển Đông và so sánh kết quả với mô hình lý thuyết, xem xét cụ thể con bão



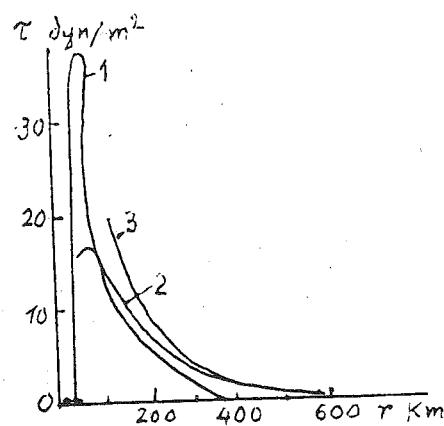
h.1 Profil tốc độ gió  
tuyến tính



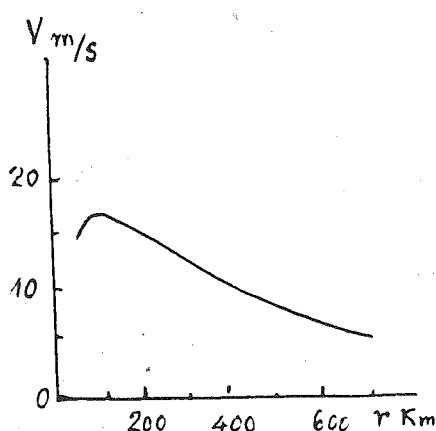
h.2 Độ dày lớp biên  
1 - K - const; 2 - K = var; 3 - thực nghiệm



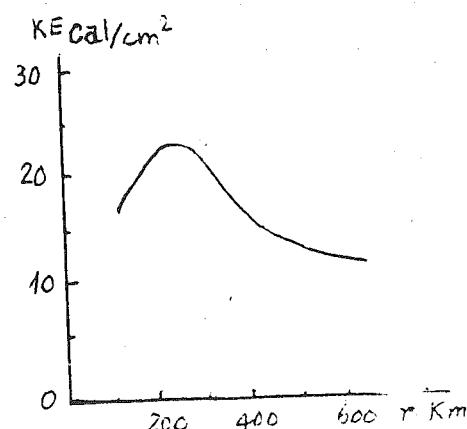
h.3 Tốc độ thẳng đứng ở giới hạn  
trên của lớp biên  
Ký hiệu như hình 2  
(Tốc độ thẳng đứng trong  
trường hợp 1 giảm đi 10 lần)



h.4 Lực cung ma sát toàn phần  
ở mặt đại dương  
Ký hiệu như hình 2



h.5 Profil tốc độ tiếp tuyến  
 $V(r)$  ở giới hạn trên lớp biên  
của bão tố hợp trên Biển Đông



h.6 Profil động năng tầng  
đổi lưu của bão tố hợp

IDA tháng 11 năm 1986 [10, 11]. Profin của tốc độ thẳng đứng và động năng ở các khoảng cách đến tâm bão nêu ở bảng 2.

Bảng 2. Phân bố của một số đặc trưng động lực của bão IDA

Khoảng cách từ điểm đo tới tâm bão km Giá trị	1000	720	650	580	500	220*
w. $10^3$ (m/s)	0	2,9	11,7	14,2	51,2	42,5
KE (cal/cm <sup>2</sup> ) ở mực 950hPa	0,01	0,13	0,57	0,53	0,84	2,62
Hệ số rối cực đại của khí quyển K <sub>max</sub> (m <sup>2</sup> /s)	3,1	2,3	7,0	10,0	19,0	40,8
Độ cao lớp biển	760	553	981	1090	1237	1950
Độ cao K <sub>max</sub> của khí quyển	148	83	183	214	256	364
Hệ số ma sát C <sub>D</sub> . $10^3$	1,02	1,25	1,45	1,77	1,71	1,72
Hệ số rối cực đại của lớp biển biển K. $10^3$ (m <sup>2</sup> /s)	3,8	2,7	8,9	12,3	24,5	58,4
Độ sâu lớp biển biển	23	16	30	35	49	66
Độ sâu K <sub>max</sub> của biển	3,3	3,0	4,7	5,6	9,2	13,0

\* Thời kỳ bão phát triển cực đại.

### III. KẾT LUẬN

Profin của một số đặc trưng động lực và năng lượng của con bão cụ thể - IDA hoạt động trên Biển Đông khá phù hợp với các giá trị nhận được từ mô hình lý thuyết lớp biển của bão phát triển. Đặc biệt, giá trị các đặc trưng này khi ở gần tâm bão và bão ở vào thời kỳ phát triển cực đại tương ứng lớn hơn hàng chục lần khi ở xa tâm bão và bão chưa phát triển.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Захаров В.Е. Математические модели жизненного цикла тропических ураганов. Труды ИЭМ, 1973, Вып. 3(37)
2. Захаров В.Е., Сапронов Ю.Т. Описание пограничного слоя урагана с использованием уравнения для энергии турбулентности. Труды ИЭМ, 1975, Вып. 9(52)
3. Захаров В.Е. Некоторые проблемы физико-математического моделирования эволюции тропического урагана. КН. Проблемы метеорологии. Гидрометеоиздат. Л. 1979.
4. Шулейкин В.В. Тепловые явления в поле тропического урагана. ДАН СССР, 1969, Т.189, № 6
5. Шулейкин В.В. Связь между температурной поверхностью воды в океане и мощностью тропического урагана. ДАН СССР, 1970, Т.192, №2
6. Шулейкин В.В. Схематизированная модель нестационарного тропического урагана. ДАН СССР, 1971, Т.200, №6
7. Kurihara Y. Tullya R.E. Structure of a tropical cyclone developed in a three-dimensional numerical simulation model. J.Atm. Sci. 1974, vol.31, N4
8. Madala R.V., Piacsek S.A. Numerical simulation asymmetric hurricanes on a  $\beta$ -plane with vertical shear. Tellus, 1975, vol.27, N5
9. Mathur M.B. A multiple-grid primitive equation model to simulate the development of an asymmetric hurricane ( Isabell, 1964), J.Atm. Sci., 1974, vol.31
10. Nghiên cứu sự hình thành và tiến triển của XTND ở thời kỳ phát triển ban đầu với mục đích giải thích các nhân tố xác định các quá trình này. Đề tài hợp tác Việt-Xô 1986-1990. Đồng chủ nhiệm Lê Đình Quang.
11. Đào Trọng Hiển, Lê Đình Quang. Một vài đặc trưng động lực và năng lượng của bão trên Biển Đông qua cơn bão IDA. Các công trình nghiên cứu địa chất và địa vật lý biển. Tập II. Trung tâm khoa học tự nhiên và công nghệ quốc gia. NXB khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 1996.