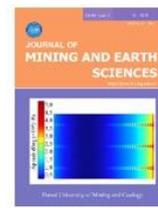




Journal of Mining and Earth Sciences

Website: <http://jmes.humg.edu.vn>



Evaluation of landslides, accretion circumstance and riverbank slope stability analyses in the Mekong Delta



Hau Vinh Bui, Tuan Quang Tran *

Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

Article history:
Received 19th May 2023
Revised 07th Sept. 2023
Accepted 28th Sept. 2023

Keywords:

Accretion,
Geological disaster,
Landslides,
Mekong Delta.

ABSTRACT

This study presents the current situation of landslides and accretion on the Tien and Hau riverbanks in the Mekong Delta over time. Simultaneously, the riverbank slope stability was assessed and showed some related effects. Statistical methods, combined with field surveys and GEOSlope analysis, were used to assess the circumstances of landslides and accretion. Results show that the most landslides have occurred in the An Giang and Dong Thap areas. In the prior 2015 period, 23 and 7 riverbank sections with frequent landslides were excavated and inventoried on the Tien and Hau rivers, respectively. Meanwhile, 28 and 9 sections where accretion occurred during this period were inventoried on the Tien and Hau riverbanks, respectively. Since 2015, 248 locations of landslides and accretion occurring in the area have been investigated. The study also indicates that the displacement of active tectonic faults and instability of riverbank slopes have been demonstrated and complemented the landslide causes in the area. These results are intended to warn and help local authorities to promptly take positive measures to prevent and orient appropriate socio-economic development for the region.

Copyright © 2023 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

*Corresponding author

E - mail: buivinhhau@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2023.64(5).04



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>



Đánh giá hiện trạng trượt - sạt lở, bồi tụ và phân tích ổn định bờ sông ở đồng bằng sông Cửu Long

Bùi Vinh Hậu, Trần Quang Tuấn *

Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:
 Nhận bài 19/5/2023
 Sửa xong 07/9/2023
 Chấp nhận đăng 28/9/2023

Từ khóa:
 Bồi tụ,
 Đồng bằng sông Cửu Long,
 Tai biến địa chất,
 Trượt - sạt lở.

TÓM TẮT

Bài báo này nghiên cứu diễn biến hiện trạng trượt - sạt lở, bồi tụ bờ sông Tiền và sông Hậu đồng bằng sông Cửu Long theo thời gian. Đồng thời, đánh giá ổn định bờ sông, cũng như đưa ra một số ảnh hưởng liên quan. Nghiên cứu đã sử dụng các phương pháp thống kê kết hợp với khảo sát thực địa và phân tích GEOSlope để đánh giá tình hình trượt - sạt lở và bồi tụ. Kết quả nghiên cứu cho thấy các khu vực An Giang và Đồng Tháp xảy ra hiện tượng trượt - sạt lở nhiều nhất. Giai đoạn trước năm 2015, có 23 và 7 đoạn bờ sông với hiện tượng trượt - sạt lở thường xuyên xảy ra lần lượt trên sông Tiền và sông Hậu. Trong khi đó, có 28 đoạn bờ sông Tiền và 9 đoạn bờ sông Hậu xảy ra hiện tượng bồi tụ trong giai đoạn này. Giai đoạn từ 2015 đến nay, có 248 điểm trượt - sạt lở và bồi tụ xảy ra. Sự dịch chuyển của các đứt gãy kiến tạo và tính mất ổn định của bờ sông đã được minh chứng bằng phân tích thực địa và các mô hình trượt - sạt lở, những yếu tố này đã bổ sung thêm các nguyên nhân gây ra trượt - sạt lở trong vùng. Các kết quả nghiên cứu về nguyên nhân gây ra trượt - sạt lở trong lưu vực Sông Tiền và Sông Hậu nhằm cảnh báo và giúp chính quyền địa phương kịp thời đưa ra những biện pháp tích cực để phòng tránh và định hướng phát triển kinh tế xã hội phù hợp cho vùng.

© 2023 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

*Tác giả liên hệ

E - mail: buvinhchau@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2023.64(5).04

1. Mở đầu

Trượt - sạt lở bờ sông là một trong những mối nguy hiểm tự nhiên nghiêm trọng nhất và xảy ra do nhiều nguyên nhân khác nhau. Trong những thập kỷ qua, do quá trình đô thị hóa và biến đổi khí hậu làm gia tăng nhanh chóng tỷ lệ trượt - sạt lở đất diễn ra nhiều nơi trên thế giới. Trượt - sạt lở bờ sông là một loại hình tai biến thiên nhiên và để lại nhiều hậu quả nghiêm trọng khi nó gây thiệt hại nặng nề cho xã hội (Hoành, 2014; Văn và nnk., 2021). Đi cùng với trượt - sạt lở bờ sông là quá trình bồi tụ bờ. Những quá trình này diễn ra liên tục và làm thay đổi hình thái bờ sông.

Trước những tác động của nhiều nguyên nhân, chế độ dòng chảy sông Tiền, sông Hậu và các kênh rạch trong hệ thống sông ở đồng bằng sông Cửu Long diễn biến phức tạp. Đồng bằng sông Cửu Long mang đặc điểm của khí hậu nhiệt đới gió mùa, với 2 mùa rõ rệt là mùa khô và mùa mưa. Đồng bằng sông Cửu Long khá bằng phẳng và phần lớn đồng bằng này có độ cao dưới 5 m so với mực nước biển (Fujihara và nnk., 2016). Đồng bằng bị chia cắt bởi một hệ thống dòng chảy mặt gồm các sông tự nhiên và các kênh đào nhân tạo và hướng chảy ra biển. Chế độ thủy văn trong vùng chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của dòng chảy thượng lưu và chế độ thủy triều của biển. Đồng bằng sông Cửu Long có vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế và là vùng sản xuất nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản lớn của cả nước. Vùng đồng bằng này đóng góp một nửa sản lượng gạo của cả nước, 65% sản phẩm thủy sản và 70% trái cây. Nó cũng chiếm 95% lượng gạo xuất khẩu của cả nước và 60% tổng lượng cá xuất khẩu (Besset và nnk., 2019; Tho, 2020).

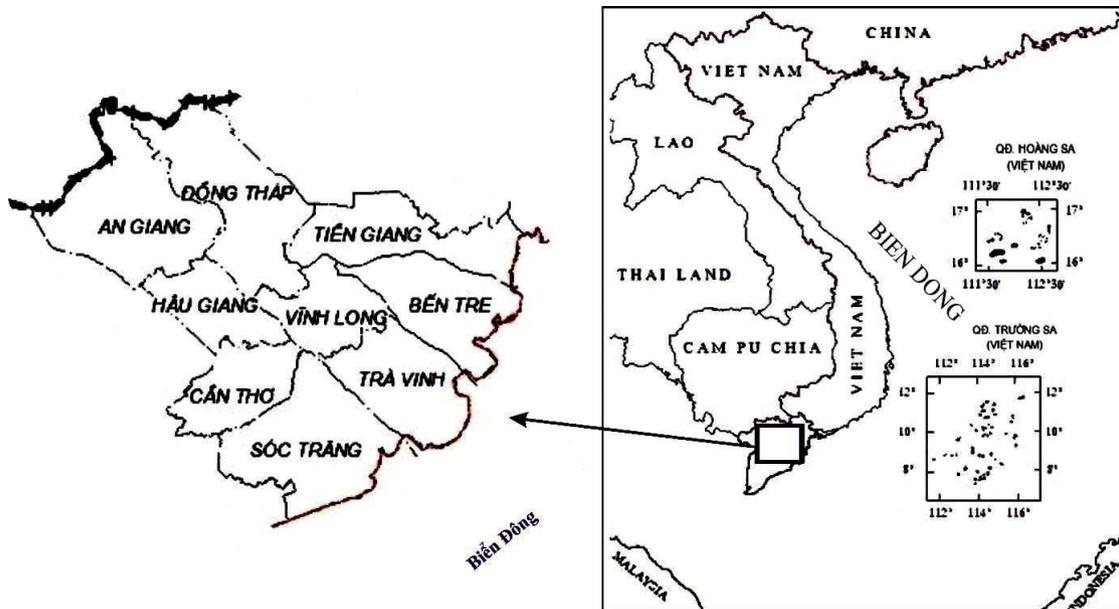
Mặc dù, đồng bằng sông Cửu Long mang lại nhiều lợi ích nhưng cũng phải đối mặt với nhiều nguy cơ như suy giảm dòng chảy, thay đổi lượng nước giữa mùa mưa và mùa khô. Xuất hiện những hiện tượng như hạn hán, lũ lụt, sạt lở bờ sông, ô nhiễm nguồn nước, nước biển dâng và xâm nhập mặn. Trong những tai biến đó, hiện tượng trượt - sạt lở, xói mòn đã diễn ra từ nhiều thập kỷ và hiện tượng này đã xảy ra mạnh mẽ và nghiêm trọng trong những năm trở lại đây (Hoài và nnk., 2019; Văn và nnk., 2021). Các nghiên cứu trước cho rằng có nhiều nguyên nhân gây ra hiện tượng trượt - sạt lở bờ sông như lũ lụt kết hợp với mưa lớn xảy ra vào mùa mưa, hiện tượng khai thác cát, tăng

lượng phương tiện giao thông thủy và trọng lượng của các ngôi nhà và các công trình xây dựng dọc bờ sông là những yếu tố gây ra hiện tượng trượt - sạt lở bờ sông (Tho, 2020). Hoài và nnk. (2019) cũng đưa ra kết luận về các nguyên nhân như ảnh hưởng bởi hình thái sông, chế độ thủy lực, đặc điểm địa chất, chế độ phù sa bùn cát, giao thông thủy, khai thác cát và xây dựng hạ tầng là những nguyên nhân gây ảnh hưởng đến hiện tượng trượt - sạt lở. Các nghiên cứu trước cho thấy, trước năm 2012 toàn bộ đồng bằng sông Cửu Long chỉ có dưới 100 điểm trượt - sạt lở (Hoài và nnk., 2019). Tuy nhiên, theo tổng hợp của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2017), có gần 400 vị trí trượt - sạt lở bờ sông và kênh rạch trên toàn vùng đồng bằng sông Cửu Long.

Do đồng bằng sông Cửu Long nằm trong vùng có khả năng bị ảnh hưởng nhiều bởi biến đổi khí hậu và dễ bị tổn thương cao bởi thiên tai và biến đổi khí hậu (Clark và nnk., 2016). Một trong những ảnh hưởng nhiều tới vùng này là tình trạng xói lở bờ biển, trượt - sạt lở bờ sông diễn ra ngày càng nghiêm trọng (Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, 2007). Để nghiên cứu và đánh giá xác định các khu vực trượt - sạt lở và bồi tụ, trên thế giới và ở trong nước có các phương pháp như sử dụng các mô hình toán, mô hình thủy động lực hai chiều (Văn và nnk., 2021); sử dụng các ảnh Landsat trong nhiều năm và phương pháp chỉ số nước để đánh giá biến động đường bờ (Điệp và nnk., 2019). Nghiên cứu này đã sử dụng các phương pháp khác nhau để đánh giá và tập trung vào các khu vực các tỉnh nằm dọc các sông Tiền, sông Hậu và các kênh rạch của chúng. Việc nghiên cứu theo thời gian tình hình trượt - sạt lở và bồi tụ bờ sông Tiền, sông Hậu và các kênh rạch là rất cần thiết nhằm cảnh báo và đưa ra cho các nhà quản lý có những quyết định phù hợp trong việc đảm bảo an toàn cuộc sống của nhân dân, đồng thời phát triển bền vững kinh tế xã hội trong vùng.

2. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu bao gồm các tỉnh và thành phố: An Giang, Bến Tre, Cần Thơ, Đồng Tháp, Hậu Giang, Sóc Trăng, Trà Vinh, Tiền Giang và Vĩnh Long (Hình 1), là vùng có nhiều tiềm năng phát triển nông nghiệp, công nghiệp, thủy sản và du lịch sinh thái. Vùng nghiên cứu được chia cắt bởi hệ thống sông ngòi tự nhiên dày đặc, bao gồm 2 sông chính là sông Tiền, sông Hậu và hệ thống



Hình 1. Bản đồ khu vực vị trí vùng nghiên cứu.

kênh rạch nhân tạo thông ra biển. Mưa thường xảy ra nhiều nhất từ tháng 08 đến tháng 11 hàng năm.

Về đặc điểm địa chất, vùng nghiên cứu chủ yếu là đất phù sa và các thành tạo địa chất có nguồn gốc và môi trường trầm tích rất đa dạng. Vùng chủ yếu thuộc miền vông Kainozoi muộn của đồng bằng Nam Bộ, có bề dày trầm tích lớn (1000 m). Miền vông này phát sinh và phát triển trên vùng sụt lún động trầm tích kiểu Rift tuổi Eocen - Oligocen ($E_2 - 3$) và các thành tạo trầm tích, phun trào, xâm nhập rìa lục địa tích cực kiểu Đông Á cổ, tuổi Jura muộn - Creta ($J_3 - K$), trầm tích lục nguyên - cacbonat của bồn sau và mảng tuổi Jura sớm - giữa ($J_1 - 2$), phun trào và xâm nhập kiểu biển cải tuổi Trias giữa - muộn ($T_2 - 3$), trầm tích lục nguyên - cacbonat kiểu bồn giữa cung tuổi Pecmi - Trias sớm ($P - T_1$) và rìa lục địa thụ động tuổi Đêvon - Cacbon sớm ($D - C_1$). Các đứt gãy sông Hậu và sông Tiền có ảnh hưởng lớn đến sự đào lòng và sụt lún trong vùng.

Lưu lượng nước trên sông Tiền và sông Hậu đo được ở Tân Châu và Châu Đốc chênh nhau rất lớn: 80% ở sông Tiền và 20% ở sông Hậu. Sông Vàm Nao là con sông nối liền sông Tiền và sông Hậu. Tại đây, nước từ sông Tiền được chuyển một phần sang sông Hậu thêm 30% làm lưu lượng dòng chảy sông Hậu tăng lên. Từ đó chảy về phía hạ lưu, tạo sự cân bằng về lưu lượng nước cho cả hai sông. Tùy vào từng vị trí, sông Tiền và sông Hậu có độ sâu khoảng 15÷25 m, với độ dốc của bờ

sông thay đổi 30÷90⁰ tương ứng với chiều cao bờ dốc 10÷25 m.

3. Dữ liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

3.1. Khảo sát thực địa và thu thập dữ liệu

Để đánh giá chính xác hiện trạng trượt - sạt lở và bồi tụ bờ sông, nghiên cứu này đã tiến hành các đợt khảo sát thực địa dọc các sông, kênh rạch chính của hệ thống sông Cửu Long trong hai năm 2022 và 2023 diễn ra trong toàn bộ vùng nghiên cứu. Các vị trí sạt lở đất bờ sông gần đây đã được xác định thông qua khảo sát thực địa và các tài liệu hiện có. Đồng thời, các vị trí trượt - sạt lở khác trong vùng đã được thu thập, tổng hợp số liệu từ Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (<https://satlov2.vndss.com/>). Tổng cộng có 248 điểm trượt - sạt lở và bồi tụ khác nhau đã được thống kê và ghi nhận.

3.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này đã sử dụng các phương pháp thu thập, tổng hợp tài liệu và thống kê toán học, kết hợp với nhiều đợt điều tra thực địa để nhằm thống kê và đánh giá tình hình trượt - sạt lở và bồi tụ diễn ra trong vùng. Các bản đồ kiểm tra trượt lở và bồi tụ đất khu vực nghiên cứu bằng cách kết hợp các vị trí trượt - sạt lở đất được điều tra trong

2 năm qua và nhiều năm trước đó. Sau đó, tiến hành phân ra mức độ trượt - sạt lở và bồi tụ bờ sông. Phương pháp đo sâu hồi âm và địa chấn nông phân giải cao bằng hệ thống máy đo Sub-bottom profile đã được sử dụng để xác định cấu trúc trầm tích Holocen và xác định các dấu hiệu hoạt động đứt gãy trong Holocen. Tiếp theo, nghiên cứu này đã đánh giá mức độ ổn định của bờ sông sử dụng phương pháp Bishop với việc trợ giúp của phần mềm GEOSlope 2012 - modul Slope/W cho một số vị trí trượt - sạt lở nghiêm trọng.

Việc phân tích ổn định bờ sông dựa vào hệ số ổn định được xác định theo phương pháp Bishop (1955):

$$K_{at} = \frac{\sum [C_i \times L_i + W_i \times \cos \alpha_i \times \tan \varphi_i]}{\sum W_i \times \sin \alpha_i} \quad (1)$$

Trong đó: C_i - lực dính của mảnh/phần thứ i trong phạm vi chiều dài cung trượt (kPa); L_i - chiều dài cung trượt thứ i (m); W_i - trọng lượng mảnh/phần thứ i (KN); α_i - góc nghiêng của mảnh/phần thứ i so với phương tại tâm trượt (độ); φ_i - góc nội ma sát của mảnh/phần thứ i trong phạm vi chiều dài cung trượt (độ). Hệ số ổn định cho các trường hợp cụ thể và so sánh với giá trị cho phép: $K_{at} < 1$, mái dốc không ổn định; $K_{at} = 1$, mái dốc ổn định theo điều kiện cân bằng giới hạn và $K_{at} > 1$, mái dốc ổn định.

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Diễn biến tình hình trượt - sạt lở và bồi tụ bờ sông trước năm 2015

Theo kết quả thống kê từ năm 1966÷2015, quá trình trượt - sạt 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 và sạt lở mạnh tại nhiều vị trí nằm trong vùng nghiên cứu. Kết quả của quá trình trượt - sạt lở cũng dẫn đến hình thành nên các vị trí bồi tụ dọc hai bên bờ sông. Trước năm 2015, trong toàn bộ vùng nghiên cứu có 5 khu vực trượt - sạt lở và bồi tụ điển hình (Hình 2). Trong đó, số đoạn bờ sông Tiền xảy ra trượt - sạt lở và bồi tụ lớn hơn so với số đoạn bờ sông Hậu và sông Vàm Nao.

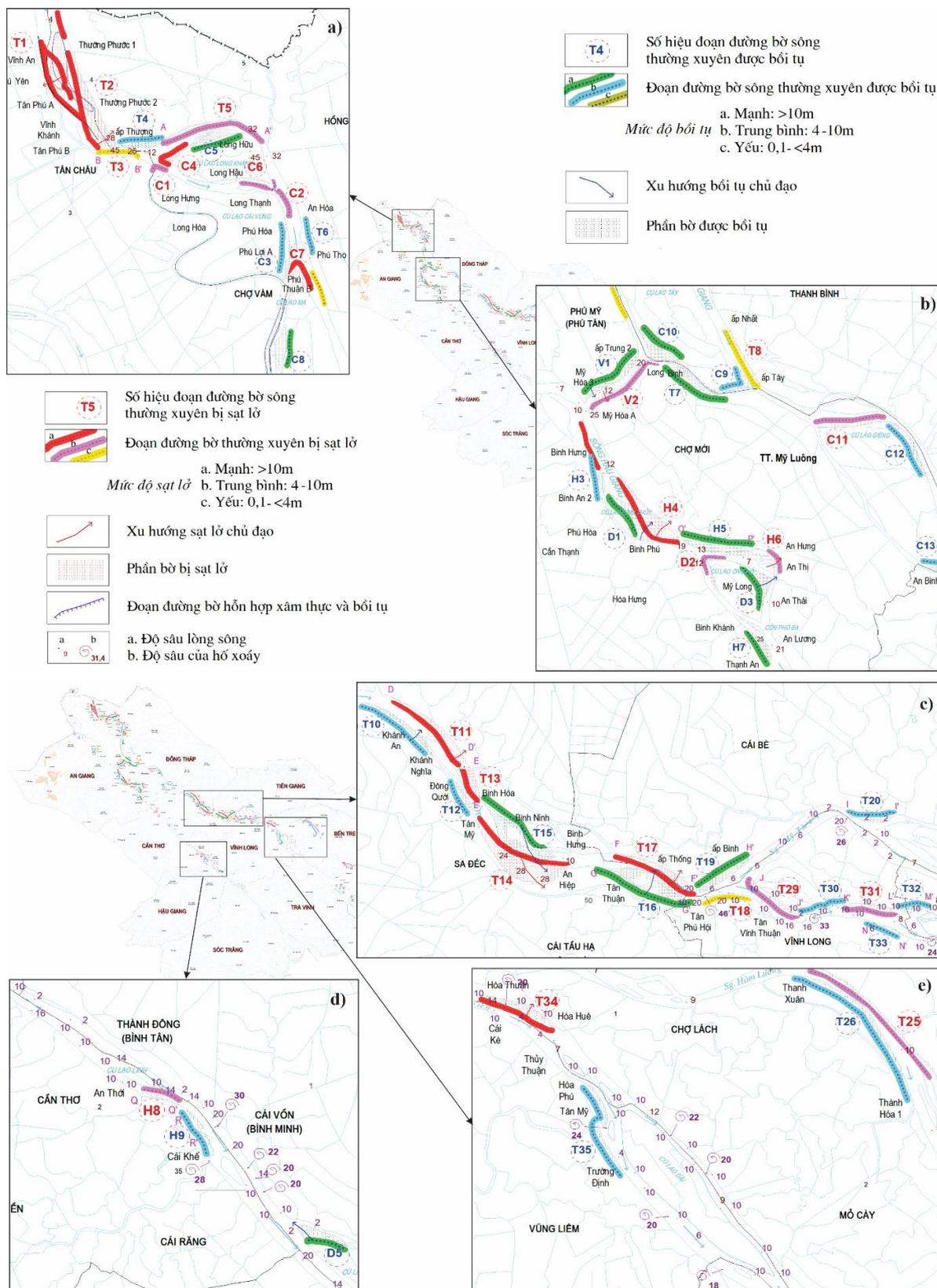
Trong vùng nghiên cứu, đã thống kê được tổng số 23 đoạn bờ sông xảy ra hiện tượng trượt -

sạt lở thường xuyên dọc bờ sông Tiền, chiếm 76,7% tổng số đoạn bờ bị trượt - sạt lở thường xuyên trong toàn vùng. Theo mức độ trượt - sạt lở, có 9 đoạn bờ sông Tiền với mức độ trượt - sạt lở mạnh (>10 m) bao gồm các tuyến bờ sông như (T1) đoạn bờ sông từ Vĩnh An đến Tân Phú A, (T2) từ Thường Phước 1 đến Ấp Thượng, Thường Thới Tiền, Hồng Ngự - Đồng Tháp; 10 đoạn bờ với mức độ trượt - sạt lở trung bình (4÷10 m) và 4 đoạn bờ với mức độ trượt - sạt lở yếu (0,1÷< 4 m). Ngược lại, chỉ có 7 đoạn bờ sông Hậu và sông Vàm Nao xảy ra hiện tượng trượt - sạt lở thường xuyên, với 1 đoạn bờ sông xảy ra mức độ mạnh (ở Mỹ Hòa, Chợ Mới, tỉnh An Giang), 5 đoạn bờ có mức độ trượt - sạt lở trung bình và 1 đoạn trượt - sạt lở yếu. Đối với bồi tụ, có tổng số 37 đoạn bờ sông xảy ra hiện tượng bồi tụ thường xuyên trong vùng. Trong đó, 28 đoạn bờ sông Tiền xảy ra hiện tượng bồi tụ thường xuyên, chiếm 75,7% tổng số đoạn sông được bồi tụ trong vùng và 9 đoạn bồi tụ dọc bờ sông Hậu.

Khu vực đầu nguồn của hệ thống sông Tiền và sông Hậu, đoạn đường bờ thường xuyên bị trượt - sạt lở mạnh xảy ra ở các xã Thường Phước 1, Thường Phước 2, Phú Thuận B (tỉnh Đồng Tháp) và tỉnh An Giang. Một trong những nguyên nhân là do các dòng chủ lưu tại những khu vực này ép sát bờ, dòng chảy chuyển hướng đột ngột, hướng chảy thẳng vào bờ, đào xói cục bộ nên hiện tượng trượt và sạt lở xảy ra thường xuyên trong nhiều năm (Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, 2007). Ở khu vực các xã Long Thuận, Phú Thuận B và cù lao Long Khánh, do sự thay đổi tỷ lệ phân lưu của dòng chảy dẫn đến sự biến đổi lòng dẫn, mức độ trượt - sạt lở đất là trung bình. Hiện tượng này cũng do biến đổi độ rộng của sông. Ví dụ, sông Vàm Nao trước đây chỉ là kênh nhỏ nhưng hiện nay chiều rộng sông đã thay đổi lên tới 800÷900 m (Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, 2007). Qua kết quả nghiên cứu cho thấy các khu vực trượt - sạt lở bờ sông xảy ra nhiều ở khu vực đầu nguồn và giảm dần về khu vực hạ lưu.

4.2. Hiện trạng trượt - sạt lở và bồi tụ bờ sông từ sau năm 2015 đến nay

Kết quả khảo sát và thống kê có 248 điểm trượt - sạt lở và bồi tụ bờ sông trong vùng. Trong đó, số điểm trượt - sạt lở được khảo sát và thống



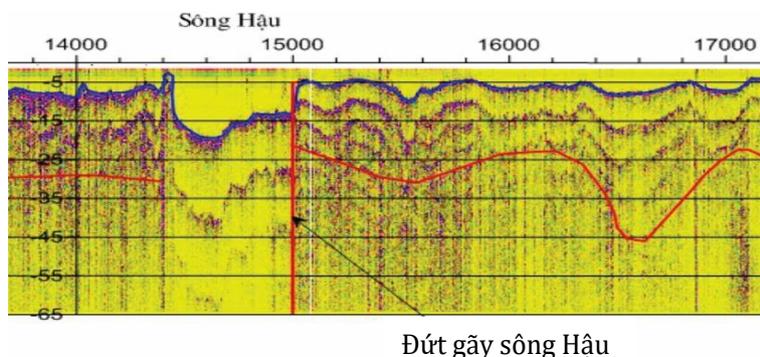
Hình 2. Các vùng trượt - sạt lở và bồi tụ trong vùng nghiên cứu trước năm 2015, a) Tân Châu - Chợ Vàm; b) TT. Chợ Mới - TP. Long Xuyên; c) Sa Đéc - cù lao An Bình; d) Hậu Giang; e) Bến Tre (chỉnh sửa theo Liên đoàn Bản đồ Địa chất Miền Nam, 2016).

với các tỷ lệ ngang 1:50.000 và tỷ lệ đứng là 1:1.000 cho thấy địa tầng chủ yếu bởi các dấu hiệu đào khoét, bào mòn, cắt xén (chống nóc) và các bề mặt phân lớp, thể hiện bởi các bề mặt phân xạ sóng từ trung bình đến mạnh. Các bề mặt phân lớp chia mặt cắt địa chấn thành các phần có trường sóng khác biệt nhau. Trường sóng phản xạ yếu - trắng liên quan với các lớp sét biển (đôi chỗ là cát). Trường sóng thể hiện tính phân lớp liên quan với các lớp cát, bột có xen kẹp với lớp sét mỏng. Xác định các đứt gãy theo dấu hiệu dịch chuyển trực của sóng địa chấn. Các mặt cắt địa chấn - địa chất chủ yếu phân chia thành 2 lớp chính tương đương với trầm tích Holocen và Pleistocen. Một minh chứng rõ ràng là tuyến mặt cắt địa chấn - địa chất trên kênh Rạch Sỏi - Vàm Cống cắt qua sông Hậu đã chỉ ra rằng đứt gãy sông Hậu làm dịch chuyển môi trường địa chấn trong khu vực tuyến đo đi qua (Hình 4). Lớp 1: có bề dày 30÷40 m, đây là ranh giới bề mặt phù sa cổ với thành phần thạch học chủ yếu là sét, bột sét, tương ứng với trầm tích Holocen. Lớp 2: từ độ sâu từ 30÷40 m trở xuống,

tương ứng với trầm tích Pleistocen. Tại khu vực sông Hậu vị trí 15000 m cho thấy đứt gãy sông Hậu làm dịch chuyển môi trường địa chấn trong khu vực tuyến đo đi qua.

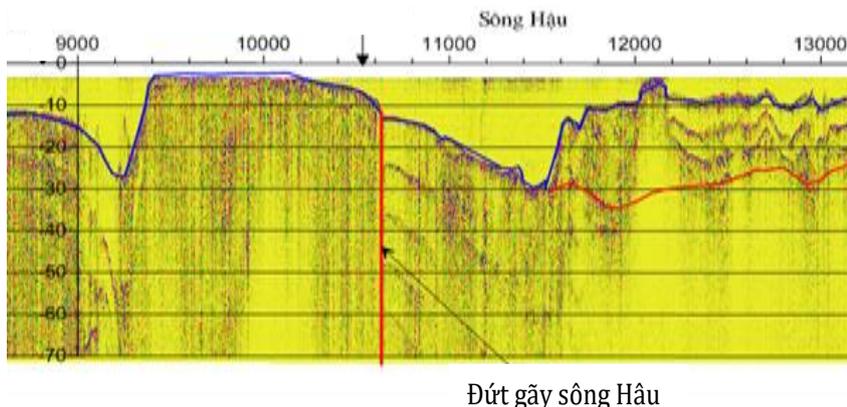
Một minh chứng khác cũng chỉ ra rằng tuyến mặt cắt địa chấn đo bố trí dọc theo sông Cần Thơ, bắt đầu từ Cái Răng cắt qua sông Hậu và kết thúc ở khu vực Cái Vồn, với chiều dài 24 km, theo hướng tây nam - đông bắc, cho thấy: Địa hình đáy sông nhấp nhô và có sự đào khoét ở lòng và tạo vách thẳng đứng tại vị trí mét 11.600 (Hình 5). Mặt cắt địa chấn chia thành 2 lớp chính: Lớp 1: Từ độ sâu đáy kênh, sông trở xuống, cho thấy độ sâu đáy tập 1 khá sâu lên đến độ sâu gần 70 m. Lớp 2: nằm dưới lớp 1 trở xuống, tương ứng với trầm tích Pleistocen. Tại khu vực sông Hậu, vị trí mét 10600, cho thấy đứt gãy sông Hậu làm dịch chuyển môi trường địa chấn trong khu vực tuyến đo đi qua.

Sự dịch chuyển của đứt gãy gây ra những biến dạng và có thể quan sát trên bề mặt địa hình như hiện tượng trượt và sụt lún tại các vị trí có đứt gãy địa chất cắt qua.



Đứt gãy sông Hậu

Hình 4. Mặt cắt địa chấn đo trên kênh Rạch Sỏi - Vàm Cống cắt qua sông Hậu (tại khu vực Lấp Vò, An Giang, nơi tiếp giáp giữa 3 tỉnh An Giang, Hậu Giang và Đồng Tháp).



Đứt gãy sông Hậu

Hình 5. Đứt gãy sông Hậu làm dịch chuyển môi trường địa chấn (từ sông Cần Thơ cắt qua sông Hậu và kết thúc ở khu vực Cái Vồn).

Tại vị trí này cho thấy sự biến dạng của công trình, dịch chuyển 9÷16 cm (Hình 6).

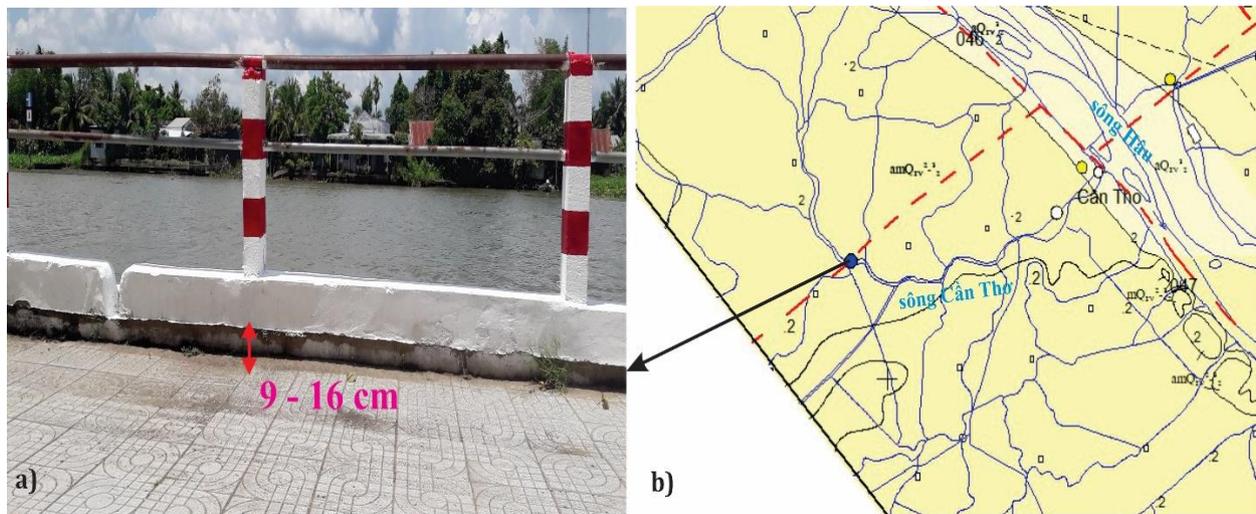
4.3.2. Yếu tố mất ổn định bờ sông

Các đặc điểm địa chất công trình nghiên cứu ở giai đoạn trước cho thấy: Các lớp đất tại khu vực bờ sông Hậu bao gồm từ 4 đến 5 lớp đất. Các chỉ tiêu cơ lý các lớp đất như dung trọng tự nhiên (γ) biến đổi 1,481÷2,021 (g/cm³); lực dính (C) thay đổi 0,075÷0,230 (kG/cm²) và góc nội ma sát (φ) nằm trong khoảng 3^o42'÷30^o29' (Diễn, 2021).

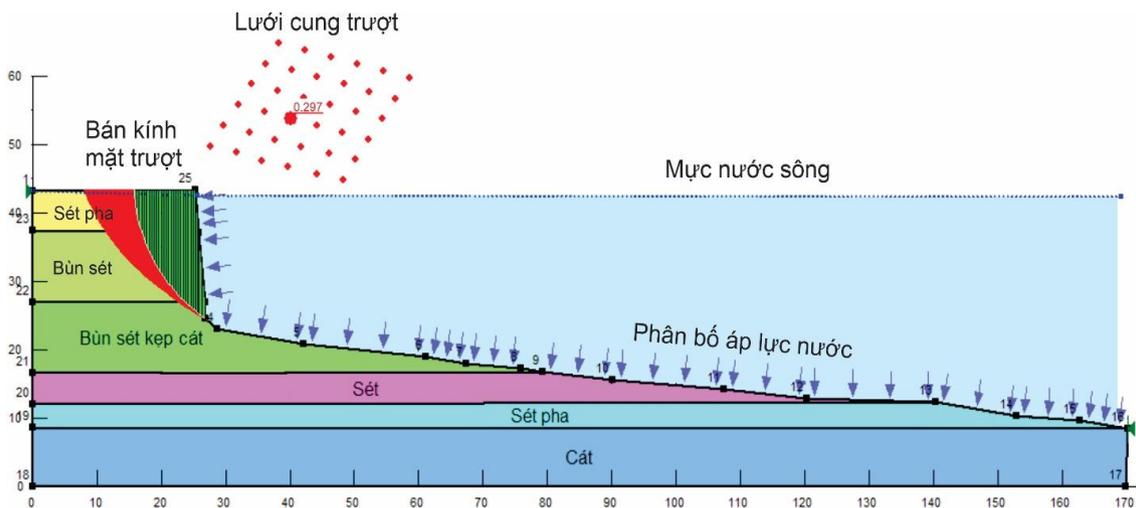
Trong vùng nghiên cứu có nhiều điểm trượt - sạt lở nhưng trong phạm vi bài báo này chỉ đưa ra phân tích một số điểm trượt - sạt lở nguy hiểm. Điển hình là khu vực trượt - sạt lở tại xã Bình Mỹ, thành phố Long Xuyên, tỉnh An Giang: Tại khu vực

này, vách bờ sông khá dốc, gần như thẳng đứng. Hệ số an toàn cho cung trượt nguy hiểm nhất là $K_{at} = 0,297$ (Hình 7). Điều này tạo điều kiện thúc đẩy quá trình trượt - sạt lở diễn ra dễ dàng hơn.

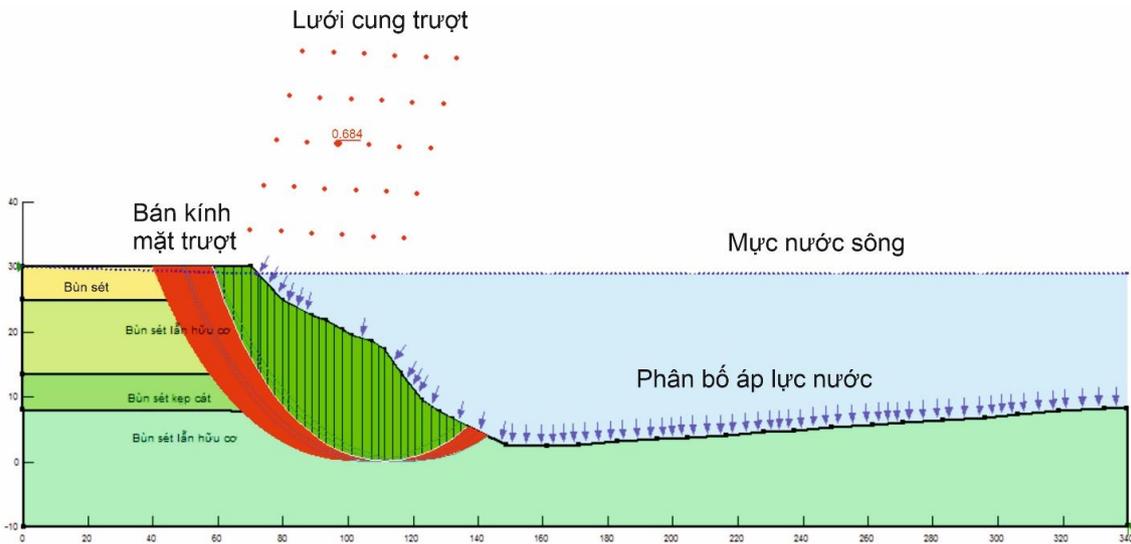
Tại khu vực này, trượt - sạt lở có thể xảy ra chỉ gần 30 m. Hệ số an toàn cho cung trượt nguy hiểm nhất là $K_{at} = 0,684$ (Hình 8). Qua mô hình cho thấy, khu vực an toàn là vùng phía trong sông, từ vị trí cách bờ sông khoảng 60 m. Một số nghiên cứu khác trong vùng cũng cho kết quả tương tự như: Tại Châu Đốc, hệ số ổn định bờ sông biến đổi 0,777÷0,693 cho thấy bờ sông Hậu tại vị trí này mất ổn định (Diễn, 2021) hoặc hệ số ổn định 0,430÷0,596 trên đoạn sông Chà Và, tỉnh Vĩnh Long cũng thể hiện sự mất ổn định của bờ sông trong vùng (Tỷ, 2022).



Hình 6. Biến dạng của công trình bờ kè tại vị trí có đứt gãy cắt qua trên sông Cần Thơ; a) Vị trí trượt - sạt lở làm biến dạng kè sông Cần Thơ; b) Vị trí đứt gãy kiến tạo cắt qua sông Cần Thơ.



Hình 7. Mô hình trượt - sạt lở tại khu vực xã Bình Mỹ, TP. Long Xuyên, tỉnh An Giang.



Hình 8. Mô hình trượt - sạt lở tại khu vực đò Cần Xây, tỉnh An Giang.

Ngoài ra, nhiều vị trí bờ sông có hình dạng dốc đứng, vào mùa lũ về kết hợp với mưa lớn sẽ dẫn tới nguy cơ trượt và sạt lở bờ. Các nghiên cứu trước đều cho rằng lũ lụt cùng với lượng mưa lớn trong mùa mưa là một trong những yếu tố góp phần xói lở và trượt - sạt lở bờ sông. Thời gian lũ lụt thường kéo dài khoảng 6 tháng từ tháng 7 đến tháng 12. Trong mùa mưa, nước lũ từ thượng nguồn sông Tiền, sông Hậu có thể làm ngập hơn 2 triệu ha đất ở đồng bằng sông Cửu Long. Nước lũ lên và rất chậm, giá trị trung bình 5÷7 cm/ngày, nhưng có thể lên nhanh tới 20÷30 cm/ngày khi lũ lớn (Tri, 2012). Hơn nữa, vùng nghiên cứu có nền đất phù sa mềm, bị chia cắt bởi hệ thống sông ngòi tự nhiên và kênh rạch nhân tạo dày đặc. Vì vậy, quá trình trượt - sạt lở bờ sông chủ yếu xảy ra vào mùa lũ và trong các đợt lũ lớn.

4.4. Một vài hậu quả của trượt - sạt lở bờ sông trong vùng

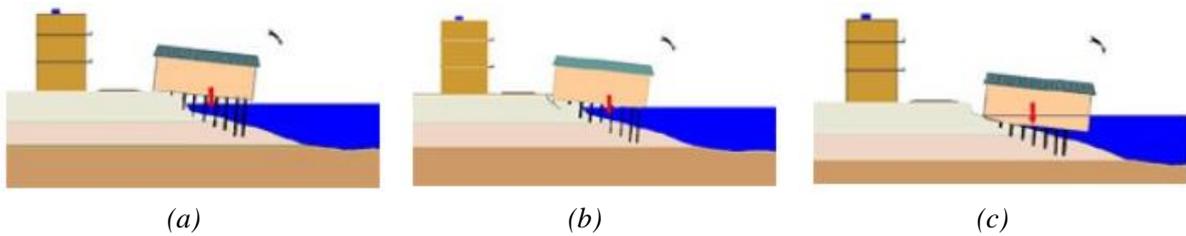
Việc xây dựng cơ sở hạ tầng như nhà cửa sát bờ sông cũng là một trong những nguyên nhân gây ra trượt - sạt lở sông và kênh (Hình 9). Sạt lở bờ, dẫn tới sụp đổ nhà cửa xuống sông xảy ra trong thời gian qua đã xảy ra mang tính cục bộ từng vị trí, từng cụm nhà sát nhau. Hầu hết các đợt sạt lở bờ sông trong vùng nghiên cứu xảy ra đều tập trung vào đầu mùa mưa (cuối tháng 6 và đầu tháng 7) và vào thời kỳ lũ rút (tháng 11 và 12).

Trong vùng nghiên cứu, hiện tượng trượt - sạt lở đã kéo dài trong nhiều năm, gây ra hiện tượng

mất đất, mất nhà cửa dẫn đến các hộ dân bắt buộc phải di dời nhà cửa đi nơi khác (Hình 10). Ngoài ra, qua các đợt khảo sát thực địa, các tác giả còn thấy rằng, hiện tượng trượt - sạt lở cũng đã làm mất các diện tích đất canh tác nông nghiệp. Theo quan sát, một số đoạn kè bờ sông Hậu trong vùng nghiên cứu bị phá vỡ hoặc bị sụp đổ, phá vỡ tính liên khối của các đoạn kè. Nhiều đoạn kè còn tồn tại rất nhiều vết nứt, tiềm ẩn các nguy cơ dẫn đến trượt - sạt lở khi mùa mưa tới. Các hiện tượng trượt - sạt lở tại bờ sông Hậu cũng cắt đứt các đường liên xã, ví dụ khu vực Vàm Nao, tỉnh An Giang.

5. Kết luận

Nghiên cứu đã sử dụng các phương pháp khác nhau để đánh giá hiện trạng trượt - sạt lở và bồi tụ bờ sông Tiền và sông Hậu theo thời gian và đánh giá sự ổn định bờ sông. Hiện tượng trượt - sạt lở và bồi tụ ở đồng bằng sông Cửu Long đã diễn ra từ lâu và hiện tại vẫn đang tiếp diễn, trong đó hiện tượng trượt - sạt lở gây ra những ảnh hưởng lớn cho vùng. Trước năm 2015, có 23 đoạn bờ sông Tiền và 7 đoạn bờ sông Hậu và sông Vàm Nao xảy ra hiện tượng trượt - sạt lở thường xuyên. Ngược lại, cũng trong khoảng thời gian này có 28 đoạn bờ sông Tiền và 9 đoạn bờ sông Hậu xảy ra hiện tượng bồi tụ dọc bờ sông. Từ năm 2015 đến nay, nghiên cứu này đã chỉ ra 248 điểm trượt - sạt lở và bồi tụ có trong vùng nghiên cứu.



Hình 9. (a) Hiện tượng lún lệch khiến nhà bị nghiêng, (b) Vết nứt xuất hiện phía trước nhà, tâm nhà dồn về phía sông, (c) Toàn bộ nhà bị sụp xuống sông (Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, 2017).



Hình 10. Hiện tượng sụp đổ nhà cửa xuống sông trong vùng nghiên cứu được quan sát trong các đợt khảo sát thực địa.

Trong đó, có những điểm trượt - sạt lở lớn xảy ra kéo dài dọc bờ sông từ vài trăm mét đến một vài kilomet.

Các kết quả chạy mô hình GEOSlope cho thấy, hệ số an toàn K_{at} đều nhỏ hơn 1. Điều đó chứng tỏ bờ sông hiện tại ở những vị trí trượt - sạt lở đều đang mất ổn định và phản ánh đúng thực tế quan sát được thông qua các lần khảo sát thực địa trong vùng. Do tồn tại một số yếu tố khách quan, nghiên cứu này còn tồn tại một số hạn chế như có thể xảy ra việc thống kê chưa đầy đủ số điểm trượt - sạt lở và bồi tụ trong vùng nghiên cứu. Cần áp dụng nhiều phương pháp nghiên cứu hơn nữa trong tương lai để đánh giá được đầy đủ các điều kiện liên quan tới vấn đề trượt - sạt lở. Tuy nhiên, nghiên cứu này đã thể hiện tối đa và đáng tin cậy hiện trạng trượt - sạt lở và bồi tụ trong vùng. Việc thống kê hiện trạng trượt - sạt lở và bồi tụ bờ sông, cũng như ứng dụng phần mềm GEOSlope - modul SLOPE/W giúp kiểm tra, phân tích những vị trí có nguy cơ trượt - sạt lở là một trong những giải pháp hiệu quả giúp xây dựng hành lang an toàn khu vực ven bờ sông và có thể đưa ra những biện pháp kịp thời để phòng tránh những sự cố mất đất ảnh

hưởng đến cuộc sống của người dân địa phương. Đồng thời, giúp chính quyền địa phương có những quyết định phù hợp trong việc quy hoạch sử dụng đất cũng như xây dựng công trình ven sông.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ của đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ "Nghiên cứu cấu trúc địa chất và vận động kiến tạo trẻ tác động tới sự biến đổi của dòng chảy và đới bờ, ý nghĩa của chúng đối với tai biến thiên nhiên khu vực Tây Nam Bộ", mã số: CT.2022.01.MDA.01. Các tác giả gửi lời cảm ơn Trường Đại học Mỏ - Địa chất, chính quyền và người dân địa phương trong vùng nghiên cứu đã hỗ trợ và tạo các điều kiện thuận lợi cho các tác giả hoàn thành nghiên cứu này.

Đóng góp của tác giả

Trần Quang Tuấn - tham gia thực địa điều tra hiện trạng trượt - sạt lở và bồi tụ, xử lý số liệu, xây dựng ý tưởng, phương pháp luận và viết bản thảo bài báo; Bùi Vinh Hậu - tham gia thực địa điều tra

hiện trạng trượt - sạt lở và bồi tụ, cung cấp số liệu, phương pháp luận, tham gia thảo luận ý tưởng và bố cục bài báo, kiểm chứng góp ý kiến chỉnh sửa nội dung bài báo.

Tài liệu tham khảo

Bessey, M., Gratiot, N., Anthony, E. J., Bouchette, F., Goichot, M., Marchesiello, P. (2019). Mangroves and shoreline erosion in the Mekong River delta, Viet Nam. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 226, 106263.

Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (2017). Tài liệu Hội nghị chuyển đổi mô hình phát triển Đồng bằng sông Cửu Long theo hướng bền vững và thích ứng biến đổi khí hậu. Báo cáo: Lún sụt đất và xói lở vùng đồng bằng sông Cửu Long: Thực trạng, nguyên nhân và định hướng giải pháp.

Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (2023). Bản đồ sạt lở bờ sông, xói lở bờ biển. <https://satlov2.vndss.com/>. Tiếp cận từ tháng 3 đến tháng 7 năm 2023.

Clark, P. U., Shakun, J. D., Marcott, S. A., Mix, A. C., Eby, M., Kulp, S. & Plattner, G. K. (2016). Consequences of twenty - first - century policy for multi - millennial climate and sea - level change. *Nature climate change*, 6(4), 360 - 369.

Diễn, T. L. T. (2021). Nghiên cứu dự báo ổn định bờ sông Hậu đoạn chảy qua tỉnh An Giang và đề xuất giải pháp bảo vệ bờ thích hợp. Luận án tiến sĩ, đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.

Điệp, N. T. H., Minh, V. Q., Trường, P. N., Thành, L. K., Vinh, L. T. Q. (2019). Diễn tiến tình hình sạt lở ven bờ sông Tiền và sông Hậu, vùng đồng bằng sông Cửu Long. *Can Tho Univ. J. Sci.* 55, 125 - 133. <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2019.139>.

Fujihara, Y., Hoshikawa, K., Fujii, H., Kotera, A., Nagano, T. and Yokoyama, S. (2016). Analysis and attribution of trends in water levels in the Vietnamese Mekong Delta. *Hydrol. Process*, 30, 835 - 845.

Hoài, H. C., Bảy, N. T., Khôi, Đ. N., Nga, T. N. Q. (2019). Phân tích nguyên nhân gây gia tăng xói

lở bờ sông ở đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí khí tượng thủy văn Vietnam J. Hydrometeorol.* 2019, 42 - 50. [https://doi.org/10.36335/vnjhm.2019\(703\).42-50](https://doi.org/10.36335/vnjhm.2019(703).42-50).

Hoành, T. P. (2014). Hiện trạng xói lở bờ sông Tiền đoạn chảy qua tỉnh Đồng Tháp giai đoạn 2009 - 2013. *Tạp chí Khoa học*, (58), 161.

Liên đoàn bản đồ địa chất Miền Nam (2016). 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; phụ lục số 1: Địa vật lý (2016).

Tho, N. V. (2020). Coastal erosion, river bank erosion and landslides in the Mekong Delta: Causes, effects and solutions. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-2184-3>.

Tri, V. K. (2012). Hydrology and hydraulic infrastructure systems in the Mekong Delta, Vietnam. In *The Mekong Delta system: Interdisciplinary Analyses of a river delta* (pp. 49 - 81). Dordrecht: Springer Netherlands.

Tỷ, T. V., Tiến, P. H., Thịnh, L. V., Hồng, H. T. C., Thắng, C. N., Duy, Đ. V., An, N. T., Anh, L. Q., Liêm, N. T. (2022). Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến ổn định bờ sông: trường hợp nghiên cứu tại đoạn sông Chà Và, tỉnh Vĩnh Long. *Tạp chí Khoa học trường đại học Cần Thơ*, tập 58, số 5A (2022):14 - 21.

Văn, C. T., Tuấn, L. A., Tuấn, N. C., Việt, C. T., Anh, L. N. (2021). Ứng dụng mô hình thủy động lực hai chiều (Mike 21) để mô phỏng chế độ bùn cát trên sông Hậu tại khu vực Long Xuyên - tỉnh An Giang. *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ - Khoa học Trái đất và Môi trường* 5, 20 - 33.

Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam (2007). Dự báo các vị trí sạt lở trọng điểm trên hệ thống sông Cửu Long, Đồng Nai - Sài Gòn.

Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam (2017). Báo cáo về việc gia tăng sạt lở bờ sông, kênh rạch trong thời gian gần đây tại các tỉnh phía Nam. <https://vawr.org.vn/>. Tiếp cận năm 2023.