

Bài báo khoa học

Hoạt động kiến tạo hiện đại trong khu vực dòng chảy Sông Tiền và Sông Hậu, mối quan hệ với hiện tượng xói lở bờ sông

Bùi Vinh Hậu^{1*}, Trần Thị Hồng Minh², Trần Thanh Hải¹, Ngô Thị Kim Chi¹, Phan Văn Bình¹, Vũ Anh Đạo¹, Trần Quang Tuấn¹, Bùi Thị Thu Hiền¹

¹ Trường Đại học Mở - Địa chất; buivinhchau@humg.edu.vn; tranthanhhai@humg.edu.vn; ngothikimchi@humg.edu.vn; phavanbinh@humg.edu.vn; vuanhdao@humg.edu.vn; tranquangtuan@humg.edu.vn; buithithuhien@humg.edu.vn

² Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội; tthminh@hunre.edu.vn

*Tác giả liên hệ: buivinhchau@humg.edu.vn; Tel.: +84-983929256

Ban Biên tập nhận bài: 10/3/2024; Ngày phản biện xong: 12/4/2024; Ngày đăng bài: 25/7/2024

Tóm tắt: Bài báo này xác định sự hoạt động của kiến tạo hiện đại trong lưu vực Sông Tiền Sông Hậu dựa theo các dấu hiệu trực tiếp như dịch chuyển các trầm tích trẻ, động đất, thoát khí radon, thủy ngân, hoặc các dấu hiệu gián tiếp như sự thay đổi đột ngột của dòng chảy, sự xuất hiện các giếng nước khoáng nóng,... Kết quả nghiên cứu cho thấy, hoạt động kiến tạo trong khu vực diễn ra mạnh mẽ với bốn đứt gãy hoạt động chính là đứt gãy Sông Tiền, đứt gãy Sông Hậu, đứt gãy Vĩnh Hưng - Chợ Lách - Thạnh Phú và đứt gãy Hòn Đất - Cái Dầu - Vĩnh Hưng. Hoạt động của các đứt gãy này làm nghiêm trọng thêm tình trạng xói lở bờ sông trong khu vực đặc biệt ở những vị trí giao nhau của các đứt gãy. Điều đó cho thấy ngoài các yếu tố nhân sinh như khai thác cát sông, sự thiếu hụt trầm tích do xây dựng các đập thủy điện ở thượng nguồn hoặc do tác động của quá trình biến đổi khí hậu, hoạt động kiến tạo hiện đại cũng có tác động to lớn gây nên hiện tượng tai biến địa chất như sự biến đổi dòng chảy, hiện tượng xói lở bờ sông trong khu vực Sông Tiền và Sông Hậu.

Từ khóa: Kiến tạo hiện đại; Xói lở bờ sông; Sông Tiền; Sông Hậu.

1. Giới thiệu

Kiến tạo hiện đại hay kiến tạo hoạt động là những quá trình địa chất đang diễn ra hoặc diễn ra gần đây gây ảnh hưởng to lớn đến hình thái bề mặt trái đất cũng như tác động đến đời sống con người [1-4]. Biểu hiện của hoạt động kiến tạo hiện đại điển hình như sự phun trào núi lửa, động đất, quá trình nâng hạ kiến tạo, hoạt động của các đứt gãy, thay đổi hình thái các dòng chảy trên mặt, biến dạng đường bờ biển... [1-6]. Các hoạt động kiến tạo hiện đại đã làm thay đổi hình thái bề mặt trái đất, ảnh hưởng mạnh mẽ tới các dòng chảy trên mặt như sự hình thành định hướng của dòng chảy, sự thành tạo các bồn trũng hoặc các sông núi. Ranh giới của sự thay đổi thành phần và đặc tính cơ lý của đá, các đới dập vỡ do vận động kiến tạo, các đới khe nứt là tiền đề thúc đẩy sự phong hóa, rửa trôi và tạo thành các kênh dẫn [1, 2, 5-9]. Do đó, các dòng chảy lớn thường phân bố dọc theo các hệ thống đứt gãy. Bên cạnh đó, sự dịch chuyển theo phương thẳng đứng hay nằm ngang đều có tác dụng điều chỉnh hoặc định hướng các dòng chảy trên mặt [1, 2, 5-9].

Vùng Tây Nam Bộ nói chung và dọc theo lưu vực Sông Tiền, Sông Hậu nói riêng là vựa lúa lớn nhất của Việt Nam, nguồn thủy hải sản nước ngọt và nước mặn (vùng biển liền kề) phong phú. Đây cũng là một trong những vùng động lực kinh tế của Việt Nam với nhiều thành phố lớn, khu công nghiệp, mạng lưới giao thông phát triển bao gồm cả đường bộ,

đường thủy và đường hàng không. Bên cạnh những ưu thế về tài nguyên thiên nhiên, Vùng Tây Nam Bộ cũng phải đối mặt với nhiều tác động tiêu cực từ các loại hình tai biến thiên nhiên như lũ lụt, xói lở bờ biển, xói lở bờ sông, xâm nhập mặn, sự lún chìm của đồng bằng [10, 21, 23]. Trong thời gian gần đây, một số nghiên cứu đã được tiến hành nhằm xác định nguyên nhân gây tai biến cho khu vực Tây Nam Bộ đã được các nhà khoa học Việt Nam và thế giới tiến hành. Tuy nhiên, các kết quả nghiên cứu không thống nhất và có những giải đoán nhau. Một số nghiên cứu cho rằng nguyên nhân chủ yếu của các tai biến nêu trên là do mực nước biển dâng lên toàn cầu [10], các hoạt động nhân sinh như khai thác cát sông hoặc đắp đập thủy điện ở thượng nguồn làm suy giảm nguồn trầm tích và nước mặt [11–13] hoặc do sự xói lở bờ [14]. Một số nghiên cứu khác trong chương trình “Rise and Fall: strategies for the subsiding and urbanising Mekong Delta (Vietnam) facing increasing salt water intrusion” do các nhà khoa học Hà Lan thực hiện lại cho rằng việc khai thác nước ngầm là nguyên nhân chính dẫn đến hiện tượng sụt lún nền đất tại khu vực đồng bằng Sông Cửu Long. Tuy nhiên, cho đến hiện tại, các tác động của hoạt động kiến tạo hiện đại ảnh hưởng đến tai biến thiên nhiên dọc theo lưu vực Sông Tiền, Sông Hậu, đặc biệt là sự xói lở bờ sông vẫn chưa đề cập. Tác động của hoạt động kiến tạo hiện đại, điển hình là các đứt gãy đang hoạt động đã làm thay đổi hướng dòng chảy, phá hủy, tăng tính bờ rời của vật chất 2 bên bờ sông làm gia tăng các hiện tượng sụt lún và xói lở dọc theo nhiều con sông trên thế giới [15–19]. Do đó, trong nghiên cứu này, chúng tôi xác định rõ các hoạt động của kiến tạo hiện đại trong khu vực dòng chảy Sông Tiền và Sông Hậu, từ đó đánh giá vai trò của hoạt động kiến tạo hiện đại đến hiện tượng xói lở bờ sông. Các kết quả nghiên cứu sẽ giúp các nhà quản lý đưa ra những biện pháp hợp lý nhằm giảm thiểu các thiệt hại do quá trình xói lở bờ sông gây nên.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu chạy dọc theo dòng chảy của Sông Tiền, Sông Hậu trong các tỉnh An Giang, Đồng Tháp, Tiền Giang, Bến Tre, Trà Vinh, Vĩnh Long, Hậu Giang, Cần Thơ và Sóc Trăng (Hình 1a). Về đặc điểm địa chất, khu vực dòng chảy Sông Tiền và Sông Hậu trong khu vực nghiên cứu chủ yếu gồm các thành tạo trầm tích bờ rời đệ tứ có môi trường và nguồn gốc trầm tích đa dạng từ trầm tích sông, trầm tích biển, trầm tích hỗn hợp.... [22, 23]. Diện tích nhỏ phía tây bắc khu vực nghiên cứu (Núi Sam, An Giang) lộ ra các đá granitoid được cho là thuộc phức hệ Phức hệ Ankroet (γ K2ak) với thành phần chủ yếu là granit sáng màu, granit có 2 mica hạt không đều hoặc dạng porphyr. Thành phần khoáng vật gồm: Plagiocla: 32-34%; feldspat kali: 32-34%; thạch anh: 31-33%; biotit: 1%; muscovit: 0-1%. Các thành tạo địa chất lộ ra trong khu vực nghiên cứu được phân chia trong hai tổ hợp thạch kiến tạo gồm: (1) tổ hợp thạch kiến tạo rìa lục địa tích cực tuổi Jura muộn - Creta có diện lộ ở khu vực An Giang (Hình 1). Thành phần xâm nhập granit (phức hệ Ankroet, Định Quán, Đèo Cả). Ngoài ra các đá thuộc tổ hợp này còn tham gia vào các cấu trúc móng Kainozoi, bắt gặp trong các lỗ khoan sâu rải rác trên toàn vùng nghiên cứu bao gồm các khu vực Trà Vinh, An Giang [23]; (2) Tổ hợp thạch kiến tạo rìa thềm lục địa thụ động tuổi Đệ Tứ, tham gia vào Tổ hợp thạch kiến tạo này gồm tổ hợp trầm tích vụn gắn kết yếu hoặc bờ rời tuổi Pliocen - Đệ tứ (Hệ tầng Bà Miêu, hệ tầng Năm căn, hệ tầng Nhà Bè, hệ tầng Cần Thơ, các trầm tích Pleistocen - Đệ tứ) phân bố rìa đông bắc, bắc, tây nam và cấu thành nên đồng bằng Sông Cửu Long. Thành phần của Tổ hợp thạch kiến tạo này gồm chủ yếu các đá trầm tích có nguồn gốc lục nguyên là chính, một số thành tạo có nguồn gốc cửa sông, ven biển có ảnh hưởng của thủy triều và sóng. Tổ hợp các thành tạo trầm tích lắng đọng trong các hệ tầng kể trên có nguồn gốc sông, sông biển và biển ven bờ với thành phần chủ yếu là cát thạch anh, bột, sét và ít cuội sỏi, mảnh vỏ sò. Cát thạch anh tương đối tinh khiết phản ánh thời tiết khắc nghiệt, hạ thấp miền nguồn, và vận chuyển xa, lâu dài trên bề mặt lục địa bị bào mòn. Các thành tạo này có đặc điểm theo tính chu kỳ bắt đầu là hạt thô chủ yếu nguồn gốc lục địa, tiếp theo là

mịn dần về phía trên và thành phần chủ yếu lục nguyên nên có thể xếp vào tổ hợp bồn nội lục hoặc rìa thụ động (Hình 1). Các đứt gãy Sông Hậu và Sông Tiền có ảnh hưởng lớn đến hoạt động kiến tạo trong khu vực.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Để xác định các hoạt động kiến tạo hiện đại trong khu vực nghiên cứu, các tác giả sử dụng một tổ hợp các phương pháp như: (i) Tổng hợp các số liệu đã có về địa chất, kiến tạo có liên quan đến kiến tạo hiện đại trong khu vực nghiên cứu; (ii) phân tích ảnh viễn thám để xác định sự biến đổi hình dáng, hướng chảy của sông; (iii) khảo sát thực địa, thu thập các dữ liệu về hiện trạng, vị trí các điểm xói lở dọc theo Sông Tiền và Sông Hậu, thu thập các số liệu về kiến tạo hoạt động trong khu vực nghiên cứu như: sự dịch trượt của các đứt gãy, sự xuất lộ các giếng nước nóng....; (iv) mô hình hóa các sơ đồ các số liệu thực địa và các số liệu từ các nghiên cứu trước để thành lập sơ đồ kiến tạo hoạt động, sơ đồ vị trí điểm sạt lở gắn với các đứt gãy hoạt động... từ đó đưa ra các nhận định về mối quan hệ giữa kiến tạo hoạt động và hiện tượng xói lở bờ sông dọc Sông Tiền và Sông Hậu.

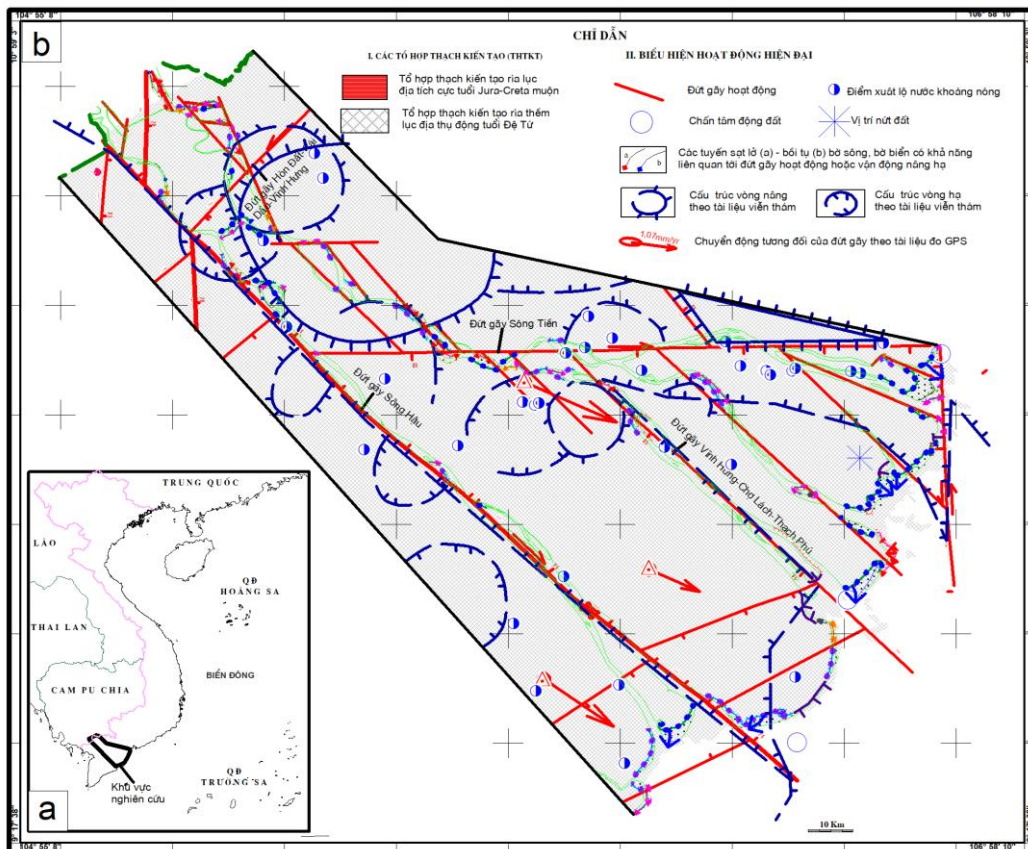
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Biểu hiện hoạt động kiến tạo hiện đại trong khu vực dòng chảy Sông Tiền và Sông Hậu

Các dấu hiệu liên quan đến hoạt động kiến tạo hiện đại trong khu vực nghiên cứu thể hiện qua các dấu hiệu địa chất, dấu hiệu địa mạo, các dấu hiệu địa vật lý và các dấu hiệu khác là các tai biến địa chất nổi bật trong vùng.

a) Các đứt gãy hoạt động

Nhiều đứt gãy trẻ thể hiện rõ ràng với sự biến dạng và dịch chuyển các cấu tạo địa chất trẻ hoặc các vỏ phong hóa hiện đại (Hình 1), sự biến dạng các yếu tố địa mạo hiện đại như các bậc thềm, dòng chảy.



Hình 1. (a) Sơ đồ vị trí khu vực nghiên cứu; (b) Sơ đồ kiến tạo và các biểu hiện hoạt động kiến tạo hoạt động trong lưu vực Sông Tiền và Sông Hậu (cập nhật, chỉnh sửa theo tài liệu của [23]).

Các biểu hiện của hoạt động tân kiến tạo dựa trên các dấu hiệu địa chất, trong khu vực nghiên cứu, các đứt gãy có biểu hiện hoạt động (Hình 1).

Đứt gãy Sông Hậu có phương tây bắc-đông nam (Hình 1), các biểu hiện hoạt động của đứt gãy Sông Hậu gồm có sự xuất hiện của động đất quan sát được dọc đứt gãy đạt 4,4 độ richter (động đất năm 1967 ở Tây Bắc Châu Đốc thuộc địa phận Cam Pu Chia). Dọc đứt gãy có nhiều điểm nước khoáng với nhiệt độ dưới 30^0 (Mỹ Thới, Cầu Kè, Đại Ngãi...). Đứt gãy đóng vai trò định tuyến các rãnh đào khoét trong Holocen với sự tăng cao bề dày từ 35 m đến 76 m ở khu vực Bình Minh kéo dài theo phương phát triển của đứt gãy. Nhìn chung đứt gãy Sông Hậu được đánh giá có biểu hiện hoạt động rất rõ trong hiện đại.

Đứt gãy Vĩnh Hưng - Chợ Lách - Thạnh Phú kéo dài khoảng 220km theo phương tây bắc - đông nam trong phạm vi khu vực nghiên cứu (Hình 1), bị phân ra làm hai đoạn bởi đứt gãy Sông Tiền, đoạn Vĩnh Hưng- Chợ Lách, đoạn Chợ lách - Thạnh Phú. Biên độ dịch móng trầm tích Holocen qua đứt gãy đạt 5m. Biểu hiện động đất dọc theo đứt gãy đoạn Chợ Lách - Thạnh Phú có thể đạt 5,1 độ richter. Theo [23] xu thế biến dạng - ứng suất coulomb cho thấy cánh đông bắc đứt gãy có xu thế nâng lên, cánh tây nam hạ xuống.

Đứt gãy Hòn Đất - Cái Dầu - Vĩnh Hưng kéo dài khoảng 185 km theo hướng đông bắc tây nam trong vùng nghiên cứu (Hình 1), dọc theo đứt gãy không thấy biểu hiện động đất, không biểu hiện rõ trên DEM và ảnh máy bay, ảnh vệ tinh. Biên độ dịch móng trầm tích Holocen đạt 2 m. Xu thế biến dạng-ứng suất coulomb cho thấy có sự xen kẽ, phân dị các vùng nâng và sụt trượt dọc theo phương phát triển của đứt gãy. Đứt gãy Hòn Đất - Cái Dầu - Vĩnh Hưng được đánh giá chung là hoạt động rõ trong hiện đại [23]. Dọc theo đứt gãy xuất lộ 8 điểm nước khoáng và nước nóng: Ở khu vực Vĩnh Hưng, khu vực Mỏ Cày với nhiệt độ $36-39^0C$, khu vực Tân Thạnh với nhiệt độ 34^0C , khu vực Hưng Thạnh với nhiệt độ 34^0C , khu vực Hòa Hưng với nhiệt độ 37^0C , khu vực Long Hồ với nhiệt độ 37^0C và ở khu vực Bến Tre. Đứt gãy Vĩnh Hưng - Chợ Lách - Thạnh Phú được đánh giá chung là hoạt động rõ trong hiện đại.



Hình 2. Hoạt động của đứt kiến tạo hoạt động dọc theo đứt gãy Sông Tiền làm dịch chuyển, biến dạng các thành tạo trầm tích trẻ tại vị trí khảo sát có tọa độ $10^{\circ}19'28.0''$ - $106^{\circ}14'42.0''$.

Đứt gãy Sông Tiền, kéo dài khoảng 140 km theo phương vĩ tuyến. Dọc theo đứt gãy có biểu hiện động đất quan sát được năm 1965 đạt 4,6 độ richter, xuất lộ 11 điểm nước khoáng và nước nóng dọc theo đứt gãy ở khu vực Hòa Hưng đạt nhiệt độ 37^0C , ở khu vực Thân Cửu Nghĩa đạt nhiệt độ $35,5^0C$, ở khu vực Bình Xuân - Gò Công đạt nhiệt độ 35^0C , ở khu vực

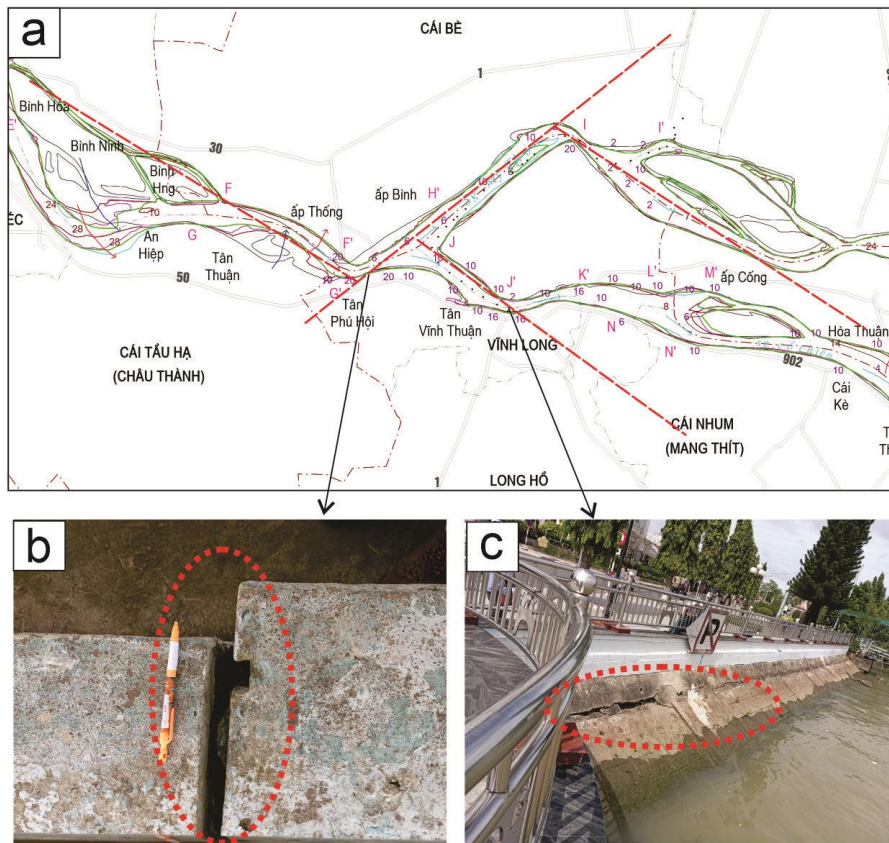
Đồng Sơn đạt nhiệt độ 36°C, khu vực Cai Lậy đạt nhiệt độ 36°C, và ở khu vực Chợ Gạo, khu vực Trung Lương, ở khu vực Tân Mỹ Chánh. Xu thế biến dạng - ứng suất coulomb cho thấy đứt gãy Sông Tiền có sự đan xen nâng - ổn định ở cánh bắc và hạ - sụt trượt ở cánh nam. Có sự tăng cao bề dày trầm tích Holocen dọc đứt gãy đạt giá trị 40-60 m [23]. Ngoài ra, dấu hiệu trực tiếp của chuyển động hiện đại dọc đứt gãy sông tiền còn thể hiện ở sự dịch trượt của các thành tạo trầm tích trẻ như tại vị trí khảo sát có tọa độ 10°19'28.0"N 106°14'42.0"E (Hình 2). Như vậy, đứt gãy Sông Tiền được đánh giá chung là hoạt động rõ trong hiện đại.

b) Các dấu hiệu khác

+ Dấu hiệu đồng đất: Theo các nghiên cứu cho thấy vùng Tây Nam Bộ cũng từng xảy ra động đất ở một số khu vực, dọc theo một số đứt gãy hoạt động nêu trên [24–26]. Các động đất này thường có cường độ từ Ms = 1,3-2,7 độ richter đến 3,9-7,5 độ richter. Hầu hết các hoạt động động đất trong vùng đều có thể xảy ra các phá hủy tài sản, đất đai và có thể còn xảy ra sóng thần.

Về thời gian, địa điểm, cường độ của các trận động đất là rất khó dự báo, nhưng có thể dự báo chính xác nguồn phát sinh động đất cho từng vùng. Theo kết quả nghiên cứu [25], khu vực Tây Nam Bộ có khả năng xuất hiện các trận động đất với mức trung bình - yếu, chịu ảnh hưởng cực đại phát sinh động đất tới 6,2 độ richter, trung bình là 5,5 độ richter, chu kỳ lặp lại khoảng 300-400 năm. Tuy nhiên, động đất là vấn đề cũng rất cần được thường xuyên theo dõi, vì đây là tiềm ẩn của thảm họa thiên nhiên rất lớn, đặc biệt ảnh hưởng kép biến khí hậu, nước biển dâng cộng với sụt lún, nâng hạ, phân dị.

+ Dấu hiệu địa mạo phản ánh hoạt động tân kiến tạo là sự biến đổi bất thường của các yếu tố địa mạo trong khu vực, bao gồm sự dịch chuyển đột ngột của các dòng chảy, sông núi, sự tập trung có quy luật của dòng chảy, sự định hướng của dòng chảy hoặc các thung lũng, các chuỗi vách kiến tạo tam giác dạng tuyến tính... Những dấu hiệu này được phát hiện trên ảnh viễn thám, mô hình DEM kết hợp với các khảo sát thực địa để xác định sự tồn tại và bản chất của các đứt gãy cũng như quan hệ của chúng với các yếu tố địa mạo, thủy văn.



Hình 3. (a) Đoạn sông có hướng chảy thay đổi tại vị trí đi qua thành phố Vinh Long do hoạt động của đứt gãy Sông Tiền, (b, c) Bờ kè bị phá hủy do hoạt động của đứt gãy Sông Tiền.

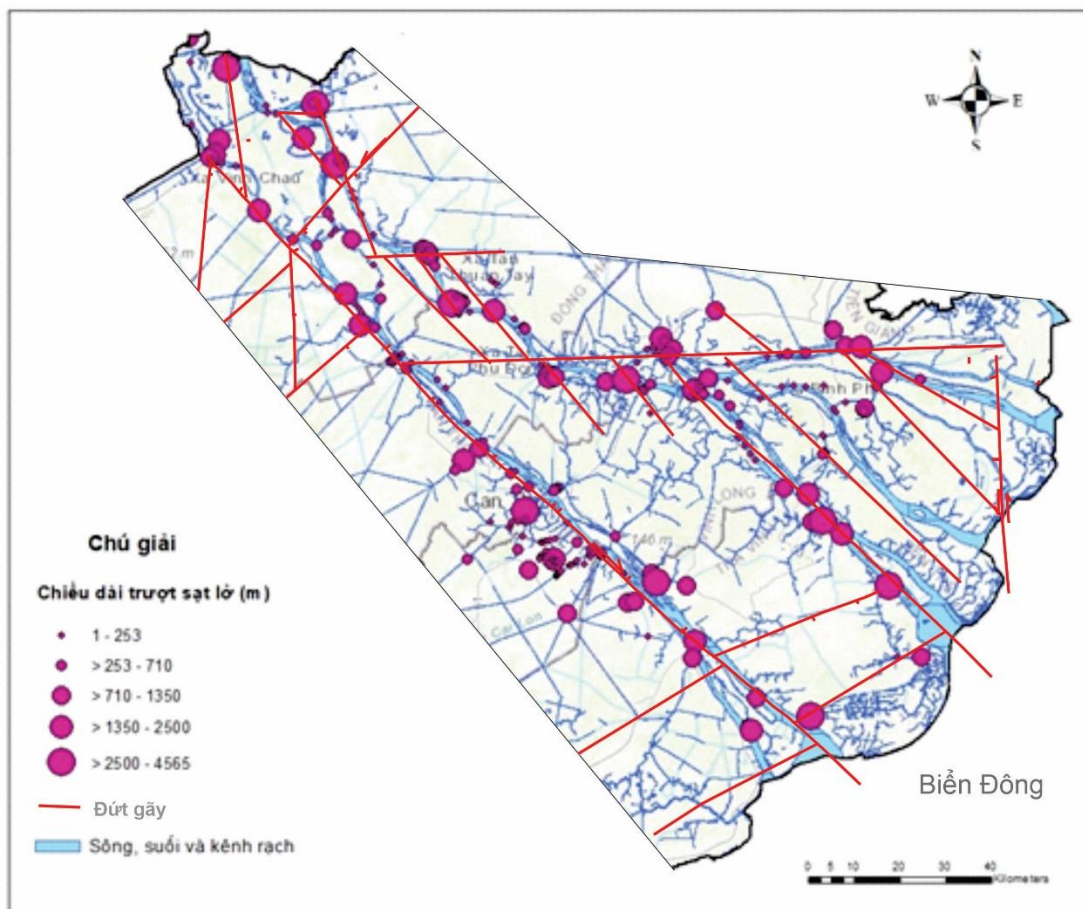
Hoạt động tân kiến tạo biểu hiện thông qua sự biến đổi dòng chảy của Sông Tiền quan sát được ở nhiều khu vực khác nhau, khu vực thành phố Vĩnh Long (Hình 3) là một ví dụ tương đối rõ ràng. Tại đây dòng sông đang chảy theo hướng đông nam bị đổi dòng đột ngột lên hướng đông bắc sau đó quay lại hướng đông nam, hiện tượng bồi tụ không theo quy luật bên lở bên bồi, xói lở bờ sông xảy ra rất mạnh, mặc dù bờ sông đã được kè, vẫn tiếp tục bị nứt vỡ qua nhiều năm (Hình 3b, 3c). Khảo sát thực tế đã xác định sự giao cắt giữa hai đứt gãy là đứt gãy có phương đông bắc-tây nam cắt đứt gãy phương tây bắc - đông nam tạo nên một đới sụt lún, phá hủy bờ rất mạnh mặc dù bờ đã được kè chắc chắn.

+ Dị thường địa hoá

Kết quả nghiên cứu trước đây [23] về dị thường khí radon (Rn), thủy ngân (Hg) trong khu vực nghiên cứu cho thấy sự xuất hiện của 08 đới dị thường khí radon đã khẳng định biểu hiện hoạt động hiện đại của các đứt gãy (Hình 1).

3.2. Mối quan hệ giữa chuyển động kiến tạo hiện đại và sụt lở bờ sông

Cho đến nay nhiều công trình nghiên cứu đã phân tích và xác định nguyên nhân ngoại sinh và nhân sinh dẫn đến các hiện tượng xói lở bờ sông, bờ biển trong khu vực Tây Nam Bộ [11-13, 21, 27]. Tuy nhiên còn một yếu tố đóng vai trò quan trọng trong việc phát triển các hiện tượng xói lở, biến đổi dòng chảy trong khu vực dòng chảy Sông Tiền và Sông Hậu là chuyển động kiến tạo hiện đại của vỏ trái đất, đặc biệt là các đứt gãy hoạt động lại chưa được nghiên cứu đầy đủ. Hoạt động kiến tạo hiện đại đã được nhiều nhà khoa học trên thế giới nghiên cứu và đánh giá là có ảnh hưởng to lớn đến hình thái của các dòng chảy, các đứt gãy hoạt động làm cho kết cấu của bờ và tính chất cơ lý của đất đá cấu thành nên bờ sông yếu đi, độ gắn kết của các tập trầm tích cũng giảm xuống, do đó bờ sông càng dễ bị xói lở [15-19].



Hình 4. Sơ đồ tương quan giữa vị trí và quy mô các điểm xói lở trong vùng nghiên cứu với các đứt gãy hoạt động cho thấy hầu hết các điểm xói lở mạnh thường xảy ra ở vị trí giao nhau của các đứt gãy hoặc các vị trí đứt gãy hoạt động mạnh.

Khu vực dòng chảy Sông Tiền và Sông Hậu có các hoạt động kiến tạo diễn ra khá mạnh mẽ với bốn đứt gãy hoạt động chính là đứt gãy Sông Tiền, đứt gãy Sông Hậu, đứt gãy Vĩnh Hưng - Chợ Lách - Thạch Phú và đứt gãy Hòn Đất - Cái Dầu - Vĩnh Hưng, cùng với đó là nhiều các đứt gãy nhỏ khác và các điểm sụt kiến tạo (Hình 1b). Theo kết quả thống kê từ năm 1966 đến 2015, quá trình trượt sụt lở và bồi tụ đất bờ sông Tiền, sông Hậu và các kênh rạch diễn biến rất phức tạp và xuất hiện rất nhiều điểm trượt sụt lở mạnh tại nhiều vị trí nằm trong vùng nghiên cứu. Kết quả của quá trình trượt sụt lở cũng dẫn đến hình thành nên các vị trí bồi tụ dọc hai bên bờ sông. Rất nhiều vị trí xói lở bờ sông đã được ghi nhận như lưu vực Sông Tiền qua Sa Đéc, Đồng Tháp bị sụt lở với chiều dài 10390 m, còn lưu vực Sông Hậu sụt lở mạnh nhất ở An Lương, Mỹ Lương, An Giang với chiều dài là 6413 m [7]. Trong giai đoạn từ 1966-1990, hiện tượng sụt lở diễn ra mạnh mẽ nhất tại Long Đức, Trà Vinh với chiều dài 406 m, tổng chiều dài sụt lở trong giai đoạn này là 1840 m. Giai Đoạn từ 1990 đến 2015 đã ghi nhận hàng trăm điểm sụt lở dọc theo bờ Sông Tiền và Sông Hậu trong đó những khu vực sụt lở mạnh như Chợ Mới, An Giang, An Lương-Mỹ Lương, Phú Hòa, Tân Châu hay Long Xuyên. Tổng chiều dài sụt lở hơn 10000 m (Hình 4).

Trong giai đoạn từ 2015 đến nay, số liệu thống kê cho thấy hiện tượng sụt lở bờ sông vẫn diễn ra hết sức nghiêm trọng với chiều dài sụt lở trung bình khoảng 542 m/điểm. Hiện tượng trượt sụt lở diễn ra ở hầu hết các tỉnh trong vùng nghiên cứu. Theo số liệu của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, có những vị trí trượt sụt lở có thể kéo dài tới 4565 m (<https://satlov2.vndss.com/>). Trong hai đợt điều tra thực địa năm 2022 và năm 2023, các tác giả thấy nguy cơ trượt sụt lở vẫn tiếp tục xảy ra kể cả tại những vị trí bờ sông có các công trình kè bởi vì các bờ kè có xuất hiện nhiều vết nứt và có dấu hiệu lan rộng ra (Hình 3).



Hình 5. (a) Điểm sụt lở tại khu vực Vũng Liêm, Vĩnh Long, nằm trên đứt gãy hoạt động Vĩnh Hưng-Chợ Lách-Thạch Phú; (b) Điểm sụt lở tại khu vực gần Thành phố Cần Thơ trong khu vực chịu ảnh hưởng của Đứt gãy Sông Hậu.

Kết quả khảo sát thực địa và sơ đồ mô hình hóa vị trí các điểm sụt lở với các đứt gãy hoạt động trong khu vực dòng chảy Sông Tiền và Sông Hậu (Hình 4) cho thấy, hầu hết các điểm sụt lở mạnh trong khu vực nghiên cứu đều phân bố dọc các đới đứt gãy kiến tạo hoạt động. Các đoạn sông bị xói lở mạnh thường phân bố ở những điểm giao nhau của các đứt gãy (Hình 2, 3, 4, 5) hoặc các vị trí sụt kiến tạo (Hình 1b, Hình 4).

Tại thành phố Vĩnh Long, nơi được đánh giá là vị trí đứt gãy Sông Tiền đang hoạt động mạnh và đồng thời cũng là nơi giao nhau giữa đứt gãy Sông Tiền và đứt gãy Vĩnh Hưng - Chợ Lách - Thạch Phú hoặc các đứt gãy nhánh khác (Hình 1b, Hình 4), hiện tượng xói lở bờ diễn ra rất mạnh mẽ với những đoạn xói lở dài trên 1000 m (Hình 4), những đoạn bờ sông đã được kè chắc chắn cũng nhanh chóng bị hư hỏng do các hoạt động kiến tạo hiện đại gây nên

(Hình 3). Ngoài ra, dọc theo đứt gãy Vĩnh Hưng - Chợ Lách - Thạch Phú cũng xuất hiện các điểm xói lở mạnh, chiều dài sạt lở trên 1000m cũng gặp ở nhiều vị trí như Đức Mỹ, Long Đức... Các điểm sạt lở mạnh cũng diễn ra dọc theo đứt gãy hoạt động Hòn Đất - Cái Dầu - Vĩnh Hưng và đứt gãy Sông Hậu như khu vực Hồng Ngự, Đồng Tháp, Châu Đốc An Giang hay xung quanh thành phố Cần Thơ (Hình 3, 4, 5).

4. Kết luận

Khu vực dòng chảy Sông Tiền và Sông Hậu đang chịu tác động mạnh mẽ bởi các hoạt động kiến tạo hiện đại với một loạt các biểu hiện đặc trưng như sự xuất hiện của các đứt gãy hoạt động (đứt gãy Sông Tiền, đứt gãy Sông Hậu, đứt gãy Vĩnh Hưng - Chợ Lách - Thạch Phú, đứt gãy Hòn Đất - Cái Dầu - Vĩnh Hưng ...), sự xuất hiện của các trận động đất, xuất lộ các giếng nước khoáng nóng hay dị thường về khí radon, thủy ngân. Các hoạt động kiến tạo hiện đại này đã tác động và làm nghiêm trọng hơn quá trình sạt lở, xói mòn dọc theo bờ của hai con sông lớn là Sông Tiền và Sông Hậu. Hiện tượng sạt lở, xói mòn diễn ra mạnh mẽ ở phần giao của các đứt gãy hoạt động hoặc dọc theo các vị trí mà đứt gãy hoạt động mạnh mẽ như tại Châu Đốc hoặc thành phố Vĩnh Long....

Trong nghiên cứu này chúng tôi không loại trừ nguyên nhân gây sạt lở, xói mòn dọc bờ sông do các nguyên nhân nhân sinh như khai thác cát sông, sự thiếu hụt trầm tích do xây dựng các đập thủy điện ở thượng nguồn hoặc do tác động của quá trình biến đổi khí hậu. Tuy nhiên, chúng tôi có thể khẳng định rằng, vận động kiến tạo hiện đại cũng đóng vai trò quan trọng trong việc xuất hiện các điểm sạt lở, xói mòn dọc theo dòng chảy của Sông Tiền và Sông Hậu.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: B.V.H., T.T.H.; Thu thập, xử lý số liệu: N.T.K.C., P.V.B., V.A.Đ., T.Q.T., B.T.T.H.; Viết bản thảo bài báo: B.V.H., T.T.H.M.; Chỉnh sửa bài báo: N.T.K.C., T.T.H.M.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo cho đề tài mã số CT.2022.01.MDA.01.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Encyclopedia of Coastal Science. Springer, Chapter 1: Tectonics and neotectonics. 2005. doi:10.1007/1-4020-3880-1. ISBN 978-1-4020-1903-6.
2. Hancock, P.L.; Williams, G.D. Neotectonics. *J. Geo. Soci.*, **1986**, 143, 325–326. doi: 10.1144/gsjgs.143.2.0323.
3. Wu, Z.; Hu, M. Neotectonics, active tectonics and earthquake geology: terminology, applications and advances. *J. Geo.* **2019**, 127, 1–15.
4. Stewart, I. Neotectonics. *Tecto.* **2015**, 425–428.
5. National Research Council (NRC). Active tectonics: Impact on society. Study in Geophysics. The National Academic Press, 1986.
6. Burbank, D.W.; Anderson, R.S. Tectonic geomorphology. Blackwell Science, 2011.
7. Bhattarai, I.; Gani, N.D.; Xue, L. Geomorphological responses of rivers to active tectonics along the Siwalik Hills, Midwestern Nepalese Himalaya. *J. Mt. Sci.* **2021**, 18, 1286–1294.
8. Muhammad, R.P.S.; Emi, S.; Nana, S.; Agus, D.H. Assessment of active tectonic from morphometric properties in Krueng Raya watershed, Aceh Besar, Indonesia. *Eng. Let.* **2022**, 30, 30320.
9. Lu, P.; Shang, Y. Active tectonic revealed by river profiles along the Puqu fault. *Wat.* **2015**, 7, 1628–1648.

10. Wassmann, R.; Hien, N.X.; Hoanh, C.T.; Tuong, T.P. Sea level rise affecting the vietnamese Mekong Delta: water elevation in the flood season and implications for rice production. *Clim. Cha.* **2004**, *66*, 89–107.
11. Park, E. Sand mining in the Mekong Delta: Extent and compounded impacts. *Sci. To. Envi.* **2024**, *924*, 171620. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171620>.
12. Kondolf, G.M.; Rubin. Z.K.; Minear, J.T. Dams on the Mekong: cumulative sediment starvation. *Water Resour. Res.* **2014**, *50*, 5158–5169.
13. Minh, D.; Van Trung, L.; Toan, T. Mapping ground subsidence phenomena in Ho Chi Minh City through the radar interferometry technique using ALOS PALSAR data. *Rem. Sens.* **2015**, *7*, 8543–8562.
14. Anthony, E.J.; Brunier, G.; Besset, M.; Goichot, M.; Dussouillez, P.; Nguyen, V.L. Linking rapid erosion of the Mekong River delta to human activities. *Sci. Rep.* **2015**, *5*, 14745. <https://doi.org/10.1038/srep14745>.
15. Kirby, E.; vaf Whipple, K.X. Expression of active tectonics in erosional landscapes. *Jr. Stru. Geo.* **2012**, *44*, 54–75.
16. Mentés, G.; Theilen-Willige, B.; Papp, G.; Síkhegyi, F.; Újvári, G. Investigation of the relationship between subsurface structures and mass movements of the high loess bank along the River Danube in Hungary. *J. Geo.* **2009**, *47*, 130–141.
17. Sarma, J.N.; Acharjee, S. Bank erosion of the Brahmaputra River and Neotectonic activity around Rohmoría Assam, India. *Com. Geo.* **2012**, *99*, 33–38.
18. Archana, S.; Bijoylakshmi, G.; Devojit, B.; Neelratan, S. Assessment of active tectonics in the Siwalik basin around the Subansiri river, NE India. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **2022**, *1032*, 012043.
19. Perucca, L.P.; Rothis, M.; Vargas, H.N. Morphotectonic and neotectonic control on river pattern in the Sierra de la Cantera piedmount, central Precordillera, province of San Juan, Argentina. *Geomor.* **2014**, *204*, 673–682. doi: 10.1016/j.geomorph.2013.09.014.
20. Dhali, M.K.; Chakrabarty, P. An introspect of neotectonic response on channel bars morphodynamic of the rivers in Darjeeling Himalayan piedmont zone, India. *Geo. Eco. Lands* **2022**, 1–20. <https://doi.org/10.1080/24749508.2022.2158558>.
21. Clark, P.U.; Shakun, J.D.; Marcott, S.A.; Mix, A.C.; Eby, M. Consequences of twenty-first-century policy for multi-millennial climate and sea-level change. *Nat. Cli. Change* **2016**, *6*, 360–369.
22. Tâm, N.Đ.; Tuyết, Đ. Địa chất Đệ tứ Việt Nam (Thuyết minh bản đồ địa chất Đệ tứ Việt Nam, tỷ lệ 1:500.000. Lưu trữ Trung tâm thông tin lưu trữ địa chất. Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, 1994.
23. Vĩnh, Đ.V. và cs. Báo cáo điều tra đánh giá địa động lực hiện đại để hoàn thiện kịch bản biến đổi khí hậu và đề xuất các giải pháp thích ứng ở đồng bằng sông Cửu Long. Trung tâm lưu trữ địa chất. 2016.
24. Lĩnh, Đ.V. Lịch sử phát triển kiến tạo Kainozoi lãnh thổ nam Trung Bộ và mối liên quan với động đất. Luận án tiến sỹ địa chất. Thư viện Khoa học Tổng hợp Tp. Hồ Chí Minh, 2010, tr. 186.
25. Xuyên, N.Đ. Địa chất kiến tạo và các vùng phát sinh động đất mạnh trên lãnh thổ Việt Nam. Viện Vật lý Địa cầu, Viện Khoa học công nghệ Việt Nam, Bộ Khoa học công nghệ Việt Nam, 2004.
26. Triều, C.Đ.; Long, P.H.; Lĩnh, Đ.V.; Dũng, L.V.; Trọng, C.Đ. Địa động lực hiện đại lãnh thổ Việt Nam. Nhà xuất bản khoa học tự nhiên và công nghệ, 2013.
27. Hai, T.T.; Chi, N.T.K.; Hau, B.V.; Binh, N.V.; Thao, N.T.; Hien, H.T.; Nam, N.X.; Do, H.N.T. Neotectonic activities and its significance to river-course evolution: implication for the Cai river catchment, Ninh Thuan province, South-Central Vietnam. *Lec. Not. Civ. Eng.* **2020**, *108*, 1–17.

Active tectonic activities in the Tien and Hau River flow areas, relationship with river bank erosion

Bui Vinh Hau^{1*}, Tran Thi Hong Minh², Tran Thanh Hai¹, Ngo Thi Kim Chi¹, Phan Van Binh¹, Vu Anh Dao¹, Tran Quang Tuan¹, Bui Thi Thu Hien¹

¹ Hanoi University of Mining and Geology; buivinhau@humg.edu.vn; tranthanhhai@humg.edu.vn; ngothikimchi@humg.edu.vn; phavanbinh@humg.edu.vn; vuanhdao@humg.edu.vn; tranquantuan@humg.edu.vn; buithithuhien@humg.edu.vn

² Hanoi University of Naturel Resources and Environment; tthminh@hunre.edu.vn

Abstract: This article study the activity of active tectonics in the Tien River and Hau River basin based on direct signs such as displacement of young sediments, earthquakes, radon, mercury gas release, or indirect signs such as sudden changes in flow, the appearance of hot springs, etc. Research results show that tectonic activity in the area is strong with four main active faults, the Song Tien fault, Song Hau fault, Vinh Hung - Cho Lach - Thanh Phu fault and Hon Dat - Cai Dau - Vinh Hung fault. The activity of these faults aggravates river bank erosion in the area, especially at the intersections of the faults. This shows that in addition to human factors such as river sand exploitation, the lack of sediment due to the construction of hydroelectric dams upstream or due to the impact of climate change, active tectonic activities also has a great impact causing geological hazard such as flow changes and river bank erosion in the Tien and Hau River areas.

Keywords: Active tectonic; Riverbank erosion; Tien river; Hau river.