

MÔ HÌNH LAN TRUYỀN VẬT CHẤT KHÔNG HÒA TAN TẠI NGÃ TƯ SÔNG

Bảo Thanh - Trung tâm KTTV phía Nam

1. Mô hình lan truyền vật chất không hòa tan

Trong miền không gian hai chiều G bao gồm vịnh Gành Rái và hạ lưu sông Đồng Nai được bao quanh bởi các đường biên D có pháp tuyến ngoài n , sự phân bố theo không gian và thời gian của vật chất không hòa tan được nghiên cứu bằng lý thuyết chuyển vận của vật chất trong chất lỏng tuân theo các qui luật bảo toàn vật chất, xung lượng và năng lượng. Với giả thiết xáo trộn thẳng đứng tương đối mạnh khiến phân bố theo phương thẳng đứng của vật chất không hòa tan biến thiên không đáng kể, sự phân bố vật chất không hòa tan được mô tả bởi phương trình hai chiều dạng tổng quát như sau [1, 2]:

$$\frac{\partial S}{\partial t} + U_x \frac{\partial S}{\partial x} + U_y \frac{\partial S}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} K_x \frac{\partial S}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y} K_y \frac{\partial S}{\partial y} = \Phi \quad (1)$$

Trong đó:

- U_x, U_y - các thành phần vận tốc dòng chảy theo các trục x và y tương ứng, cm/s ,
- S - hàm lượng vật chất không hòa tan, g/cm^3 ,
- K_x, K_y - các hệ số khuếch tán nằm ngang theo các trục x và y tương ứng, cm^2/s ,
- Φ - hàm lượng nguồn của vật chất không hòa tan trong nước, có thể phát sinh và phân hủy bởi nhiều quá trình vật lý khác nhau.

Các điều kiện biên bảo đảm sự duy nhất nghiệm của bài toán có dạng:

* Trên biên rắn:

$$U_n S - k \frac{\partial S}{\partial n} = 0 \quad (2)$$

* Trên biên lỏng:

- Khi có dòng chảy ra khỏi miền G :

$$\frac{\partial S}{\partial n} = 0 \quad (3)$$

- Khi có dòng chảy vào miền G :

$$S(x, y) = S_G(x, y) \quad (4)$$

Trong đó: U_n - vận tốc theo phương pháp tuyến ngoài n của D ; k - hằng số; S_G - hàm lượng vật chất không hòa tan đi vào vùng nước trên biên hở.

* Điều kiện ban đầu của phương trình (1) là:

$$S(x, y, 0) = S_0(x, y) \quad (5)$$

S_0 - hàm lượng ban đầu của vật chất không hòa tan, đòi hỏi phải cho trước.

Mô hình hai chiều tính toán phân bố vật chất không hòa tan được xây dựng thông qua phương trình khuếch tán bình lưu hai chiều lấy trung bình theo độ sâu (1) với các điều kiện biên (2), (3), (4) và điều kiện đầu (5).

Các thông số của mô hình trên bao gồm các thông số xác định tải và tán xạ U_x , U_y , K_x , K_y và hàm lượng nguồn Φ . Các thành phần vận tốc U_x , U_y của dòng chảy lấy từ kết quả của mô hình tính dòng chảy tổng cộng đã trình bày trong [3]. Để xác định hệ số khuếch tán K_x , K_y , sử dụng công thức thực nghiệm của Elder như trong [4].

Đối với hàm lượng nguồn Φ , đây là thành phần khó xác định, phụ thuộc rất nhiều quá trình khác nhau từ công suất nguồn, sự lan truyền, sự phân rã, sự lắng đọng trên đáy và bờ Ở đây, thành phần này được tham số hóa bằng công thức bán-kinh nghiệm mô tả sự phát sinh tuyến tính theo công suất nguồn.

Sử dụng phương pháp sai phân luân hướng ẩn để giải bài toán khuếch tán vật chất không hòa tan hai chiều. Mạng lưới các điểm sai phân như sau: điểm sai phân của S trùng với điểm sai phân của Z và điểm sai phân của K_x , K_y trùng với điểm sai phân của U_x và U_y tương ứng.

Mô hình tính toán sự lan truyền vật chất không hòa tan trên vùng sông biển của vịnh Gành Rái và hạ lưu sông Đồng Nai được tiến hành trên cùng miền tính như trong [3], bước lưới không gian hai chiều $\Delta x = \Delta y = 150m$ và bước thời gian $\Delta t = 10s$.

2. Sự lan truyền vật chất trong tương tác tại ngã tư sông

Sự lan truyền của vật chất không hòa tan trong sự tương tác giữa vịnh Gành Rái và hạ lưu sông Đồng Nai được nghiên cứu qua các kết quả tính toán mô hình, được trình bày ở mục trên, trong những trường hợp xảy ra tại các địa điểm:

- Ngã tư nơi gặp nhau của các sông Lòng Tàu, sông Dừa, sông Đồng Tranh và sông Ngã Bảy;
- Cửa sông Cái Mép, nơi các sông Thị Vải và Gò Gia đổ ra vịnh Gành Rái và luồng chính của vịnh đổ vào;
- Giữa vịnh Gành Rái, trên luồng chính.

Trong mỗi trường hợp còn xét đến ảnh hưởng của gió cực trị, thời gian tồn tại nguồn và công suất nguồn. Các trường hợp được tính vào các ngày 23 đến ngày 24-II-1997 (mùa khô) và ngày 18 đến ngày 19-IX-1997 (mùa mưa) để dễ liên hệ với trường dòng chảy đã nghiên cứu ở [3].

Trong trường hợp tại ngã tư sông, bài toán lan truyền được đặt ra với một nguồn vật chất không hòa tan gần bờ phía bắc ngã tư nơi gặp nhau của các sông Lòng Tàu, sông Dừa, sông Đồng Tranh và sông Ngã Bảy; nguồn có công suất 5g/l/s và tồn tại trong 5 giờ; gió đông bắc 4m/s.

Mô hình tính toán sự lan truyền của vật chất không hòa tan từ 0 giờ ngày 23-II-1997 hoặc ngày 18-IX-1997, coi như lúc bắt đầu phát nguồn. Từ 0 giờ đến 5 giờ, khối vật chất phát sinh liên tục với hàm lượng tối đa từ 9,3g/l lúc 1 giờ, đến cực đại là 36,9g/l lúc 5 giờ. Với hàm lượng lớn, nguồn vật chất hầu như ít di chuyển và vận tốc lan truyền cũng nhỏ, có dạng các vòng đồng tâm, riêng lúc 5 giờ, vòng đẳng trị 4g/l có hơi lan tỏa về phía sông Đồng Tranh.

Đến 6 giờ, khối vật chất vẫn rất tập trung tại chỗ nhưng vòng đẳng trị 4g/l bắt đầu lan tỏa cả về phía sông Ngã Bảy tạo thành một tam giác đều mỗi cạnh khoảng 300m và lúc này hàm lượng tối đa tại tâm chỉ còn 27,9g/l. Nếu xét đường đẳng trị 1,0g/l thì diện tích khối vật chất rộng gấp đôi và có một vệt nhỏ về phía dưới. Từ 6 giờ đến 12 giờ, khối vật chất lan tỏa hoàn toàn về phía hữu ngạn sông Ngã Bảy, đường đẳng trị 1g/l tạo thành một vệt nằm ngang, hình chiếc lá chiều dài khoảng 1,3km, chiều rộng khoảng 600m, tâm hàm lượng tối đa có giá trị 6,4g/l và dịch chuyển men theo đường bờ khoảng 100m về phía bắc đông bắc của vị trí phát sinh.

Từ 12 giờ đến 18 giờ, sự lan truyền vẫn tiếp tục về phía hữu ngạn sông Ngã Bảy khoảng 300m nữa nhưng tốc độ có vẻ chậm hơn so với 6 giờ trước đó. Tâm hàm lượng tối đa còn 2,6g/l và tách ra làm hai, một hơi dịch lên phía bắc khoảng 100m và một lan dài sang hữu ngạn sông Ngã Bảy.

Sau 24 giờ, đường đẳng trị 1,0g/l tiếp tục lan tỏa về phía sông Ngã Bảy thêm khoảng 300m nữa. Tâm hàm lượng cao gần vị trí phát sinh tăng lên 3,2g/l và di chuyển men theo bờ khoảng 100m lên trên, tâm hàm lượng thấp hơn giảm chỉ còn khoảng 1,5 - 2,0g/l và di chuyển nhanh khoảng 700m sang hữu ngạn sông Ngã Bảy. Nếu xét đường đẳng trị 0,5g/l, chúng ta thấy có ba vệt nhỏ hướng về các sông Đồng Tranh, sông Dừa và sông Lòng Tàu, vệt vật chất gần như bao phủ toàn bộ diện tích ngã tư sông.

Sau 36 giờ, tâm hàm lượng tối đa hầu như không di chuyển và có giá trị 3,1g/l, vệt vật chất với đường bao 0,5g/l phần lớn ở trên sông Ngã Bảy, tiến về phía Thiêng Liêng nhưng phần hàm lượng cao hơn 1,0g/l bám vào hữu ngạn sông và có một vệt men theo đường bờ về phía sông Lòng Tàu. Một vệt khác từ tâm hàm lượng cao giăng ngang từ bên hữu ngạn sang tả ngạn khúc sông Đồng Tranh đổ ra ngã tư các sông, phần lớn diện tích ngã tư sông đã không còn vệt vật chất.

Sau 48 giờ, tâm hàm lượng tối đa còn 2,7g/l, không di chuyển, không còn nối với vệt 0,5g/l bên kia bờ Đồng Tranh. Vệt vật chất hàm lượng 0,5g/l lan hẳn về phía Thiêng Liêng thêm khoảng 800m nữa và tâm hàm lượng cao bên hữu ngạn sông Ngã Bảy đậm đặc thêm đến hơn 2,5g/l, trên ngã tư sông và đoạn đầu sông Ngã Bảy không có vệt vật chất nào (hình 1 và 2).

Sự lan truyền vật chất không hòa tan tại ngã tư sông, khi thay đổi các phương án tính toán theo mùa (khô hay mưa), công suất nguồn (5 hay 9g/l/s), thời gian tồn tại nguồn (5 hay 9 giờ), gió (trung bình 4m/s hay cực trị 15m/s, hướng đông bắc hay tây nam):

- Mùa khô, nguồn công suất 5g/l/s và tồn tại 5 giờ, gió đông bắc 4m/s,
- Mùa khô, nguồn công suất 5g/l/s và tồn tại 9 giờ, gió đông bắc 4m/s,
- Mùa khô, nguồn công suất 5g/l/s và tồn tại 5 giờ, gió đông bắc 15m/s,
- Mùa khô, nguồn công suất 9g/l/s và tồn tại 5 giờ, gió đông bắc 15m/s,
- Mùa mưa, nguồn công suất 5g/l/s và tồn tại 5 giờ, gió tây nam 4m/s.

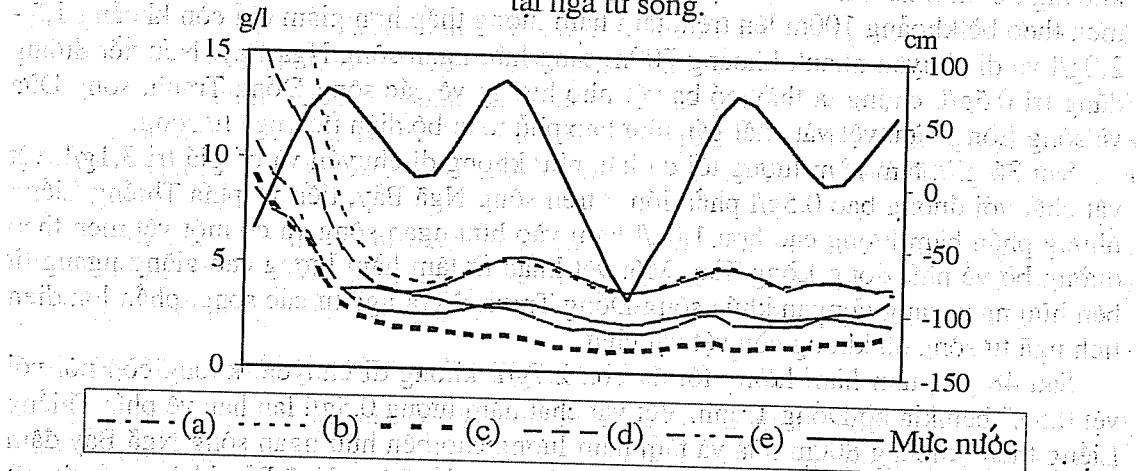
Nói chung tương tự như đã trình bày chi tiết ở trên đây, nghĩa là từ nguồn ban đầu ở ven bờ phía tây ngã tư sông, lan truyền phần lớn về phía sông Ngã Bảy tới tận Thiêng Liêng và một phần về phía cửa sông Đồng Tranh đổ vào ngã tư sông.

Sự khác nhau chi tiết hơn được xem xét qua diễn biến từng giờ của hàm lượng tập trung tối đa và sự phân bố vệt lan truyền lúc 36 giờ cho 4 phương án vào mùa khô. Theo bảng 1, trong thời gian tồn tại nguồn (0 - 5 giờ), hàm lượng tập trung tối đa tăng liên tục, đến khi hết nguồn (lúc 6 giờ), hàm lượng giảm ngay. Riêng trường hợp thời gian tồn tại nguồn 9 giờ, hàm lượng chỉ tăng đến lúc 6 giờ (thay vì đến 9 giờ), đến 7 giờ, hàm lượng này đã giảm, nghĩa là sự lan truyền diễn ra mạnh hơn nguồn phát. Gió hướng đông bắc hơi ngược với hướng lan truyền nên hàm lượng này lúc có gió đông bắc cao hơn hẳn khi có gió tây nam trong 12 giờ đầu tiên nhưng từ 15 giờ trở đi, hàm lượng này vào mùa mưa lớn hơn vào mùa khô. Tương tự, gió đông bắc vận tốc 15m/s cản trở sự lan truyền của vệt vật chất tập trung diện tích nhỏ khiến hàm lượng 4 giờ đầu tiên lớn hơn chút ít, nhưng khi diện tích lan truyền đã lớn, vận tốc gió lớn lại nhanh chóng tham gia vào các quá trình vật lý như lan truyền, xáo trộn rồi... làm hàm lượng tập trung tối đa giảm đi nhiều so với khi vận tốc gió nhỏ.

Sự lan truyền trên một diện tích có chiều dài 3000m và chiều rộng 1500m khiến hàm lượng này nhanh chóng suy giảm nhưng trong quá trình 48 giờ, theo con nước

triều ra vào, hàm lượng này vẫn tăng giảm dù không lớn. Khi công suất nguồn hay thời gian tồn tại nguồn tăng, chỉ đơn thuần làm tăng giá trị hàm lượng này, còn các diễn biến khác vẫn tương tự (hình 3).

Hình 3: Diễn biến hàm lượng tập trung tối đa (g/l) tại ngã tư sông.



Sự phân bố vệt vật chất không hòa tan lúc 36 giờ cho 4 phương án vào mùa khô cho thấy: khi thời gian tồn tại nguồn tăng từ 5 giờ (a) lên 9 giờ (b), đường đẳng trị 0,5g/l bao phủ cả diện tích ngã tư sông, cửa sông Đồng Tranh và tiến về phía Thiêng Liêng thêm 200m nữa. Phần lớn đoạn sông Ngã Bảy có giá trị hàm lượng vật chất trên 1,0g/l nhưng dưới 2,0g/l. Vệt hàm lượng tối đa 5,1g/l vẫn ở bờ phía tây ngã tư sông. Ngược lại, khi vận tốc gió tăng từ 5m/s (a) lên 15m/s (c), đường đẳng trị 0,5g/l tạo thành các vệt riêng biệt, hai vệt hai bên cửa sông Đồng Tranh và một vệt lớn hơn cả trên sông Ngã Bảy bám vào phía hữu ngạn sông này, hàm lượng tối đa chỉ còn 1,3g/l nhưng mỗi vệt đều có hàm lượng tối đa trên 1,0g/l, trong đó vệt phía tây ngã tư sông di chuyển men theo bờ sông lên phía trên cả một đoạn khoảng 500m. Như vậy, gió vận tốc mạnh đã làm giảm khoảng một nửa hàm lượng vật chất tồn tại theo thời gian và do đó làm giảm cả diện tích lan truyền. Trong trường hợp (d), vừa có gió mạnh vừa có công suất nguồn tăng từ 5g/l/s lên 9g/l/s, bức tranh phân bố tổng hợp cả hai trường hợp (b) và (c), nghĩa là vừa bao phủ rộng, lan nhanh về phía Thiêng Liêng thêm 300m nữa, vừa có các tâm hàm lượng cao trên 2,0g/l ở hai bên cửa sông Đồng Tranh và hữu ngạn sông Ngã Bảy. Tâm hàm lượng cao nhất là 2,4g/l (hình 4).

Bảng 1. Diễn biến hàm lượng vật chất tập trung tối đa (g/l) tại ngã tư sông trong các trường hợp khác nhau

Giờ	Mùa khô gió NE 4m/s nguồn phát 5giờ công suất 5g/l/s	Mùa khô gió NE 5m/s nguồn phát 9giờ công suất 5g/l/s	Mùa khô Gió NE15m/s nguồn phát 5giờ công suất 5g/l/s	Mùa khô gió NE15m/s nguồn phát 5giờ công suất 9g/l/s	Mùa mưa gió SW 4m/s nguồn phát 5giờ công suất 5g/l/s
1	9,3	9,3	9,4	16,8	8,0
2	12,0	12,0	12,1	21,9	9,4
3	14,9	14,9	15,2	27,3	10,2
4	22,1	22,1	22,5	40,5	11,8
5	36,9	36,9	36,8	66,3	17,6
6	27,9	43,1	27,7	49,8	15,5
7	17,0	39,8	16,9	30,4	11,1
8	12,1	34,1	10,4	18,8	9,1
9	10,6	30,9	9,0	16,2	8,4
10	9,2	20,4	7,7	13,8	7,5
11	8,4	19,2	6,8	12,3	7,0
12	6,4	15,1	6,0	10,9	6,0
18	2,6	4,2	1,9	3,5	3,6
24	3,2	5,2	1,6	2,8	5,4
30	2,3	3,8	1,1	1,9	3,8
36	3,1	5,1	1,3	2,4	5,0
42	2,8	4,5	1,7	3,1	4,5
48	2,7	4,4	2,4	4,3	5,0

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Hữu Nhân. Các đặc điểm lan truyền dầu tràn do sự cố trên sông Soài Rạp. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 2(434) 1997, tr. 1-7.
2. Nguyễn Hữu Nhân. Kiểm soát và dự báo ô nhiễm dầu ở hạ du sông Đồng Nai. Báo cáo kết quả thực hiện TBKT, Trung tâm KTTV phía Nam, 1997, 98.
3. Bảo Thạnh. Quá trình tương tác động lực triều giữa vịnh Gành Rái và hạ lưu sông Đồng Nai. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 3(471) 2000, tr. 33-39.
4. Nguyễn Thế Hào, Lê Quang Toại. Tính toán phân bố phù sa lơ lửng vùng cửa sông Soài Rạp. Báo cáo đề tài khoa học cấp Tổng cục, Trung tâm KTTV phía Nam, 1995, 137.