

Mô phỏng quá trình lan truyền dầu khi xảy ra sự cố tràn dầu tại khu vực ven biển Hải Phòng

CN. Vũ Duy Vĩnh
Viện Tài nguyên và Môi trường biển

Tóm tắt

Rất gần di sản thiên nhiên thế giới vịnh Hạ Long và khu dự trữ sinh quyển thế giới Cát Bà, khu vực cửa sông ven biển Hải Phòng là nơi có tính đa dạng sinh học cao với các hệ sinh thái biển nhiệt đới điển hình như: rừng ngập mặn, cỏ biển, hệ sinh vùng triều... Nơi đây cũng có cảng Hải Phòng - cửa ngõ ra biển của các tỉnh phía Bắc và là cảng biển lớn thứ hai ở Việt Nam. Trong những năm gần đây, cùng với sự phát triển kinh tế xã hội của đất nước, sản lượng hàng hoá thông qua cảng Hải Phòng hàng năm cũng không ngừng tăng lên. Theo đó là sự tăng lên về mật độ của các phương tiện giao thông thuỷ, trong đó có các tàu chở dầu. Nếu xảy ra sự cố tràn dầu do các tàu chở dầu này gây ra chắc chắn sẽ có những tác động rất lớn đến môi trường sinh thái và tài nguyên sinh vật biển của khu vực. Để đánh giá phạm vi ảnh hưởng của dầu tràn ra khu vực cửa sông Bạch Đằng sau khi xảy ra sự cố tràn dầu, tác giả đã áp dụng mô hình toán học mô phỏng sự lan truyền và biến đổi của vệt dầu trong các trường hợp xảy ra sự cố tràn dầu giả định vào mùa mưa (8/2006) và mùa khô (3/2007). Các kết quả mô phỏng tính toán cho thấy ảnh hưởng do dầu tràn đến khu vực này phụ thuộc nhiều vào các yếu tố như thời gian xảy ra sự cố, vị trí, tính chất loại dầu tràn và đặc điểm điều kiện thời tiết của khu vực. Ở khu vực cửa sông Bạch Đằng, nếu xảy ra sự cố tràn dầu vào thời điểm triều lên sẽ có ảnh hưởng lớn hơn khi xảy ra sự cố vào thời điểm triều xuống.

1. Mở đầu

Sử dụng các công cụ toán học để đánh giá dự báo sự lan truyền dầu khi xảy ra sự cố tràn dầu là một trong những phương pháp hữu hiệu góp phần xây dựng các phương án ứng cứu sự cố tràn dầu [12]. Với sự phát triển mạnh mẽ của các công cụ tính toán trong thời gian gần đây, phương pháp ứng dụng mô hình toán để mô phỏng dầu tràn khi xảy ra sự cố ngày càng được sử dụng rộng rãi [1, 2, 17, 18, 19, 20].

Vùng ven biển Hải Phòng là nơi có tính đa dạng sinh học cao với các hệ sinh thái biển nhiệt đới điển hình như: rừng ngập mặn, cỏ biển, hệ sinh vùng triều... Nơi đây cũng có cảng Hải Phòng - cửa ngõ ra biển của các tỉnh phía Bắc và cảng biển lớn thứ hai ở Việt Nam. Trong những năm gần đây cùng với sự phát triển kinh tế xã hội của đất nước, sản lượng hàng hoá thông qua cảng Hải Phòng hàng năm cũng không ngừng tăng lên. Theo đó là sự tăng lên về mật độ của các phương tiện giao thông thuỷ, trong đó có các tàu chở dầu. Nếu xảy ra sự cố tràn dầu do các tàu chở dầu này gây ra chắc chắn sẽ có những tác động lớn đến môi trường sinh thái và tài nguyên sinh vật biển của khu vực. Để đánh giá phạm vi ảnh hưởng của dầu tràn ra khu vực cửa sông Bạch Đằng sau khi xảy ra sự cố tràn dầu, một

mô hình toán học đã được áp dụng để mô phỏng sự lan truyền và biến đổi của vệt dầu theo không gian trong các trường hợp xảy ra sự cố tràn dầu giả định vào mùa mưa (8/2006) và mùa khô (3/2007) ở hai vị trí: cửa Bạch Đằng và cửa Lạch Huyện.

2. Tài liệu và phương pháp

2.1. Tài liệu

Các tài liệu chính được sử dụng bao gồm:

- Các tài liệu về địa hình của khu vực cửa sông ven biển Hải Phòng: độ sâu và đường bờ trong các định dạng số của cơ sở dữ liệu GIS (trong Arcview).
- Các tài liệu về thủy văn sông của các sông chính ảnh hưởng đến khu vực này: Bạch Đằng, Cấm, Lạch Tray, Văn Úc, Thái Bình.
- Các tài liệu về điều kiện khí tượng: nhiệt độ không khí, độ ẩm tương đối, bức xạ mặt trời, vận tốc và hướng gió.
- Các tài liệu về điều kiện hải văn của khu vực: dao động mực nước, độ muối, nhiệt độ nước, độ cao và hướng sóng.

2.2. Phương pháp

Phương pháp chính để thực hiện việc mô phỏng quá trình tràn dầu khi xảy ra sự cố là sử dụng các mô hình toán học. Trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng 2 loại mô hình toán học: mô hình thủy động lực và mô hình tràn dầu. Đây là 2 module trong bộ mô hình Delft3D do Viện Thủy lực Delft của Hà Lan nghiên cứu phát triển.

- Mô hình thủy động lực được thiết lập theo các kịch bản khác nhau để mô phỏng điều kiện thủy động lực của khu vực.
- Trên cơ sở các kết quả của mô hình thủy động lực, mô hình tràn dầu theo các kịch bản khác nhau ở khu vực này sẽ được thiết lập.

3. Mô hình lan truyền dầu

3.1. Mô hình Delft3D

Delft3d là bộ phần mềm chuyên dụng được xây dựng và phát triển bởi Viện Thủy lực Delft, Hà Lan. Phần mềm này có khả năng tính toán - mô phỏng 2 hoặc 3 chiều các quá trình thủy động lực và chất lượng nước ở các vùng cửa sông - ven bờ biển [22]. Hiện nay mô hình này đã được áp dụng rộng rãi do nó có khả năng sử dụng các hệ lưới tính khác nhau như: hệ thống lưới cầu, hệ thống lưới chữ nhật và lưới cong trực giao.

Bộ phần mềm Delft3D gồm những module chính: Delft3d-Flow (thủy động lực), Delft-Waq (chất lượng nước), Delft3d-Part (chất ô nhiễm), Delft3d-Eco (sinh thái), Delft3d-Sed (trầm tích), Delft3d-Chem (hóa học) và Delft3d-Mor (hình thái đáy), ngoài ra còn có thêm một số công cụ hỗ trợ khác.

3.2. Mô hình lan truyền dầu

Mô hình tràn dầu nằm trong module Delft3d - Part. Đây là một mô hình chất lượng nước mô tả sự di chuyển, phân bố và biến đổi của vật chất (dầu, độ muối, nhiệt độ, nước thải) đưa vào thủy vực từ một nguồn liên tục (hoặc tại một thời điểm bất kỳ) [22].

Sau khi sự cố tràn dầu xảy ra sẽ diễn ra các quá trình chuyển hoá dầu sang các trạng thái khác nhau. Để mô phỏng sự lan truyền dầu khi xảy ra sự cố tràn dầu, mô hình toán học được xây dựng tập trung chủ yếu vào các quá trình vận chuyển, lan truyền, khuếch tán và bốc hơi của dầu. Sự vận chuyển có thể được mô phỏng 2 hoặc 3 chiều. Dầu có thể trôi nổi trên bề mặt nước, có thể được vận chuyển trong cột nước như quá trình lan truyền. Sự

lan truyền dầu có liên quan đến chuyển động sóng (do gió gây ra) theo công thức của Delvigne [4]. Sự bốc hơi là bậc một của quá trình tiêu hao dầu.

Nguồn phát tán dầu từ điểm xảy ra sự cố đến các khu vực xung quanh nó có thể liên tục hoặc tức thời ra xung quanh. Bán kính của nguồn *phát tán* có thể được xác định theo công thức của Fay và Hoult [7]:

$$R_0 = \frac{k_2^2}{k_1} \left(\frac{V_0^5 g \left(\frac{\rho_w - \rho_0}{\rho_w} \right)}{v_w^2} \right)^{1/12} \quad (1)$$

Trong đó: V_0 - thể tích ban đầu của dầu tràn (m^3); ρ_w - tỷ trọng của dầu (kg/m^3); ρ_0 - tỷ trọng của nước (kg/m^3); g - hằng số hấp dẫn (m/s^2); v_w : độ nhớt của nước; k_1, k_2 : hằng số Fay. Trong phương trình (1), những dữ liệu ban đầu cần xác định là thể tích dầu tràn ban đầu V_0 và tỷ trọng riêng ban đầu của dầu ρ_0 .

Sự bốc hơi được giả thiết là bậc một của các quá trình tiêu hao dầu. Ví dụ, Reed [16] trong mô hình của mình đã sử dụng một hệ số chuyển đổi để đặc trưng cho sự bay hơi của dầu. Giả thiết rằng lượng dầu có thể bốc hơi F_{vol} là bậc một của quá trình (ví dụ hàm mũ):

$$\frac{dF_v}{dt} = - \left(\frac{F_{vol} - F_v}{1 - F_v} \right) k \quad (2)$$

F_v - lượng dầu bốc hơi thực tế; k - hệ số

Trong phương trình (2), nếu $F_{vol} - F_v$ nhỏ hơn 0 thì lượng bốc hơi được cho là bằng 0. Độ nhớt của dầu sẽ thay đổi do kết quả của sự bốc hơi. Sự thay đổi độ nhớt của dầu do quá trình bốc hơi được biểu diễn như sau:

$$\eta = \eta_0 e^{(C_v F_v)} \quad (3)$$

Giả thiết rằng tỷ trọng dầu không biến đổi nhiều trong quá trình mô phỏng, thì phương trình (3) có thể biểu diễn cho độ nhớt động học. Theo Reed, giá trị C_v tương đương với 1 cho xăng, dầu hỏa, dầu diesel và 10 cho các sản phẩm dầu khác. Trong mô hình lan truyền dầu của Delft: $C = 1$ được dùng cho dầu nhẹ (độ nhớt động học nhỏ hơn 500cSt) và $C = 10$ cho dầu nặng (độ nhớt động học lớn hơn 500cSt).

Tốc độ *lan truyền* của dầu tràn phụ thuộc vào năng lượng sóng bị tiêu tán từng phần và kiểu dầu. Theo Delvigne và Sweeny [5]; NOAA [15], Delvigne và Hulsen [6], tốc độ lan truyền của dầu $Q(kg/m^2/s)$ có thể được xác định như sau:

$$Q = \int_{d_{\min}}^{d_{\max}} Q(d) dd \quad (4)$$

$$Q(d) = C'' D_e^{0,7} F_{wc} N(d) d^3; N(d) = N_0 d^{-2,3};$$

$$D_e = 0,0034 \rho_w g H_0 / \sqrt{2}$$

$$H_0 = \frac{0,234 U_w^2}{g}; F_{wc} = \frac{f_w}{t_p}; t_p = 8,13 U_w / g;$$

$$f_w = \max(0,0; 0,032(U_w - 5,0))$$

Trong đó: $Q(d)$ - tốc độ lan truyền trên một đơn vị đường kính giọt dầu của giọt dầu đường kính d (kg/m²/s); d - đường kính giọt dầu; $d_{\min}$ - đường kính giọt dầu nhỏ nhất (m); $d_{\max}$ - đường kính giọt dầu lớn nhất (m); C'' - hằng số hiệu chỉnh (phụ thuộc vào từng loại dầu); $N(d)$ - hàm phân bố kích thước phần tử dầu; N_0 - hằng số tiêu chuẩn của hàm phân bố kích thước phần tử dầu; D_e - tiêu hao của năng lượng sóng trên một đơn vị diện tích bề mặt (J/m²); F_{wc} - số sóng đổ trên một chu kỳ sóng; t_p - chu kỳ sóng cực đại (s); U_w - vận tốc gió (m/s); f_w - phần biến được bao phủ bởi sóng bạc đầu.

Theo công thức tính toán của Holthuijsen và Herbers [11] với tốc độ gió ban đầu gây ra sóng bạc đầu là 5m/s. Kích thước đường kính giọt dầu nhỏ nhất có thể được lấy xấp xỉ bằng 0. Do vậy điều quan trọng là xác định các tham số như $d_{\max}$, N_0 và hằng số hiệu chỉnh C'' .

Theo NOAA [15], sau khi trở lại mặt nước, $d_{\max}$ có thể đạt tương đương 70 microns. Một cách tương đối, có thể giả thiết rằng sau mỗi trạng thái phân bố sóng đổ, sự trở lại mặt nước của phần tử dầu là do sự nổi lên. Định nghĩa cho hằng số hiệu chỉnh C_0 có thể biểu diễn qua tốc độ lan truyền Q :

$$Q = 5,08 \cdot 10^{-8} C_0 S_{cov} D_e^{0,57} F_{wc} \quad (5)$$

Trong đó: Q - tốc độ lan truyền dầu (kg/m²/s); C_0 - hằng số dầu (oil constant); S_{cov} - phần bề mặt biển bao phủ bởi dầu; D_e - năng lượng sóng tiêu tán trên một đơn vị diện tích mặt biển (J/m²); F_{wc} - số sóng đổ trên một chu kỳ sóng (-).

Tham số hiệu chỉnh C_0 phụ thuộc vào kiểu dầu khác nhau, với loại dầu có độ nhớt cao, sự lan truyền mạnh ở vận tốc gió 10m/s, ngược lại với loại dầu có độ nhớt thấp hơn. Hằng số C_0 có thể được ước lượng như sau: $C_0 = 2000$ cho dầu với độ nhớt tiêu chuẩn = 8cSt (ở 20°C); $C_0 = 50$ cho dầu nặng với độ nhớt tiêu chuẩn = 3000cSt (ở 20°C).

Sự kết keo của dầu thành dạng kem, trôi nổi, dạng sền sệt. Quá trình này phụ thuộc vào thành phần của dầu. Sự

hình thành keo dầu có thể 10 - 100 giờ [21]. Quá trình hình thành keo của dầu bản thân nó diễn ra tương đối nhanh, khoảng 0,1 - 3 giờ [10]. Sự kết keo là quá trình gần như không thuận nghịch [21] và làm cho chất lỏng trở nên nặng hơn, ở trạng thái nửa rắn với độ nhớt cao [9]. Độ nhớt có thể cao như ở 4.10⁶cP [3].

Trong mô hình tràn dầu, quá trình kết keo có thể được biểu diễn theo công thức của Mackay [14], Zagorski và Mackay [23]. Trong đó, tốc độ hấp thụ nước F_{wc} có thể được biểu diễn:

$$F_{wc} = C_1 (U_w + 1)^2 \left(1 - \frac{F_{wc}}{C_2} \right) \quad (6)$$

Trong đó: U_w - tốc độ gió; F_{wc} - lượng nước chứa; C_1 , C_2 - các tham số của mô hình. C_1 có giá trị là 2.10⁻⁶ cho sự kết keo dầu và 0 cho trường hợp khác. Trong khi C_2 là một hằng số thể hiện lượng nước lớn nhất (có giá trị 0,25 cho dầu hoả, 0,7 cho dầu thô và dầu nặng khác [17]. Theo một số xuất bản khác, lượng nước lớn nhất có thể hấp thụ được của dầu nặng có thể đạt 75 - 80% (ví dụ: Huang, [13]). Giá trị C_2 có thể nằm trong khoảng 0,25 - 0,75 cho dầu có độ nhớt 500cSt.

Ảnh hưởng chính của sự kết keo dầu (thay đổi lượng nước hấp thụ) trong mô hình là sự thay đổi độ nhớt và có thể được biểu diễn như sau:

$$\frac{\mu}{\mu_0} = e^{\left(\frac{2,5 F_{wc}}{1 - C_3 F_{wc}} \right)} \quad (7)$$

Sự thay đổi của độ nhớt liên quan mật thiết đến quá trình bốc hơi. Nếu coi tỷ trọng của dầu không thay đổi nhiều so với sự thay đổi của độ nhớt và coi nó là một hằng số thì độ nhớt động học đã nói ở trên có thể thay thế cho độ nhớt động lực. Khi đó hằng số C_3 có thể lấy với giá trị 0,65 [16].

Quá trình kết keo không những ảnh hưởng đến độ nhớt mà còn tác động đến quá trình bốc hơi của dầu. Theo Fingas [8], sự kết keo làm độ nhớt tăng lên 2 hoặc 3 bậc đại lượng, tốc độ lan truyền cũng giảm với giá trị tương ứng và bốc hơi gần như không còn.

Để liên kết các quá trình kết keo và bốc hơi trong mô hình tràn dầu, có thể coi lượng nước hấp thụ do kết keo chính là lượng nước giảm đi của quá trình bốc hơi. Với giả thiết rằng sự bốc hơi ngừng khi lượng nước chứa trong dầu đạt giá trị lớn nhất. Khi đó ta có:

$$F_{ew} = \frac{C_2 - F_{wc}}{C_2} F_{vol} \quad (8)$$

Ở đây: F_{vol} - thể tích dầu bị bốc hơi; F_{ew} - là lượng dầu thay thế lượng bốc hơi trong phương trình (2). Khi lượng nước trong dầu đạt giá trị lớn nhất C_{ω} , lượng dầu thay thế giảm tới 0 thì quá trình bốc hơi không xảy ra nữa.

Tỷ trọng của dầu chịu ảnh hưởng của quá trình bốc hơi và kết keo. Nó cũng là hàm của nhiệt độ. Trong mô hình lan truyền dầu, tỷ trọng của dầu được tính toán theo phương pháp nội suy tuyến tính giữa tỷ trọng của nước và dầu theo quan hệ giữa chúng:

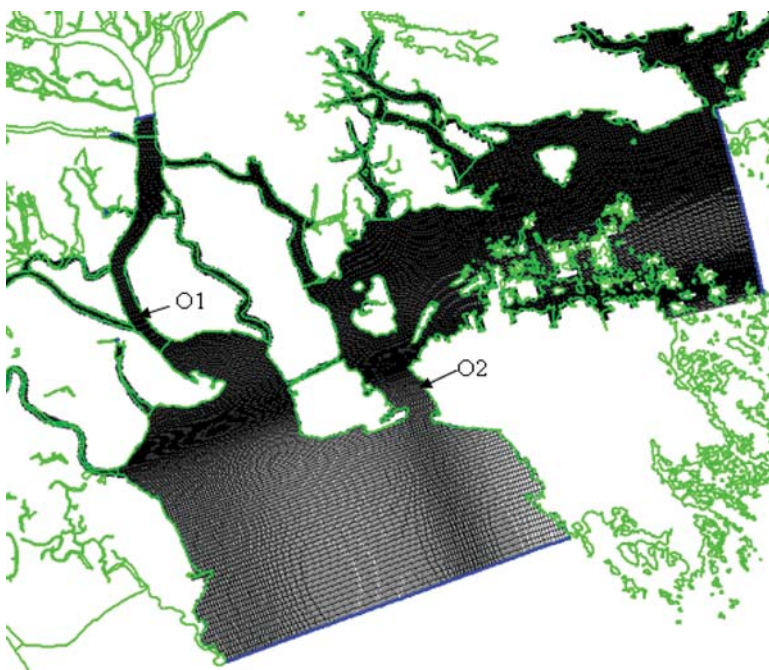
$$\rho_{em} = F_w \rho_w + (1 - F_w) \rho_{oil} \quad (9)$$

Trong đó: ρ_{em} - tỷ trọng của dầu đã kết keo (kg/m^3); F_w - phần tử nước; ρ_w - tỷ trọng của nước (kg/m^3); ρ_{oil} - tỷ trọng của dầu (kg/m^3).

3.3. Triển khai mô hình lan truyền dầu khu vực ven biển Hải Phòng

Miền tính của mô hình là vùng cửa sông phía Bắc của thành phố Hải Phòng và mở rộng sang một phần của vịnh Hạ Long. Đường bờ và độ sâu của miền tính được số hoá từ các bản đồ địa hình vùng ven bờ Hải Phòng và Quảng Ninh do Cục Đo đạc Bản đồ (Bộ Tài nguyên và Môi trường Việt Nam) xuất bản năm 2005. Kích thước và phạm vi của miền tính được thể hiện trên Hình 1.

Hệ thống lưới cong trục giao của mô hình đã được chọn để làm lưới tính cho mô hình thủy động lực. Lưới tính không đều có kích thước biến đổi từ 32,49 - 433,24m, toàn bộ miền tính được chia làm 366 x 430 điểm tính.



Hình 1. Miền và lưới tính của mô hình

Miền tính của khu vực có 2 biên lỏng phía biển là Hòn Dấu - Cát Bà và Cát Bà - Hạ Long. Các biên lỏng từ lục địa tại sông Lạch Tray, sông Cẩm và sông Bạch Đằng (Hình 1).

Thông số tính toán: Giả thiết loại dầu tràn là FO (Fuel Oil), có tỷ trọng 850 kg/m^3 , độ nhớt là $8 \text{ m}^2/\text{s}$. Khối lượng đổ xuống là 350 tấn với thể tích tương ứng 411.765 m^3 .

Vị trí: giả thiết xảy ra sự cố tràn dầu là ở 2 vị trí: Điểm thứ nhất (O1) có vị trên luồng tàu vào cảng Hải Phòng - cửa sông Bạch Đằng, tọa độ: 683921 (X) - 2305980 (Y); điểm thứ hai (O2) ở khu vực Lạch Huyện, tọa độ: 698332 (X) - 2302560 (Y).

Thời gian: Tính toán giả định cho hai mùa (mùa mưa và mùa khô). Vì các hợp chất của dầu biến đổi và di chuyển phụ thuộc nhiều vào dòng triều nên đối với mỗi mùa đều tính toán giả định cho 2 trường hợp: xảy ra sự cố khi triều lên và triều xuống.

Thời gian xảy ra sự cố vào mùa mưa là: 23 giờ (triều xuống) ngày 6/8/2006 và 10 giờ (triều lên) ngày 06/08/2006. Mùa khô là: 6 giờ (triều xuống) ngày 29/3/2007 và 19 giờ (triều lên) ngày 29/3/2007.

Các quá trình vật lý có liên quan được tính đến: bốc hơi, hoà tan trong nước và lắng đọng, di chuyển do chênh lệch tỷ trọng và các quá trình động lực, tự phân huỷ.

Trong mô hình này sẽ tập trung vào mô phỏng quá trình biến đổi của dầu tràn ở 3 trạng thái: nổi trên mặt nước, hòa trong cột nước và bám dính vào các vật cản (hoặc đáy) trong quá trình di chuyển [22].

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Lan truyền dầu khi sự cố xảy ra trong mùa mưa

4.1.1. Cửa sông Bạch Đằng

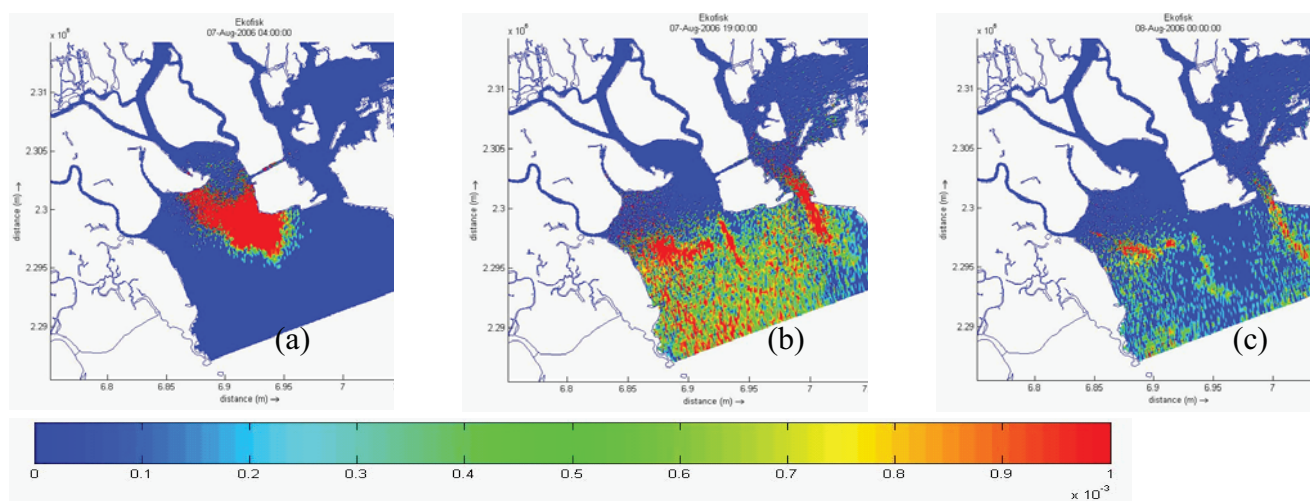
Trong trường hợp sự cố tràn dầu xảy ra khi triều xuống (23 giờ, 6/8/2006). Ngay sau khi sự cố tràn dầu xảy ra, lớp dầu mỏng nhanh chóng loang rộng ra trên mặt nước và di chuyển dần ra phía ngoài biển. Vết dầu nổi tiếp tục di chuyển, lan rộng và bao phủ gần như toàn bộ phía Tây Nam và Nam đảo. Sau tiếp tục lan rộng nhưng do thời điểm này thủy triều lên đã đẩy nó di chuyển ngược trở lại khu vực cửa sông, một phần đi vào khu vực Lạch Huyện ảnh hưởng đến gần như toàn bộ khu vực tính và một phần của vịnh Hạ Long

(Hình 2). Vệt dầu nổi sau đó giảm dần cả về phạm vi không gian và lượng dính trên mặt nước. Sau một ngày xảy ra sự cố, dấu vết của vệt dầu nổi này gần như không còn trên mặt nước.

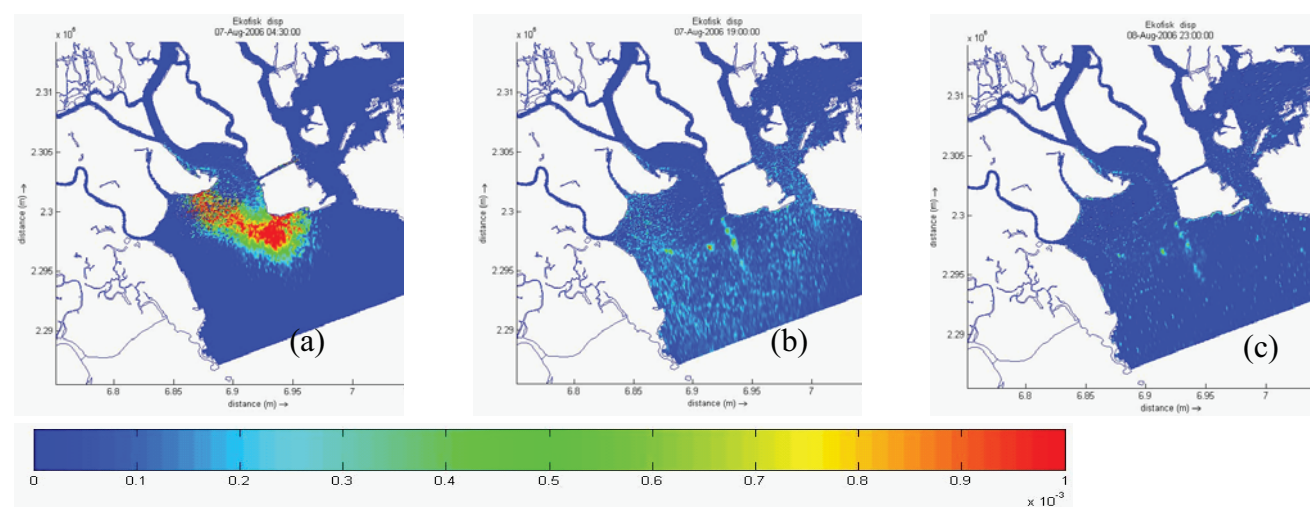
Một lượng dầu khác nhanh chóng chìm và khuếch tán trong nước. Vệt dầu này di chuyển ra phía biển theo dòng triều và tập trung chủ yếu ở phía Tây Nam đảo Cát Hải - Đình Vũ (sau 5 giờ). Phạm vi vùng nước bị nhiễm dầu phát triển mạnh nhất ở phía Nam đảo Cát Hải. Vùng nước bị nhiễm dầu sau đó ít biến đổi trong khi hàm lượng dầu trong nước tiếp tục giảm dần. Sau 12 ngày xảy ra sự cố, khu vực cửa sông Bạch Đằng, Lạch Huyện vẫn còn bị nhiễm dầu (Hình 3).

Sau khi sự cố tràn dầu xảy ra, một lượng dầu khác bám xuống đáy và các đối tượng khác trong nước do quá trình kết keo. Vệt dầu bám này hình thành chậm hơn dầu nổi và dầu hòa trong nước: sau 3 giờ mới chỉ xuất hiện với phạm vi rất nhỏ ở gần nơi xảy ra sự cố, sau đó tiếp tục phát triển và mở rộng về phía biển; sau 2 ngày toàn bộ vùng cửa sông Bạch Đằng, vùng biển Đồ Sơn, Cát Hải và Lạch Huyện đã bị ảnh hưởng bởi dầu bám. Vệt dầu bám này sau đó ít biến đổi và tồn tại đến sau 12 ngày (Hình 4).

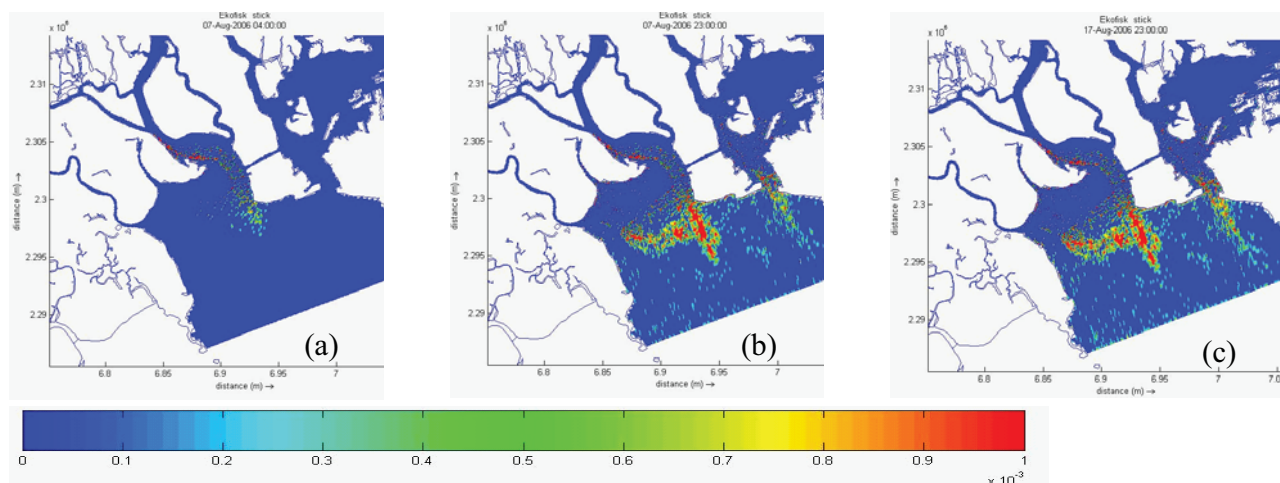
Trong pha triều lên, sau khi sự cố tràn dầu xảy ra (10 giờ, 6/8/2006) vệt dầu nổi bắt đầu lan rộng và di chuyển chậm ra phía ngoài biển. Khác với trường hợp trong pha



Hình 2. Biến đổi vệt dầu nổi (kg/m^2) tại cửa sông Bạch Đằng khi xảy ra sự cố lúc triều xuống - mùa mưa (a - sau sự cố 5 giờ; b - sau sự cố 20 giờ, c - sau sự cố 25 giờ)



Hình 3. Biến đổi vệt dầu tan trong nước (kg/m^3) tại cửa sông Bạch Đằng khi xảy ra sự cố lúc triều xuống - mùa mưa (a - sau sự cố 5 giờ 30 phút; b - sau sự cố 20 giờ, c - sau sự cố một ngày)



Hình 4. Biến đổi vệt dầu bám (kg/m^2) tại cửa sông Bạch Đằng khi xảy ra sự cố lúc triều xuống - mùa mưa (a - sau sự cố 5 giờ; b - sau sự cố một ngày; c - sau sự cố 12 ngày)

triều xuống, vùng nước bị nhiễm dầu trên bề mặt có phạm vi khá nhỏ và chỉ tồn tại trên mặt nước trong vòng 3 giờ (do tương tác dòng chảy từ sông đưa ra và dòng triều hướng vào phía sông). Diễn biến của khối nước có dầu hoà tan cũng tương tự như trường hợp khi sự cố xảy ra lúc triều xuống. Tuy nhiên, hầu như không ảnh hưởng đến khu vực Lạch Huyện. Vệt dầu bám trong trường hợp sự cố xảy ra khi triều lên cũng chủ yếu tập trung ở khu vực xảy ra sự cố đến phía Tây Nam đảo Cát Hải, vệt dầu này cũng ít ảnh hưởng tới khu vực Lạch Huyện.

4.1.2. Cửa Lạch Huyện

Trong trường hợp sự cố tràn dầu xảy ra khi triều xuống (23 giờ, 6/8/2006). Ngay sau sự cố, lớp dầu mỏng loang dần trên mặt nước và di chuyển chậm về phía Tây Nam ảnh hưởng đến ven bờ Tây Nam đảo Cát Bà. Sau đó vệt dầu nổi lại di chuyển ngược lên phía Tây Bắc ảnh hưởng đến phía Tây Bắc đảo Cát Bà. Sau một ngày, vùng nước mặt bị nhiễm dầu phát triển mạnh nhất, bao phủ phần phía Tây, Tây - Nam đảo Cát Bà và một phần vịnh Hạ Long, trong đó phía Tây Nam đảo Cát Bà có mật độ dầu nổi lớn nhất. Hàm lượng dầu nổi trên mặt nước sau đó giảm nhanh chóng và có giá trị hầu như không đáng kể sau 26 giờ 30 phút khi sự cố xảy ra. Khối nước bị nhiễm dầu cũng biến đổi và phân bố tương tự như lớp dầu nổi trên mặt nước. Tuy nhiên hàm lượng dầu trong nước tồn tại khá lâu so với trên mặt, sau khi sự cố xảy ra 12 ngày ở khu vực cửa Lạch Huyện vẫn có giá trị là 200 - 400mg/l. Phân bố của vệt dầu bám cũng tương tự như dầu nổi và tan trong nước. Vệt dầu bám này hình thành và biến đổi rất chậm theo thời gian trong 2

ngày, sau đó phạm vi khu vực bị ảnh hưởng và hàm lượng dầu bám hầu như không biến đổi; phía Tây đảo Cát Bà là nơi có mật độ dầu bám lớn nhất.

Trong pha triều lên, sau khi sự cố tràn dầu xảy ra (10 giờ, 6/8/2006) vệt dầu nổi bắt đầu lan ra xung quanh và di chuyển chậm về phía Bắc, nhưng không lan rộng ra xung quanh mà chỉ tập trung ở một vùng nhỏ phía Tây Bắc đảo Cát Bà. Vệt dầu này biến đổi nhanh, sau 3 giờ khi sự cố xảy ra, hàm lượng dầu nổi trên mặt nước chỉ còn giá trị không đáng kể. Tương tự như dầu nổi, vệt dầu tan trong nước mở rộng dần và di chuyển chậm về phía Bắc sau đó di chuyển xuống phía Tây Nam, ảnh hưởng đến ven bờ Tây Nam đảo Cát Hải và sau đó di chuyển một phần ra ngoài vùng tính. Vệt dầu bám cũng có vùng ảnh hưởng giống như dầu nổi trên bề mặt và dầu tan trong nước. Sau khi sự cố xảy ra 12 giờ, phạm vi vùng biển bị ảnh hưởng do dầu bám đã khá ổn định (ít biến đổi theo thời gian và không gian), dầu bám tập trung chủ yếu ở ven bờ phía Tây và Tây Nam đảo Cát Bà.

4.2. Lan truyền dầu khi sự cố xảy ra trong mùa khô

4.2.1. Cửa sông Bạch Đằng

Trong trường hợp sự cố tràn dầu xảy ra khi triều xuống (6 giờ, 29/03/2007). Ngay sau sự cố xảy ra, lớp dầu mỏng loang rộng trên mặt nước và di chuyển dần ra phía ngoài biển, bao phủ lớp nước mặt vùng biển Cát Hải - Đình Vũ. Vệt dầu nổi tiếp tục di chuyển xuống phía Đông Nam do ảnh hưởng của dòng triều kết hợp với gió Đông Bắc, lan rộng và bao phủ gần như toàn bộ phía Tây Nam và Nam

đảo Cát Hải. Tương tự như vậy, nhưng không gian phân bố của dầu tan trong nước lớn hơn dầu nổi trên bề mặt, ảnh hưởng đến toàn bộ vùng nước ở khu vực ven biển Đồ Sơn - Cát Bà và một phần phía trong cửa Lạch Huyện.

Cũng trong pha triều xuống, vệt dầu bám mở rộng dần ra phía biển và ổn định cả về không gian và thời gian sau một ngày sau khi xảy ra sự cố. Vệt dầu này cũng ảnh hưởng đến toàn bộ vùng biển Cát Bà - Đồ Sơn và một phần cửa Lạch Huyện, trong đó phía Tây - Tây Nam đảo Cát Hải và khu vực cửa Lạch Huyện là nơi có lượng dầu bám trong nước cao nhất.

Trong pha triều lên, sau khi sự cố tràn dầu xảy ra (19 giờ, 29/3/2007) vệt dầu nổi trên mặt nước di chuyển ra phía biển chậm hơn so với trường hợp khi sự cố lúc triều xuống nhưng cũng ảnh hưởng đến vùng biển Đồ Sơn - Cát Hải. Vệt dầu tan trong nước cũng phát triển và biến đổi như trong trường hợp xảy ra sự cố lúc triều xuống nhưng không ảnh hưởng đến khu vực cửa Lạch Huyện. Biến động của vệt dầu bám cũng giống như trường hợp xảy ra sự cố khi triều xuống, tuy nhiên khu vực có hàm lượng dầu bám cao chỉ xuất hiện ở phía Tây Nam và Tây đảo Cát Hải.

4.2.2. Cửa Lạch Huyện

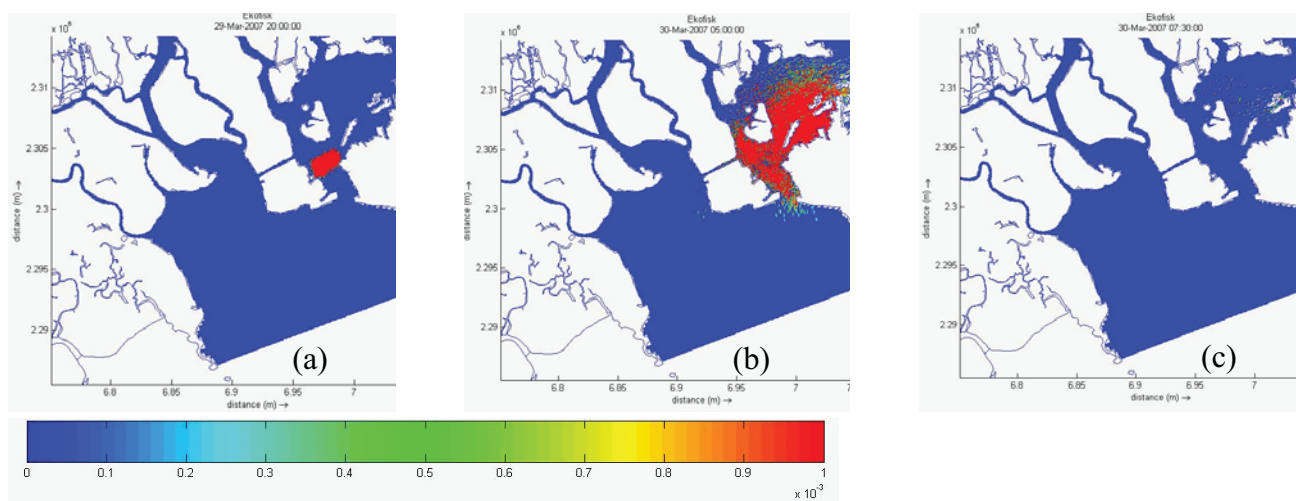
Trong trường hợp sự cố tràn dầu xảy ra khi triều xuống (6 giờ, 29/3/2007). Ngay sau khi sự cố tràn dầu xảy ra, lớp dầu mỏng loang dần trên mặt nước và di chuyển nhanh về phía Đông Nam, ảnh hưởng đến vùng biển phía Tây Nam đảo Cát Bà trong vòng 8 giờ. Biến động và phân bố của khối nước chứa dầu về cơ bản cũng giống như dầu

nổi, tuy nhiên ngoài ảnh hưởng đến cả vùng biển Tây Nam và Tây - Tây Bắc đảo Cát Bà. Sau khi sự cố tràn dầu xảy ra, vệt dầu bám mở rộng dần về phía Đông Nam và gần như ít biến đổi sau 7 giờ, ảnh hưởng đến vùng biển phía Tây Nam đảo Cát Bà.

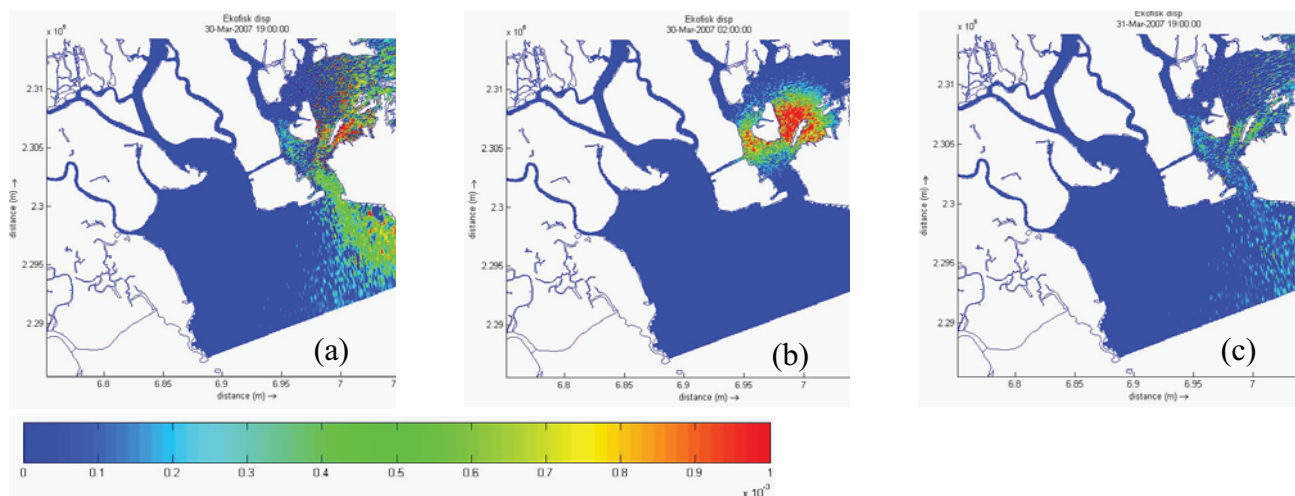
Trong pha triều lên, sau khi sự cố tràn dầu (19 giờ, 29/3/2007) vệt dầu nổi bắt đầu lan ra xung quanh và di chuyển nhanh về phía Bắc và Đông Bắc, ảnh hưởng đến cả vùng nước phía Tây Nam và Đông Bắc đảo Cát Bà (vịnh Hạ Long). Vệt dầu nổi ảnh hưởng mạnh nhất sau khi xảy ra sự cố khoảng 8 - 10 giờ và kết thúc sau khoảng 12 giờ (Hình 5).

Tương tự như dầu nổi, vệt dầu tan trong nước lúc đầu di chuyển nhanh về phía Bắc - Đông Bắc do tác động của dòng triều đi lên phía vịnh Hạ Long, sau đó tiếp tục loang rộng và di chuyển xuống phía Nam vào thời điểm triều xuống (Hình 6). Phạm vi ảnh hưởng của nó trong trường hợp này là rất lớn với toàn bộ vùng nước phía Bắc đảo Cát Bà (vịnh Hạ Long), khu vực Lạch Huyện, Tây Nam Cát Bà. Hàm lượng dầu trong nước sau đó suy giảm dần, tuy nhiên vẫn ảnh hưởng đến các khu vực trên trong vòng 12 ngày sau sự cố.

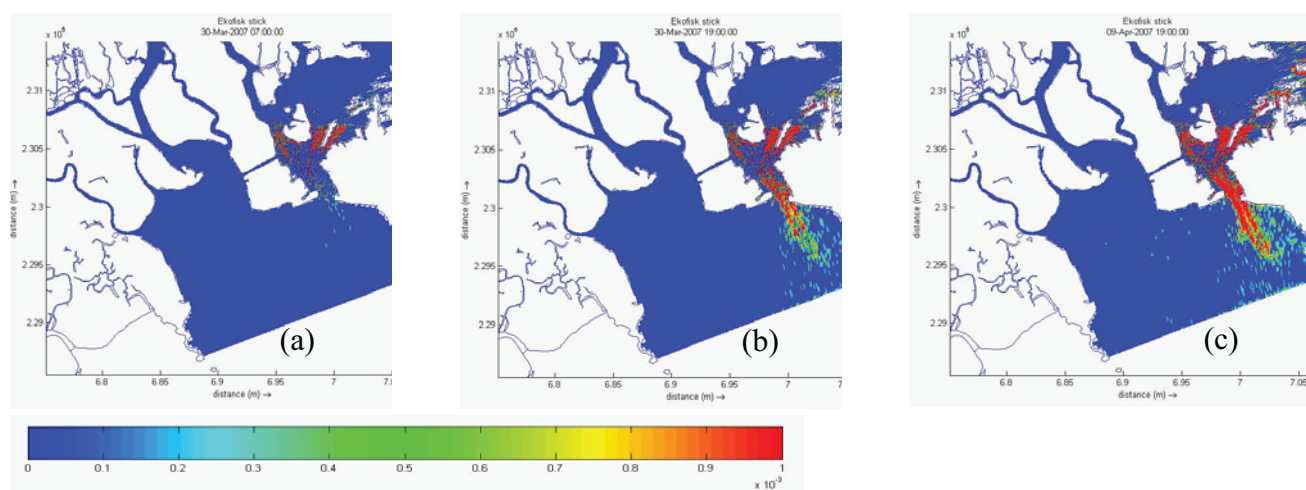
Phân bố không gian của dầu bám nhỏ hơn vệt dầu hoà tan trong nước nhưng cũng ảnh hưởng đến toàn bộ phần xung quanh nửa phía Tây đảo Cát Bà (Hình 7). Mặc dù phạm vi ảnh hưởng nhỏ nhưng vệt dầu bám này lại tồn tại khá lâu trong môi trường nước và chắc chắn sẽ có những tác động nhất định đến môi trường sinh thái của khu vực.



Hình 5. Biến đổi vệt dầu nổi (kg/m^2) tại cửa Lạch Huyện khi xảy ra sự cố lúc triều lên - mùa khô (a - sau sự cố một giờ; b - sau sự cố 10 giờ; c - sau sự cố 12 giờ)



Hình 6. Biến đổi vết dầu tan trong nước (kg/m^3) tại cửa Lạch Huyện khi xảy ra sự cố lúc triều lên - mùa khô (a - sau sự cố 7 giờ; b - sau sự cố một ngày; c - sau sự cố 2 ngày)



Hình 7. Biến đổi vết dầu bám (kg/m^2) tại cửa Lạch Huyện khi xảy ra sự cố lúc triều lên - mùa mưa (a - sau sự cố 12 giờ; b - sau sự cố một ngày; c - sau sự cố 10 ngày)

5. Kết luận và khuyến nghị

Các kết quả mô phỏng và dự báo lan truyền dầu khi xảy ra sự cố ở khu vực cửa sông Bạch Đằng và Lạch Huyện đã cho thấy sự lan truyền dầu sau khi sự cố xảy ra và phạm vi ảnh hưởng của nó liên quan nhiều đến các vị trí xảy ra sự cố, thời điểm xảy ra sự cố và điều kiện hải văn (pha triều) và khí tượng (chủ yếu là gió) của khu vực.

Vết dầu nổi loang trên mặt nước sau khi sự cố tràn dầu xảy ra dễ nhận thấy, phân hủy cũng nhanh và dễ trực vớt do đó cũng ít để lại hậu quả lâu dài hơn về môi trường. Trong khi đó một lượng rất lớn dầu chìm và lắng đọng xuống đáy hay bám dính vào các vật khác khi di chuyển lại

tồn tại lâu trong môi trường nước, khó phát hiện và trực vớt sẽ để lại những hậu quả rất lớn đối với môi trường sinh thái xung quanh khu vực xảy ra sự cố tràn dầu.

Mô hình toán học có thể dự báo tốt hướng di chuyển và phân bố của dầu tràn sau khi sự cố xảy ra góp phần quan trọng trong việc ứng phó với sự cố tràn dầu. Tuy nhiên, để có thể cung cấp các kết quả dự báo một cách nhanh nhất trong trường hợp xảy ra sự cố tràn dầu thì cần thiết phải xây dựng sẵn cơ sở dữ liệu về thủy động lực, điều kiện khí tượng ở khu vực có thể xảy ra tràn dầu, nếu xảy ra sự cố chỉ cần cung cấp các thông tin như vị trí tràn dầu, loại dầu tràn, lượng dầu, điều kiện khí tượng... để đưa vào mô hình tính là có thể cung cấp các thông tin dự báo

về hướng di chuyển, phạm vi ảnh hưởng trong thời gian ngắn nhất. Thời gian để đưa ra được các thông tin dự báo này phụ thuộc vào tốc độ xử lý của máy tính và khả năng sẵn sàng của người dùng (thông thường là khoảng 8 - 30 giờ sau khi xảy ra sự cố tràn dầu).

Tài liệu tham khảo

1. Vũ Thanh Ca, 2007. Mô hình số trị tính toán lan truyền dầu trong sự cố tràn dầu vùng cửa sông và ven bờ. Tuyển tập Báo cáo Hội thảo khoa học lần thứ 10, Viện Khí tượng thủy văn, p. 48 - 55.
2. Lê Văn Công, Nguyễn Thọ Sáo, Nguyễn Trung Thành, Nguyễn Quang Thành, 9/2011. Mô phỏng quá trình lan truyền và biến đổi vết dầu trên biển Đông bằng mô hình toán. Tạp chí các khoa học về trái đất.
3. Bos, J., 1980. Gedrag van olie op zee. Rijkswaterstaat, Directie Noordzee, Juni.
4. Delvigne G.A.L., J. Roelvink and C.E. Sweeney, 1986. Research on vertical turbulent dispersion of oil droplets and oiled particles. OCS Study MMS 86-0029, US Department of the Interior, Anchorage.
5. Delvigne G.A.L. and C.E. Sweeney, 1988. Natural dispersion of oil. Oil & Chemical Pollution, 4, p. 281 - 310.
6. Delvigne G.A.L. and L.J.M. Hulsen, 1994. Simplified laboratory measurements of oil dispersion coefficient: application in computations of natural oil dispersion. Proc. 17th Arctic & Marine Oil Spill Program, Vancouver, p. 173 - 187.
7. Fay, J. and D. Hoult, 1971. Physical processes in the spread of oil on a water surface. Report DOT-CG-01 381 - A, U.S. Coast Guard, Washington, D.C.
8. Fingas, M.F., 1994. Chemistry of oil and modelling of spills. J. Adv. Mar. Tech. Conf., Vol. 11, p. 41 - 63.
9. Fingas, M. and Fieldhouse, B., 4 - 7 November 1996. Oil spill behaviour and modeling. Paper presented at Eco-Informa 96, Lake Buena Vista, Florida.
10. Fingas, M., Fieldhouse, B., and Mullin, J., 1999. Water-in-oil emulsions results of formation studies and applicability to oil spill modeling. Spill Science & Technology, Vol. 5, No. 1, p. 81 - 99.
11. Holthuijsen, L.H. and T.H.C. Herbers, 1986. Statistics of breaking waves observed as whitecaps in the open sea. Journal of Physical Oceanography, Vol. 16, No. 2, p. 290 - 297.
12. Howlett, E., E. Anderson, M.L. Spaulding, 11 - 13 June, 1997. Environmental and geographic data management tools for oil spill modeling applications p. 893 - 908. Twentieth Arctic and Marine Oilspill Program (AMOP) Technical Seminar. Vancouver, British Columbia.
13. Huang, J.C., 1983. A review of the state-of-the-art of oil spill fate/behaviour models. Oil Spill Conference Canada.
14. Mackay, D., Paterson, S., and Trudel, K., 1980. A mathematical model of oil spill behavior on water with natural and chemical dispersion. Report EPS-3-EC-77-19.
15. NOAA, 1994. ADIOS User's manual. Version 1.1, Seattle, Washington.
16. Reed, M., 1989. The Physical fates Component of the Natural Resource Damage Assessment Model System. Oil & Chemical Pollution, 5, p. 99 - 123
17. Rodi, W., 1984. Turbulence Models and their Applications in Hydraulics: A State of the Art Review, IAHR.
18. Spaulding, M.L., V. Kolluru, E. Anderson, and E. Howlett, 1994. Application of three dimensional oil spill model (WOSM/OILMAP) to hindcast the Braer Spill. Spill Science and Technology Bulletin, Vol. 1, No. 1, p. 23 - 35.
19. Vũ Duy Vĩnh, 10/2007. Mô phỏng quá trình lan truyền dầu khi xảy ra sự cố tràn dầu tại khu vực cửa sông Bạch Đằng. Tuyển tập các bài báo Khoa học Hội nghị khoa học công nghệ môi trường. Nhà xuất bản Bách khoa Hà Nội.
20. V. Stanovoy, I. Neelov, 2005. Modeling of accidental oil spills in the region of the Northern Sea Route. Geophysical Research Abstracts, Vol. 7, 02516, 2005. SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU05-A-02516 © European Geosciences Union.
21. Wheeler, R.B., August 1978. The Fate of Petroleum in the Marine Environment. Special Report, Exxon Production Research Company.
22. WL|Delft Hydraulics, 1999. Delft3D - Part User Manual Version 1.0 WL|Delft Hydraulics, Delft, Netherlands.
23. Zagorski, W., and Mackay, D., 1982. Water in oil emulsions: a stability hypothesis. Proc. 5th Annual Arctic Marine Oilspill Program Technical Seminar, Environment Canada, Ottawa.