

TÍNH TOÁN SỰ CỐ DẦU TRÀN Ở VÙNG CỬA SÔNG VEN BIỂN VIỆT NAM

PTS. Tạ Đăng Minh - Viện KTTV
PTS. Nguyễn Hữu Nhân - TTKTTV phía Nam

Tính toán sự cố tràn dầu được thực hiện cho trường hợp xảy ra ở ngoài biển và ở cửa sông.

Trong thời gian qua chúng tôi chưa có số liệu kiểm nghiệm trong các sự cố tràn dầu ở ngoài biển. Do vậy, tính toán ở đây chỉ nhằm thử nghiệm chương trình và các số liệu về sự cố chỉ là giả định, tuy vậy việc chọn các vị trí xảy ra các sự cố cũng đặc trưng cho những vùng biển có các điều kiện tự nhiên khác nhau. Trường hợp ở cửa sông, mô hình dùng để tính cho sự cố tàu Neptune Aries ở cảng Cát Lái. Sự cố này xảy ra vào 13 giờ 35 phút ngày 3-10-1994, 1658 tấn dầu DO chảy ra sông Đồng Nai gây ra hậu quả nghiêm trọng. Đây là bài toán phức tạp, nhưng trong trường hợp này có nhiều số liệu đo đạc thực tế để so sánh, các số liệu thực tế cho phép kiểm tra mức độ tiếp cận thực tế của mô hình.

I. TÍNH TOÁN SỰ CỐ TRÀN DẦU Ở BIỂN

Trường nhiễm bẩn dầu trong môi trường nước bị chi phối bởi các quá trình đài tải, khuếch tán và biến đổi. Các quá trình này được mô tả bằng phương trình sau:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) = F \quad (1)$$

Các giá trị trong phương trình (1) đều là giá trị trung bình theo độ sâu ở tầng mặt.

C - hàm lượng dầu,

u, v - các thành phần nằm ngang của tốc độ di chuyển của dầu,

x, y, t - tọa độ đề - các và thời gian,

D_x, D_y - hệ số khuếch tán rối,

F- cán cân thu chi dầu trong một đơn vị thể tích sau một đơn vị thời gian ($g/cm^3/s$), nó là kết quả của các quá trình: tràn dầu từ nguồn ra, sự loang dầu, sự bốc hơi, sự nhũ tương, sự oxy hoá, sự phân hủy sinh học, sự hoà tan và sự lắng đọng.

Miền G là mặt phẳng(x,y) được bao quanh bởi đường biên S.

Điều kiện biên:

- Trên biên rắn: $U n \cdot c - \beta \frac{\partial c}{\partial n}$ Khi $t = 0$,

- Trên biên lỏng: tại biên nước chảy vào $C = C_s, \partial c / \partial n = 0$,

Tại biên nước chảy ra :

V_n - thành phần tốc độ di chuyển theo phương vuông góc với biên,

C_s - hàm lượng dầu trên biên,

n - pháp tuyến của biên,

β - hệ số điều chỉnh.

Ở đây miền tính toán bao gồm toàn thể vùng thềm lục địa Việt Nam, một phần biển khơi thuộc vùng biển các quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa, trong khu vực:

$$\text{từ } \lambda = 103^{\circ}20'E \div 111^{\circ}20'E,$$

$$\varphi = 6^{\circ}40'E \div 21^{\circ}40',$$

$$\Delta x = \Delta y = 7,325 \text{ km.}$$

Để tính toán, chúng tôi chọn thuật giải phân rã.

Thông tin nhập cho mô hình tính toán lan truyền nhiễm bẩn dầu bao gồm: thông tin về dầu và thông tin môi trường.

- Thông tin về dầu bao gồm: số nguồn thải và dò rỉ dầu trên biển:

+ Số lượng dầu tràn ra biển, tọa độ và nguyên nhân tràn dầu,

+ Thời gian kéo dài, thời điểm bắt đầu tràn dầu ra,

+ Mật độ, độ nhớt, nhiệt độ sôi, phân tử lượng, sức căng mặt ngoài

dầu gốc.

+ Tỷ lệ bốc hơi, và khả năng ngậm nước cực đại,

+ Thời gian bán phân hủy hoá học và sinh học,

+ Các thông số thực nghiệm trong các công thức liên quan đến các

quá trình: loang, tán xạ, bốc hơi, nhũ tương, lắng đọng, và phân hủy các loại dầu tràn ra.

- Thông tin về môi trường:

+ Dòng triều trung bình tầng mặt,

+ Chế độ dòng chảy gió hàng tháng (12 tháng),

+ Chế độ dòng chảy mật độ,

+ Chế độ gió trung bình hàng tháng (12 tháng),

+ Chế độ nhiệt độ và mật độ trung bình từng tháng (12 tháng).

Tính toán và kết quả tính toán

Để phục vụ cho tính toán phần này chúng tôi đã soạn thảo 4 phần mềm và nhiều phương trình phụ trợ. Kết quả tính toán phản ánh đúng cơ chế lan truyền ô nhiễm. Bộ chương trình tính toán sự cố dầu đã được sử dụng trong thực tế để dự báo các sự cố dầu.

Dữ liệu về môi trường

- Gió hướng đông bắc tốc độ 10m/s,

- Nhiệt độ nước tầng mặt 24°C,

- Dòng chảy tổng hợp mùa đông theo Wyrkcki,

- Dòng triều do chúng tôi tính toán,

- Mật độ nước 1,02 g/cm³.

II. TÍNH TOÁN SỰ CỐ TRÀN DẦU Ở CỬA SÔNG

Tính toán sự cố tràn dầu tàu Neptune Aries ngày 3-10-1994 tại Cát Lái.

Vào lúc 13h35ph ngày 3-10-1994 tàu chở dầu Neptune Aries đâm vào cầu cảng Cát Lái, bị thủng, 1658 tấn dầu DO tràn ra sông Lòng Tàu gây ra hậu quả sinh thái nặng nề.

Ở ngoài biển tốc độ di chuyển trong phương trình (1) được xác định thông qua kết quả tính toán các thành phần của dòng chảy tổng hợp. Còn trong cửa sông tốc độ di chuyển được xác định từ kết quả giải bài toán dòng chảy ở vùng cửa sông với 3 thành phần chính: dòng triều, dòng chảy gió, dòng chảy do nước thượng nguồn. Do đó, dòng chảy trong sông được mô tả bằng phương trình nước nông hệ phi tuyến dạng:

$$\frac{\partial u_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial u_1}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} kx \frac{\partial u_1}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y} ky \frac{\partial u_1}{\partial y} - fv_1 + g \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{C_d^m \sqrt{u_1^2 + v_1^2}}{H} = \frac{T_x}{H}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v_1 \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} kx \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y} ky \frac{\partial v}{\partial y} - fu + g \frac{\partial \xi}{\partial y} + \frac{C_d \sqrt{u_1^2 + v_1^2}}{H} = \frac{T_y}{H}$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial (H u)}{\partial x} + \frac{\partial (H v)}{\partial y} = 0$$

Trong đó $H = Z(x,y,t) + h(x,y)$, $V = [u,v]$

$$\{T_x, T_y\} = \{C_v w w_x, C_v w w_y\}$$

Điều kiện biên:

Trên biên rắn $U_n = 0$ hay $\zeta = Z_s$,

Trên biên lỏng: $\zeta = Z_s$.

Điều kiện ban đầu: Nước trên sông là yên tĩnh vào thời điểm ban đầu $t = 0$.

Các ký hiệu trong các phương trình này được hiểu như sau:

$Z(x,y,t)$ - mực nước sông so với mặt nước trung bình cả khu vực, cm,

$h(x,y)$ - độ sâu của sông so với mặt nước trung bình, cm,

$g = 981 \text{ cm/s}^2$ là gia tốc trọng trường,

$S^2 = 2\omega \sin\phi$ là thông số Coriolis,

C_d - hệ số ma sát đáy,

Z_s - trị số mực nước tại mọi thời điểm trên biên S,

U_n - thành phần vận tốc theo pháp tuyến ngoài của biên rắn,

u, v - các thành phần của vận tốc dòng chảy,

k_x, k_y - hệ số ma sát rối,

T_x, T_y - các thành phần của ứng suất tiếp tuyến do gió,

$x, y; t$ - toạ độ và thời gian tương ứng.

Tính lượng dầu mất đi do quá trình lắng đọng xuống đáy theo công thức sau:

$$R = \theta c \frac{\partial h / \partial t}{H}$$

R - tốc độ lắng đọng trên đáy,

θ - hệ số không thứ nguyên xác định bằng thực nghiệm,

$\partial h/\partial t$ - tốc độ bồi xói của đáy,

H - độ sâu của đáy so với mặt nước.

Mô hình này được giải bằng phương trình số trị để tính trường dòng chảy tổng hợp do cưỡng bức của thủy triều, lũ và gió.

Fc - cân cân dầu là thành phần hình thành do tác động đồng thời của các quá trình tràn dầu từ nguồn ra, sự loang dầu, sự bốc hơi, sự nhũ tương hoá, sự phân rã sinh học và sự lắng đọng. Các hiệu ứng do chúng gây ra được tham số hoá theo mô hình phụ trợ.

Dữ liệu môi trường

- Nhiệt độ nước tháng 10 trong sông 28°C,

- Mật độ nước 1,015g/cm³; độ đục trung bình 45.50ppm,

- Gió lấy ở trạm Tân Sơn Nhất tháng 10: không có gió thịnh hành, gió khá đều các hướng tốc độ 2 -3 m/s,

- Mưa: Trung bình tháng 9 là 307mm/tháng, trung bình tháng 10 là 281mm/tháng,

- Lưu lượng xả lũ lấy tại Trị An và Dầu Tiếng cho thấy: lũ trên thượng nguồn và thời gian xả lũ trong các ngày từ 2-10 đến 12-10-1994 là khá lớn,

- Cao trình đáy sông và khu vực lấy từ bản đồ địa hình 1:10.000; hệ số ma sát đáy 0,0026.

Tính toán trường mực nước và trường dòng chảy

Mực nước ngập và vận tốc dòng chảy tổng hợp tại khu xảy ra sự cố tràn dầu là những yếu tố quan trọng chi phối cơ chế và phạm vi lan truyền dầu.

Kết quả tính toán mực nước được so với số liệu thực đo hàng giờ tại Nhà Bè và trạm Phú An. Số liệu tính toán hoàn toàn phù hợp với số liệu thực đo.

Kết quả tính dòng chảy được thể hiện trên hình vẽ. Chúng tôi đã thiết lập các tập tin về dòng chảy.

Kết quả tính toán

Sau khi có trường dòng chảy ta có thể tính toán phân bố dầu bằng phương trình khuếch tán dài tải (1).

Tính toán cho thấy rằng vào những giờ đầu tiên, tốc độ bay hơi nhỏ. Sau đó tốc độ bay hơi tăng dần và đạt giá trị cực đại sau 30 giờ kể từ thời điểm xảy ra sự cố. Từ thời điểm cực đại về sau tốc độ bay hơi giảm và hầu như ngừng hẳn sau 8 ngày. Quá trình đó có thể giải thích như sau: vào giai đoạn đầu, thành phần dầu nhẹ chiếm tỷ lệ lớn nên khả năng bay hơi lớn, song lúc đó diện tích vết dầu vẫn còn bé nên tốc độ bay hơi tổng cộng vẫn còn bé. Càng về sau diện tích vết dầu tăng nên tốc độ bay hơi tăng và đạt cực đại sau 30 giờ. Sau đó, tuy diện tích vẫn tiếp tục tăng nhưng khả năng bay hơi giảm do thành phần bay hơi giảm. Kết quả tốc độ bay hơi giảm.

Sự lắng đọng dầu cũng xảy ra tương tự nhưng cơ chế tác động lại hoàn toàn khác. Vào thời kỳ đầu do diện tích vết dầu nhỏ nên tốc độ lắng đọng nhỏ, tốc độ tăng dần tương ứng với tốc độ tăng diện tích vết dầu. Vào thời kỳ tiếp theo mặc dù diện tích tăng song hàm lượng dầu trong nước lại giảm. Kết quả tốc độ lắng đọng cũng giảm theo.

Trên hình vẽ là hình ảnh ô nhiễm dầu đo tại thời điểm tiêu biểu. Có thể chia ra 4 vùng ô nhiễm dầu trong nước như sau:

1. Vùng ô nhiễm rất nặng có diện tích khoảng 100km^2 . Ô nhiễm dầu trong nước lớn hơn 10.000ppm ; số giờ ô nhiễm này là hơn 300 giờ.
2. Vùng ô nhiễm nặng có diện tích 110km^2 . Số giờ ô nhiễm vượt quá 168 giờ, nồng độ dầu trong nước vùng này nhỏ hơn 10.000ppm và lớn hơn 1.000ppm .
3. Vùng ô nhiễm vừa có diện tích 50km^2 . Số giờ ô nhiễm nhỏ hơn 160 giờ, nồng độ dầu trong nước nhỏ hơn 1.000ppm và lớn hơn $0,10\text{ppm}$.
4. Vùng ô nhiễm nhẹ có diện tích khoảng 60km^2 . Số giờ ô nhiễm dưới 72 giờ và nồng độ nhỏ hơn $0,10\text{ppm}$.

Tương tự cũng có thể tính được ô nhiễm dầu trong bùn đáy.

Theo tính toán có thể chia ra các vùng theo mức độ ô nhiễm:

1. Vùng ô nhiễm rất nặng có diện tích đáy khoảng 105km^2 , trong đó nồng độ trong bùn đáy đến ngày 18 tháng X năm 1994 là hơn 10mg trong 1g bùn khô và thời gian bị ô nhiễm này là trên 300 giờ.
2. Vùng ô nhiễm nặng có diện tích đáy khoảng 115km^2 , trong đó nồng độ trong bùn cho đến ngày 18 tháng X năm 1994 lớn hơn $2,0$ nhưng bé hơn 10mg/gam bùn khô và thời gian trong 15 ngày là trên 168 giờ nhưng ít hơn 300 giờ.
3. Vùng ô nhiễm vừa có diện tích đáy khoảng 64km^2 , trong đó nồng độ trong bùn cho đến ngày 18 tháng X năm 1994 lớn hơn $0,5$ nhưng bé hơn 2mg/gam bùn khô và thời gian bị ô nhiễm trong 15 ngày này là trên 72 giờ nhưng ít hơn 168 giờ.
4. Vùng ô nhiễm nhẹ có diện tích khoảng 40km^2 , trong đó nồng độ trong bùn cho tới ngày 18 tháng X năm 1994 là nhỏ hơn $0,5$ mg dầu trong 1 gam bùn khô.

Theo đánh giá bằng mô hình cho thấy rằng nồng độ dầu trong nước và đất đáy là rất cao trong sự cố dầu ngày 03 tháng X năm 1994. Nồng độ này đủ lớn để gây ra tai họa cho môi trường, nhất là cho các loài thủy sinh vật. Do tính đặc biệt của chế độ nước nói chung và thủy triều nói riêng làm dầu lưu lại ở đáy rất lâu do đó nó có thể gây ra tác hại lâu dài cho môi trường nước.

Trong sự cố này nhiều cơ quan đã cùng tiến hành thu nhập số liệu dầu trong nước và đất đáy, gồm 41 số liệu dầu trong nước và 23 số liệu dầu trong đất. So sánh kết quả tính toán và thực đo cho thấy sự sai lệch không nhiều.

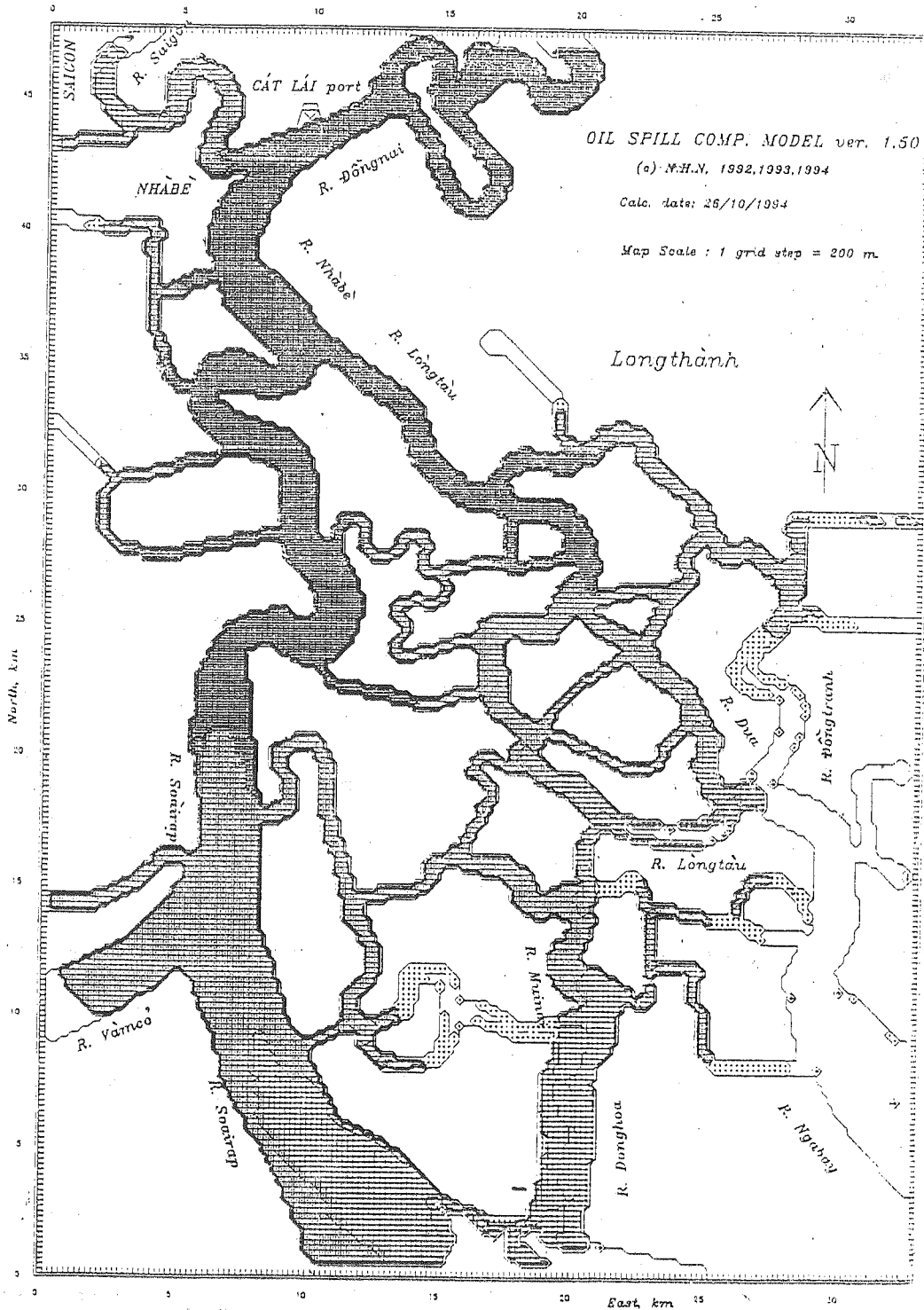
Kết quả tính toán sự cố dầu ở ngoài biển và trong sông tạo ra triển vọng tính toán dự báo sự nhiễm bẩn dầu phục vụ cho phòng chống nhiễm bẩn dầu và quy hoạch phát triển kinh tế và bảo vệ môi trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tạ Đăng Minh cùng các cộng tác viên (1995). Báo cáo tổng hợp của đề tài KT-09- 21 " Nghiên cứu đánh giá hiện trạng ô nhiễm dầu khí trên vùng biển Việt Nam và xây dựng các giải pháp kỹ thuật phòng chống ô nhiễm dầu và các sản phẩm dầu gây ra".
2. Tạ Đăng Minh, Nguyễn Hữu Nhân (1994) "Tính toán sự lan truyền nhiễm bẩn dầu trên thềm lục địa Việt Nam"(Báo cáo chuyên đề của đề tài cấp nhà nước KT- 03- 21).
3. Borthwich A.G, Jone S.A (1985). Horizontal dispersion of oil pollutant in coastal water. In " Proc of 1995 oil spill Conf ". A.P.I Washington D.C USA p.p. 322 - 331.

Regionization of Oil Pollution in the River Bottom Mud induced by Neptune Aries Oil Spill in
 Port at 13:35:00 PM, October 03, 1994 Year, After 15 days.

- | | | | |
|---|---------------------------------|---|-----------------------------------|
| ■ | The Region of Havy Oil Polluton | ○ | The Region of Light Oil Polluton |
| ▨ | The Region of Hage Oil Polluton | + | The Region of Middle Oil Polluton |



Hình 1. Phân vùng nhiễm bẩn dầu trong đất đáy 15 ngày sau sự cố