

Đánh giá hiện trạng hình thái lòng dẫn một số đoạn sông Tiền và sông Vàm Nao bằng tài liệu địa chấn nông phân giải cao

Lê Ngọc Thanh^{1*}, Nguyễn Nghĩa Hùng², Dương Quốc Hưng³, Nguyễn Quang Dũng¹, Nguyễn Siêu Nhân¹

¹Viện Địa lý tài nguyên TP Hồ Chí Minh, VAST

²Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam

³Viện Địa chất và Địa vật lý biển, VAST

Ngày nhận bài 2/10/2019; ngày chuyển phản biện 7/10/2019; ngày nhận phản biện 8/11/2019; ngày chấp nhận đăng 28/11/2019

Tóm tắt:

Sạt lở bờ sông Tiền, sông Hậu ở Đồng bằng sông Cửu Long ngày càng trở nên nghiêm trọng, gia tăng về cả tần suất và quy mô. Nghiên cứu về hiện trạng và biến đổi hình thái lòng dẫn (HTLD) của chúng góp phần xác định nguyên nhân và đề xuất các giải pháp phòng tránh thích hợp. Phương pháp địa chấn nông phân giải cao được sử dụng khảo sát hiện trạng HTLD hai đoạn sông Tiền (khu vực cồn Châu Ma và thành phố Sa Đéc) và sông Vàm Nao; qua đó đánh giá biến đổi HTLD đoạn sông Tiền khu vực thành phố Sa Đéc.

Từ khóa: địa chấn nông phân giải cao, hình thái lòng dẫn.

Chỉ số phân loại: 1.5

Assessing the current status of riverbed morphology of some sections of Tien river and Vam Nao river by high-resolution shallow seismic data

Ngoc Thanh Le^{1*}, Nghia Hung Nguyen², Quoc Hung Duong³, Quang Dung Nguyen¹, Sieu Nhan Nguyen¹

¹Ho Chi Minh City Institute of Resources Geography, VAST

²Vietnam Academy for Water Resources

³Institute of Marine Geology and Geophysics, VAST

Received 2 October 2019; accepted 28 November 2019

Abstracts:

Erosion of Tien and Bassac river banks in the Mekong River Delta becomes more and more serious, increasing in both frequency and scale. Research on the current status and change in their riverbed morphology contributes to identifying the causes and proposing the effective preventive measures. The high-resolution shallow seismic method was used to investigate the current status of two river sections of Tien river (Chau Ma river island and Sa Dec city areas) and Vam Nao river, thereby assessing the change in riverbed morphology of the Tien river section in Sa Dec city area.

Keywords: high-resolution shallow seismic, riverbed morphology.

Classification number: 1.5

Mở đầu

Như đã biết, sạt lở và bồi tụ bờ sông là hai quá trình gắn kết chặt chẽ với nhau. Quá trình sạt lở/bồi tụ bờ sông là sự biến đổi hình thái lòng dẫn (HTLD) bao gồm xâm thực ngang và xâm thực sâu lòng sông. Do đó, để nghiên cứu hiện tượng sạt lở/bồi tụ bờ sông cần phải khảo sát hiện trạng và đánh giá biến đổi HTLD của chúng.

Thời gian gần đây, sạt lở bờ sông ở Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) ngày càng trở nên nghiêm trọng, gia tăng về cả tần suất và quy mô. Sạt lở bờ sông Tiền, sông Hậu đã được quan tâm nghiên cứu cách đây hơn 20 năm, nhưng do kỹ thuật khảo sát còn hạn chế nên vẫn chưa có nhiều nghiên cứu về hiện trạng và biến đổi HTLD sông Tiền, sông Hậu. Hiện nay, các phương pháp địa vật lý tỏ ra có nhiều ưu thế trong hướng nghiên cứu này nhờ ứng dụng công nghệ

*Tác giả liên hệ: Email: thanh.n.le2@gmail.com

thông tin trong chế tạo các thiết bị và phát triển các thuật toán hiện đại trong xử lý số liệu đo đạc, trong đó phương pháp địa chấn nông phân giải cao (ĐCNPGC) đã được áp dụng rộng rãi để nghiên cứu địa hình và cấu tạo địa chất đáy biển, đáy sông [1-6]. Đối với ĐBSCL, từ năm 2004 Nguyễn Năng Vũ và Nguyễn Trần Tân đã áp dụng phương pháp ĐCNPGC để nghiên cứu địa chất Đệ tứ khu vực biển và Đồng bằng Nam Bộ [1]. Phương pháp ĐCNPGC với kỹ thuật sub-bottom profile cũng đã được sử dụng trong việc phát hiện các dấu hiệu hoạt động tân kiến tạo trong trầm tích Holocen [4]. Gần đây hơn, trong công trình [5] đã nghiên cứu các đặc trưng phản xạ địa chấn của các trầm tích Đệ tứ của châu thổ Mêkông dựa trên tài liệu ĐCNPGC.

Bài báo này trình bày các kết quả khảo sát hiện trạng HTLD hai đoạn sông Tiền (khu vực cồn Châu Ma và thành phố Sa Đéc) và sông Vàm Nao bằng tài liệu ĐCNPGC; và đánh giá biến đổi HTLD đoạn sông Tiền khu vực thành phố Sa Đéc.

Điều kiện tự nhiên các khu vực nghiên cứu

Các lòng sông ở ĐBSCL nói chung và ở ba khu vực nghiên cứu nói riêng hình thành dựa trên hai điều kiện tự nhiên cơ bản là địa chất và thủy văn của sông. Mọi sự thay đổi trong hai điều kiện tự nhiên này đều dẫn đến biến đổi HTLD.

Địa chất trầm tích

- Trầm tích Pleistocen: còn gọi là phù sa cổ thường gặp trong các lỗ khoan sâu là các hệ tầng: Đất Cuốc, Thủy Đông và Mộc Hóa. Ở ĐBSCL, phù sa cổ thường bắt gặp là trầm tích Pleistocen muộn hay hệ tầng Mộc Hóa do lộ diện phổ biến dọc vùng biên giới Việt Nam - Campuchia. Dọc theo bờ sông, phù sa cổ không lộ diện, thường phân bố ở độ sâu từ 10 m đến vài chục mét. Tài liệu khoan trên cồn Châu Ma [7] cho thấy bề mặt phù sa cổ phân bố từ độ sâu khoảng 16-18 m trở xuống là lớp sét màu xám, xám trắng loang lổ đỏ vàng, dẻo, chặt, đôi khi bị laterit hóa yếu. Đặc biệt, trong phù sa cổ tồn tại lớp cát màu xám, xám xanh, xanh đen, từ độ sâu 19-40 m, thành phần chủ yếu là cát hạt rời, dễ chảy, lực dính rất kém, độ tan rã lớn... có khả năng rất cao bị xói lở hoặc gây sạt lở cho phần trầm tích bên trên khi có tác động trực tiếp của dòng chảy. Lớp cát này nằm trong tâm hoạt động của hồ xói nên tiềm ẩn nguy cơ xói/sạt lở rất cao.

- Trầm tích Holocen: còn gọi là phù sa mới chiếm hầu hết diện tích bề mặt và có nhiều nguồn gốc khác nhau với bề dày từ vài mét đến vài chục mét. Trong Holocen có thể phân biệt 2 loại trầm tích cơ bản gồm:

+ Loại trầm tích biển tiến Holocen giữa, phân bố bên dưới (Q_2^1). Đây là các trầm tích biển tiến có nguồn gốc chủ yếu là biển, chiều dày khoảng vài chục mét và nằm không chính hợp trên hệ tầng Mộc Hóa.

+ Loại trầm tích biển thoái từ Holocen giữa đến trên, phân bố bên trên (Q_2^2). Đây là các trầm tích biển thoái có nhiều nguồn gốc khác nhau hoặc hỗn hợp, chiều dày khoảng vài mét trở lại và nằm trên trầm tích biển tiến Holocen giữa.

Chế độ thủy văn

Lượng nước sông Mêkông chảy vào Việt Nam qua sông Tiền, sông Hậu được khống chế qua 2 vị trí Tân Châu và Châu Đốc, ngoài ra còn một phần dòng chảy tràn qua biên giới trong mùa lũ. Lưu lượng trung bình nhiều năm chảy qua Tân Châu và Châu Đốc là 11.820 m³/s (Tân Châu: 9.390 m³/s; Châu Đốc: 2.430 m³/s), tương ứng với tổng lượng dòng chảy trung bình là 372,76 tỷ m³. Sông Tiền chuyển nước về sông Hậu qua sông Vàm Nao chiếm 49% lượng dòng chảy mùa kiệt [8].

Từ thị trấn Tân Châu dòng sông Tiền phân thành ba nhánh: rạch Hồng Ngự (dòng chính sông Tiền chảy qua thị trấn Hồng Ngự trước năm 2000), rạch Long Khánh và sông Cái Vũng. Từ năm 2000 trên rạch Hồng Ngự ngang cù lao Long Khánh phân chia thành hai dòng chảy hai bên cồn mới vừa hình thành (rộng 300 m, dài hơn 1.000 m). Sự xuất hiện cồn mới này đã làm chuyển dòng từ rạch Hồng Ngự sang rạch Long Khánh và sông Cái Vũng [9-11].

Vị trí và thời gian khảo sát

Khảo sát ĐCNPGC được thực hiện trong ba khu vực: cồn Châu Ma, sông Vàm Nao và thành phố Sa Đéc (hình 1-4), thời gian từ ngày 19/11/2018 đến ngày 23/11/2018:

- Từ ngày 19/11/2018 đến ngày 20/11/2018 khảo sát khu vực cồn Châu Ma.

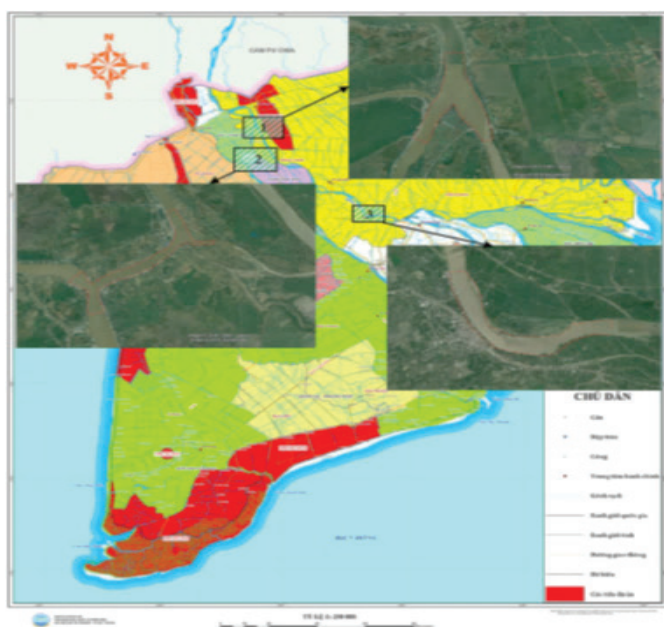
- Từ ngày 21/11/2018 đến ngày 22/11/2018 khảo sát khu vực sông Vàm Nao.

- Từ ngày 22/11/2018 đến ngày 23/11/2018 khảo sát khu vực thành phố Sa Đéc.

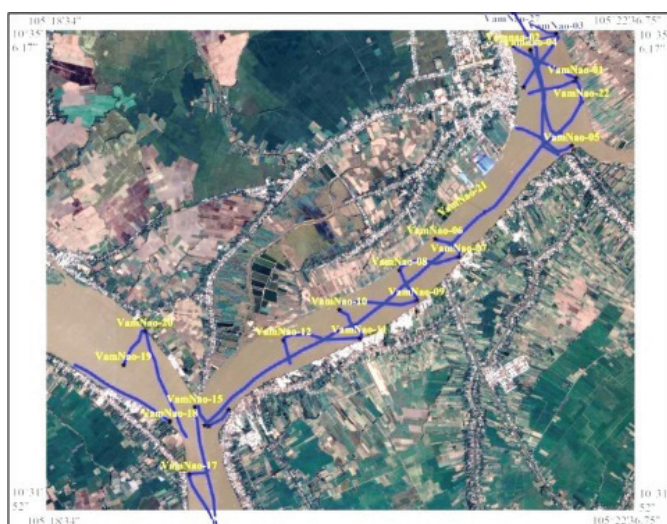
Phương pháp ĐCNPGC

Phương pháp ĐCNPGC được sử dụng bao gồm một nguồn phát xung âm học, một hệ thống máy thu ghi nhận các tín hiệu phản xạ và một máy in tương tự để chuyển các tín hiệu này thành các băng ghi tương tự (hình 5-6). Băng ghi này thể hiện mặt cắt liên tục của đáy sông khi tàu chuyển động trên mặt nước.

Căn cứ điều kiện khảo sát thực tế (vùng nước ngọt, chiều sâu nhỏ), tổ hợp thiết bị ĐCNPGC boomer được lựa chọn như nguồn phát xung âm học. Đây là loại nguồn cơ điện động hoạt động theo phương thức phát ra năng lượng điện, nạp vào các tụ điện qua cuộn dây gắn trong chất cách điện nằm dưới một tấm kim loại. Điện lượng này sinh ra một từ trường mạnh trong cuộn dây. Các dòng điện xoáy được tạo ra trong từ trường này và đến lượt chúng lại sinh ra từ trường mạnh trong tấm kim loại. Từ trường này đối kháng với từ trường trong cuộn dây làm cho tấm kim loại bị bật ra rất nhanh gây nên một xung âm học nhọn. Năng lượng phát của boomer có thể đạt tới vài nghìn joule nhưng phổ biến nhất trong các khảo sát phân giải cao là vào khoảng 200 đến 500 J. Dải tần số ưu thế của xung thông thường nằm trong khoảng 200 đến 10.000 Hz. Các thiết bị boomer được sử dụng rộng rãi hiện nay có thể loại bỏ gần như hoàn toàn xung thứ cấp (xung bong bóng) và phát ra các xung nhọn, gần như xung nửa chu kỳ lý tưởng, làm cho độ phân giải đứng có thể đạt tới 0,5-1,0 m. Độ xuyên sâu trong hầu hết



Hình 1. Vị trí các khu vực khảo sát ĐCNPGC.

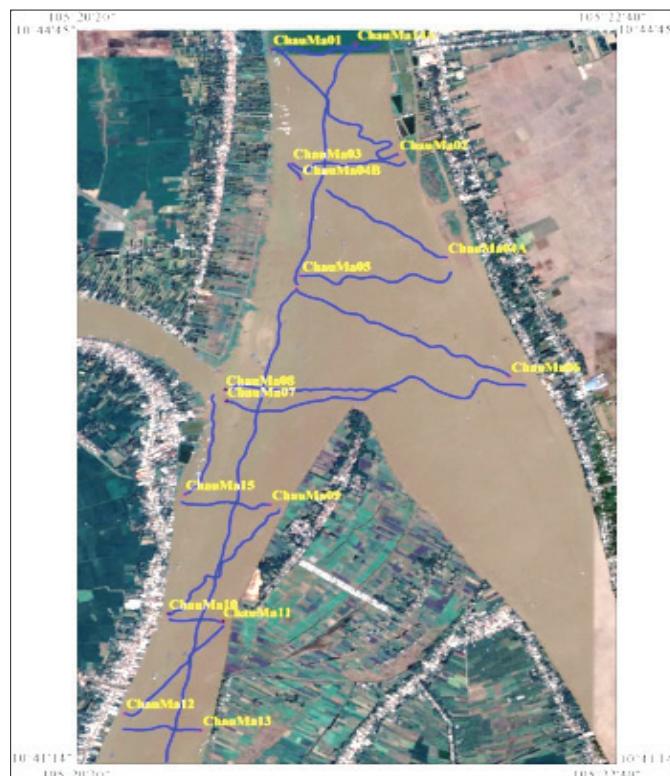


Hình 3. Sơ đồ tuyến khảo sát khu vực sông Vàm Nao.

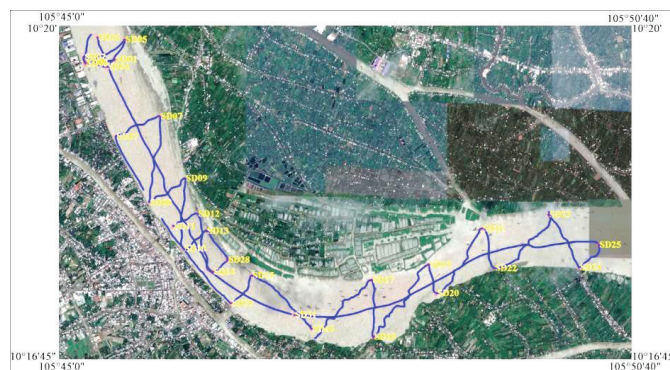
các trầm tích cát hoặc cát pha sét nói chung vào khoảng 30-50 m và có thể xuống sâu hơn đối với các trầm tích hạt mịn hơn.

Hệ thống thu ghi dao động sử dụng tuyến đầu thu (streamer) gồm nhiều máy thu triệt tiêu gia tốc (acceleration cancelling hydrophone) mắc song song, mỗi máy thu bao gồm hai tinh thể thạch anh áp điện được bố trí sao cho các gia tốc theo phương nằm ngang gây ra do chuyển động của tàu là bằng nhau và ngược chiều để triệt tiêu, nhằm tăng tỷ số tín hiệu/nhiều, đồng thời làm giảm các loại nhiễu ngẫu nhiên và nhiễu thường xuyên dọc theo tuyến do chuyển động của tàu gây ra.

Số liệu địa chấn được biến mã tương tự - số và ghi vào bộ nhớ của máy tính dưới dạng file theo các định dạng (format) chuyên biệt, đồng thời được hiển thị trên màn hình máy tính và được in ra ở dạng tương tự bằng máy vẽ đồ thị (plotter) chuyên dụng hoặc bằng các máy in thông thường.



Hình 2. Sơ đồ tuyến khảo sát khu vực cồn Châu Ma.



Hình 4. Sơ đồ tuyến khảo sát khu vực thành phố Sa Đéc.

Toàn bộ hoạt động của thiết bị địa chấn được thực hiện bởi các chương trình điều khiển cài đặt sẵn trong máy vi tính. Chương trình này điều khiển toàn bộ quá trình đo, ghi, biểu diễn sóng và lựa chọn các tham số đo ghi liên quan một cách thích hợp ngay tại chỗ. Các số liệu đo được tích hợp với hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu GPS hoặc DGPS nhằm đảm bảo công tác dẫn đường và xác định tọa độ các điểm đo dọc theo tuyến.

Số liệu khảo sát ĐCNPGC được xử lý bởi phần mềm Reflexw [12]. Số liệu sau xử lý có thể được biểu diễn dưới nhiều hình thức khác nhau như băng ghi tương tự, băng ghi số (các file ảnh màu hoặc đen trắng). Trong công đoạn này cũng có thể sử dụng một số chức năng hỗ trợ của các công cụ đồ họa (Photoshop, CorelDraw...) nhằm nâng cao chất lượng kết quả xử lý trong việc minh giải địa chất.



Hình 5. Lắp đặt thiết bị trên phương tiện khảo sát.



Hình 6. Đầu phát xung âm học và máy thu tín hiệu kéo theo tàu khảo sát.

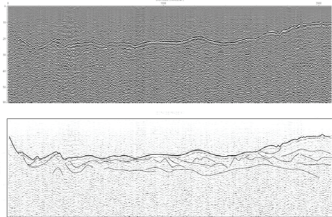
Kết quả

Khu vực cồn Châu Ma

Địa hình đáy sông khu vực nghiên cứu có sự biến động đáng kể về độ sâu, thành phần vật chất, đồng thời chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của các hoạt động nhân sinh, chủ yếu là hoạt động khai thác cát lòng sông (hình 7). Hình 8 biểu diễn mặt cắt ĐCNPGC cắt ngang sông Tiền phía trên đầu cồn Châu Ma (tuyến ChauMa7) cho thấy đáy sông tương đối bằng phẳng ở độ sâu trên 10 m, tuy nhiên sự phân bố các ranh giới trầm tích và trường sóng phản xạ bên trong chúng là không đồng nhất, có sự biến động mạnh, thể hiện chế độ hoạt động thủy văn phức tạp và nguồn cung cấp vật liệu trầm tích (chủ yếu là cát) cũng không thường xuyên ổn định.



Hình 7. Mật độ tàu khai thác cát trên sông khu vực cồn Châu Ma.

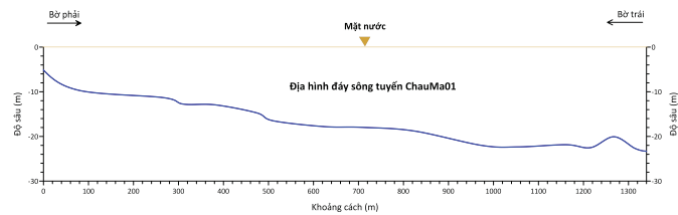


Hình 8. Mặt cắt ĐCNPGC đầu cồn Châu Ma.

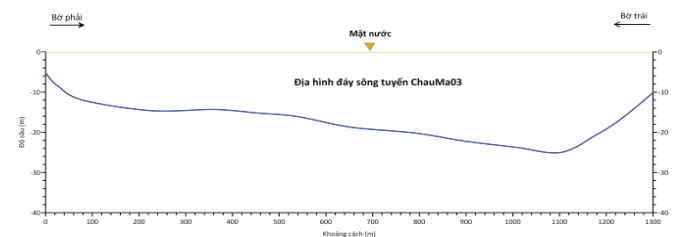
Phía bắc khu vực cồn Châu Ma, bề rộng lòng sông khoảng 1.300 m; phía bờ phải (Long Thuận) độ sâu lòng sông 5 m, tăng dần về phía bờ trái (xã An Hòa) đến 25 m. Xuôi dòng đến khu vực phà Chợ Vàm, lòng sông có độ sâu 25 m cách bờ khoảng 200 m và nông dần đến bờ còn khoảng 5 m (hình 9-11). Trong đoạn sông này tồn tại một hồ xói ở phía bờ trái (xã An Hòa) (hình 16).

Gần đầu cồn Châu Ma lòng sông khá ổn định ở phía bờ phải với độ sâu khoảng 20 m và nông dần về phía bờ trái đến độ sâu 8 m. Nhánh phải có bề rộng 1.500 m; độ sâu lòng sông khoảng 10 m, trong khi nhánh trái rộng 1.700 m, sâu khoảng 15 m (hình 12).

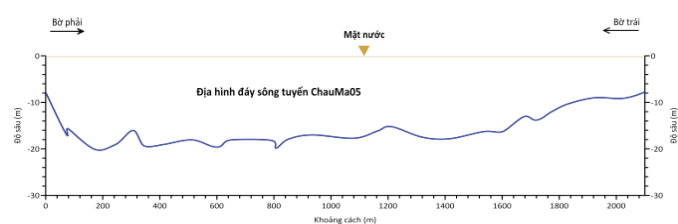
Tiếp tục theo nhánh phải cồn Châu Ma, có xu thế mở rộng lòng 800 m; độ sâu bờ phải khoảng 8 m tăng dần đến 16 m về phía bờ cồn Châu Ma. Đến mặt cắt ChauMa11 (hình 14) chiều rộng sông hẹp dần còn khoảng 500 m, lòng sông khá ổn định với độ sâu khoảng 18 m. Tuy nhiên, ở phần cuối khu vực nghiên cứu, trong khi chiều rộng là 650 m tăng không đáng kể, thì độ sâu lòng tăng đến 30 m, tạo thành hồ xói ở đoạn sông này (hình 16).



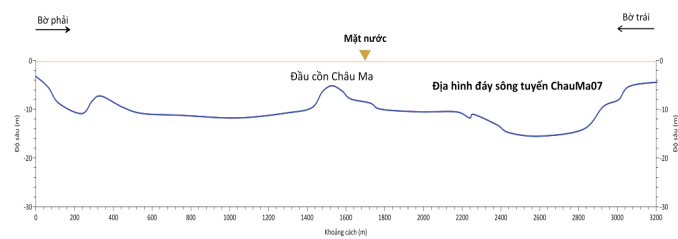
Hình 9. Mặt cắt địa hình đáy sông tuyến ChauMa01.



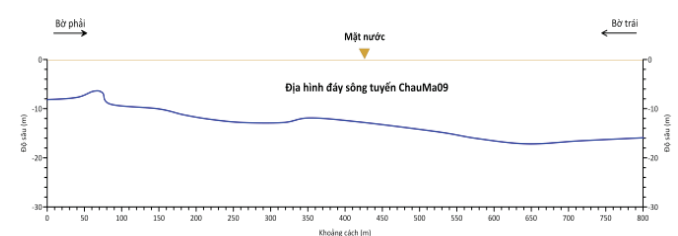
Hình 10. Mặt cắt địa hình đáy sông tuyến ChauMa03.



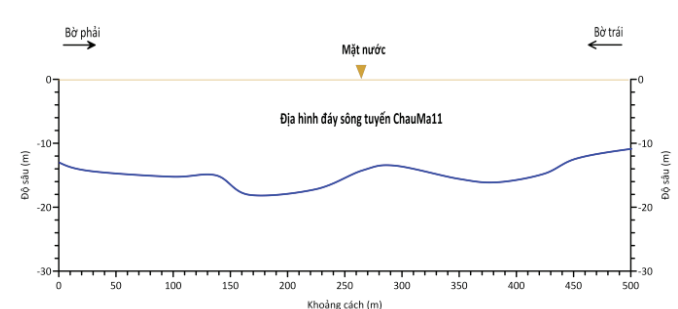
Hình 11. Mặt cắt địa hình đáy sông tuyến ChauMa05.



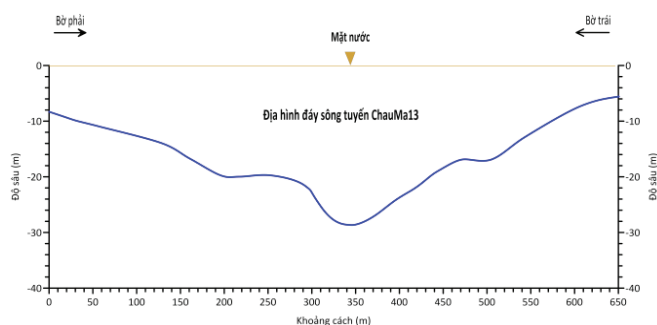
Hình 12. Mặt cắt địa hình đáy sông tuyến ChauMa7.



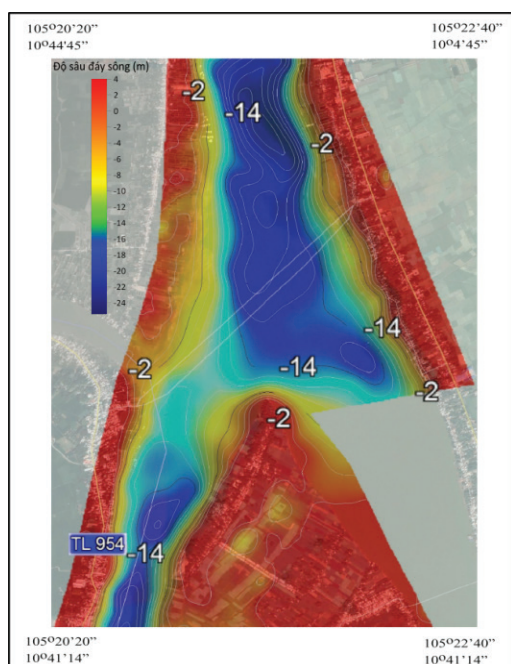
Hình 13. Mặt cắt địa hình đáy sông tuyến ChauMa09.



Hình 14. Mặt cắt địa hình đáy sông tuyến ChauMa11.



Hình 15. Mặt cắt địa hình đáy sông tuyến ChauMa13.

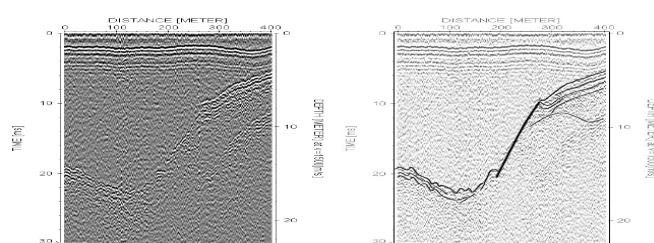


Hình 16. Địa hình đáy sông khu vực cồn Châu Ma.

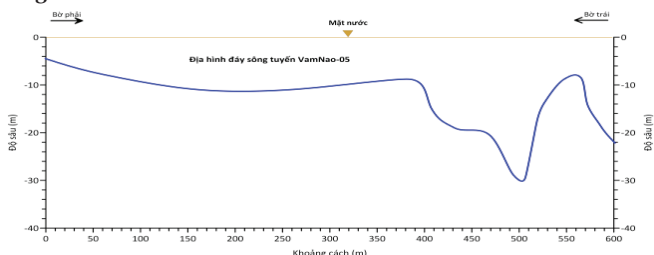
Khu vực sông Vàm Nao

Ngoài các tác nhân chính là chế độ động lực sông và nguồn cung cấp vật liệu trầm tích, biến động lòng sông còn có thể bị ảnh hưởng của chế độ hoạt động tân kiến tạo. Hình 17 thể hiện một mặt cắt trên nhánh sông Vàm Nao, cho thấy hình ảnh của một mặt trượt nghiêng dốc gần như bằng phẳng có biên độ tới gần 10 m. Lớp phủ trầm tích ở hai phía mặt trượt có biểu hiện tương tự nhau về trường sóng phản xạ, tức là thành phần vật chất của chúng tương tự nhau, cho thấy thời gian hình thành mặt trượt này xảy ra cách đây không lâu, do đó trường trầm tích chưa bị biến đổi nhiều.

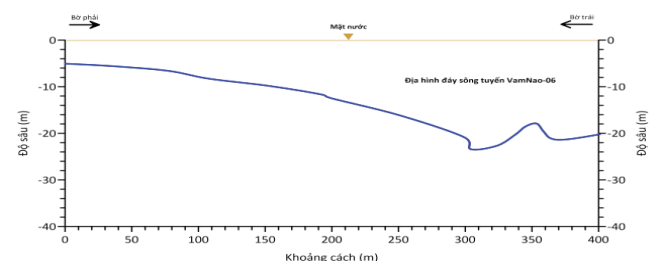
Tại đầu vào sông Vàm Nao, bề rộng sông khoảng 600 m, độ sâu từ khoảng 5 m ở bờ phải đạt đến 30 m phía bờ trái (hình 18). Ở các mặt cắt VamNao-06, VamNao-08 và VamNao-12 (hình 19-21), chiều rộng sông khá ổn định, địa hình đáy sông tương đối giống đầu vào của sông. Tại đầu ra sông Vàm Nao, địa hình ổn định với độ sâu tối đa giữa lòng khoảng 30 m (hình 22). Hiện tượng đào lòng phía bờ trái sông Vàm Nao tạo thành 3 hố xói sâu đến 30 m dọc theo bờ trái (hình 23).



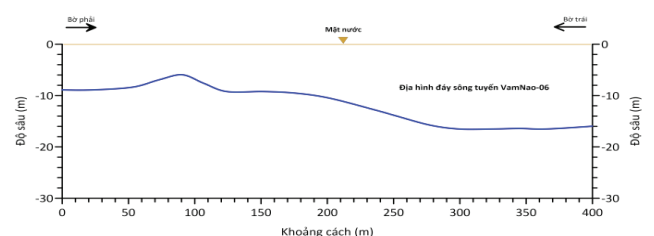
Hình 17. Mặt cắt ĐCNPGC có dấu hiệu của mặt trượt trên đáy sông Vàm Nao.



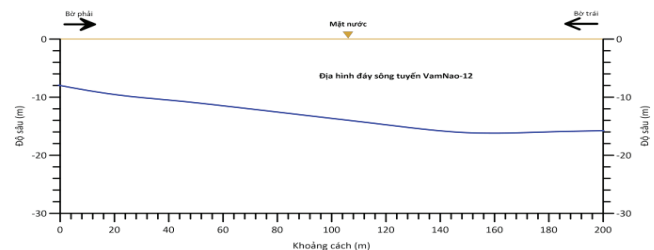
Hình 18. Mặt cắt địa hình đáy sông tuyến VamNao-05.



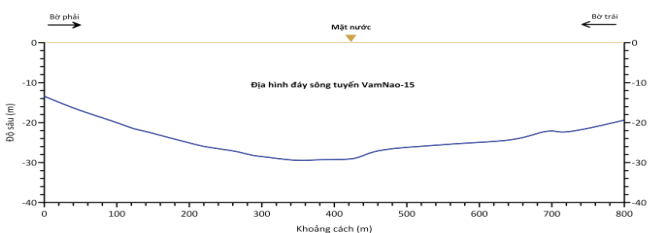
Hình 19. Mặt cắt địa hình đáy sông tuyến VamNao-06.



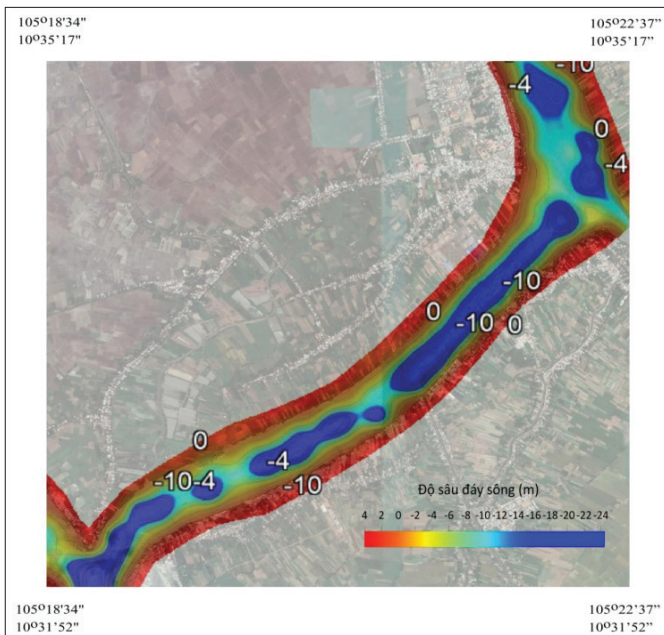
Hình 20. Mặt cắt địa hình đáy sông tuyến VamNao-08.



Hình 21. Mặt cắt địa hình đáy sông tuyến VamNao-12.



Hình 22. Mặt cắt địa hình đáy sông tuyến VamNao-15.



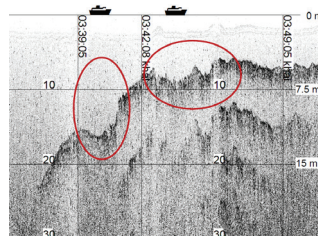
Hình 23. Địa hình đáy sông khu vực sông Vàm Nao.

Khu vực thành phố Sa Đéc

Hoạt động khai thác cát lòng sông ở khu vực thành phố Sa Đéc cũng là một tác nhân quan trọng làm biến cải địa hình đáy sông và tái phân bố trầm tích lắng đọng, nhất là với quy mô khai thác lớn (hình 24). Hình 25 biểu diễn một mặt cắt ĐCNPGC ngang qua một khu vực khai thác cát tại khu vực thành phố Sa Đéc cho thấy đáy sông đã bị đào khoét nghiêm trọng (các khu vực khoanh màu đỏ), có khả năng ảnh hưởng đến chế độ dòng chảy và phân bố trầm tích đáy sông.

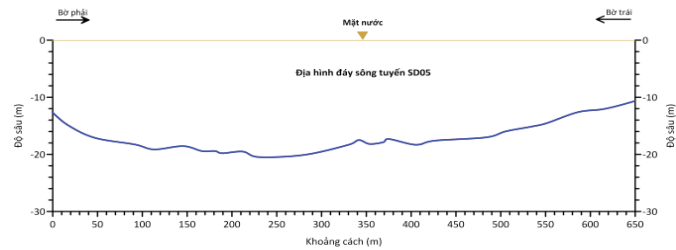


Hình 24. Mật độ tàu khai thác cát trên sông khu vực thành phố Sa Đéc.

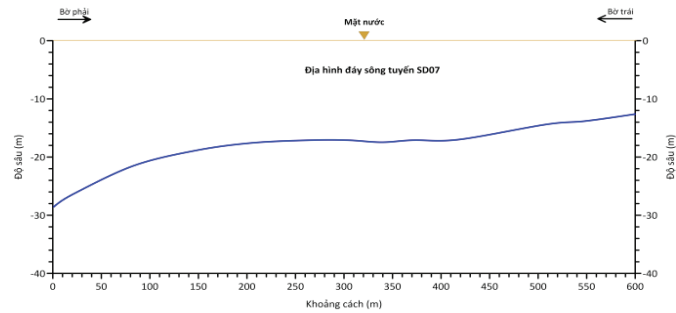


Hình 25. Biến đổi địa hình đáy sông do hoạt động khai thác cát.

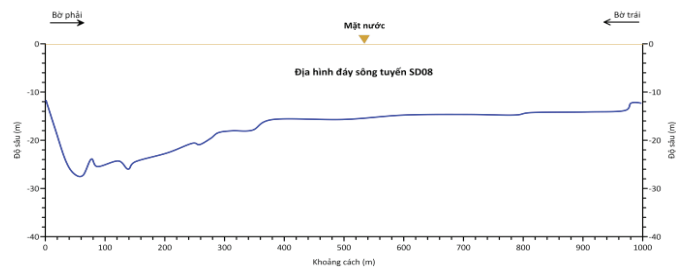
Ở đoạn đầu sông Tiền trong khu vực khảo sát, lòng sông có chiều rộng thay đổi từ 600-1.000 m, độ sâu 20-30 m về phía bờ phải, tạo thành hồ xói thứ nhất (hình 26-28). Đến khúc cong nhất, từ mặt cắt SD17 độ sâu đạt đến hơn 40 m, tạo thành hồ xói thứ hai (hình 29-31). So sánh hồ xói năm 1992 (hình 32) [9], hồ xói trong khu vực thành phố Sa Đéc hiện nay tăng thêm về số lượng và quy mô (hình 33). Kết quả trên cho phép dự báo trên đoạn sông này sẽ mở rộng lòng dẫn về phía bờ phải và gia tăng chiều dài về phía hạ lưu (hình 34).



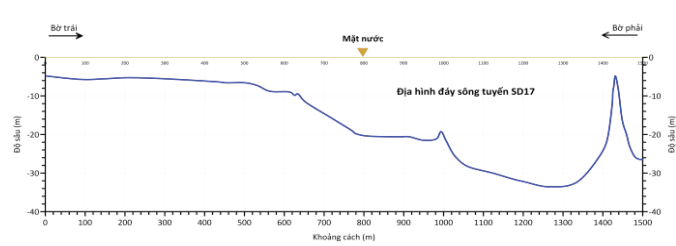
Hình 26. Mặt cắt địa hình đáy sông tuyến SD05.



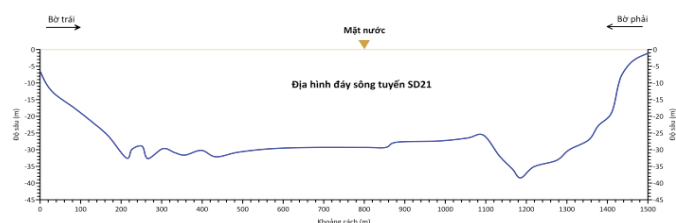
Hình 27. Mặt cắt địa hình đáy sông tuyến SD07.



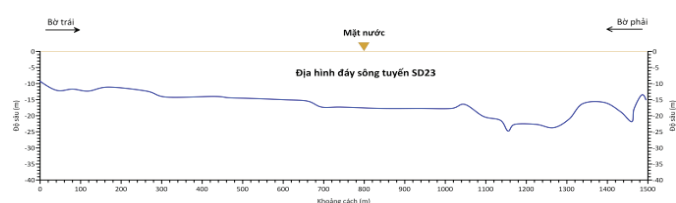
Hình 28. Mặt cắt địa hình đáy sông tuyến SD08.



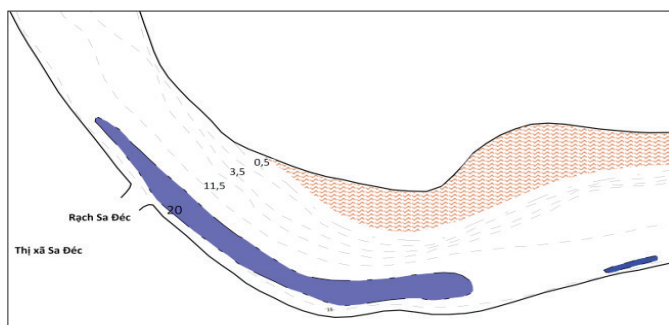
Hình 29. Mặt cắt địa hình đáy sông tuyến SD17.



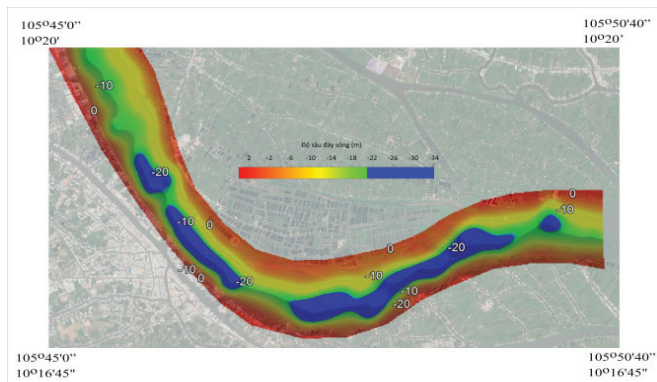
Hình 30. Mặt cắt địa hình đáy sông tuyến SD21.



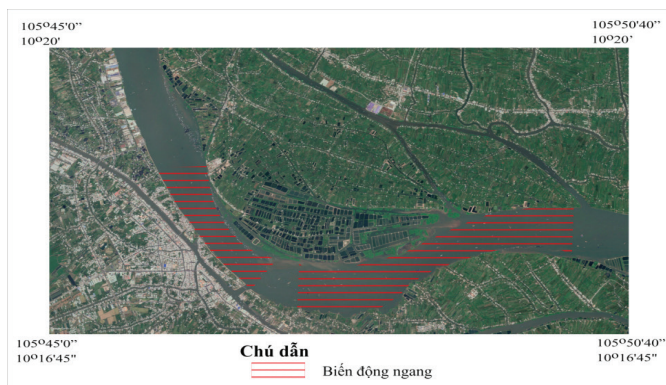
Hình 31. Mặt cắt địa hình đáy sông tuyến SD23.



Hình 32. Địa hình đáy sông khu vực thành phố Sa Đéc năm 1992.



Hình 33. Địa hình đáy sông khu vực thành phố Sa Đéc năm 2018.



Hình 34. Dự báo biến đổi HTLD đoạn sông Tiền khu vực thành phố Sa Đéc.

Kết luận

Kết quả đo ĐCNPGC cho phép xác định hiện trạng HTLD hai đoạn sông Tiền (khu vực cồn Châu Ma và thành phố Sa Đéc) và sông Vàm Nao bằng tài liệu ĐCNPGC; và đánh giá biến đổi HTLD đoạn sông Tiền khu vực thành phố Sa Đéc.

Bề dày trầm tích Holocen khoảng 20 m trong khu vực cồn Châu Ma, tăng dần đến 30 m ở khu vực sông Vàm Nao và đạt đến khoảng 40 m tại khu vực thành phố Sa Đéc. Bề mặt trầm tích Pleistocen là lớp “cát chảy” kết cấu kém chặt. Các hố xói trong các khu vực nghiên cứu thường có độ sâu xấp xỉ độ sâu bề mặt trầm tích Pleistocen, do đó biến đổi HTLD diễn ra mạnh mẽ và phức tạp khi hố xói tiến sát bờ sông.

Sự chuyển dòng từ rạch Hồng Ngự khiến cho lưu lượng nước

rạch Long Khánh và sông Cái Vũng gia tăng. Sau khi ra khỏi khu vực Hồng Ngự, dòng chủ lưu của rạch Long Khánh có xu thế tiếp cận bờ trái sông Tiền nên độ sâu lòng dẫn lớn hơn so với bờ phải. Tiếp theo về phía cồn Châu Ma, dòng chảy phân thành 2 dòng: một dòng chảy vào nhánh trái cồn Châu Ma và mở rộng chiều rộng thể hiện qua sạt lở đầu cồn, địa hình đáy sông tương đối đều; dòng chảy này tiếp tục về phía hạ lưu sông Tiền, cho đến khu vực thành phố Sa Đéc; một phân chảy vào nhánh phải cồn Châu Ma. Ở khu vực đầu cồn Châu Ma dòng chảy sông Tiền hợp lưu với dòng chảy sông Cái Vũng phía nhánh phải đầu cồn Châu Ma, hiện tượng này làm giảm lưu tốc, bồi tụ cục bộ lòng sông và do đó làm giảm sạt lở đầu cồn Châu Ma. Sau đó dòng hợp lưu chảy vào nhánh phải cho đến đoạn cuối khu vực nghiên cứu thì bề rộng lòng dẫn hẹp dần nên phải tăng tốc, đào lòng, tạo thành hố xói ở cuối khu vực cồn Châu Ma, có khả năng ảnh hưởng đến biến đổi HTLD sông Vàm Nao.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo này là một phần kết quả của đề tài “Nghiên cứu tác động bất lợi của biến đổi HTLD và hạ thấp mực nước hệ thống sông Cửu Long, đề xuất giải pháp giảm thiểu”, mã số KC08.12/16-20. Các tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ của đề tài và sự đóng góp ý kiến của phản biện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phạm Năng Vũ và Nguyễn Trần Tân (2004), “Khả năng áp dụng địa chấn nông phân giải cao để nghiên cứu chi tiết mặt cắt địa chất Đệ tứ khu vực biển và Đồng bằng Nam Bộ”, *Tạp chí Địa chất*, **284(A)**, tr.37.
- [2] Phạm Năng Vũ và nnk (2009), “Áp dụng địa chấn phản xạ nông phân giải cao để khảo sát chi tiết lát cắt địa chất năm sát mặt đất ở Việt Nam”, *Tạp chí Địa chất*, **311(A)**, tr.31.
- [3] Dương Quốc Hưng (2012), *Nghiên cứu áp dụng phương pháp địa chấn nông phân giải cao để khảo sát địa chất các tầng nông và hoạt động kiến tạo, Magma trẻ ở vùng biển miền Trung Việt Nam*, Luận án Tiến sĩ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất.
- [4] Nguyễn Quang Dũng và nnk (2013), *Đo Sub-bottom profile tỷ lệ 1:50.000, 0-10 m, mức độ KK1*, Viện Địa lý tài nguyên TP Hồ Chí Minh.
- [5] Phạm Nguyễn Ha Vu, et al. (2015), “Seismic reflection characteristics of the Late Quaternary deposits in the Mekong subaqueous delta based on new high resolution shallow seismic data”, *Journal of Geology*, **42(B)**, p.35.
- [6] Vũ Văn Lợi và nnk (2016), “Kết quả áp dụng phương pháp địa chấn nông phân giải cao trong công tác khảo sát địa chất xây dựng tuyến ống cấp nước ra đảo Hòn Dấu (Hải Phòng)”, *Tạp chí Khoa học, Đại học Quốc gia Hà Nội: Khoa học Trái đất và Môi trường*, **32**, tr.2.
- [7] Trần Thanh Tú và nnk (2017), *Báo cáo khảo sát địa chất. Địa điểm: khu vực sông Tiền đi qua tỉnh Đồng Tháp - cù lao Ma và khu vực sông Hậu đi qua TP Cần Thơ - bờ phía quận Thốt Nốt*, Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam.
- [8] Lê Mạnh Hùng và Đinh Công Sản (2002), *Xói lở bờ sông Cửu Long và giải pháp phòng tránh cho các khu vực trọng điểm*, NXB Nông nghiệp.
- [9] Lê Ngọc Thanh và nnk (2002), *Khảo sát cấu trúc địa chất bờ sông để xác định các dị thường có khả năng gây sạt lở khu vực Sa Đéc, tỉnh Đồng Tháp bằng các phương pháp Georadar và điện từ tần số rất thấp (VLF) và thăm dò điện*, Phân viện Địa lý tại TP Hồ Chí Minh, Sở KH&CN tỉnh Đồng Tháp.
- [10] Lê Ngọc Thanh và nnk (2003), *Khảo sát bờ sông khu vực thị trấn Hồng Ngự để xác định cấu trúc địa chất, địa chất công trình và dự báo khả năng gây sạt lở bờ sông*, Phân viện Địa lý tại TP Hồ Chí Minh, Sở KH&CN tỉnh Đồng Tháp.
- [11] Lê Ngọc Thanh, Nguyễn Văn Giảng và Nguyễn Siêu Nhân (2008), “Đặc điểm cấu trúc bờ sông Tiền (khu vực Sa Đéc) theo tài liệu địa vật lý - địa chất”, *Tạp chí các Khoa học về Trái đất*, **30(1)**, tr.84-90.
- [12] K.J. Sandmeier (2014), *Reflexw Manual*, Scientific software for Geophysical Application.