

TÍNH QUỸ ĐẠO PHẦN TỬ KHÍ TRÊN BIỂN VÀ ỨNG DỤNG TRONG DỰ BÁO SƯƠNG MÙ BÌNH LƯU Ở VỊNH BẮC BỘ

PGS - PTS Trần Tân Tiến

Đại học quốc gia, Hà Nội

Xác định quỹ đạo phần tử khí là vấn đề được quan tâm lớn trong khí tượng, đặc biệt là trong dự báo thời tiết. Ở nước ta, vấn đề nghiên cứu phương pháp xác định quỹ đạo phần tử khí còn hoàn toàn mới mẻ. Trong bài báo này chúng tôi trình bày phương pháp và một số kết quả xác định quỹ đạo phần tử khí trên mặt biển và ứng dụng nó trong dự báo sương mù bình lưu ở vịnh Bắc Bộ.

1. Quỹ đạo phần tử khí trên biển

Để xác định quỹ đạo phần tử khí trên biển khi biết trường áp suất mực biển ta sử dụng hệ phương trình cho lớp biên trên biển ở dạng:

a) Đối với khí quyển

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \ell v + k \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (1)$$

$$u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} - \ell u + k \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}$$

Ta biến đổi (1) về dạng:

$$k \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \ell_a (v - v_g) = 0 \quad (2)$$

$$k \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} + \ell_a (u - u_g) = 0$$

$$\text{ở đây } u_g = -\frac{1}{\rho \ell_a} \frac{\partial}{\partial y} \left[p + \rho \frac{u^2 + v^2}{2} \right] \quad (3)$$

$$v_g = \frac{1}{\rho \ell_a} \frac{\partial}{\partial x} \left[p + \rho \frac{u^2 + v^2}{2} \right]$$

$$\ell_a = \ell + \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right)$$

b) Đối với biên

$$\tilde{k} \frac{d^2 \tilde{u}}{d\tilde{z}^2} + \ell \tilde{v} = 0 \quad (4)$$

$$\tilde{k} \frac{d^2 \tilde{v}}{d\tilde{z}^2} - \ell \tilde{u} = 0$$

c) Điều kiện biên

Trên mặt phân cách ($Z = \tilde{z} = 0$), tốc độ gió và các thông lượng động lượng không bị gián đoạn.

$$(u + iv)|_{z=0} = (\tilde{u} + i\tilde{v})|_{\tilde{z}=0} \quad (5)$$

$$k \rho \frac{d}{dz} (u + iv)|_{z=0} = -\tilde{k} \tilde{\rho} \frac{d(\tilde{u} + i\tilde{v})}{d\tilde{z}}|_{\tilde{z}=0}$$

ở trên u, v và $\tilde{u}, \tilde{v}$ là các thành phần vận tốc; k và $\tilde{k}$ là hệ số trao đổi rối trong khí quyển và trong biển; P là áp suất, ρ là mật độ; trục oz hướng lên trên, $o\tilde{z}$ hướng xuống dưới.

Nếu u_g và v_g (3) là các tham số đã biết, trong đó u, v có thể thay bằng gió thực hoặc trường gió thích ứng với trường áp thì từ hệ phương trình (2), (4) và điều kiện biên (5) ta có thể tìm được biểu thức cho các thành phần vận tốc gió trong lớp biên khí quyển:

$$u = u_g \left(1 - \frac{e^{-az} \cos az}{M} \right) - v_g \frac{e^{-az} \sin az}{M} \quad (6)$$

$$v = v_g \left(1 - \frac{e^{-az} \cos az}{M} \right) + u_g \frac{e^{-az} \sin az}{M}$$

ở đây: $a = \sqrt{\frac{\ell_a}{k}}; M = 1 + \frac{\rho \sqrt{k}}{\tilde{\rho} \sqrt{\tilde{k}}}$

Giả thiết các phần tử khí trong lớp biên khí quyển chuyển động với tốc độ trung bình trong lớp biên, khi đó ta tìm được:

$$\bar{u} = \frac{1}{H} \int_0^H u dZ = c_1 u_g - c_2 v_g \quad (7)$$

$$\bar{v} = \frac{1}{H} \int_0^H v dz = c_1 v_g + c_2 u_g$$

ở đây $C_1 = 0,834$, $C_2 = 0,166$

d) Thích ứng trường gió với trường áp mực biển

Để có trường gió ban đầu u , v để tính u_g và v_g theo (3) trong công trình này chúng tôi tiến hành thích ứng trường gió và trường áp suất mặt biển theo mô hình chính áp:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} &= -u \frac{\partial u}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \ell v \\ \frac{\partial v}{\partial t} &= -u \frac{\partial v}{\partial x} - v \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} - \ell u \\ \frac{\partial p}{\partial t} &= -u \frac{\partial p}{\partial x} - v \frac{\partial p}{\partial y} - \rho \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) \end{aligned} \quad (8)$$

Hệ phương trình (8) viết lại ở dạng

$$\frac{\partial X}{\partial t} = F \quad (9)$$

ở đây ký hiệu X là các hàm u , v , p ; F là vế phải của các phương trình.

Quá trình thích ứng được tiến hành gồm 4 bước:

$$\begin{aligned} X_1^* &= X_0^\gamma + F_0^\gamma \cdot \Delta t \\ X_1^\gamma &= X_0^\gamma + F_1^\gamma \cdot \Delta t \\ X_0^* &= X_1^\gamma - F_1^* \Delta t \\ X_0^{\gamma+1} &= X_1^\gamma - F_0^* \cdot \Delta t \end{aligned} \quad (10)$$

ở đây γ là chỉ số lặp, sau mỗi lần lặp thì trường áp suất được phục hồi. Tọa độ của phần tử khí sau khoảng thời gian Δt sẽ di chuyển đến điểm có tọa độ x_i , y_i được xác định:

$$x_{i+1} = x_i - \bar{u}(x_i, y_i) \cdot \Delta t \quad (11)$$

$$y_{i+1} = y_i - \bar{v}(x_i, y_i) \cdot \Delta t$$

Công thức (11) được sử dụng để tính cho các điểm $i = 0, 1 \dots N$. Nối các điểm (x_i, y_i) với nhau ta có quỹ đạo phần tử khí trong khoảng thời gian $N \cdot \Delta t$. Giá trị $\bar{u}$ và $\bar{v}$ trong (11) được nội suy từ các điểm nút của lưới tính.

2. Mô hình sương mù bình lưu.

Để dự báo sương mù bình lưu trên biển, chúng tôi sử dụng các phương trình nhập nhiệt, ẩm cho khí quyển ở dạng:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial Z} k \frac{\partial T}{\partial Z}$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial Z} k \frac{\partial S}{\partial Z}$$

ở đây $S = q + \delta$ là tổng độ ẩm riêng q và độ chứa nước riêng δ , k là hệ số trao đổi rối:

$$K = \begin{cases} k_0 + k_1 Z & 0 \leq Z \leq h \\ k_0 + k_1 h & h < Z \leq H \end{cases}$$

H là độ cao lớp không khí bị biến tính

h là độ cao lớp sát đất.

Thay biến $\eta = x - \bar{u}t$

ta được hệ các phương trình để xác định nhiệt độ và độ ẩm trong lớp biên khí quyển:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial T}{\partial z} \quad (12)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial S}{\partial z}$$

a) Điều kiện ban đầu:

Tại thời điểm ban đầu ($t = 0$) $\delta = 0$ còn T và q là các hàm tuyến tính theo độ cao:

$$\begin{aligned} T(z, 0) &= T(0, 0) - \delta_z z \\ q(z, 0) &= q_{\max} [T(0, 0)] - \delta_q z \end{aligned} \quad (13)$$

b) Tại $z = 0$

$$\begin{aligned} T(0, t) &= T(0, 0) - m_T t \\ S(0, t) &= S(0, 0) - m_S t \end{aligned} \quad (14)$$

ở đây m_T và m_S là sự giảm nhiệt độ và hàm lượng nước trung bình trên mặt biển ở đoạn đường dự báo.

c) Tại $z = H$ (độ cao lớp không khí bị biến tính).

$$\begin{aligned} T(H, t) &= \text{const} \\ S(H, t) &= \text{const} \end{aligned} \quad (15)$$

d) Tại độ cao lớp sát đất $h = 30\text{m}$:

$$\begin{aligned} T|_{h+0} &= T|_{h-0}; \frac{\partial T}{\partial z}|_{h+0} = \frac{\partial T}{\partial z}|_{h-0} \\ S|_{h+0} &= S|_{h-0}; \frac{\partial S}{\partial z}|_{h+0} = \frac{\partial S}{\partial z}|_{h-0} \end{aligned} \quad (16)$$

Nghiệm của phương trình (12) thỏa mãn điều kiện (13) - (16) có dạng:

$$T(z,t) = T(z,0) - \Delta T.M(z,t) \quad (17)$$

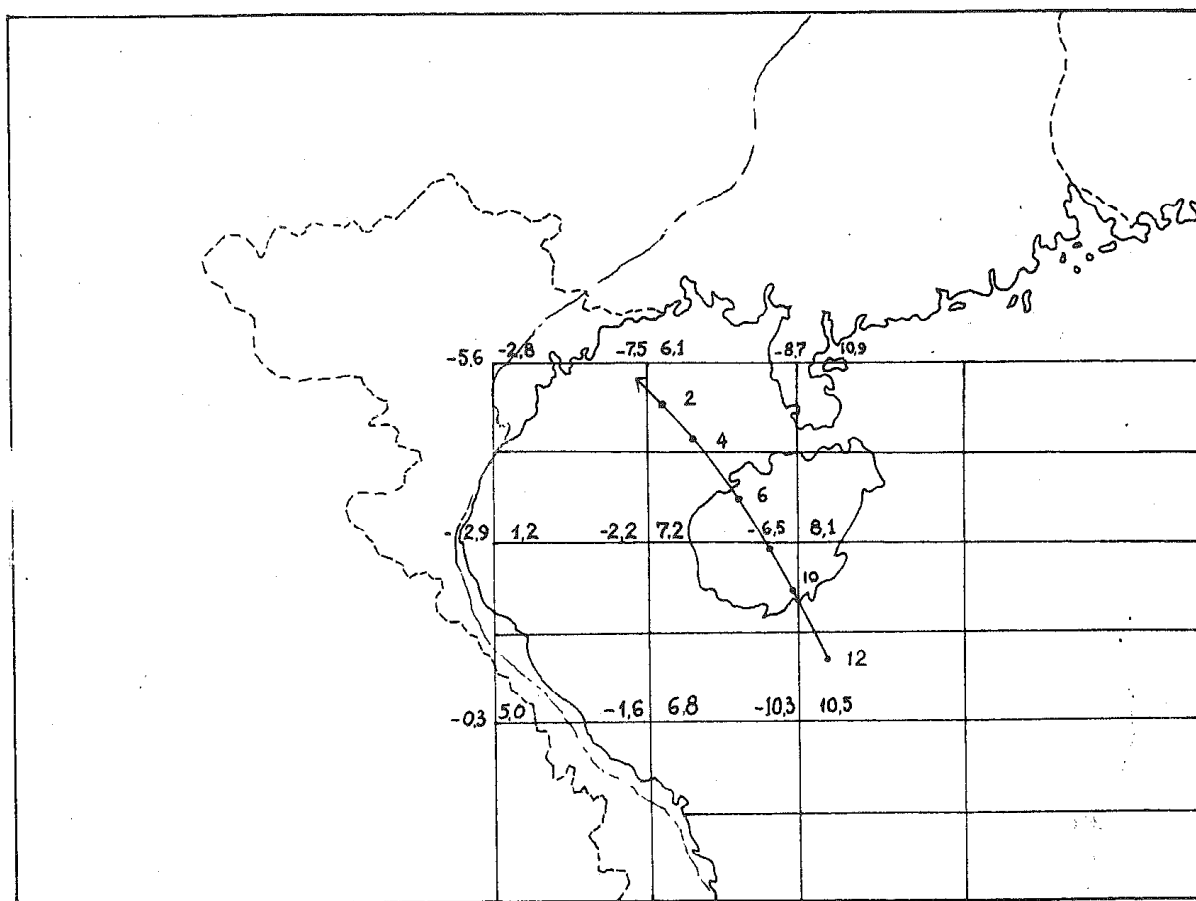
$$S(z,t) = S(z,0) - \Delta S.M(z,t)$$

ở đây ΔT là hiệu nhiệt độ mặt nước biển ở điểm đầu và điểm cuối của quỹ đạo.

ΔS là hiệu hàm lượng nước ở mặt biển ở điểm đầu và cuối của quỹ đạo.

3. Kết quả tính toán

Để thử nghiệm dự báo sương mù theo mô hình trên đã chọn ngày có sương mù là 7-III-1985. Trên bản đồ sinốp lúc 7 h sáng các trạm khí tượng phía tây bắc vịnh Bắc Bộ đều thấy có sương mù dày đặc. Sử dụng bản đồ sinốp 19 giờ ngày 6-III-1985 để lấy số liệu áp suất vào các điểm nút của lưới. Trường gió u,v trên khu vực biển Đông được biểu diễn trên hình 1. Tọa độ phân tử khí đi đến trạm Cô Tô sau 2, 4, 6, 8, 10, 12 giờ kể từ 19 giờ ngày 6-III-1985 được ghi trên bản đồ (hình 1).



Hình 1 Quỹ đạo phân tử khí

Độ chứa nước của sương mù ở các thời điểm, các độ cao được tính theo công thức:

$$\delta(t, Z) = S(t, Z) - q_{\max}[T(t, Z)]$$

ở đây $q_{\max}$ là độ ẩm riêng bão hòa ở nhiệt độ $T(t, Z)$. Nếu $\delta(t, Z)$ tính được dương thì ở đó có sương mù với độ chứa nước là δ , ngược lại nếu $\delta(t, Z)$ âm thì ở đó không có sương mù và $q = S(t, Z)$.

Kết quả dự báo cho trạm Cô Tô được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Độ chứa nước của sương mù trạm Cô Tô ở các độ cao Z và thời gian t giờ ngày 6-7/III/1985

Giờ t $Z(m)$	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7
30	0,00	-0,53	-0,49	0,09	0,80	1,31	1,34	1,05	0,78	0,64	0,82	1,28
100	-0,01	-0,38	-0,37	0,07	0,60	1,02	1,06	0,84	0,63	0,51	0,66	1,05
150	-0,02	-0,31	-0,30	0,04	0,49	0,82	0,88	0,69	0,53	0,43	0,55	0,89
200	-0,03	-0,26	-0,26	0,01	0,37	0,64	0,70	0,54	0,42	0,33	0,44	0,75
250	-0,06	-0,21	-0,21	-0,02	0,25	0,49	0,52	0,42	0,30	0,25	0,34	0,59
300	-0,08	-0,18	-0,19	-0,06	0,14	0,33	0,38	0,29	0,21	0,16	0,24	0,46
400	-0,15	-0,16	-0,18	-0,15	-0,05	0,05	0,08	0,06	0,03	-0,00	0,05	0,21
500	-0,24	-0,23	-0,23	-0,25	-0,24	-0,19	-0,17	-0,15	-0,16	-0,16	-0,13	-0,04
600	-0,35	-0,33	-0,33	-0,36	-0,38	-0,36	-0,34	-0,32	-0,32	-0,32	-0,30	-0,25

Thực tế quan trắc được sương mù ở các trạm trên vịnh Bắc Bộ đêm 6 và ngày 7-III-1985 như sau:

Trạm	Thời gian có mù, sương mù	Tầm nhìn xa (km)
Cô Tô	$\approx$ Sđ - 19.00	0,5 - 1
Bạch Long Vĩ	$\approx$ 19.00 - 21.00	0,5 - 1
	$\approx$ 21.00 - 5.00	2-4
Hòn Dấu	$\approx$ Sđ - 9.00	0,5 - 1
Hòn Ngư	$\approx$ Sđ - 8.30	0,05 - 0,2

Tại trạm Cô Tô sương mù quan trắc được từ sau đêm và kéo dài suốt ngày 7-III-1985. Trên bảng dự báo độ chứa nước của sương mù ta thấy từ 23 giờ ngày 6 sương mù xuất hiện với độ chứa nước nhỏ (0,01 - 0,09 g/kg). Cường độ sương mù trong đêm tăng lên và đến 7 giờ sáng hôm sau ở 30m độ chứa nước đạt tới 1,28g/kg và đỉnh sương mù lên tới 400 m. Dự báo cho các trạm khác đều cho kết quả tương tự. Đã tiến hành tính thử cho những ngày không có sương mù, kết quả theo mô hình và theo quan trắc khá phù hợp. Kết quả thử nghiệm cho thấy có thể hoàn thiện phương pháp để đáp ứng được trong điều kiện dự báo nghiệp vụ.

Tài liệu tham khảo

1. Trần Tân Tiến. Mô hình hóa quá trình hình thành và phát triển sương mù bức xạ ở Việt Nam. Tạp chí các khoa học Trái đất số 1 năm 1994./.