Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển T8 (2008). Số 3. Tr 18 - 29

TÍNH TÓAN SỰ CỐ TRÀN DẦU VÙNG VEN BIỂN BÌNH THUẬN

NGUYỄN KỲ PHÙNG [1], NGUYỄN THỊ BAY [2]

Tóm tắt: *Trong bài báo,các tác giả trình bày mô hình hai chiều tính toán lan truyền và phân huỷ dầu. Mô hình có tính tới quá trình loang, hoà tan, khuếch tán, phân huỷ sinh học của dầu. Mô hình được áp dụng để tính toán và mô phỏng quá trình lan truyền dầu cho vùng ven biển Bình Thuận.*

I. MỞ ĐẦU

Hiện nay, tần suất của những vụ tràn dầu ngày càng tăng làm gia tăng sự quan tâm của toàn Thế giới. Tất cả các quá trình khai thác, vận chuyển dầu, lưu thông trên sông, lạch, và các công cụ lưu trữ dầu đều là những nguồn có nguy cơ làm xuất hiện tai nạn tràn dầu. Từ năm 1988 đến năm 1991, có khoảng 28 vụ với hơn 500,000 lít dầu tràn đã xảy ra (theo NOAA 1992). Tổng thể tích của những vụ tràn dầu lớn, ngoại trừ vụ Kuwait xảy ra ở vịnh Arabian, trong cùng khoảng thời gian trên là 293,000,000 lít. Năm 1991, vụ tràn dầu Kuwait, vịnh Arabian thải ra khoảng 143 tỷ lít hay 37.8 tỷ gal (theo NOAA,1992).

Ở Việt Nam các sự cố tràn dầu đã xảy ra, chủ yếu là ở khu vực ven biển Đông Nam bộ. Đặc biệt việc dầu lan suốt bãi biển miền Trung và Nam bộ trong thời gian vừa qua là hết sức đáng quan tâm.

Những lo ngại về môi trường nảy sinh sau những vụ tràn dầu trên đã dẫn đến sự phát triển của nhiều mô hình toán mô phỏng quá trình lan truyền và biến đổi tính chất: số phận của dầu tràn . Mặc dù có hơn 50 mô hình lan truyền dầu đã được phát triển trong nhiều năm vừa qua, nhưng chỉ có một vài mô hình được phổ biến cho đến ngày nay. Những mô hình này được sử dụng để ứng phó khi xảy ra sự cố, đánh giá tác động đến môi trường, lập kế hoạch ứng phó tức thời và đào tạo cho công tác ứng phó lâu dài.

Hơn 25 năm vừa qua, các mô hình tràn dầu đã phát triển từ dạng mô hình quỹ đạo 2 chiều đơn giản cho đến các mô hình 3 chiều mô phỏng cả các quá trình lan truyền và sự biến đổi tính chất của dầu tràn. Trong suốt khoảng thời gian này, hiểu biết của

chúng ta về quá trình chuyển tải và số phận của hạt dầu đã phát triển về căn bản. Mục đích cuả các mô hình này rất khác nhau. Một vài mô hình được phát triển phục vụ dự báo cho các chiến thuật ứng phó tức thời, giúp ta ra quyết định cho công tác ngăn chặn, kiểm soát và làm sạch dầu tràn do sự cố. Một số mô hình khác được phát triển với mục đích hướng tới việc đánh giá tác hại lâu dài lên môi trường. Bài báo này đưa ra kết quả tính tóan sự cố tràn dầu bằng mô hình 2 chiều do nhóm tác giả xây dựng và đã được áp dụng tại 1 số khu vực tại vùng biển Bình Thuận.

II. CƠ SỞ KHOA HỌC VÀ THỰC TẾ THIẾT LẬP MÔ HÌNH

Thực tế đặt ra vấn đề cần giải quyết ngay là: nếu dầu bị tràn ra thì nó sẽ lan truyền như thế nào để có phương thức đối phó kịp thời và hữu hiệu. Và hơn nữa, các dự báo khoa học về hiện tượng này sẽ góp phần không nhỏ cho công tác quy hoạch và bảo vệ môi trường. Đối tượng của các nghiên cứu triển khai mô tả trong phần này là qui luật lan truyền dầu do sự cố tràn dầu trên vùng biển Bình Thuận.

Mục tiêu cuối cùng cần đạt được là giải quyết vấn đề dự báo vết dầu loang vùng ven biển Bình Thuận . Trong phần này , chúng t`ôi mô tả phương pháp và đưa ra mô hình toán nhằm dự báo hiện tượng lan truyền dầu do sự cố trong vùng xây dựng dự án ở Bình Thuận .

Sự lan truyền dầu trên biển là quá trình phức tạp. Điều kiện vật lý cụ thể như : đường bờ, lòng dẫn, gió, dòng chảy, thuỷ triều, lượng dầu tràn, vị trí tràn dầu và loại dầu tràn ...là các yếu tố quyết định sự lạn truyền vết dầu. Nhiệm vụ đặt ra là:

- Chọn mô hình toán và phương pháp giải có chất lượng tương thích với chất lượng cơ sở dữ liệu thực tế hiện có, các tiến bộ trong nghiên cứu cơ bản đã đạt được ứng với các phương tiện tính toán hiện nay.

- Số liệu nhập cho mô hình dự báo phải tương ứng với khả năng hiện nay của các hệ thống các dịch vụ ngành Khí tượng thuỷ văn và theo đúng chuẩn mực của Việt Nam để đảm bảo tính thực thi.

Mô hình lan truyền dầu: bao gồm các môđun chính là mô hình thủy lực và mô hình khuyếch tán.

III. MÔ HÌNH THỦY LỰC

1. Các phương trình cơ bản:

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}-fv+g\frac{\partial \varepsilon}{\partial x}+gu\frac{\sqrt{u^2+v^2}}{(h+\varepsilon)C^2}-\frac{\tau_x}{\rho(h+\varepsilon)}=0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+fu+g\frac{\partial \varepsilon}{\partial y}+gv\frac{\sqrt{u^2+v^2}}{(h+\varepsilon)C^2}-\frac{\tau_y}{\rho(h+\varepsilon)}=0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(h+\varepsilon)u+\frac{\partial}{\partial y}(h+\varepsilon)v=0 \quad (3)$$

Trong đó:

u,v: vận tốc dòng chảy theo phương x, y. [m/s], t: thời gian [s].

f: thamsố Coriolis [1/s],f= $2\omega\sin\varphi$; φ :vĩ độ địa lý; ω :vận tốc quay của trái đất [rad/s].

g: gia tốc trọng trường [m/s^2]; ε: dao động mực nước [m]; h: độ sâu [m].

τ_x, τ_y: ứng suất tiếp tuyến gió theo phương x, y.[N/m^2]

$\tau_x = C_{10} * \rho_a * |W| * W_x$; $\tau_y = C_{10} * \rho_a * |W| * W_y$; $C_{10} = (0.075 + 0.065 * W) * 10^{-3}$

W : vận tốc gió [m/s]; ρ_a =1.3 [kg/m^3];

W_x : vận tốc gió theo phương x; W_y : vận tốc gió theo phương y.

2. Điều kiện ban đầu của bài toán:

Ở thời điểm ban đầu t=0 :V=0, U=0, ε =0.

3. Điều kiện biên bài toán:

a. Điều kiện biên rắn

Tại biên rắn: $u_n = 0$ với u_n - thành phần vận tốc pháp tuyến.

b. Điều kiện biên lỏng

- Tính toán dòng chảy do triều: điều kiện tại biên lỏng cho dưới dạng dao động mực nước triều .

- Tính toán dòng chảy do gió: cho trường vận tốc gió thực đo.

Và dòng chảy tổng hợp là dòng chảy bao gồm dòng chảy gió và dòng chảy triều.

4. Thuật toán giải

Hệ phương trình trên được giải bằng phương pháp sai phân luân hướng. Ở nửa bước thời gian đầu tiến hành sai phân ẩn các biến theo phương x, và giải hiện cho các biến theo phương y. Đến nửa bước thời gian sau thì làm ngược lại, nghĩa là sai phân ẩn các biến theo phương y và giải hiện cho các biến theo phương x.

IV. MÔ HÌNH LAN TRUYỀN DẦU

1. Phương trình mô phỏng quy luật lan truyền dầu:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u\frac{\partial C}{\partial x} + v\frac{\partial C}{\partial y} = k_x\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + k_y\frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + F_c' + \frac{Q}{V} \qquad (4)$$

Trong đó :

u,v : thành phần vận tốc theo trục x, trục y [m/s]

C : hàm lượng dầu [kg/m^3]; K_x,K_y : hệ số khuyếch tán rối ngang [m^2/s]

F_c' : các thành phần tham gia làm thay đổi nồng độ chất như bốc hơi, lắng đọng, phân huỷ...

Q : nguồn thải [kg/s]; V : thể tích dầu [m^3]

2. Điều kiện ban đầu:

$C(x,y,0)=C_0(x,y)$.

3. Điều kiện biên:

Điều kiện biên cho phương trình (4) ràng buộc như sau:

a) Trên các điểm biên rắn: $\frac{\partial C}{\partial n} = 0$

b) Trên các điểm biên lỏng:

- $C=C_s(t)$ khi nước chảy vào miền tính, t>0, C_s là nồng độ dầu lớp mặt trên biên lỏng.
- $\frac{\partial C}{\partial n} = 0$ khi nước chảy ra khỏi miền tính ,t>0,

Xem xét vế phải F_c của phương trình (4)

Gọi Q là tổng thể tích dầu tràn ra. Q được tách ra làm N phần tử thể tích Q_n thứ tự tràn ra vùng tính trong khoảng thời gian T. Ngoài quá trình tải và tán xạ, số phận của mỗi phần tử dầu còn phụ thuộc vào các quá trình như: công suất tràn dầu từ nguồn ra, sự loang dầu, sự bốc hơi, sự nhũ tương, sự phân rã sinh –hoá, sự lắng đọng, sự tương tác với bờ sông...

F_c là đại lượng được hình thành do tác động đồng thời của các quá trình đó trong một đơn vị thời gian.

Quá trình loang dầu vô cùng phức tạp. Nhiều hiệu ứng vật lý, hoá học và cơ học được tham số hoá qua các công thức thực nghiệm.

Hầu hết các quá trình tương tác giữa các hạt dầu với môi trường đều dẫn đến sự suy giảm hàm lượng dầu trong nước sau khi nó tràn ra , trừ quá trình nhủ tương dầu. Tuy nhiên việc xác định chính xác sự suy giảm này là một vấn đề rất khó. Điều này còn có nghĩa là, khi bỏ qua các tương tác này, kết quả dự báo theo mô hình trên sẽ cho chúng ta bức tranh lan truyền dầu xấu nhất. Đối với bài toán về quản lý môi trường, đây là một kịch bản dự báo rất cần thiết vì chúng ta cần một hệ số an toàn cao cho vấn đề bảo vệ môi trường.

Ta tiếp tục sử dụng sơ đồ tính ở phần tính dòng chảy với cách bố trí u,v, ε như cũ và nồng độ C được đặt trùng với các nút chẵn (i,j). Sử dụng sơ đồ ẩn luân hướng để giải.

4. Cơ sở dữ liệu nhập

Để thực hiện một dự báo sự lan truyền dầu , mô hình đòi hỏi người dùng nhập các dữ liệu về dầu tràn và điều kiện môi trường khi dầu tràn và các ngày dự báo sau đó.

Đối với mỗi điểm dầu tràn, cần nhập vào các số liệu như sau:

- Vị trí xảy ra sự cố tràn dầu;
- Thời gian kéo theo sự cố tràn dầu;
- Thời điểm bắt đầu tràn;
- Số lượng dầu tràn ra sông;
- Tỷ trọng dầu gốc;
- Độ nhớt dầu gốc;

- Nhiệt độ sôi dầu gốc;
- Tỷ số phân tử lượng thành phần dầu bốc hơi và không bốc hơi;
- Sức căng mặt ngoài dầu gốc;
- Tỷ lệ thành phần bốc hơi cực đại;
- Chu kỳ bán phân huỷ sinh-hoá;
- Địa hình vùng nghiên cứu;
- Kích thước mạng lưới phủ nút;
- Cơ sở dữ liệu về triều; gió...

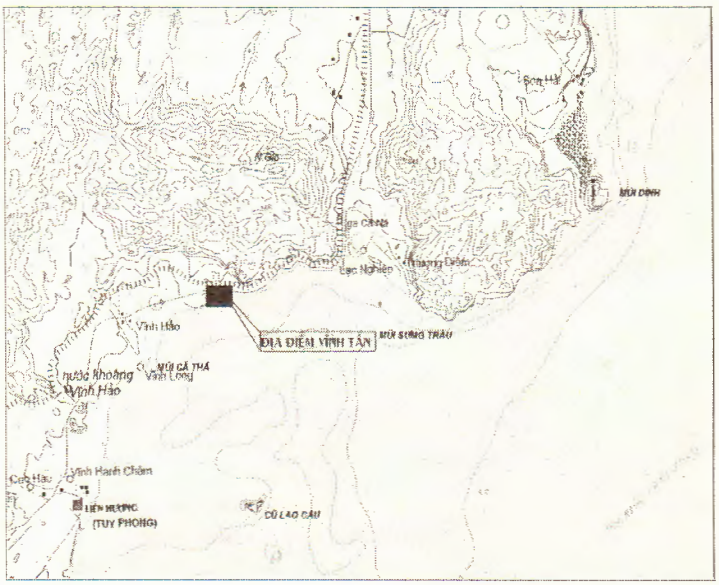
Và một số các thông số khác, ví dụ: hệ số phân tán, hệ số nhám,....

V. ỨNG DỤNG MÔ HÌNH CHO KHU VỰCVEN BIỂN BÌNH THUẬN :

Mô hình tính được áp dụng cho vùng ven biển khu vực Vĩnh Tân, nơi dự kiến xây dựng nhà máy nhiệt điện (hình 1).

1. Các đặc điểm khí tượng thuỷ văn vùng Vĩnh Tân

Vị trí này chưa có đầy đủ các dữ liệu Hải dương học. Đặc trưng thuỷ triều khu vực nhà máy bị ảnh hưởng trực tiếp bởi những đợt thủy triều ở khu vực. Tại đây có những đợt bán nhật triều và những nhật triều với những đợt sóng lớn nhất lên đến khoảng 2.00m. Nhật triều xảy ra khoảng 18-20 ngày mỗi tháng, nó xảy ra thường xuyên hơn bán nhật triều. Mực nước triều cao nhất từ 1,5-2 m và thấp nhất là 0,5 m.



Hình 1. Vị trí vùng tính

Mực nước triều cao nhất được xác định dựa vào những phân tích từ trạm quan trắc thuỷ văn Bình Thuận - Ninh Thuận và những dữ liệu thực tế của trạm đảo Phú Quý, Nha Trang và Bà Rịa- Vũng Tàu và theo đó mức thuỷ triều được đưa ra dưới đây:

Mực nước triều cao nhất: +1.05m

Mực nước triều thấp nhất: -1.40m

Mực nước triều trung bình(P=50%):+0.10m

Khu vực này cũng thường hay gặp những cơn lốc xoáy và những áp thấp nhiệt đới. Dưới tác động của những cơn gió và những cơn sóng dâng lên biển gây ra những cơn bão. Sóng cũng có thể làm cho vỡ đê, gây ra lũ lụt và mang đến những thiệt hại cho dân địa phương

2. Lưới tính và các thông số đầu vào

Lưới tính được chia thành 652 ô theo phương x, và 395 theo phương y. Bước tính theo không gian $\Delta x = \Delta y = 30m$. Gió Đông Bắc và Tây Nam là 2 trường gió chính được đưa vào mô hình tính. Hệ số phân hủy được lấy bằng 0.5 10^{-7} /giây, hệ số rối ngang được lấy bằng $10m^{-2}$/giây. Giả sử có 1 tàu chở dầu xảy ra sự cố và bị chảy ra lượng dầu DO là 500 tấn. Lượng dầu chảy ra trong vòng 6 giờ. Chúng ta sẽ xem xét quá trình lan truyền dầu xảy ra như thế nào.

Địa hình vùng tính được trình bày như hình 2 . Đây là địa hình đã dự kiến nạo vét để dẫn tàu chở than vào.

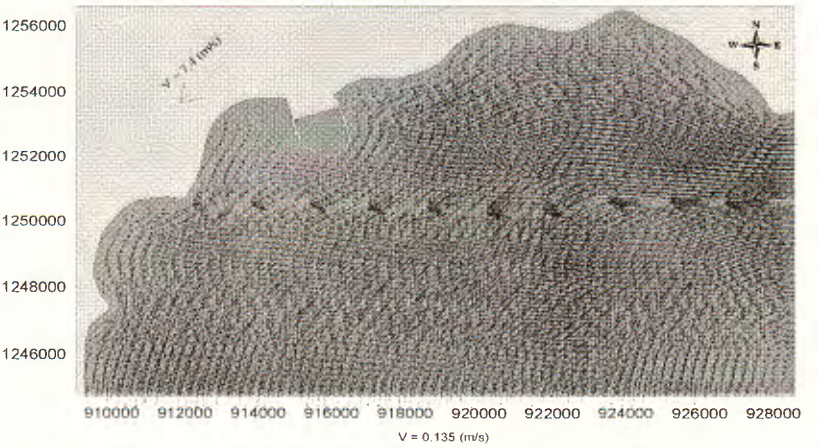
Hình 2. Bản đồ địa hình khu vực tính toán (khi đã có công trình cảng)

Hình 3: Bản đồ 3D địa hình đáy khu vực nghiên cứu khi nạo vét và có cảng, nhìn từ phía Nam lê

3. Kết quả và nhận xét:

a. Trong trường hợp gió mùa Đông Bắc:

Do bài báo bị giới hạn. chúng tôi không đi sâu phân tích chế độ dòng chảy ở đây mà tập trung đi sâu vào quá trình lan truyền chất ô nhiễm khi có sự cố.



Hình 4. Phân bố dòng chảy sau 3 ngày 12 giờ tính, gió Đông Bắc

Trên hình 5, 6, 7, 8, 9, 10 lần lượt biểu diễn vết loang dầu (nồng độ, g/lít) theo thời gian.

- ***Sau khi xảy ra sự cố 12 giờ:*** nồng độ lớn nhất đạt 0.5 g/l. Bán kính ô nhiễm đến nồng độ 0.1g/l khoảng 500m. Dưới ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc nên dòng chảy sẽ chảy theo hướng lệch với hướng Tây Nam về bên phải khoảng 15-25 độ, kéo theo vệt dầu cũng có hướng lan truyền là hướng Tây Nam (Hình 6,7,8)

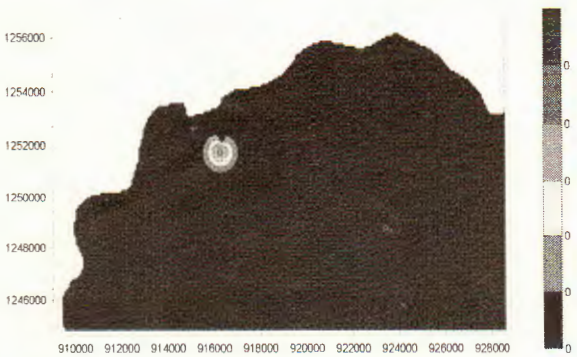
- ***Sau khi xảy ra sự cố 24 giờ:*** nồng độ ô nhiễm lớn nhất còn 0.2 g/l, lúc này bán kính ô nhiễm đến nồng độ 0.05 g/l khoảng 1000m. Hướng lan truyền đã chuyển thành hướng Nam.

- ***Sau khi xảy ra sự cố 36 giờ:*** nồng độ lớn nhất đạt 0.12 g/l. Vùng ô nhiễm đến mức 0.02 g/l khá lớn. Hướng lan truyền chuyển sang hướng Tây – Tây Nam

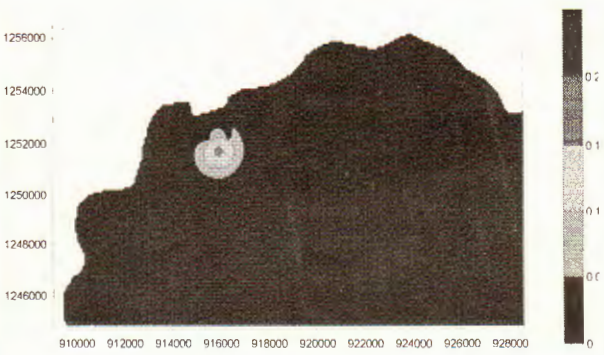
- ***Sau khi xảy ra sự cố 48 giờ:*** nồng độ ô nhiễm cực đại còn 0.09 g/l. Tâm ô nhiễm dịch chuyển một ít sang phía Tây. Vùng bị ô nhiễm tiếp tục mở rộng. Bán kính vùng ô nhiễm lên đến 2km. Vệt dầu bắt đầu kéo dài theo hướng Tây Nam

- ***Sau khi xảy ra sự cố 60 giờ:*** nồng độ lớn nhất còn 0.07 g/l. Tâm ô nhiễm dịch chuyển khá chậm theo hướng Tây Nam, cách vị trí ban đầu khoảng 1km

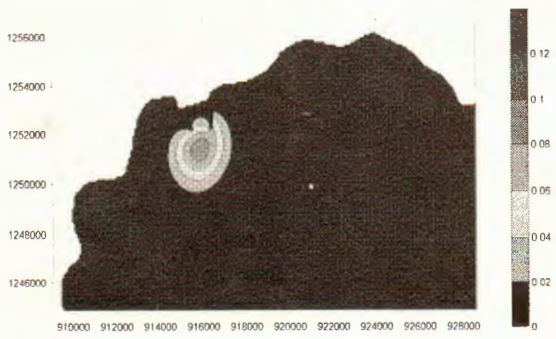
- ***Sau khi xảy ra sự cố 72 giờ:*** nồng độ ô nhiễm là 0.06 g/l. Vùng ô nhiễm tiếp tục mở rộng về phía Tây Nam.



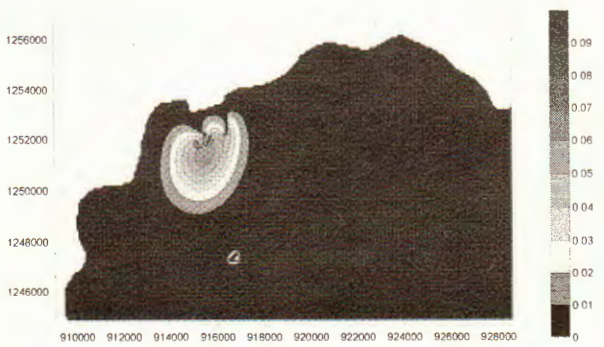
Hình 5: Phân bố nồng độ vết dầu loang (g/l) sau 12h xảy ra sự cố



Hình 6: Phân bố nồng độ vết dầu loang (g/l) sau 24h xảy ra sự cố.



Hình 7: Phân bố nồng độ vết dầu loang (g/l) sau 36h xảy ra sự cố.



Hình 8: Phân bố nồng độ vết dầu loang (g/l) sau 48h xảy ra sự cố.

Như vậy, trong trường hợp có gió mùa Đông Bắc, vệt dầu sẽ lan truyền theo hướng Tây Nam. Vùng cảng vì có xây kè chống sóng và vì kè ở phía Bắc nhô ra hơn so với kè ở phía Nam cho nên vệt dầu sẽ trượt ra ngoài vùng cảng, không ảnh hưởng nhiều đến chất lượng nước khu vực trong cảng. Tuy nhiên sau 72 giờ, đường kính vết dầu loang tương đối lớn, rộng hơn 5km, do đó cần có phương án ứng phó kịp thời để giảm thiệt hại cho môi trường .

Hình 9: Phân bố nồng độ vết dầu loang (g/l) sau 60h xảy ra sự cố.

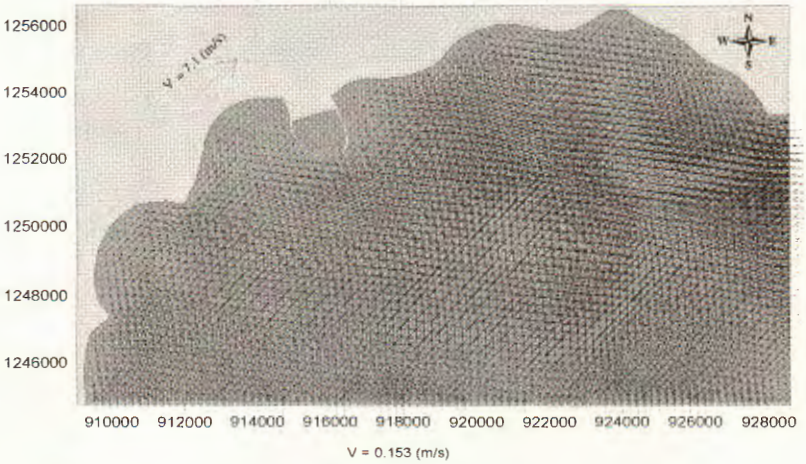
Hình 10: Phân bố nồng độ vết dầu loang (g/l) sau 72h xảy ra sự cố.

b. Trong trường hợp gió mùa Tây Nam:

Từ hình 12 -17 là nồng độ vết loang dầu theo thời gian theo thứ tự từ sau 12 giờ đến 72 giờ.

- **Sau khi xảy ra sự cố 12 giờ**, nồng độ ô nhiễm lớn nhất đạt 0.5 g/l. Vệt dầu đã lan khá xa theo hướng Đông với khoảng cách 2km.

- **Sau 24 giờ**, nồng độ lớn nhất còn 0.2 g/l. Vùng ô nhiễm đã lan truyền xa theo hướng dòng chảy. Vệt lan truyền có dạng dài và dẹt.

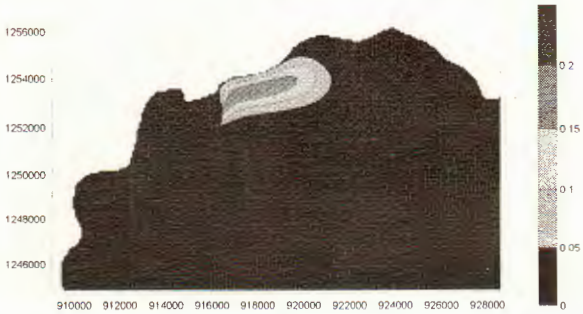


Hình 11. Phân bố dòng chảy sau 5 ngày tính, gió Tây Nam

• **Sau 36 giờ,** nồng độ ô nhiễm lớn nhất còn 0.1 g/l. Lúc này vùng ô nhiễm gần như đã bao trọn khu vực trung tâm phía Bắc. Tâm ô nhiễm đã dời khá xa so với vị trí ban đầu, cách nơi xảy ra sự cố gần 8km.

Chúng ta thấy, dưới ảnh hưởng của gió mùa Tây Nam, nếu có xảy ra sự cố tràn dầu thì hoàn toàn bất lợi. Do có kè và dưới tác động của dòng chảy, vệt dầu sẽ không lan truyền vào vùng cảng nhưng nó sẽ làm ô nhiễm toàn bộ vùng ven bờ phía Bắc của dự án và chắc chắn sẽ gây thiệt hại rất lớn cho môi trường biển và sinh vật vùng này.

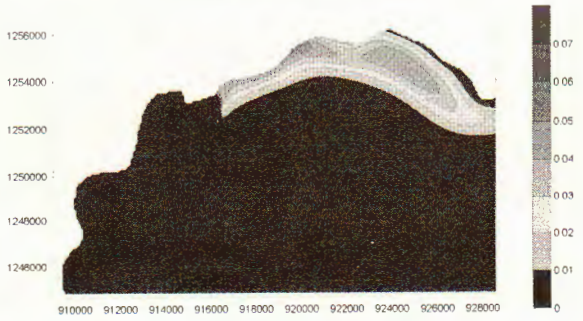
Hình 12: Phân bố nồng độ vết dầu loang (g/l) sau 12h xảy ra sự cố.



Hình 13: Phân bố nồng độ vết dầu loang (g/l) sau 24h xảy ra sự cố.

Hình 14: Phân bố nồng độ vết dầu loang (g/l) sau 36h xảy ra sự cố.

Hình 15: Phân bố nồng độ vết dầu loang (g/l) sau 48h xảy ra sự cố.



Hình 16: Phân bố nồng độ vết dầu loang (g/l) sau 60h xảy ra sự cố.

Hình 17: Phân bố nồng độ vết dầu loang (g/l) sau 72h xảy ra sự cố.

VI. KẾT LUẬN

Trong khuôn khổ bài báo, nhóm tác giả đã đưa ra mô hình tính tóan lan truyền dầu và các kịch bản ứng với gió mùa Đông Bắc và gió mùa Tây Nam. Kết quả tính toán cho thấy nếu sự cố tràn dầu xảy ra trong thời kỳ gió mùa Tây Nam hoạt động thì sẽ ảnh hưởng rất lớn đến hệ sinh thái vùng ven bờ khu vực này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **ASCE Task Committee on Modeling of Oil Spills of the Water Resouce Engineer Division (1996),** "State-of-the-art review of modeling transport of oil spills", Journal of Hydraulic Engineering, New York.
2. **Danial Apai (2001),** Oil Spill fate and trajectory modelling in Cockburn Sound, Honours Thesis for Bachelor of Engineering, Australia
3. **Báo cáo ĐTM dự án xây dựng nhà máy nhiệt điện tại xã Vĩnh Tân, Bình Thuận. VESDEC, 06/2007.**
4. **ASCE Task Committee on Modeling of Oil Spills of the Water Resouce Engineer Division (1996),** "State-of-the-art review of modeling transport of oil spills", Journal of Hydraulic Engineering, New York.
5. **Danial Apai (2001),** Oil Spill fate and trajectory modelling in Cockburn Sound, Honours Thesis for Bachelor of Engineering, Australia.

THE COMPUTATION OF THE OIL SPREADING IN THE BINH THUAN COASTAL ZONE

NGUYEN KY PHUNG [1], NGUYEN THI BAY [2]

Summarry: *In this paper, the authors present the 2D numerical model to simulate the currents by tide and by wind and the spreading, disintegration of the oil stain. In the model, the evaporation, dissolution, emulsion and diffusion processes are calculated . The model is applied to simulate the oil spreading process in the Binh Thuan coastal zone.*

Ngày nhận bài: 08 - 10 - 2007

Người nhận xét: PGS.TS. Nguyễn Mạnh Hùng

Địa chỉ: (1) Đại học KHTN, Đại Học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh.
(2) Đại học Bách Khoa, Đại Học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh.