

ẢNH HƯỞNG CỦA LỰC CORIOLIS ĐẾN DÒNG CHẢY VÀ VẬN CHUYỂN TRẦM TÍCH LỞ LÙNG VÙNG VEN BỜ CHÂU THỔ SÔNG HỒNG

Vũ Duy Vinh^{1*}, Sylvain Ouillon²

¹Viện Tài nguyên và Môi trường biển-Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²IRD, UMR 5566 LEGOS, 14 av. Edouard Belin, 31400 Toulouse, France

*Email: vinhvd@imer.ac.vn

Ngày nhận bài: 21-3-2014

TÓM TẮT: Bài viết này trình bày các kết quả áp dụng mô hình toán học 3 chiều (3D) để nghiên cứu ảnh hưởng của lực Coriolis đến chế độ dòng chảy và vận chuyển trầm tích lơ lửng ở vùng ven bờ châu thổ sông Hồng. Trong nghiên cứu này, một mô hình 3 chiều đã được thiết lập và được kiểm chứng với các số liệu đo đạc khảo sát. Hai nhóm kịch bản tính đã được thiết lập: có lực Coriolis và không có lực Coriolis. Các kết quả tính toán cho thấy lực Coriolis là yếu tố góp phần tạo thành và làm tăng cường dòng chảy dọc bờ, tăng tốc độ dòng chảy ở khu vực ven bờ Văn Lý - Hải Hậu. Yếu tố này làm tăng cường mạnh lượng nước và trầm tích lơ lửng di chuyển dọc bờ xuống phía Nam - Tây Nam với mức độ khác nhau ở mỗi mặt cắt. Vai trò của lực Coriolis cũng được thể hiện thông qua tác động gây ra sự thiếu hụt trầm tích ở vùng ven bờ Văn Lý - Hải Hậu.

Từ khóa: Mô hình, lực Coriolis, vận chuyển, trầm tích lơ lửng, ven bờ châu thổ sông Hồng.

MỞ ĐẦU

Chuyển động của chất lỏng, được biểu diễn qua phương trình Navie-Stock [1]. Trong mô

hình Delft3D [2], giả thiết đối với chất lỏng không nén, phương trình động lượng cho các thành phần bình lưu được viết dưới dạng sau:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \eta}{\partial x} - fv + \frac{\tau_{bx}}{\rho_w(d+\eta)} - \frac{F_x}{\rho_w(d+\eta)} - v \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \eta}{\partial x} + fu + \frac{\tau_{by}}{\rho_w(d+\eta)} - \frac{F_y}{\rho_w(d+\eta)} - v \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) = 0 \quad (2)$$

Ở đây: d - độ sâu (m); $F_{x,y}$ - các thành phần ứng suất rôi (N/m^2); u, v - vận tốc trung bình theo độ sâu (m/s); U - là độ lớn vận tốc tuyệt đối (m/s), $U=(u^2+v^2)^{1/2}$; ρ_w - mật độ của nước (kg/m^3); ν - hệ số nhớt rôi (m^2/s); η - mực nước (m); g - gia tốc trọng trường (m/s^2); $\tau_{b,x,y}$ - các thành phần ứng suất đáy theo phương x, y (N/m^2); f - tham số Coriolis (1/s).

Tham số Coriolis trong phương trình (1) và (2) biểu thị cho ảnh hưởng của lực Coriolis và được biểu diễn như sau:

$$f = 2\Omega \cdot \sin\varphi \quad (3)$$

Với: Ω -vận tốc quay của trái đất; φ là vĩ độ địa lý. Như vậy, lực Coriolis sẽ có giá trị nhỏ

nhất ở vùng xích đạo và tăng dần về phía 2 cực của trái đất.

Đối với các vùng cửa sông ven biển, có 4 yếu tố chính tác động đến hướng và độ lớn của dòng chảy. Những yếu tố này được liệt kê theo thứ tự sau đây: 1-ảnh hưởng của thủy triều; 2-ảnh hưởng của lực trọng trường (gravitational forces) do chênh lệch tỷ trọng giữa nước sông ngòi từ lục địa đưa ra và nước biển mặn từ biển đưa vào; 3- lực hấp dẫn cần thiết để tạo sự vận chuyển về phía biển của các khối nước sông; 4- lực Coriolis và lực ly tâm do chuyển động quay của trái đất [3]. Dưới ảnh hưởng của lực Coriolis, các chuyển động ở vùng bắc bán cầu sẽ lệch về phía bên phải theo hướng của chuyển động và các chuyển động ở vùng nam bán cầu sẽ lệch về phía bên trái theo hướng của chuyển động [4].

Mặc dù có những ảnh hưởng rõ rệt lên đặc điểm thủy động lực và vận chuyển trầm tích nhưng do lực này phụ thuộc nhiều vào kích cỡ mà các cửa sông ven biển lại có kích cỡ nhỏ nên những nghiên cứu về ảnh hưởng của lực này cho đến nay vẫn còn khá ít. Trong các nghiên cứu về vùng cửa sông ven biển, Pritchard [5, 6] đã đưa các đánh giá về vai trò của lực Coriolis đến sự uốn lượn của các lòng sông ở vùng có vĩ độ trung bình và cao. Wang (1987) đã mô phỏng điều kiện dòng chảy và vận chuyển trầm tích lơ lửng trên sông Dương Tử [7]. Qua đó nhận thấy rằng đối với hoàn lưu ngang: phần lớn dòng chảy ở bên phải bờ phải của sông thì hướng chảy xuống dưới trong khi các dòng chảy phía bên bờ trái của sông lại hướng lên phía trên; Trong khi đó, đối với các hoàn lưu theo phương thẳng đứng, dòng chảy hướng xuống phía dưới cửa sông ở các tầng trên và hướng lên trên cửa sông ở các tầng dưới. Chính sự chuyển động đó của các khối nước gây ra sự vận chuyển trầm tích và tạo thành sự uốn lượn của các lòng sông [8-10]. Cũng ở sông Dương Tử, theo đánh giá của Chen và Zhang (1987): do ảnh hưởng của lực Coriolis mực nước thủy triều ở bờ trái của sông Dương Tử thường cao hơn so với bờ phải khoảng 40-50 cm [11]. Trong nghiên cứu về vận chuyển trầm tích và biến động địa hình ở vùng ven bờ phía Đông Anglia (Vương quốc Anh) bằng mô hình TELEMAC, kết quả cho thấy khi có ảnh hưởng của lực Coriolis, tốc độ

bồi lắng ở khu vực nghiên cứu đã tăng trung bình khoảng 12,8 lần so với trường hợp không có ảnh hưởng của lực Coriolis [12].

Mặc dù lực Coriolis có giá trị không lớn nhưng do nó có tác động liên tục đến chuyển động của các khối nước nên nó có một vai trò quan trọng trong quá trình tiến hóa ở vùng cửa sông ven biển. Nó tham gia vào các quá trình tạo thành các bar cát, thay đổi hình dạng các doi cát, tạo ra các đoạn cong (lồi hoặc lõm), gây xói lở (bồi tụ) bờ sông [13].

Hệ thống sông Hồng - Thái Bình là một trong hai hệ thống sông lớn nhất ở Việt Nam. Hằng năm hệ thống sông này cung cấp cho vùng biển ven bờ châu thổ sông Hồng (CTSH) khoảng 106-116 tỷ m³ nước, 119 triệu tấn bùn cát trước khi có đập Hòa Bình và hiện nay khoảng 46 triệu tấn [14]. Dòng nước và bùn cát do hệ thống sông Hồng cung cấp đã tạo ra vùng châu thổ rộng lớn và có ý nghĩa rất quan trọng đối với sự phát triển kinh tế xã hội của miền Bắc Việt Nam. Tuy nhiên, vùng ven bờ CTSH cũng là nơi có các điều kiện thủy động lực (TDL), trầm tích khá phức tạp do sự tương tác của các yếu tố như dòng chảy từ sông biển động mạnh theo mùa [15, 16], dao động mực nước với biên độ lớn [17] và điều kiện sóng gió luôn biến đổi mạnh theo thời gian. Chính vì vậy các điều kiện động lực và vận chuyển trầm tích ở khu vực này đã nhận được sự quan tâm nghiên cứu của khá nhiều các tác giả trong và ngoài nước [18-23]. Trong đó có những đánh giá về vai trò của thủy triều, của dòng chảy sông, ảnh hưởng của các điều kiện, sóng-gió [16, 22, 23]. Trong bài viết này chúng tôi đưa ra một số kết quả bước đầu nghiên cứu về những ảnh hưởng của lực Coriolis đến đặc điểm dòng chảy và vận chuyển trầm tích lơ lửng (TTLL) ở vùng ven bờ CTSH.

TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Tài liệu

Trong nghiên cứu này, các dữ liệu đã được thu thập xử lý bao gồm:

Số liệu độ sâu và đường bờ của vùng ven bờ CTSH được số hóa từ các tài liệu do Cục Đo đạc Bản đồ xuất bản năm 2005. Độ sâu của khu vực phía ngoài và cũng như vùng vịnh Bắc Bộ được sử dụng từ cơ sở dữ liệu GEBCO

-1/8. Đây là số liệu địa hình có độ phân dải 0,5 phút được xử lý từ ảnh vệ tinh kết hợp với các số liệu đo sâu [24].

Số liệu khí tượng gồm các số liệu gió quan trắc trong nhiều năm ở Trạm Hải văn Hòn Dấu và Bạch Long Vỹ đã được thu thập và xử lý, trong đó có số liệu đo đặc với tần suất 6h/lần.

Số liệu mực nước để hiệu chỉnh mô hình là các kết quả đo đặc mực nước (1h/lần) tại Hòn Dấu trong nhiều năm. Tại các điểm biên mở gần bờ, các số liệu được thu thập xử lý dựa trên các kết quả quan trắc. Các hằng số điều hòa thủy triều ở phía ngoài xa bờ được thu thập từ cơ sở dữ liệu các hằng số điều hòa thủy triều FES2004 [25].

Số liệu nhiệt độ và độ muối nước biển ở vùng biển xa bờ được thu thập từ cơ sở dữ liệu WOA09 [26] cho khu vực Biển Đông.

Số liệu dòng chảy và hàm lượng TTLL đo đặc tại một số vị trí khảo sát trong khu vực nghiên cứu của đề tài độc lập cấp Nhà nước: “Nghiên cứu, đánh giá tác động của các công trình hồ chứa thượng nguồn đến diễn biến hình thái và tài nguyên - môi trường vùng cửa sông ven biển đồng bằng Bắc Bộ” và đề tài Nghị định thư Việt Nam-Bi: “Phát triển hệ thống mô hình thủy nhiệt động lực-sinh thái biển phục vụ nghiên cứu và quản lý tài nguyên biển vùng ven bờ Việt Nam” cũng đã được thu thập xử lý để phục vụ hiệu chỉnh kiểm chứng độ tin cậy của mô hình TĐL.

Phương pháp

Trong nghiên cứu này, các phương pháp chính sau đã được sử dụng:

Phương pháp GIS để số hóa, xử lý và cập nhật số liệu địa hình. Các phần mềm GIS cũng được dùng để lồng ghép số liệu địa hình ở vùng ven biển với số liệu địa hình trong cơ sở dữ liệu địa hình GEBCO -1/8 ở vùng ngoài khơi.

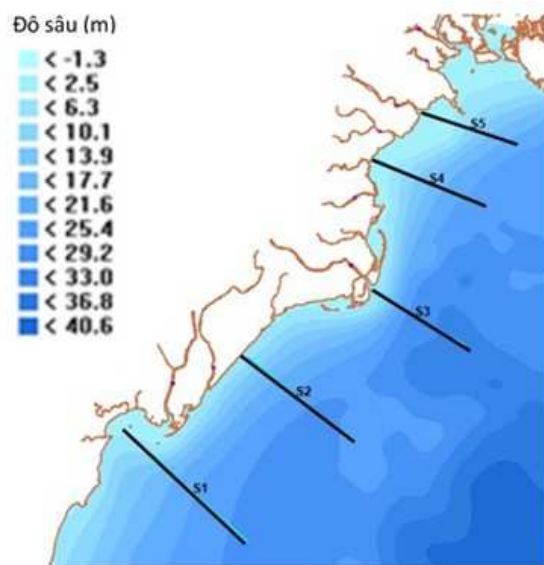
Phương pháp khai thác số liệu từ cơ sở dữ liệu nhiệt muối WOA09 [26] và thủy triều FES2004 nhằm cung cấp số liệu cần thiết để xác định các điều kiện biên mở nhiệt - muối cho mô hình TĐL vùng ngoài khơi (với lưới tính thô) được lưu trữ ở dạng file Netcdf.

Phương pháp lưới lồng (NESTING) được sử dụng trong nghiên cứu này để tạo ra các điều kiện biên mở phía biển của mô hình. Để tạo các file số liệu cho điều kiện biên mở biển của mô hình với lưới chi tiết (cho vùng ven bờ CTSH), một mô hình với lưới thô hơn cùng thời gian tính toán, cùng kiểu lưới tính ở phía ngoài vùng này đã được thiết lập [2].

Phương pháp ứng dụng mô hình toán

Các điều kiện TĐL được mô hình hóa bằng module Delft3D-Flow trong hệ thống mô hình Delft3D của Hà Lan. Đây là hệ thống mô hình này có thể mô phỏng tốt điều kiện TĐL-sóng, vận chuyển bùn cát, chất lượng nước ở vùng cửa sông ven bờ [2].

Trong nghiên cứu này, hệ thống mô hình TĐL-sóng-vận chuyển TTLL đã được thiết lập theo một số kịch bản tính khác nhau. Chi tiết về các tham số tính toán cơ bản, kết quả hiệu chỉnh và kiểm chứng của hệ thống mô hình này đã được trình bày trong các công bố liên quan [15, 16]. Để đánh giá, phân tích ảnh hưởng do lực Coriolis tới chuyển động của khối nước và vận chuyển TTLL ở vùng ven bờ CTSH, hai nhóm kịch bản tính được đưa ra bao gồm: *có tính đến ảnh hưởng do lực Coriolis và không tính đến ảnh hưởng của lực Coriolis*. Mỗi nhóm kịch bản tính này đều được trong hai mùa đặc trưng: mùa mưa và mùa khô.



Hình 1. Vị trí các mặt cắt tính toán

Các mặt cắt vuông góc với bờ để xác định dòng nước và TTLL dọc bờ cũng đã được thiết lập (hình 1). Trong đó:

Mặt cắt S1 ở phía ngoài khu vực cửa Đáy (đến độ sâu khoảng 30 m nước).

Mặt cắt S2 ở vị trí phía ngoài khu vực Vãn Lý-Hải Hậu (đến độ sâu khoảng 28-30 m nước)

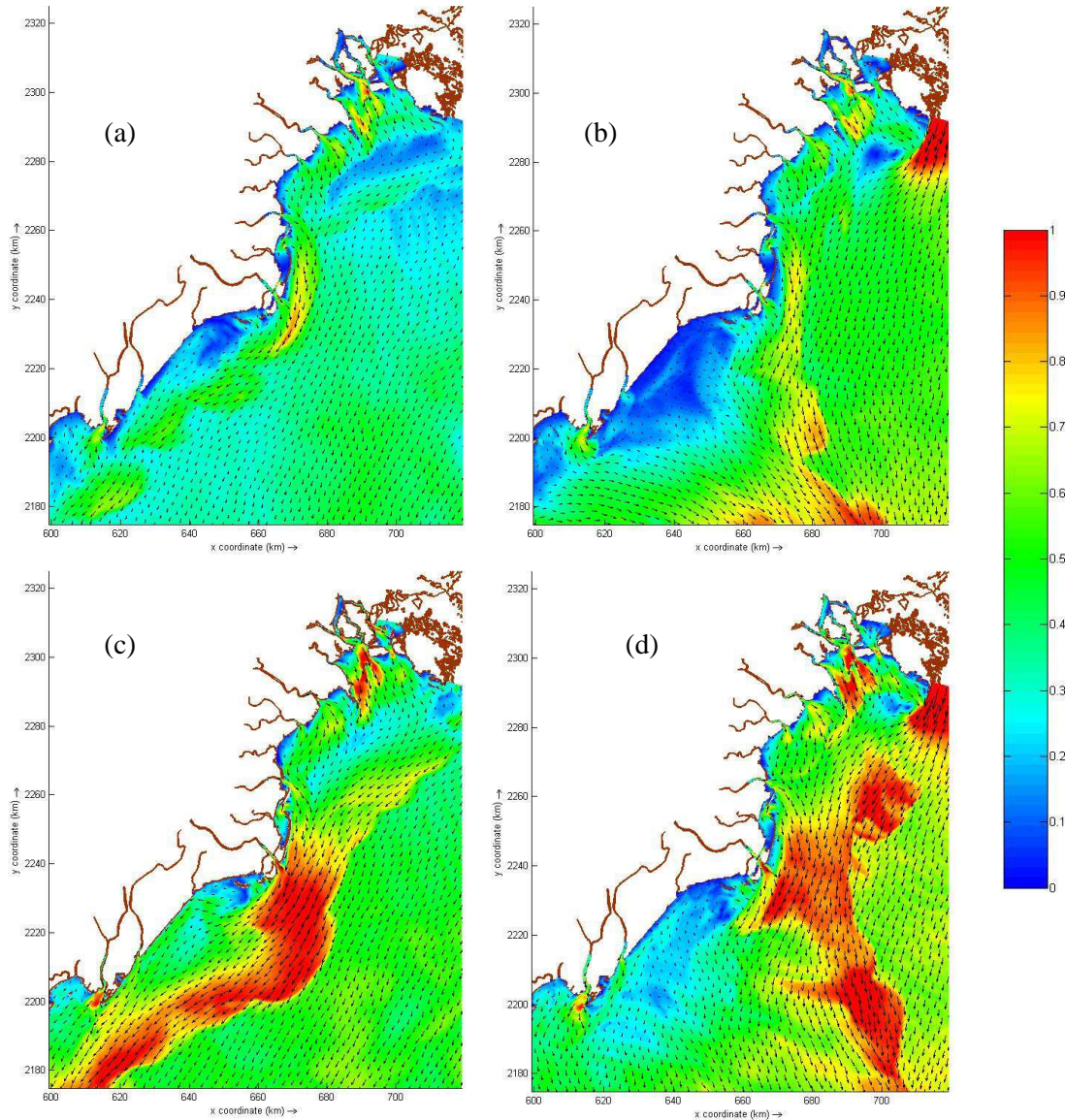
Mặt cắt S3 ở vị trí phía ngoài khu vực cửa Ba Lạt (đến độ sâu khoảng 35-40 m nước)

Mặt cắt S4 ở vị trí phía ngoài khu vực phía ngoài giữa cửa Trà Lý và cửa Thái Bình (đến độ sâu khoảng 25 m nước).

Mặt cắt S5 ở khu vực phía ngoài cửa Văn Úc (đến độ sâu khoảng 10-15 m nước).

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Phân bố không gian của trường dòng chảy và trầm tích lơ lửng



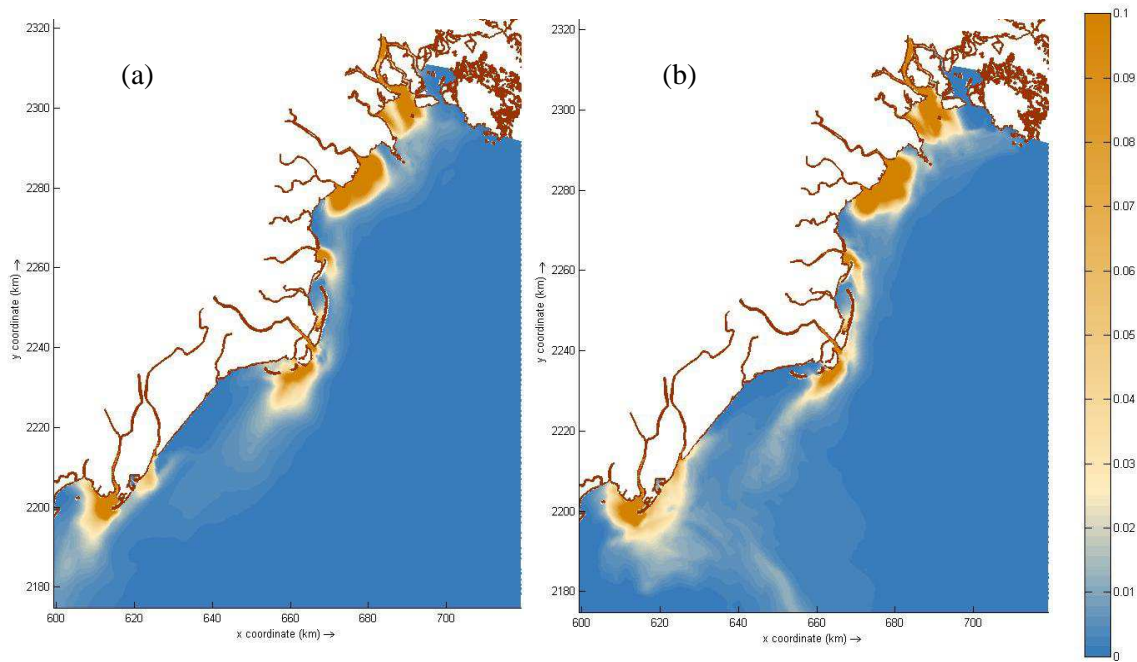
Hình 2. Trường dòng chảy tổng hợp (m/s) vùng ven bờ CTSH trong pha triều xuống (mùa khô: a-hiện tại, b-không có lực Coriolis; mùa mưa: c-hiện tại; b-không có lực Coriolis)

Các kết quả tính toán từ mô hình cho thấy trong điều kiện hiện tại, dòng chảy tổng hợp ở vùng ven bờ CTSH đều có xu hướng chảy dọc bờ hướng xuống phía Nam, Tây Nam các cửa sông (trong cả mùa mưa và mùa khô). Trường dòng chảy này có giá trị lớn hơn ở vùng có độ sâu khoảng 10-25 m (hình 2-a,c). Khi không có ảnh hưởng của lực Coriolis dòng nước từ sông chảy thẳng hướng ra biển theo hướng của các cửa sông (hình 2-b,d). Như vậy, dưới ảnh hưởng của lực Coriolis, dòng nước ngọt từ sông Hồng-Thái Bình không được đưa xa ra ngoài biển mà bị lệch về phía Nam, Tây Nam tạo thành khối nước chảy dọc bờ với vận tốc biến động khoảng 0,3-0,8 m/s. Khối nước chảy dọc bờ này bị hạn chế trong pha triều lên nhưng được tăng cường mạnh khi pha triều xuống và kết hợp với dòng chảy dọc bờ gây ra do sóng.

Đáng chú ý là trong các kết quả tính toán cả mùa mưa và mùa khô đều cho thấy khi không

có ảnh hưởng của lực Coriolis, vận tốc dòng chảy ở vùng ven bờ khu vực Văn Lý có giá trị rất nhỏ (dưới 0,1 m/s mùa khô và dưới 0,2 m/s trong mùa mưa) do dòng chảy dọc bờ không đi qua khu vực này (hình 2-b,d). Tuy nhiên, trong điều kiện hiện tại, do khu vực này nằm trong vùng ảnh hưởng của khối nước chảy dọc bờ đi qua nên có giá trị vận tốc dao động trong khoảng 0,3-0,6 m/s (hình 2-a,c). Như vậy, lực Coriolis cũng là một yếu tố làm tăng ứng suất xói, góp phần tăng cường quá trình xói lở đáy và bờ biển ở khu vực này.

Tương tự như đối với dòng chảy, trong trường hợp không có ảnh hưởng của lực Coriolis, phạm vi phân bố của TTLL từ các cửa sông ra khu vực phía ngoài được mở rộng hơn. Tuy nhiên, những ảnh hưởng đến phân bố TTLL ở vùng ven bờ CTSH do lực Coriolis là khá nhỏ (hình 3).



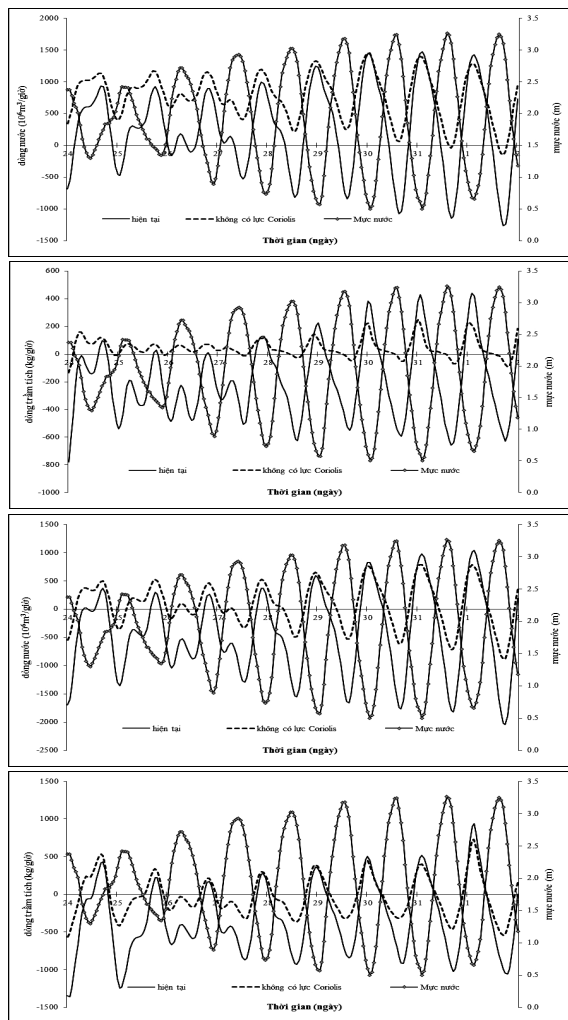
Hình 3. Phân bố TTLL (kg/m^3) vùng ven bờ CTSH triều xuống - tầng đáy mùa mưa (a-hiện tại; b- không có lực Coriolis)

Ảnh hưởng của lực Coriolis đến dòng chảy và vận chuyển TTLL ven bờ CTSH

Các kết quả tính toán dòng nước và TTLL di chuyển dọc bờ qua các mặt cắt (hình 1) ở

vùng ven bờ CTSH luôn biến động theo thời gian, phụ thuộc khá chặt chẽ vào dao động của thủy triều. Dòng nước và dòng TTLL biến động khá đồng pha nhau: cùng đạt giá trị cực

đại hoặc cực tiểu. Trong những ngày triều cường, dòng nước và trầm tích dọc bờ biển động lớn hơn rõ rệt so với những ngày triều kém. Cũng vào ngày triều cường, dòng nước và TTLL chuyển dọc bờ tăng dần khi triều xuống, thường có giá trị cực đại vào cuối của pha triều này, sau đó giảm dần và đạt giá trị cực tiểu khi mực nước tăng lên đến cực đại (hình 4).



Hình 4. Biến động dòng nước và trầm tích phía ngoài mặt cắt S1 (a-dòng nước; b- dòng TTLL) và S2 (c-dòng nước; d- dòng TTLL) trong mùa mưa (24/8-2/9/2009)

Dòng nước và TTLL ở vùng ven bờ CTSH đều có xu hướng di chuyển dọc bờ về phía Nam, Tây Nam của bờ châu thổ trong cả mùa mưa và mùa khô. Kết quả này phù hợp với các

nghiên cứu liên liên quan ở vùng này của một số tác giả khác [16, 19, 21-23].

Tại mặt cắt phía ngoài cửa Đáy (S1), dòng nước di chuyển xuống phía tây nam trong mùa mưa và mùa khô lần lượt có giá trị 11,7 tỷ m³/ngày và 10,1 tỷ m³/ngày. Như vậy, dòng nước dọc bờ trung bình ngày trong mùa mưa lớn hơn khoảng 15% so với mùa khô. Điều này cho thấy sự ảnh hưởng của các khối nước sông vào mùa mưa lớn hơn. Tại mặt cắt này, dòng trầm tích xuống phía tây nam có giá trị khoảng 4.869 kg/ngày (mùa mưa) và rất nhỏ trong mùa khô (48 kg/ngày). Ảnh hưởng của lực Coriolis thể hiện vai trò khá lớn khi yếu tố này làm thay đổi hướng di chuyển của dòng nước và TTLL từ Đông Bắc (khi không có lực Coriolis) xuống Tây Nam khi có lực Coriolis (bảng 1). Như vậy, yếu tố này làm thay đổi tính chất của dòng nước và TTLL qua mặt cắt (từ hướng lên thành hướng xuống). Có thể lý giải tác động do lực Coriolis ở mặt cắt này khá lớn là do sự kết hợp của các khối nước đi ra từ sông Đáy và các khối nước từ tích lũy từ các sông ở phía Bắc và dòng chảy dọc bờ đưa xuống khu vực này.

Tại mặt cắt phía ngoài khu vực Văn Lý-Hải Hậu (S2), dòng nước trong mùa mưa và mùa khô lần lượt có giá trị 11,6 tỷ m³/ngày và 10,9 tỷ m³/ngày (gần tương đương với S1). Trong khi đó dòng TTLL qua mặt cắt này lớn hơn đáng kể so với mặt cắt S1, với các giá trị chênh lệch rất lớn giữa mùa mưa (5.723 kg/ngày) và mùa khô (111 kg/ngày). Ở mặt cắt này, ảnh hưởng của lực Coriolis vẫn thể hiện vai trò khá lớn khi trường hợp không có ảnh hưởng của lực này, dòng nước có xu hướng đi lên phía bắc đông bắc (bảng 1). Như vậy, yếu tố này làm thay đổi tính chất của dòng nước qua mặt cắt (từ hướng lên thành hướng xuống) vào mùa mưa (tăng khoảng 6,3 lần). Tuy nhiên vào mùa khô, ảnh hưởng của lực Coriolis đến khu vực này đã giảm đi khi yếu tố này chỉ còn có vai trò làm tăng cường sự di chuyển về phía Nam-Tây Nam (tăng khoảng 8,3 lần) so với tác động làm thay đổi thường di chuyển ở mặt cắt S1. Vai trò của lực Coriolis đến vận chuyển TTLL qua mặt cắt này cũng thể hiện rất rõ khi đây là yếu tố làm tăng dòng TTLL đi xuống phía Nam trong mùa mưa từ 298 kg/ngày lên 5.723 kg/ngày (7,2 lần) và tăng từ 95,3kg/ngày lên 111,1kg/ngày (0,17 lần) vào mùa khô.

Bảng 1. Tổng hợp các kết quả tính dòng nước và trầm tích trung bình ngày qua các mặt cắt

Thời gian	Yếu tố	Đặc trưng	Mặt cắt				
			S1	S2	S3	S4	S5
Mùa mưa (25/8- 9/9/09)	Nước (tỷ m ³ /ngày)	Không có lực coriolis	5,8	2,2	-12,3	-2,8	-0,8
		Hiện tại	-11,7	-11,6	-13,8	-6,7	-1,2
	Trầm tích (kg/ngày)	Không có lực coriolis	783,6	-698,0	-3.735,0	-170,1	-1.013,8
		Hiện tại	-4.869,0	-5.723,2	-4.749,7	-553,0	-1.298,7
Mùa khô (23/3- 7/4/09)	Nước (tỷ m ³ /ngày)	Không có lực coriolis	3,2	-1,2	-11,1	-3,8	-0,9
		Hiện tại	-10,1	-10,9	-13,6	-6,6	-1,0
	Trầm tích (kg/ngày)	Không có lực coriolis	279,3	-95,3	-227,7	-11,8	-17,9
		Hiện tại	-48,0	-111,1	-1.085,9	-77,7	-51,6

Ghi chú: dấu âm (-): di chuyển xuống phía Tây Nam; dấu dương: di chuyển lên phía Đông Bắc

Tại mặt cắt phía ngoài cửa Ba Lạt (S3), dòng nước trong mùa mưa và mùa khô lần lượt có giá trị 13,8 tỷ m³/ngày và 13,6 tỷ m³/ngày (bảng 1). Trong khi đó dòng trầm tích qua mặt cắt này vào mùa mưa có giá trị trung bình khoảng 4.750 kg/ngày (nhỏ hơn so với mặt cắt S1 và S2), và khoảng 1.086 kg/ngày (lớn hơn so với các mặt cắt S1 và S2). Vai trò của lực Coriolis đến dòng nước và TTLL ở mặt cắt này nhỏ hơn so với các mặt cắt S1 và S2 khi yếu tố này chỉ làm tăng nhẹ lượng nước: tăng khoảng 0,12 lần (mùa mưa) và 0,22 lần trong mùa khô. Dòng TTLL di chuyển về phía Nam - Tây Nam cũng tăng lên đáng kể: trong mùa mưa dòng TTLL tăng từ 3.735 kg/ngày lên 4.750 kg/ngày (0,27 lần) và mùa khô tăng từ 228 kg/ngày lên 1.086 kg/ngày (3,77 lần).

Dòng nước và trầm tích qua mặt cắt phía ngoài cửa Trà Lý (S4) có giá trị khá nhỏ so với các mặt cắt ở phía Nam của khu vực nghiên cứu. Dòng nước chuyển qua mặt cắt này có giá trị khoảng 6,7 tỷ m³/ngày vào mùa mưa và 6,6 tỷ m³/ngày vào mùa khô. Trong khi dòng trầm tích chuyển qua là 553 kg/ngày (mùa mưa) và 78 kg/ngày (mùa khô). Những ảnh hưởng của lực Coriolis qua mặt cắt này cũng thể hiện rõ rệt qua mặt cắt này khi đây là yếu tố làm tăng dòng nước trong mùa mưa và mùa khô lần lượt là 1,39 và 0,75 lần. Dòng trầm tích khi có ảnh hưởng của lực Coriolis cũng tăng từ 170 kg/ngày lên 553 kg/ngày (2,25 lần) trong mùa mưa và tăng từ 11,8 kg/ngày lên 77,7 kg/ngày (5,58 lần) trong mùa khô (bảng 1).

Tại mặt cắt phía ngoài khu vực cửa Văn Úc (S5), dòng nước và trầm tích chuyển qua có giá trị nhỏ hơn so với các mặt cắt ở phía Nam của

khu vực nghiên cứu. Điều này có thể được giải thích là mặt cắt này chỉ tiếp nhận một phần nhỏ dòng nước và TTLL từ khu vực cửa Nam Triệu đưa xuống. Dòng nước chuyển qua mặt cắt này có giá trị khoảng 1,2 tỷ m³/ngày vào mùa mưa và 1,0 tỷ m³/ngày vào mùa khô. Trong khi dòng trầm tích chuyển qua là 1.299 kg/ngày (mùa mưa) và 52 kg/ngày (mùa khô). Những ảnh hưởng của lực Coriolis qua mặt cắt này cũng thể hiện rõ rệt qua mặt cắt này khi đây là yếu tố làm tăng dòng nước trong mùa mưa và mùa khô lần lượt là 0,6 và 0,19 lần. Dòng TTLL khi có ảnh hưởng của lực Coriolis cũng tăng từ 1.014 kg/ngày lên 1.299 kg/ngày (0,28 lần) trong mùa mưa và tăng từ 18 kg/ngày lên 52 kg/ngày (1,9lần) trong mùa khô (bảng 1).

Từ những kết quả phân tích đánh giá ở trên cho thấy ảnh hưởng của lực Coriolis đến vận chuyển nước và trầm tích ở vùng ven bờ CTSH rất rõ rệt. Những ảnh hưởng này thể hiện qua sự tăng mạnh dòng nước và trầm tích dọc bờ trong cả mùa mưa và mùa khô. Tuy nhiên, sự vận chuyển dọc bờ là tổng hợp tác động của các yếu tố như dao động mực nước, dòng nước ngọt từ sông đưa ra, tác động của sóng, gió và địa hình. Chính vì vậy, vai trò của lực Coriolis đến vận chuyển nước và TTLL ở các mặt cắt khác nhau trong nghiên cứu này khá phân tán mà chưa thể hiện thành các xu hướng rõ rệt.

Đáng chú ý, kết quả tính toán vận chuyển trầm tích qua mặt cắt S2 và S3 đều tăng lên mạnh trong mùa mưa khi có ảnh hưởng của lực Coriolis. Tuy nhiên dòng trầm tích qua mặt cắt S2 tăng lên nhiều hơn so với mặt cắt S3 tạo ra sự chênh lệch khoảng 974 kg/ngày. Nguồn trầm tích bổ sung cho sự thiếu hụt này có thể từ

phía ngoài đưa vào (theo phương song song với đường bờ) nhưng khá ít do hàm lượng TTLL của nước biển phía ngoài rất nhỏ. Một nguồn bổ sung khác là từ đáy và ven bờ do quá trình xói. Điều này có thể phù hợp hơn với đánh giá ở trên về tác động làm tăng vận tốc dòng chảy ở vùng ven bờ Văn Lý-Hải Hậu khi có ảnh hưởng của lực Coriolis. Như vậy, lực Coriolis cũng có vai trò nhất định đến hiện tượng xói lở ở vùng ven bờ Văn Lý - Hải Hậu.

KẾT LUẬN

Trên cơ sở các số liệu đo đạc khảo sát liên quan, một hệ thống mô hình TĐL, sóng và vận chuyển trầm tích đã được thiết lập để đánh giá ảnh hưởng của lực Coriolis đến điều kiện dòng chảy và vận chuyển TTLL ở vùng ven bờ CTSH. Các kết quả nhận được cho thấy:

Lực Coriolis là yếu tố góp phần tạo thành và làm tăng cường dòng chảy dọc bờ, tăng tốc độ dòng chảy ở khu vực ven bờ Văn Lý - Hải Hậu. Yếu tố này cũng làm hạn chế sự phát tán TTLL từ các sông ra phía ngoài biển do các khối nước sông chuyển hướng di chuyển về phía Tây Nam các cửa sông.

Ảnh hưởng của lực Coriolis không làm thay đổi đặc điểm biến động theo thời gian của dòng nước và trầm tích di chuyển dọc bờ qua các mặt cắt. Tuy nhiên, yếu tố này làm tăng cường mạnh lượng nước nước và TTLL di chuyển xuống phía Nam-Tây Nam với mức độ khác nhau ở mỗi mặt cắt.

Trong nghiên cứu này, vai trò của lực Coriolis cũng được thể hiện thông qua tác động gây ra sự thiếu hụt trầm tích ở vùng ven bờ Văn Lý - Hải Hậu. Do đó, đây cũng là một trong những yếu tố góp phần gây ra hiện tượng xói lở ở khu vực này.

Các kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của lực Coriolis đến điều kiện dòng chảy và vận chuyển TTLL trong bài báo này mới chỉ là những kết quả bước đầu. Mặc dù giá trị tuyệt đối của lực Coriolis ở khu vực nghiên cứu không lớn nhưng khi cộng hưởng với các yếu tố động lực khác như dòng chảy, thủy triều, sóng và dòng chảy sông thì những tác động của lực Coriolis đến điều kiện động lực, vận chuyển trầm tích là yếu tố không thể bỏ qua và cần được nghiên cứu đánh giá.

Lời cảm ơn: Bài báo này là một phần kết quả của đề tài hợp tác nghiên cứu giữa Viện Tài nguyên và Môi trường biển và Viện Nghiên cứu vì sự phát triển Pháp, đề tài VAST.HTQT.Pháp.01/14-15. Các tác giả xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ quý báu đó. Các tác giả cũng chân thành cảm ơn những nhận xét của các phản biện để bài viết này được hoàn thiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tritton, D. J., 1988. Physical fluid dynamics. Oxford, Clarendon Press, 1988, 536 p., 1.
2. *Hydraulics*, D., 1999, 2000. Delft3D-FLOW user manual; Delft3D-WAVE user manual.
3. Jin, Y. H. and Shen, H. T., 1993. Effects of Coriolis' Force on Estuarine Branch Fjord[J], Marine Science, No. 4, p. 52-56.
4. Cushman-Roisin, B., 1994. Introduction to Geophysical Fluid Dynamics. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
5. Pritchard, D. W., 1955. Estuarine circulation patterns. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, 81-717: p. 1-11.
6. Pritchard, D. W., 1956. The dynamic structure of a coastal plain estuary. Journal of Marine Research, 15(1): 33-42.
7. Wang K. S. and J. L. Su, 1987. Analysis and Calculation of Circulation and Suspended Sediment Transportation at South Waterway of Changjiang River Mouth. ACTA Oceanologica Sinica, Vol. 9, No. 5, pp. 627-637, 1987.
8. Dongsheng Yu, 2006. Analysis on Impact of the Coriolis Forces on Flow in the Yangtze River Estuary. Third Chinese-German Joint Symposium on Coastal and Ocean Engineering, National Cheng Kung University, Tainan, November 8-16, 2006.
9. Kundu, P. K., 1990. Fluid Mechanics. Academic Press.
10. Xiangxing, Y. D. L., 1986. Analysis of the effect of Earth's rotation on the tides in Qiantang estuary. Hydro-Science and Engineering, 1, 002.

11. *Chen, J. Y. and C. L. Zhang, 1987.* Natural Environment of Changjiang River Estuary and its Adjacent Sea, Journal of East China Normal University, No. 2, p. 86-96, 1987.
12. *Kuang, C., and Stansby, P., 2006.* Sandbanks for coastal protection: implications of sea-level rise. Part 2: current and morphological modelling. Tyndall Centre Working Paper 87.
13. *Jin, G., 1998.* The Evolutional Rule of Changjiang River mouth and hydrodynamic effect. ACTA Geographica Sinica, Vol. 53, No. 3, p. 264-269.
14. *Vu, D. V., Ouillon, S., Tran, D. T., and La, V. C., 2014.* Impact of the Hoa Binh Dam (Vietnam) on water and sediment budgets in the Red River basin and delta. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, **11**(1): 333-370.
15. *Vũ Duy Vĩnh, Bùi Văn Vương, 2013.* Ảnh hưởng của một số yếu tố khí tượng hải văn đến biến động địa hình đáy vùng ven bờ châu thổ Sông Hồng. Kỷ yếu Hội thảo Hội nghị khoa học địa chất biển toàn quốc lần thứ 2. Nxb. Khoa học tự nhiên và Công Nghệ, 2012. Tr 285-294.
16. *Vũ Duy Vĩnh, Trần Đức Thanh, 2014.* Đặc điểm biến động dòng chảy vùng ven bờ châu thổ sông Hồng - kết quả nghiên cứu từ mô hình 3D. Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển, Tập 14, Số 2. Tr. 139-148.
17. *Phạm Văn Huán, Nguyễn Tài Hoi, 2007.* Dao động mực nước biển ven bờ Việt Nam. Tạp chí Khí tượng thủy văn, số 556, tháng 4-2007, tr. 30-37.
18. *Häglund, M., and Svensson, P., 2002.* Coastal erosion at Hai Hau beach in the Red River delta, Vietnam. Lund, Sweden Lund University. Master's thesis, 127.
19. *Nguyễn Mạnh Hùng, Phạm Văn Ninh, 2005.* Hiện trạng nghiên cứu xói lở bờ biển huyện Hải Hậu. Tài nguyên và Môi trường biển. Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, tr. 200-211.
20. *Manh, D. V., and Yanagi, T., 2000.* A study on residual flow in the Gulf of Tongking. Journal of oceanography, **56**(1): 59-68.
21. *Steven te Slaa, 2009.* Coastal erosion processes near sea dikes in Hai Hau district, Vietnam. Master thesis in Delft University of Technology.
22. *Van Maren, D. S., 2004.* Morphodynamics of a cyclic prograding delta: the Red River, Vietnam. PhD thesis. Utrecht University, Netherlands Geographical Studies 324, Utrecht, p. 167.
23. *Vũ Duy Vĩnh, Katrijn Baetens, Patrick Luyten, Trần Anh Tú, Nguyễn Thị Kim Anh, 2013.* Ảnh hưởng của gió bề mặt đến phân bố độ mặn và hoàn lưu vùng ven bờ châu thổ sông Hồng. Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển, Tập 13, Số 1. Tr. 12-20.
24. *Jones, M. T., 2003.* User guide to the Centenary Edition of the GEBCO Digital Atlas and its data sets.
25. *Lyard, F., Lefevre, F., Letellier, T., and Francis, O., 2006.* Modelling the global ocean tides: modern insights from FES2004. Ocean Dynamics, **56**(5-6): 394-415.
26. *World Ocean Atlas, 2009.* National Oceanographic Data Center. 30-03-2010. http://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOA09/pr_woa09.html. Retrieved 19-5-2010.

EFFECTS OF CORIOLIS FORCE ON CURRENT AND
SUSPENDED SEDIMENT TRANSPORT IN THE COASTAL
ZONE OF RED RIVER DELTA

Vu Duy Vinh¹, Sylvain Ouillon²

¹Institute of Marine Environment and Resources - VAST

²IRD, UMR 5566 LEGOS, 14 av. Edouard Belin, 31400 Toulouse, France

ABSTRACT: *This paper presents some results of three dimensional (3D) modelling application to research effects of Coriolis force on field current and suspended sediment transport in the coastal area of Red River delta. In this study, a 3D numerical model was set up, calibrated and validated by measured data. Two simulation groups were set up: with Coriolis force and without Coriolis force in the model. The studied results show that the Coriolis force is factor, which causes and strengthens flows alongshore, increases current velocity in coastal zone of Van Ly - Hai Hau. This factor also increases alongshore water and suspended sediment flux from north to southwest with the variation in each cross sections. The results have also shown the role of Coriolis force on the lack of sediment in coastal area of Van Ly - Hai Hau in the rainy season.*

Keywords: *Modelling, Coriolis force, suspended sediment transport, coastal area of Red River delta.*