

MÔ PHỎNG ẢNH HƯỞNG CỦA MỨC NƯỚC BIỂN DÂNG ĐẾN BIẾN ĐỘNG ĐỊA HÌNH ĐÁY VÙNG VEN BỜ CỬA SÔNG MÊ KÔNG

Vũ Duy Vinh*, Trần Đình Lân, Trần Anh Tú, Nguyễn Thị Kim Anh

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

*E-mail: vinhvd@imer.ac.vn

Ngày nhận bài: 22-12-2014

TÓM TẮT: Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu dự báo biến động địa hình ở vùng ven bờ châu thổ sông Mê Kông dưới ảnh hưởng của nước biển dâng. Để thiết lập mô hình tính, các chuỗi số liệu quan trắc đã được thu thập, xử lý hệ thống và đồng bộ cho các điều kiện biên (sông, biển) của mô hình dạng chuỗi số liệu (time serial data). Các biên mở phía biển của mô hình được tạo ra bằng phương pháp lưới lồng (NESTING) từ mô hình có miền tính rộng hơn ở phía ngoài. Mô hình Delft3D với 4 lớp độ sâu theo hệ tọa độ Sigma đã được thiết lập và kiểm chứng cho thấy có sự phù hợp với số liệu đo đạc. Kết quả dự báo trong mùa cạn và mùa lũ đã cho thấy sự dâng cao mực nước biển do biến đổi khí hậu làm hạn chế sự phát tán của dòng trầm tích về phía biển và tập trung di chuyển quanh các cửa sông. Qua đó làm tăng tốc độ bồi tại các bãi bồi khu vực phía ngoài các cửa sông phía nam của vùng ven bờ châu thổ sông Mê Kông. Những ảnh hưởng do dâng cao mực nước biển đến địa hình đáy ven bờ châu thổ sông Mê Kông phổ biến diễn ra trong phạm vi khoảng 7 - 10 km từ cửa sông ra phía ngoài. Ở phía ngoài 10 km từ bờ ra, ảnh hưởng do dâng cao mực nước đến địa hình đáy hầu như không đáng kể.

Từ khóa: Biến động địa hình, Mê Kông, mô hình, mực nước biển dâng, Delft3D.

MỞ ĐẦU

Biến đổi khí hậu (BĐKH) là hiện tượng trái đất nóng dần lên do hiệu ứng nhà kính làm cho nhiệt độ ở các đại dương tăng dần lên, làm tan băng ở các vùng cực, dẫn tới khí hậu của Trái đất biến đổi, thay đổi tần suất và thời gian xuất hiện của các hiện tượng thời tiết cực đoan và dâng cao mực nước biển. Ở Việt Nam, theo nghiên cứu của Viện Nghiên cứu Khí tượng Thủy văn và Môi trường, trong vòng 25 năm (từ 1982 đến 2007) mực nước biển trung bình 18 năm (1990 - 2007) cao hơn mực nước biển trung bình 18 năm (1982 - 1999) là 34,4 mm. Tính trung bình mỗi năm gia tăng khoảng 5 mm [1].

Vùng ven bờ châu thổ sông Mê Kông (CTSMK) được xác định là một trong những

nơi chịu tác động nặng nề do nước biển dâng. Nơi đây cũng có chế độ động lực phức tạp với sự tác động và ảnh hưởng của các yếu tố như sóng, dòng chảy, thủy triều và nguồn nước từ sông đổ ra biển. Dưới ảnh hưởng của các điều kiện đó nên đường bờ, địa hình đáy biển ở khu vực này luôn có sự biến động mạnh theo không gian và thời gian. Điều này không chỉ gây ra những khó khăn đối với các hoạt động giao thông thủy trong khu vực mà còn đe dọa đến sự phát triển bền vững của các khu dân cư ven biển trong vùng. Chính vì vậy, các vấn đề liên quan đến động lực và vận chuyển trầm tích ở khu vực này đã được các nhà khoa học trong và ngoài nước quan tâm nghiên cứu. Có nhiều cách tiếp cận khác nhau như tiếp cận theo hướng địa chất, địa vật lý dựa trên các số liệu phân tích thành phần trầm tích, đặc điểm trầm tích trong các cột khoan từ đó đưa ra các nhận

định về tốc độ lắng đọng, xu hướng bồi xói ở khu vực này [2-4]. Một cách tiếp cận khác dựa trên việc phân tích các số liệu đo trầm tích bề mặt kết hợp với mô hình thủy động lực (TĐL) để đánh giá phân bố trầm tích lơ lửng (TTLL) và xu hướng di chuyển của dòng trầm tích vùng ven bờ CTSMK [5-8]. Trong nghiên cứu gần đây [9, 10] đã có cách tiếp cận tổng hợp khi thiết lập một hệ thống mô hình TĐL gồm dòng chảy - sóng - vận chuyển trầm tích để mô phỏng biến động địa hình đáy biển ven bờ CTSMK. Dựa trên các kịch bản dự báo về nước biển dâng của Bộ Tài nguyên và Môi trường, bài viết này sẽ trình bày một số kết quả mô phỏng ảnh hưởng do nước biển dâng đến biến động địa hình đáy ở vùng ven bờ CTSMK.

TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Khu vực nghiên cứu nằm trong khoảng tọa độ 7,5 - 10,5 độ vĩ bắc và 103,2 - 107,9 độ kinh đông thuộc, vùng biển ven bờ CTSMK. Đây là khu vực nằm trong vùng ảnh hưởng của chế độ khí hậu có tính chất nhiệt đới gió mùa với sự tương phản sâu sắc giữa hai mùa gió: Mùa gió động bắc từ tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau và gió mùa tây nam từ tháng 4 đến tháng 9. Hàng năm hệ thống sông Mê Kông đưa ra biển khoảng 470 tỷ m³ nước và 160 triệu tấn trầm tích [11]. Tuy nhiên, lượng nước và trầm tích chủ yếu tập trung trong các tháng mùa lũ.

Các kết quả nghiên cứu trước kia cho thấy trầm tích của sông Mê Kông phần lớn là hạt mịn. Trong mùa cạn, kích thước hạt ngưng keo là 30 - 40 μm và thành phần hạt sét chiếm 20 - 40% thể tích [12]. Ngược lại vào mùa lũ, kích thước hạt ngưng keo biến đổi khoảng rộng hơn với giá trị 50 - 200 μm và thành phần hạt sét chiếm khoảng 20 - 30% thể tích [13].

Địa hình đáy ở vùng ven bờ, cửa sông Mê Kông tương đối bằng phẳng. Độ dốc đáy biển khá nhỏ và độ sâu lớn nhất khoảng 40 - 70 m. Điều kiện động lực khu vực này chịu ảnh hưởng mạnh của các khối nước sông, chế độ thủy triều mang tính chất bán nhật triều với biên độ khá lớn [14] và điều kiện sóng biển đổi mạnh theo mùa gió [15].

Tài liệu

Số liệu độ sâu và đường bờ của khu vực cửa sông ven bờ CTSMK được số hóa từ các

bản đồ địa hình UTM hệ tọa độ địa lý VN 2000 tỷ lệ 1:50.000 và 1:25.000. Độ sâu của khu vực phía ngoài sử dụng cơ sở dữ liệu GEBCO -1/8 có độ phân dải 0,5 phút được xử lý từ ảnh vệ tinh kết hợp với các số liệu đo sâu [16, 17].

Các chuỗi số liệu gió, sóng quan trắc nhiều năm ở trạm hải văn Côn Đảo và Vũng Tàu được xử lý làm đầu vào cho mô hình tính. Đây là số liệu đo đạc với tần suất 6h/lần trong năm 2012. Ngoài ra, số liệu sóng được tham khảo thêm từ kết quả tính sóng khí hậu năm 2012 [18].

Số liệu mực nước dùng cho việc hiệu chỉnh mô hình là các kết quả số liệu đo đạc mực nước (1 h/lần) tại Vũng Tàu trong năm 2012. Ngoài ra, chuỗi số liệu mực nước còn được xử lý làm đầu vào cho các biên mở phía biển của mô hình của 8 sóng triều chính là M2, S2, K2, N2, O1, K1, P1, Q1. Các hằng số điều hòa thủy triều ở phía ngoài xa bờ được thu thập từ cơ sở dữ liệu FES2004 của LEGOS và CLS [19, 20].

Các số liệu đo đạc về dòng chảy, trầm tích của đề tài “Tương tác giữa các quá trình động lực Biển Đông và nước sông Mê Kông” trong mùa lũ và mùa cạn 2013 - 2014 cũng đã được thu thập, xử lý để phục vụ thiết lập hiệu chỉnh và kiểm chứng mô hình. Cơ sở dữ liệu WOA13 [21] với độ phân giải 0,25 độ cho khu vực Biển Đông cũng được khai thác để sử dụng cho mô hình tính ở phía ngoài.

Tài liệu về mực nước dâng ở khu vực này dựa theo các kịch bản nghiên cứu về BĐKH và nước biển dâng cho Việt Nam 2011 do Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố.

Phương pháp

Trong nghiên cứu này, các phương pháp đã được sử dụng là: GIS để số hóa và xử lý số liệu địa hình từ các bản đồ địa hình; tính toán thống kê để xử lý các số liệu lưu lượng nước sông, hàm lượng TTLL của các biên mở phía sông cho mô hình TĐL trầm tích ở khu vực nghiên cứu; lưới lồng (phương pháp NESTING trong Delf3D) được sử dụng trong nghiên cứu này để nhằm tạo ra các điều kiện biên mở phía biển của mô hình (vùng trong, lưới chi tiết).

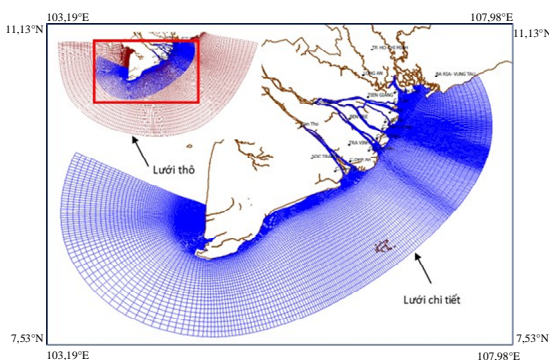
Các điều kiện TĐL - sóng - vận chuyển trầm tích và biến động địa hình được mô hình hóa bằng module TĐL (Delft3d-Flow) của hệ

thông mô hình Delft3d của Hà Lan. Đây là hệ thống mô hình có thể mô phỏng tốt điều kiện TĐL - sóng, vận chuyển trầm tích, biến động địa hình ở vùng cửa sông ven bờ [22].

Sử dụng hệ tọa độ cong trục giao cho khu vực cửa sông ven bờ CTSMK, vùng tính bao gồm các vùng nước của các cửa: Soài Rạp, Tiểu, Đại, Ba Lai, Hàm Luông, Cổ Chiên, Cung Hầu, Định An và Trần Đề. Miền tính trải rộng từ Vũng Tàu đến phía tây của Cà Mau được chia thành 424×295 điểm tính, kích thước các ô lưới biến đổi từ 43,9 m đến 11.488,9 m (hình 1). Theo độ sâu, cột nước được chia làm 4 lớp theo hệ tọa độ σ . Lưới độ sâu được thiết lập trên cơ sở lưới tính và bản đồ địa hình của khu vực. Mô hình được thiết lập và tính đến cả các quá trình khuếch tán nhiệt -muối, vận chuyển trầm tích và ảnh hưởng của sóng.

Mô hình TĐL được thiết lập và chạy cho các mùa đặc trưng: 3 tháng mùa lũ (tháng 9, 10, 11 năm 2012); 3 tháng mùa cạn (tháng 3, 4, 5 năm 2012). Bước thời gian chạy của mô hình là 0,2 phút.

Điều kiện ban đầu của các kịch bản hiện trạng là các kết quả tính toán trong file restart sau tháng đầu tiên của mỗi mùa (tháng 3 của mùa cạn và tháng 9 của mùa lũ). Số liệu để cung cấp cho các biên mở phía biển (nhiệt độ, độ muối, mực nước) lấy từ kết quả tính toán từ mô hình phía ngoài (lưới thô) bằng phương pháp NESTHD. Đây là các số liệu dạng time serial với tần suất 1 h/lần.



Hình 1. Lưới tính của mô hình (lưới chi tiết ở phía trong và lưới tính thô ở phía ngoài)

Đối với các biên trong sông: Sử dụng chuỗi số liệu lưu lượng nước đo tại trạm thủy văn Cần Thơ và Mỹ Thuận với tần suất 1 h/lần

(trong tháng 4, 5 và 9, 12 năm 2012) cho điều kiện biên sông của mô hình. Số liệu độ muối và nhiệt độ cho điều kiện biên là các đặc trưng trung bình tháng. Số liệu gió đưa vào mô hình tính cho kịch bản hiện trạng là các số liệu quan trắc tại Côn Đảo trong các tháng 3, 5 và tháng 9, 12 năm 2012 với tần suất 6 h/lần.

Mô hình sóng trong nghiên cứu này được thiết lập chạy đồng thời (online coupling) với mô hình TĐL và mô hình vận chuyển TTLL. Tại mỗi thời điểm tính toán (bước thời gian), mô hình sóng sẽ sử dụng lưới tính, trường gió, các kết quả tính độ sâu, mực nước, dòng chảy của mô hình TĐL. Điều kiện biên mở của mô hình sóng sử dụng kết quả tính sóng của WAVE CLIMATE cho vùng Biển Đông và tham khảo thêm số liệu sóng quan trắc tại Côn Đảo trong năm 2012 [18]. Kiểu ma sát đáy trong mô hình sóng ở nghiên cứu này được lựa chọn là phổ JONSWAP với hệ số có giá trị 0,067. Mô hình B&J được lựa chọn để tính ảnh hưởng của nước nông nơi diễn ra quá trình sóng đổ [23].

Các tham số tính toán khác của mô hình:

Tham số nhám đáy (bottom roughness) trong nghiên cứu này lựa chọn sử dụng các hệ số Manning (n) biến đổi theo không gian với giá trị 0,018 - 0,023 $m^{-1/3}s$ [24, 25].

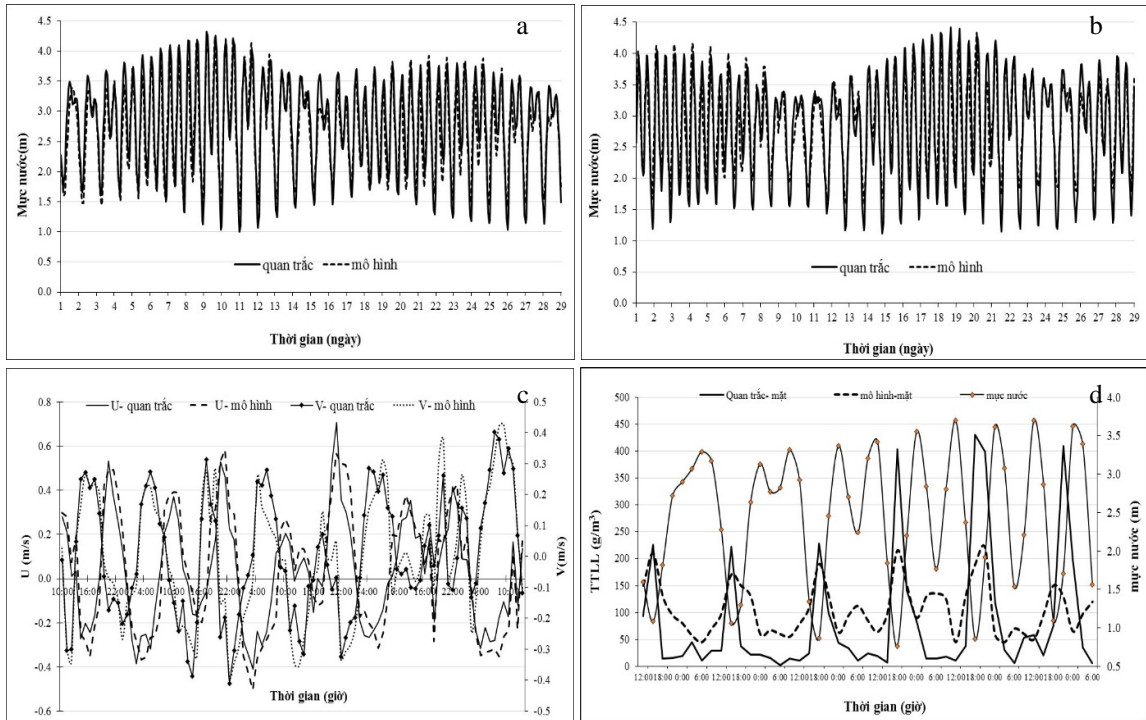
Các giá trị liên quan đến điều kiện rôi có thể được xác định do người dùng như là một hằng số, hoặc tham số biến đổi theo không gian hoặc tính toán với cách tiếp cận HLES (Horizontal Large Eddy Simulation) đã được tích hợp trong hệ thống mô hình Delft3d theo lý thuyết của Uittenbogaard [26] và Van Vossen [27].

Vận tốc lắng đọng của TTLL được chọn dao động trong khoảng từ 0,05 - 0,12 mm/s. Tiêu chuẩn ứng suất cho quá trình xói của trầm tích được lựa chọn là 0,25 N/m^2 [28]. Tiêu chuẩn ứng suất cho quá trình bồi lắng của trầm tích được lựa chọn là 0,1 N/m^2 [28]. Tốc độ xói trong tự nhiên ban đầu được giả thiết là $10^{-3} kg/m^2.s$.

Hiệu chỉnh, kiểm chứng kết quả tính của mô hình: Các kết quả tính toán của mô hình đã được kiểm chứng thông qua việc so sánh với số liệu quan trắc. So sánh kết quả tính toán mực nước từ mô hình với mực nước quan trắc tại

các trạm Vũng Tàu, Bình Đại, An Thuận, Hòa Bình cho thấy khá phù hợp kể cả về pha và biên độ (hình 2a, b). Sai số bình phương trung bình giữa tính toán và đo đạc mực nước ở các trạm này dao động trong khoảng 0,15 - 0,25 m. Các giá trị quan trắc dòng chảy được phân tích thành các thành phần kinh hướng (u) và vĩ hướng (v) trước khi đem so sánh với các kết

quả tính toán từ mô hình. Sau lần hiệu chỉnh cuối cùng, kết quả so sánh cho thấy có sự phù hợp tương đối giữa số liệu đo đạc và tính toán dòng chảy ở khu vực này (hình 2c). So sánh hàm lượng TTLL quan trắc và tính toán ở một số vị trí phía ngoài cửa sông Mê Kông cũng cho thấy sự phù hợp (hình 2d).



Hình 2. Kiểm chứng kết quả tính của mô hình và quan trắc
 a, b- mực nước tại Bến Trại (cửa Cỏ Chiên) tháng 4 và tháng 9-2012; c- dòng chảy tầng giữa phía ngoài cửa Cung Hầu (04-08/4/2014); d- hàm lượng TTLL phía ngoài cửa Hàm Luông (14-20/9/2013)

Các kịch bản tính: Mô hình tính được thiết lập và chạy với 6 kịch bản tính khác nhau. Trong đó có 2 kịch bản tham khảo (hiện trạng) và 4 kịch bản dự báo: mực nước dâng 25 cm và 50 cm (kịch bản phát thải trung bình - B2) trong mùa lũ và mùa cạn.

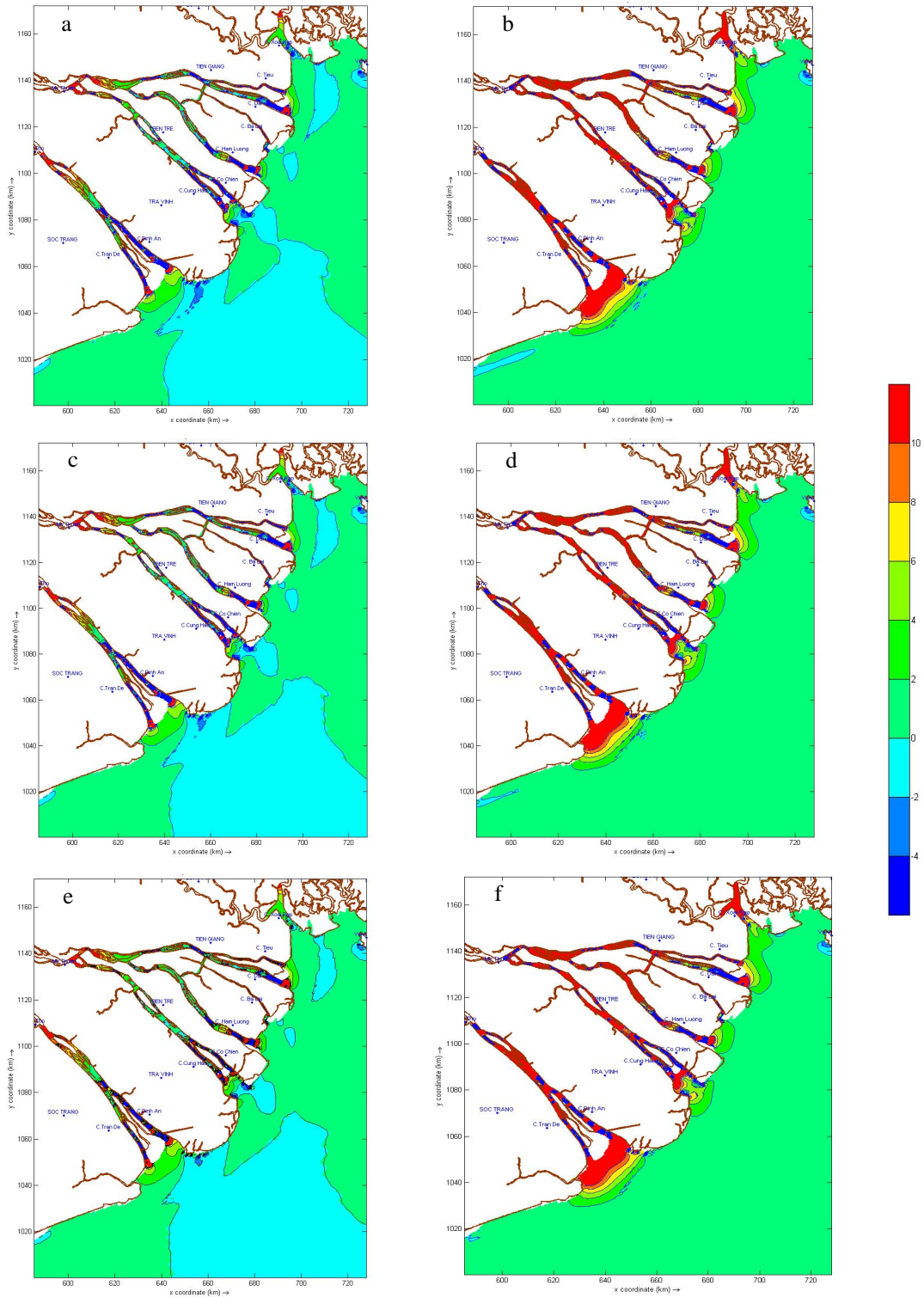
KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Đặc điểm biến động địa hình đáy biển ven bờ châu thổ sông Mê Kông

Biến động địa hình đáy biển vùng ven bờ CTSMK phụ thuộc vào các điều kiện TĐL và nguồn cung trầm tích từ hệ thống sông đưa ra.

Các kết quả tính toán mô phỏng cho thấy biến động địa hình đáy biển ở khu vực nghiên cứu có sự khác biệt lớn giữa mùa lũ và mùa cạn.

Vào mùa cạn: Địa hình đáy ở khu vực biến động rất nhỏ với giá trị bồi/xói dao động phổ biến trong khoảng -1,0 - 4 cm/tháng. Một số khu vực có xu hướng bồi là vùng sát phía ngoài các cửa Trần Đề, Định An, Cung Hầu, Cỏ Chiên, Hàm Luông và Cửa Đại. Tuy nhiên, ngay phía ngoài khu vực bồi ở các cửa này lại xuất hiện các điểm xói với tốc độ khoảng từ 0 - 1 cm/tháng (hình 3a). Xu hướng bồi xói xen kẽ cũng xuất hiện ở phía trong các cửa sông nhưng các điểm xói nhiều hơn vị trí có giá trị bồi.



Hình 3. Biến động địa hình đáy (mm) vùng ven bờ châu thổ sông Mê Kông sau 1 tháng (a- hiện tại - mùa cạn, b- hiện tại mùa lũ; c- mực nước tăng 25 cm- mùa cạn, d- mực nước tăng 25 cm mùa lũ; e- mực nước tăng 50 cm - mùa cạn; f- mực nước tăng 50 cm mùa lũ)

Vào mùa lũ: Do nguồn cung cấp trầm tích từ lục địa lớn nên xu hướng bồi tụ đáy chiếm ưu thế so với xói. Xu hướng bồi xuất hiện ở tất cả các cửa, đặc biệt là khu vực phía ngoài cửa Trần Đề - Định An tốc độ bồi có thể lên tới 4 - 6 cm trong khoảng 2 tháng (hình 3b). Do chế độ triều ở khu vực này mang tính chất bán nhật triều không đều nên dòng bồi tích từ sông đưa ra hầu hết không được đưa ra xa bờ mà chủ yếu tập trung và lắng đọng quanh các cửa sông. Phía ngoài các cửa sông, TTLL lắng đọng và tạo thành dải bồi tụ chạy dọc ven bờ có độ rộng khoảng 5 - 10 km, tốc độ bồi tụ ở dải này khoảng 0,5 - 2 cm/2 tháng.

Mặc dù xu thế bồi tụ là phổ biến trong mùa lũ (hình 4c, d) nhưng vào mùa cạn xu thế xói ở các lòng sông và dải ven biển chiếm ưu thế so với quá trình bồi lắng. Dòng trầm tích do quá trình xói này di chuyển về phía tây nam dưới ảnh hưởng kết hợp của hệ dòng chảy ven bờ do gió mùa đông bắc. Theo Xue và nnk [9], sự bồi tụ trong mùa lũ ở khu vực này chỉ là quá trình lắng đọng tạm thời và quá trình xói (tái lơ lửng của trầm tích) trong mùa cạn và các mùa chuyển tiếp có vai trò quan trọng trong việc vận chuyển trầm tích ra xa bờ và các vùng xung quanh.

Một đặc điểm nổi bật trong biến động địa hình đáy vùng cửa sông ven bờ CTSMK là sự hình thành nên các bãi bồi nhỏ ở trong lòng các sông và vùng phía ngoài cửa. Quá trình này xuất hiện rõ rệt hơn vào mùa lũ (hình 4c, d) nhưng lại bị quá trình xói, bào mòn và vận chuyển ra phía cửa, di chuyển về phía tây nam các cửa sông trong mùa cạn (hình 4a, b). Kết quả này phù hợp với nghiên cứu liên quan [8, 9].

So với vùng ven bờ châu thổ sông Hồng và vùng cửa sông Bạch Đằng [29-31], trầm tích từ lục địa ở vùng ven bờ CTSMK được giữ lại ở phía trong và ngay tại các cửa sông, sát ven bờ nhiều hơn, sự vận chuyển ra xa bờ hạn chế hơn. Điều này có thể được lý giải do địa hình ở khu vực này khá thấp nên sự xâm nhập của nước biển có điều kiện phát triển vào sâu trong lục địa (nước biển có thể tiến sâu vào lục địa khoảng 50 - 95 km [32]). Điều kiện thủy triều mang tính chất bán nhật triều không đều cũng là một yếu tố hạn chế đưa trầm tích ra xa bờ, tăng

ạnh tốc độ bồi lắng ở vùng cửa sông ven bờ (Wang và nnk, 1999) ở khu vực này [33].

Tác động do mực nước biển dâng đến địa hình đáy

Biến động địa hình đáy biển vùng ven bờ CTSMK phụ thuộc vào các điều kiện TĐL và nguồn cung trầm tích từ hệ thống sông đưa ra. Với giả thiết các điều kiện khác không thay đổi, chỉ có thay đổi về điều kiện dâng cao mực nước (dâng cao thêm 25 cm và dâng cao thêm 50 cm), các kết quả tính toán mô phỏng cho thấy BĐKH do dâng cao mực nước có tác động nhất định đến đặc điểm biến động địa hình đáy ở khu vực nghiên cứu.

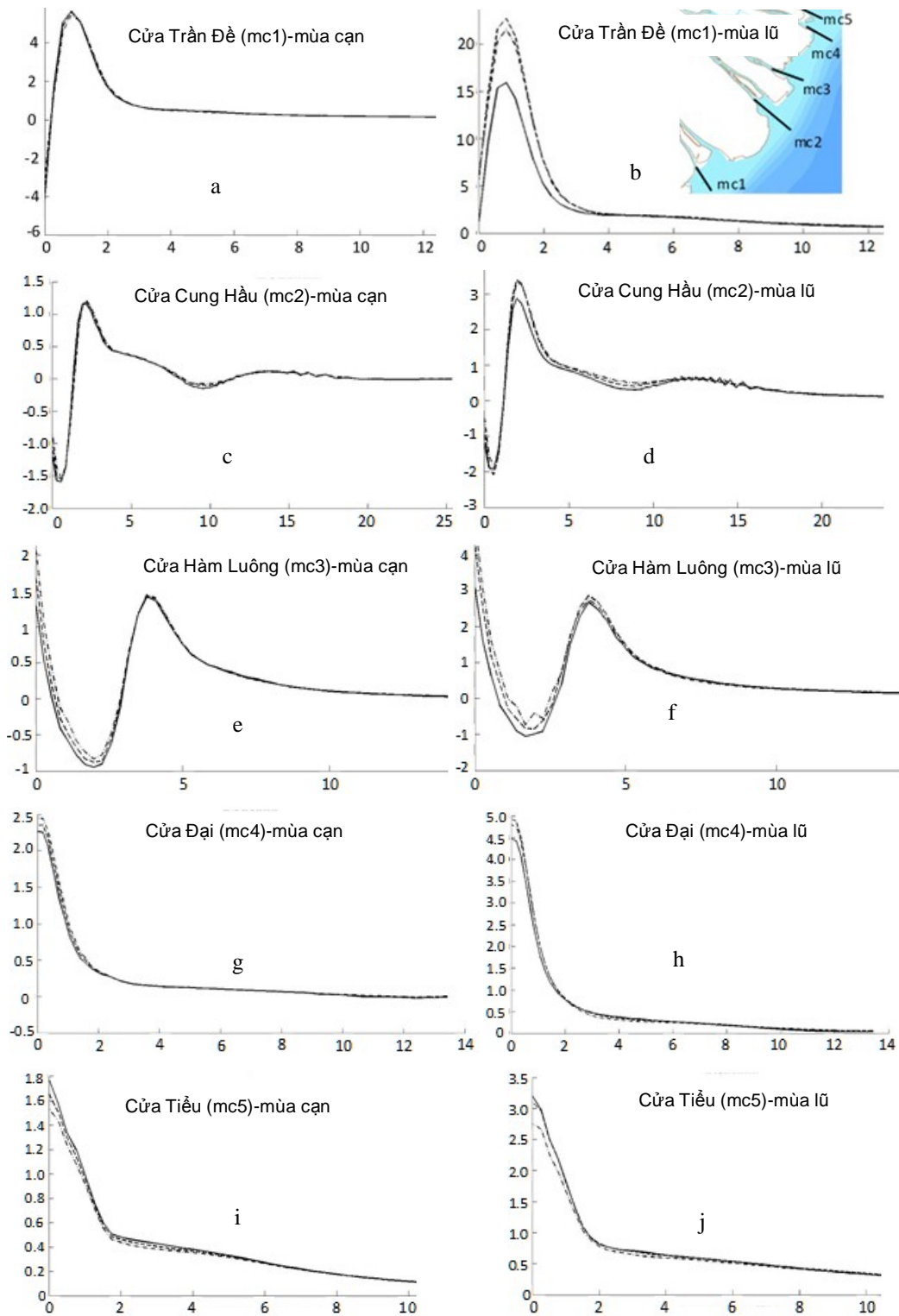
Vào mùa cạn, biến động địa hình đáy ven bờ CTSMK theo không gian khi có sự dâng cao mực nước biển vẫn thể hiện các đặc trưng giống như điều kiện hiện tại. Tuy nhiên, sự dâng cao mực nước biển làm giảm nhẹ phạm vi xói đáy ở một số khu vực (hình 3c, e).

Trong mùa lũ, biến động địa hình đáy ven bờ CTSMK theo không gian khi có sự dâng cao mực nước biển vẫn thể hiện các đặc trưng giống như điều kiện hiện tại. Những thay đổi gây ra do dâng cao mực nước biển đến địa hình đáy theo không gian là khá nhỏ (hình 3d, f).

Như vậy, sự dâng cao mực nước biển không gây ra những tác động lớn đến địa hình đáy ven bờ châu thổ sông Mê Kông. Tuy nhiên dâng cao mực nước làm giảm nhẹ tốc độ xói ở một số vùng ven bờ phía ngoài cửa Cổ Chiên, Cung Hầu và Trần Đề.

Khảo sát biến động địa hình đáy quá một số mặt cắt phía ngoài các cửa sông cho thấy ảnh hưởng của sự dâng cao mực nước khác nhau ở mỗi khu vực:

Tại khu vực phía ngoài cửa Trần Đề, ảnh hưởng do dâng cao mực nước không tác động đáng kể đến biến động địa hình đáy mặt cắt này trong mùa cạn (hình 4a). Tuy nhiên, trong mùa lũ, dâng cao mực nước là yếu tố làm tăng tốc độ bồi tại bãi bồi ở cửa sông. Điều này có thể được giải thích là do dòng trầm tích từ lục địa bị hạn chế di chuyển ra phía ngoài biển khi mực nước dâng cao nên đã tập trung và lắng đọng ngay tại các cửa và làm tăng tốc độ bồi lắng ở những cửa này (hình 4b).



Hình 4. Biến động địa hình (cm) ven bờ CTSMK qua một số mặt cắt sau 1 tháng (trục đứng: biến động địa hình (cm), trục ngang: khoảng cách (km) từ cửa sông ra phía ngoài biển; nét liền- hiện tại, nét đứt- mực nước tăng 25 cm, nét đứt chấm- mực nước tăng 50 cm)

Tại mặt cắt phía ngoài cửa Cung Hầu, tác động do dâng cao mực nước biển đến biên động địa hình đáy cũng rất nhỏ trong mùa cạn (hình 4c). Ngược lại, vào mùa lũ, dưới ảnh hưởng do mực nước biển dâng, tốc độ bồi tại bãi bồi ở mặt cắt phía ngoài cửa cung hầu cũng tăng nhẹ (hình 4d).

Ảnh hưởng do dâng cao mực nước biển ở mặt cắt khu vực phía ngoài cửa Hàm Luông thể hiện xu thế giống nhau cả trong mùa lũ và mùa cạn: đều làm tăng nhẹ tốc độ bồi hoặc giảm nhẹ tốc độ xói khi mực nước dâng 0,25 m và 0,5 m (hình 4e, f).

Tại mặt cắt phía ngoài Cửa Đại, sự dâng cao mực nước cũng làm tăng nhẹ tốc độ bồi cả ở trong mùa cạn và mùa lũ (hình 4g, h). Tại mặt cắt phía ngoài khu vực Cửa Tiểu, sự dâng cao mực nước làm giảm nhẹ tốc độ bồi tụ ở đây cả trong mùa lũ và khô (hình 4i, j).

Các kết quả nghiên cứu liên quan cho thấy tác động của sự dâng cao mực nước đến địa hình đáy vùng cửa sông ven biển rất khác nhau và phụ thuộc vào các điều kiện địa hình, động lực và điều kiện vận chuyển trầm tích của mỗi khu vực [34]. Trong kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của sự dâng cao mực nước ở vùng biển Wadden (Hà Lan) cho thấy rằng sự tích lũy trầm tích và biến động địa hình đáy hầu như không thay đổi dưới ảnh hưởng do dâng cao mực nước biển ở vùng này [35]. Theo Dronkers (1998), sự dâng cao mực nước biển gây ra sự tích lũy trầm tích ở các bãi triều thấp để phục hồi trạng thái cân bằng động bị thay đổi do dâng cao mực nước. Sự tích lũy trầm tích này sẽ làm hạn chế di chuyển trầm tích ra xa các nguồn phát tán [36]. Với cách tiếp cận bán thực nghiệm, Van Goor và nnk (2003) đã khảo sát tác động do sự dâng cao mực nước biển đến vùng biển Wadden và Ameland - Eierland, kết quả cho thấy địa hình ở khu vực cửa và đáy vẫn duy trì tốc độ bồi lần lượt là trên 10 mm/năm và 15 mm/năm [37]. Tuy nhiên, một nghiên cứu khác dựa trên kết quả tính của mô hình lại cho thấy sự dâng cao mực nước biển có thể gây xói ở các bãi bồi phía ngoài cửa và gây bồi ở các bãi bồi phía trong các cửa sông [38]. Sự khác biệt trong các kết quả nghiên cứu đánh giá tác động do nước biển dâng đến địa hình đáy khu vực cửa sông ven biển thể hiện tính chất,

các yếu tố tác động mang tính địa phương cũng như các cách tiếp cận nghiên cứu khác nhau [38].

Ở vùng ven bờ CTSMK, ảnh hưởng do dâng cao mực nước biển đến biên động địa hình tại một số mặt cắt phía ngoài các cửa sông chính có sự thay đổi rõ rệt từ phía nam lên phía bắc. Dâng cao mực nước biển làm tăng tốc độ bồi ở các cửa sông phía nam, cường độ giảm dần từ cửa Trần Đề đến Cửa Đại, sau đó thay đổi sang trạng thái làm giảm tốc độ bồi ở mặt cắt phía ngoài Cửa Tiểu. Điều này có thể giải thích là do sự tương tác lục địa - biển. Ở các cửa sông phía nam, dòng trầm tích ra ngoài lớn hơn, khi mực nước biển dâng cao, dòng trầm tích này không thể di chuyển xa hơn về phía biển nên bị lắng đọng, tích tụ tại ngay các cửa sông làm tăng tốc độ bồi tụ các khu vực đó. Trong khi ở các cửa sông phía bắc, lưu lượng nước đưa ra nhỏ hơn nên khi mực nước dâng cao, dòng trầm tích bị đẩy sâu vào phía trong gây ra sự thiếu hụt trầm tích trên các mặt cắt đó, kết quả là giảm tốc độ bồi.

KẾT LUẬN

Địa hình đáy ở khu vực cửa sông ven bờ CTSMK biến động rõ rệt theo mùa. Vào mùa cạn, xu hướng xói xuất hiện ở các đoạn phía sâu trong các cửa sông, xen kẽ với số ít đoạn bồi. Ngược lại vào mùa lũ xu thế bồi tụ đáy xuất hiện ở hầu hết vùng cửa sông và ven bờ khu vực nghiên cứu.

Nguồn trầm tích dồi dào đưa ra từ các sông trong mùa lũ được lắng đọng tại các cửa sông, vùng ven bờ tạo thành các bãi bồi với tốc độ bồi tụ khá lớn khoảng 0,1 - 0,5 cm/tháng ở vùng nước từ bờ ra phía ngoài khoảng 10 km. Trong khi đó vào mùa cạn, nguồn trầm tích từ sông đưa ra (chủ yếu do xói) đưa ra phía cửa hình thành lên các bãi bồi nhỏ ở các cửa sông. Một nguồn trầm tích khác do quá trình xói ở dải ven bờ phía ngoài được vận chuyển về phía tây nam của ven bờ châu thổ.

Sự dâng cao mực nước biển do biến đổi khí hậu làm hạn chế sự phát tán của dòng trầm tích về phía biển mà chỉ tập trung di chuyển quanh các cửa sông. Kết quả là làm tăng tốc độ bồi tại các bãi bồi khu vực phía ngoài các cửa sông phía nam của vùng ven bờ CTSMK. Trong khi

đó, ở các cửa sông phía bắc, do lưu lượng nước đưa ra nhỏ hơn, ảnh hưởng của dòng triều vào sâu hơn lên dòng trầm tích đưa ra giảm, kéo theo sự giảm của tốc độ bồi tụ ở các khu vực này.

Những ảnh hưởng do dâng cao mực nước biển đến địa hình đáy ven bờ CTSMK phổ biến diễn ra trong phạm vi từ khoảng 7 - 10 km từ cửa sông ra phía ngoài. Ở phía ngoài 10 km từ bờ ra, ảnh hưởng do dâng cao mực nước biển đến địa hình đáy hầu như không đáng kể.

Kết quả nghiên cứu trong bài báo này mới chỉ xét đến những ảnh hưởng do nước biển dâng đến địa hình đáy biển ven bờ cửa sông Mê Kông trong mùa lũ và mùa cạn. Những ảnh hưởng do nước biển dâng kết hợp với các điều kiện thời tiết cực đoan khác như bão, áp thấp nhiệt đới, gió mùa mạnh ... cần được nghiên cứu đánh giá ở các công trình tiếp theo.

Lời cảm ơn: Bài báo có sử dụng các tư liệu của Nhiệm vụ Hợp tác quốc tế theo Nghị định thư về Khoa học và Công nghệ giữa Việt Nam và Hoa Kỳ giai đoạn 2013-2014: “Tương tác giữa các quá trình động lực Biển Đông và nước sông Mê Kông”, 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, góp ý hết sức quý báu của các phản biện trong quá trình chỉnh sửa hoàn thiện bài báo này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Viện Khoa học KTTV và Môi trường, 2010. Tác động của BĐKH lên tài nguyên nước và các giải pháp thích ứng đồng bằng sông Cửu Long. Báo cáo Dự án Tác động của BĐKH lên tài nguyên nước và các biện pháp thích ứng.
2. Nguyen, Van Lap, Thi Kim Oanh Ta, Masaaki Tateishi, 2000. Late Holocene depositional environments and coastal evolution of the Mekong River Delta, Southern Vietnam. Journal of Asian Earth Sciences, **18**(4): 427-439.
3. Nguyễn Văn Lập, Tạ Thị Kim Oanh, 2012. Đặc điểm trầm tích bãi triều và thay đổi đường bờ biển khu vực ven biển tỉnh Cà Mau, châu thổ sông Cửu Long. Tạp chí Các Khoa học về Trái đất, **34**(1): 1-9.
4. Ta, T. K. O., Nguyen, V. L., Tateishi, M., Kobayashi, I., Tanabe, S., and Saito, Y., 2002. Holocene delta evolution and sediment discharge of the Mekong River, southern Vietnam. Quaternary Science Reviews, **21**(16): 1807-1819.
5. Vũ Thanh Ca, 2007. Mô hình dòng chảy tổng hợp và bùn cát kết dính vùng ven bờ. Kỷ yếu Hội thảo Khoa học lần thứ 10. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường. Hà Nội. Tr. 40-47.
6. Phạm Sỹ Hoàn và Lê Đình Mậu, 2011. Tính toán vận chuyển vật chất lơ lửng tại dải ven biển cửa sông Mê Kông bằng mô hình toán. Kỷ yếu hội nghị Khoa học và Công nghệ biển toàn quốc lần thứ V, Hà Nội. Tr. 99-107.
7. Nguyễn Thọ Sáo, Nguyễn Minh Huân, 2011. Nghiên cứu bồi lấp cửa Ba Lai, Bến Tre. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, **27**(1S): 211-217.
8. Nguyễn Trung Thành, Nguyễn Hồng Lân, Phùng Văn Phách, Dư Văn Toán, Bùi Việt Dũng, DANIEL UNVERRICHT, 2011. Xu hướng vận chuyển tích tụ trầm tích trên phần châu thổ ngậm ven bờ biển đồng bằng sông Mê Kông. Tạp chí Các Khoa học Trái đất, **33**(4): 607-615.
9. Xue, Z., He, R., Liu, J. P., and Warner, J. C., 2012. Modeling transport and deposition of the Mekong River sediment. Continental Shelf Research, **37**, 66-78.
10. Vũ Duy Vinh, Trần Đình Lân, Trần Anh Tú, Nguyễn Thị Kim Anh, 2014. Mô phỏng đặc điểm biến động địa hình vùng cửa sông ven bờ sông Mê Kông. Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển, **14**(3A): 31-42.
11. Milliman, J. D., and Syvitski, J. P., 1992. Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers. The Journal of Geology, 525-544.
12. Wolanski, E., Nhan, N. H., and Spagnol, S., 1998. Sediment dynamics during low flow conditions in the Mekong River estuary, Vietnam. Journal of Coastal Research, 472-482.
13. Wolanski, E., Huan, N. N., Nhan, N. H., and Thuy, N. N., 1996. Fine-sediment

- dynamics in the Mekong River estuary, Vietnam. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **43**(5): 565-582.
14. Nguyễn Ngọc Thụy, 1982. Thủy triều đồng bằng sông Cửu Long và vùng biển kế cận. Báo cáo tại Hội thảo Quốc tế về xâm nhập mặn ở ĐBSCL, 22-27/10/1982 tại Thành phố Hồ Chí Minh.
 15. Le Dinh Mau and Nguyen Van Tuan, 2014. Estimation of wave characteristics in east Vietnam Sea using swam model. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, **14**(3): 212-218.
 16. Becker, J. J., Sandwell, D. T., Smith, W. H. F., Braud, J., Binder, B., Depner, J., ... and Weatherall, P., 2009. Global bathymetry and elevation data at 30 arc seconds resolution: SRTM30_PLUS. *Marine Geodesy*, **32**(4): 355-371.
 17. Meirion T Jones, Pauline Weatherall, Raymond N Cramer, 2009. User Guide to the centenary edition of GEBCO Digital Atlas and its data sets. Natural Environment Research Council.
 18. BMT Argoss, 2011. Overview of the service and validation of the database. Reference: RP_A870, www.waveclimate.com.
 19. Lefevre, F., Lyard, F. H., Le Provost, C., and Schrama, E. J., 2002. FES99: a global tide finite element solution assimilating tide gauge and altimetric information. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, **19**(9): 1345-1356.
 20. 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.
 21. Boyer, T., (ed.), Alexey, M., 2013. Technical Ed.: World Ocean Atlas 2013 Product Documentation. Ocean Climate Laboratory, NODC/NESDIS/NOAA. Silver Spring, MD 20910-3282.
 22. *Hydraulics*, D., 2014. Delft3D-Flow user's manual: simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments. Technical report.
 23. Battjes, J. A., and Janssen, J. P. F. M., 1978. Energy loss and set-up due to breaking of random waves. *Coastal Engineering Proceedings*, **1**(16).
 24. Arcement Jr, G. J., and Schneider, V. R., 1989. Guide for selecting manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains United States Geological Survey Water-supply Paper 2339. pubs.usgs.gov/wsp/2339/report.pdf.
 25. Simons, D. B., and Şentürk, F., 1992. Sediment transport technology: water and sediment dynamics. Water Resources Publication.
 26. Uittenbogaard, R. E., 1998. Model for eddy diffusivity and viscosity related to sub-grid velocity and bed topography. Note, WL| Delft Hydraulics.
 27. Van Vossen, B., 2000. Horizontal large eddy simulations; evaluation of computations with DELFT3D-FLOW. Report MEAH-197. Delft University of Technology.
 28. Rijn, L. V., 1993. Principles of Sediment Transport in Rivers. Estuaries and Coastal Seas, Aqua Publications, The Netherlands.
 29. Vũ Duy Vĩnh, Trần Đức Thanh, 2012. Áp dụng mô hình toán nghiên cứu vùng đục nước cực đại khu vực cửa sông Bạch Đằng. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, **12**(1): 1-12.
 30. Vũ Duy Vĩnh, Đinh Văn Ưu, 2013. Ảnh hưởng của một số yếu tố khí tượng hải văn đến đặc điểm vận chuyển trầm tích lơ lửng vùng cửa sông Bạch Đằng. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, **13**(3): 216-226.
 31. 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. Tr. 285-294.
 32. Viện Khoa học KTTV và Môi trường, 2010. Tác động của BĐKH lên tài nguyên nước và các giải pháp thích ứng đồng bằng sông Cửu Long. Báo cáo Dự án Tác động của

BĐKH lên tài nguyên nước và các biện pháp thích ứng.

Management, Rijkswaterstaat, The Hague, ISBN90-369-0084-0.

33. Wang, Z. B., Jeuken, C., and De Vriend, H. J., 1999. Tidal asymmetry and residual sediment transport in estuaries: a literature study and application to the Western Scheldt. Deltares (WL).
34. Friedrichs, C. T., Aubrey, D. G., and Speer, P. E., 1990. Impacts of relative sea-level rise on evolution of shallow estuaries. In Residual currents and long-term transport (pp. 105-122). Springer New York.
35. Louters, T., Gerritsen, F., 1995. The Riddle of sands; Technical report, National Institute for Coastal and Marine Management, Rijkswaterstaat, The Hague, ISBN90-369-0084-0.
36. Dronkers, J., 1998. Morphodynamics of the Dutch delta. Physics of Estuaries and Coastal Seas, 297-304.
37. Van Goor, M. A., Zitman, T. J., Wang, Z. B., and Stive, M. J. F., 2003. Impact of sea-level rise on the morphological equilibrium state of tidal inlets. Marine Geology, **202**(3): 211-227.
38. Dissanayake, D. M. P. K., Ranasinghe, R. W. M. R. J. B., and Roelvink, J. A., 2012. The morphological response of large tidal inlet/basin systems to relative sea level rise. Climatic change, **113**(2): 253-276.

SIMULATION OF THE IMPACT OF SEA LEVEL RISE ON MORPHOLOGICAL CHANGE IN THE COASTAL REGION OF MEKONG RIVER

Vu Duy Vinh, Tran Dinh Lan, Tran Anh Tu, Nguyen Thi Kim Anh

Institute of Marine Environment and Resources-VAST

ABSTRACT: This paper presents some study results on morphological change in the coastal region of Mekong River under the influences of sea level rise. In order to set up the models, measured data were collected, systematically and homogeneously processed to create open boundary conditions (time-serial data) for the model. Open sea boundary conditions of the model were created by NESTING method. The model (Delft3D model) was set up with 4 layers in Sigma coordinate. The results of model were validated, showing a fairly good agreement with measured data (water elevation, currents, and suspended sediment concentration) at some places in the study area. Results of some scenarios of simulation (dry and flood season) show the sea level rise due to climate change could make a reduction in the seaward sediment transport and increase its settling around estuaries. As a result, sea level rise causes an increase in the accreted rate of sandbars in southern estuary of Mekong river coastal area. The influences of sea level rise on Mekong river coastal bed topography are prevailing in the region of about 7 - 10 km seawards. Further 10 km from the coast, influences of sea level rise on coastal morphology are not significant.

Keywords: Morphological change, Mekong river, model, sediment transport, sea level rise, Delft3D.