

ĐẶC ĐIỂM BIẾN DẠNG TÂN KIẾN TẠO VÙNG VEN BIỂN TUY HÒA, PHÚ YÊN VÀ Ý NGHĨA CỦA NÓ ĐỐI VỚI TẠI BIẾN ĐỊA CHẤT

BÙI THỊ MÈN, NGUYỄN THỊ VÂN, MAI VĂN CƯỜNG

Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Phường Đức Thắng, Bắc Từ Liêm, Hà Nội

Tóm tắt: Vùng Tuy Hòa nằm ở rìa Đông của địa khối Kon Tum được cấu tạo bởi các thành tạo địa chất đa dạng bao gồm các đá trầm tích, phun trào và magma xâm nhập tuổi từ Paleozoi muộn tới Kainozoi, phủ trên là các thành tạo trầm tích và ít phun trào mafic tuổi Neogen - Đệ tứ. Vùng này bị biến dạng mạnh mẽ dưới tác động của các vận động kiến tạo diễn ra trong nhiều giai đoạn khác nhau và kéo dài đến thời gian gần đây. Các biểu hiện của vận động kiến tạo bao gồm các hệ thống đứt gãy cổ và Tân kiến tạo và các chuyển động nâng hạ kiến tạo với các dấu hiệu trực tiếp và gián tiếp rõ ràng. Hoạt động kiến tạo mạnh mẽ không chỉ tạo ra sự phân dị đa dạng về địa mạo khổng lồ bởi cấu trúc đá móng mà còn gây ra các tai biến địa chất như trượt lở, xói lở vùng cửa sông Đà Rằng và Bàn Thạch cũng như sụt lún kiến tạo cục bộ. Các vùng bị tai biến mạnh thường bị khống chế bởi các hệ thống đứt gãy hoặc đới dập vỡ tân kiến tạo. Tác động của các vận động kiến tạo hiện đại chính là các tiền đề thúc đẩy các hoạt động ngoại sinh gây tai biến địa chất. Việc nhận dạng đúng đắn sự tồn tại của các yếu tố kiến tạo hiện đại có ý nghĩa quan trọng trong việc dự báo và đề ra các biện pháp giảm thiểu tai biến địa chất trong vùng Tuy Hòa, đặc biệt trong bối cảnh nước biển dâng do biến đổi khí hậu.

I. MỞ ĐẦU

Vùng ven biển Nam Trung Bộ, trong đó có vùng Tuy Hòa (Hình 1A) là nơi thường xuyên xảy ra các hiện tượng tai biến địa chất như sụt lún, sạt lở bờ biển, xói lở hoặc bồi lấp vùng cửa sông [3, 8, 23]. Những hiện tượng tai biến địa chất này xảy ra thường xuyên trong thời gian gần đây và gây thiệt hại lớn về kinh tế cũng như làm ảnh hưởng lớn tới cuộc sống của nhân dân trong vùng. Những tai biến địa chất phổ biến nhất bao gồm hiện tượng sạt lở và phá hủy bờ biển hoặc bờ sông, thay đổi dòng chảy của sông, trượt lở đất. Nhiều nghiên cứu địa chất gần đây cho thấy vùng nghiên cứu có biểu hiện của các hoạt động kiến tạo tích cực và chính các hoạt động kiến tạo hiện đại này đã thúc đẩy các tai biến địa chất trong khu vực phát triển [3].

Để góp phần làm rõ đặc điểm vận động kiến tạo hiện đại vùng Tuy Hòa và vai trò

của nó đối với tai biến địa chất, nghiên cứu này được thực hiện trên cơ sở áp dụng một tổ hợp các phương pháp nghiên cứu sau: 1) tổng hợp và xử lý một cách tổng hợp các số liệu hiện có; 2) khảo sát địa chất, nhận dạng sự tồn tại của các cấu tạo địa chất, phân chia các cấu tạo theo bản chất và tuổi tương đối của chúng và xác định mối quan hệ giữa cấu tạo với các hiện tượng địa chất khác; 3) phân tích địa mạo kiến tạo (theo Burbank and Anderson, 2011 [2]); 4) phân tích ảnh viễn thám Landsat và Spot đa thời gian để xác định quy luật biến đổi các yếu tố địa mạo và mối quan hệ giữa chúng với các yếu tố cấu trúc; 5) chồng chập dữ liệu và mô hình hóa để xác định quy luật phân bố, bản chất và nguồn gốc các yếu tố tân kiến tạo và vai trò của chúng đối với các tai biến địa chất.

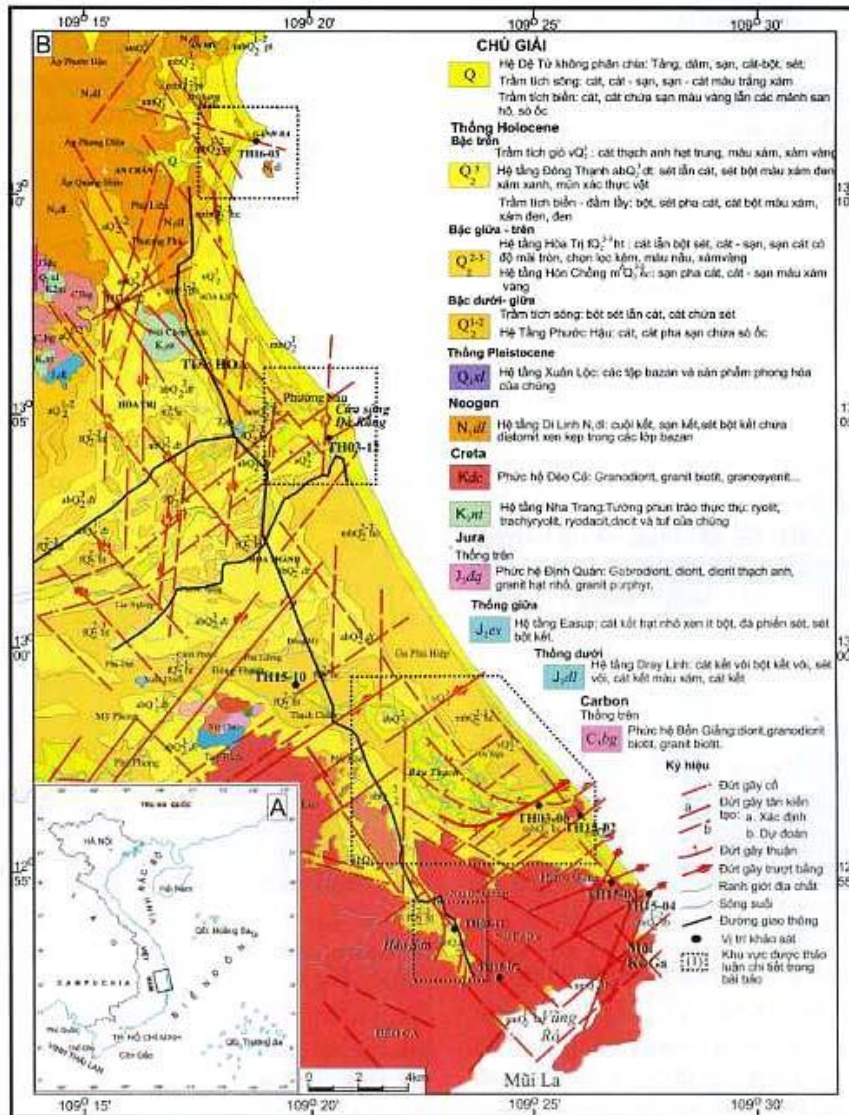
Trong bài báo này một số kết quả nghiên cứu mới của nhóm tác giả về đặc

điểm địa chất, các dấu hiệu địa động lực tân kiến tạo và hiện đại và bước đầu nhận định vai trò của chúng đối với các tai biến địa chất trong khu vực Tuy Hòa sẽ được thảo luận.

II. KHÁI QUÁT ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT VÙNG TUY HÒA

Vùng ven biển Tuy Hòa là phần rìa Đông Nam của địa khối Kon Tum, phía nam tiếp giáp với đới cấu trúc Đà Lạt [17, 19, 20]. Đặc điểm địa chất vùng này đã

được nghiên cứu và mô tả trong nhiều công trình do vẽ bản đồ địa chất và nghiên cứu chuyên đề ở quy mô khác nhau và được công bố trong nhiều công trình khác nhau [3, 16, 17, 19, 20, 23]. Trong nghiên cứu này, nền địa chất được tổng hợp trên cơ sở tài liệu của Trần Tinh [19] và Trương Khắc Vi [23] có bổ sung các số liệu cấu trúc địa chất thu được trong quá trình khảo sát thực địa và phân tích các số liệu mới của nghiên cứu này (Hình 1B).



Hình 1. A) Vị trí của vùng Tuy Hòa trong đới ven biển Việt Nam; B) Sơ đồ địa chất vùng Tuy Hòa, Phú Yên (chỉnh sửa và bổ sung theo tài liệu của Trần Tinh, 1997 [20], Trương Khắc Vi [23]).

1. Thành phần vật chất

a) Địa tầng:

Các thành tạo trầm tích Mesozoi:

Đá trầm tích cổ nhất quan sát được ở vùng Tuy Hòa là các thành tạo Jura gồm cuội kết, cát kết, bột kết của Hệ tầng Dray Linh (J_{1p-t} dl) và Hệ tầng Easup (J_2 es) lộ ra rải rác thành các thể nhỏ rải rác trong khu vực nghiên cứu (Hình 1B).

Phủ trên chúng là các trầm tích tuổi Creta gồm các tập phun trào axit của Hệ tầng Nha Trang (K nt) lộ ra ở tây bắc Tuy Hòa (Hình 1B).

Các trầm tích Kainozoi:

Các thành tạo Hệ Neogen gồm Hệ tầng Di Linh (N_1^3 dl) phân bố rộng rãi ở phía bắc và tây bắc vùng nghiên cứu, cấu tạo bởi các đá trầm tích tương đương hồ xen kẹp phun trào basalt.

Các thành tạo Pleistocen gồm các tập basalt hệ tầng Xuân Lộc (Q_1 xl). Các thành tạo Holocen, phần dưới-giữa gồm các trầm tích biển thuộc hệ tầng Phước Hậu (mQ_2^{1-2} ph) và các trầm tích aluvi (aQ_2^{1-2}). Các trầm tích thuộc phần giữa trên của Holocen bao gồm hệ tầng Hòa Trị ($f Q_2^{2-3}$ ht) và hệ tầng Hòn Chông (mbQ_2^{2-3} hc) [22, 23]. Phần trên cùng của Holocen gồm hệ tầng Đông Thạnh (abQ_2^3 dt) [22]. Ngoài ra còn có các trầm tích biển - đầm lầy (mbQ_2^3) và gió (vQ_2^3). Các thành tạo trên bao phủ phần lớn diện tích phía bắc và trung tâm vùng (Hình 1B).

Hệ Đệ tứ không phân chia (Q_2) phân bố ở các sườn hoặc chân núi, thung lũng với thành phần vật liệu hỗn tạp, là sản phẩm phong hóa cơ học, hoặc tái lắng đọng bao gồm các kiểu thành tạo deluvi, proluvi, coluvi,...

b) Các thành tạo magma xâm nhập:

Theo Trương Khắc Vi [23], các thành tạo magma xâm nhập trong vùng nghiên cứu khá phổ biến và được xếp vào các phức hệ sau: Phức hệ Bến Giàng (C_3 bg) lộ ra dạng một khối nhỏ ở phía tây bắc vùng (Hình 1B) chủ yếu là granodiorit,

tonalit, và granit chứa horblend bị biến dạng khá mạnh. Phức hệ Định Quán (J_3 đq) lộ ra dạng một số thể nhỏ ở tây nam vùng nghiên cứu (Hình 1B) và có thành phần chủ yếu là gabro diorit, diorit, granodiorit horblend, granit. Phức hệ Đèo Cả (K_2 đc) phân bố rộng rãi và tạo thành những thể batholith lớn ở phía nam vùng nghiên cứu (Hình 1B), gồm granit, granosyenit, andametit. Ngoài ra, trong vùng nghiên cứu còn có các đá mạch không phân chia.

2. Đặc điểm cấu trúc địa chất

Vùng nghiên cứu bị biến dạng mạnh mẽ, thể hiện bởi sự tồn tại của các hệ thống phá hủy kiến tạo phát triển theo nhiều phương khác nhau (Hình 1B). Trên cơ sở phân tích các dấu hiệu trực tiếp và gián tiếp [2, 4, 9, 15, 18] và tổng hợp các số liệu có trước, nhiều loại đứt gãy và khe nứt với hình thái, bản chất và tuổi khác nhau đã được nhận dạng và bước đầu được phân loại (Hình 1B).

Các đứt gãy thể hiện rõ ràng với các đặc điểm hình thái và động học điển hình, bao gồm các đới biến dạng cao, các mặt trượt, các đới khe nứt có hệ thống, các đới dăm kết, dập vỡ, các sản phẩm dăm, mùn đứt gãy không gắn kết và hàng loạt biểu hiện gián tiếp thể hiện trên các yếu tố địa hình, địa mạo như sự biến dạng hoặc dịch chuyển của các yếu tố địa hình như sông núi hoặc sông suối, các chuỗi mặt tam giác hoặc các cấu tạo dạng tuyến (lineament) địa hình [2, 15]. Nhiều đứt gãy cắt qua các đá cổ và bị phủ bởi các trầm tích Đệ tứ, trong khi đó rất nhiều biểu hiện biến dạng trẻ cắt qua và làm biến đổi các yếu tố địa mạo hiện đại. Ở nhiều nơi, các đứt gãy có lịch sử phức tạp, chùng lún, xuyên cắt nhau hoặc tái hoạt động nhiều lần, tạo nên sự giao thoa cấu trúc phức tạp (Ảnh 1). Dựa theo sự phân bố không gian, các đứt gãy trong vùng nghiên cứu được chia thành 4 nhóm: đứt gãy phương ĐB-TN, TB-ĐN, á kinh tuyến và á vĩ tuyến (Hình 1B).



Ảnh 1. A) Quan hệ phức tạp của các hệ thống đứt gãy cổ (1) và Tân kiến tạo (2) và khe nứt liên quan (VL TH 16-02 vùng Hòa Kiên); B) Hệ thống khe nứt đi cùng đứt gãy cổ lấp đầy khoáng vật pyrit bị cắt qua và làm dịch chuyển bởi một đứt gãy dịch bằng trái tại VL TH 16-02.

III. ĐẶC ĐIỂM VẬN ĐỘNG KIẾN TẠO KHU VỰC TUY HÒA

Trong khu vực Tuy Hòa tồn tại nhiều hệ thống đứt gãy khác nhau (Hình 1B) hoạt động của chúng không chỉ làm biến dạng mạnh mẽ các đá mà còn khống chế sự hình thành và biến động của địa mạo vùng nghiên cứu, đặc biệt là hiện tượng nâng và sụt lún tân kiến tạo. Có thể chia đặc điểm vận động kiến tạo trong khu vực thành 2 nhóm sau:

1. Đặc điểm vận động của đứt gãy

Trên cơ sở các nguyên tắc của Burbank and Anderson [2], Moores and Twiss [13] và NRC [15], có thể phân các

đứt gãy trong vùng nghiên cứu thành hai nhóm: đứt gãy cổ và tân kiến tạo. Theo Moores and Twiss [13], các đứt gãy cổ là các đứt gãy có tuổi cổ hơn khoảng 5 Tr.n còn các đứt gãy Tân kiến tạo (gồm cả các đứt gãy đang hoạt động - active fault) là sản phẩm tái hoạt động của các đứt gãy cổ hoặc cắt qua các thành tạo trẻ hơn 5 Tr.n. Trong khu vực nghiên cứu, các đứt gãy được coi là tân kiến tạo hoặc hoạt động là đứt gãy trẻ hơn Miocen (tương ứng 5,3 Tr.n) do gián đoạn địa tầng trong Pliocen (Hình 1B) đánh dấu pha kiến tạo cuối cùng ở khu vực này trước khi hoạt động trầm tích và phun trào Đệ Tứ diễn ra.



Ảnh 2. A) Các hệ thống khe nứt có dạng cặp đồi trong một đồi biến dạng cao, cắt qua các đá granit phức hệ Đèo Cả ở phía tây vùng nghiên cứu; B) Một mặt trượt lớn của đứt gãy thuận phát triển trong đá granit phức hệ Đèo Cả ở tây nam Vũng Rô (TH15-06) bị cắt qua và làm dịch chuyển bởi hệ thống đứt gãy và khe nứt trẻ hơn.

a) Các đứt gãy cổ: có biểu hiện dạng các hệ thống mặt trượt, các đới dậm kết kiến tạo, các hệ thống khe nứt đi kèm đứt gãy lấp đầy bởi đới khoáng hóa hoặc đới biến đổi (Ảnh 1, 3). Các thành tạo này

phân bố khá rộng rãi trong các đá cổ, tạo thành các hệ thống đứt gãy với nhiều phương phát triển khác nhau (Hình 1B). Các dấu hiệu động học cho thấy chúng bao gồm đứt gãy nghịch, thuận hoặc trượt

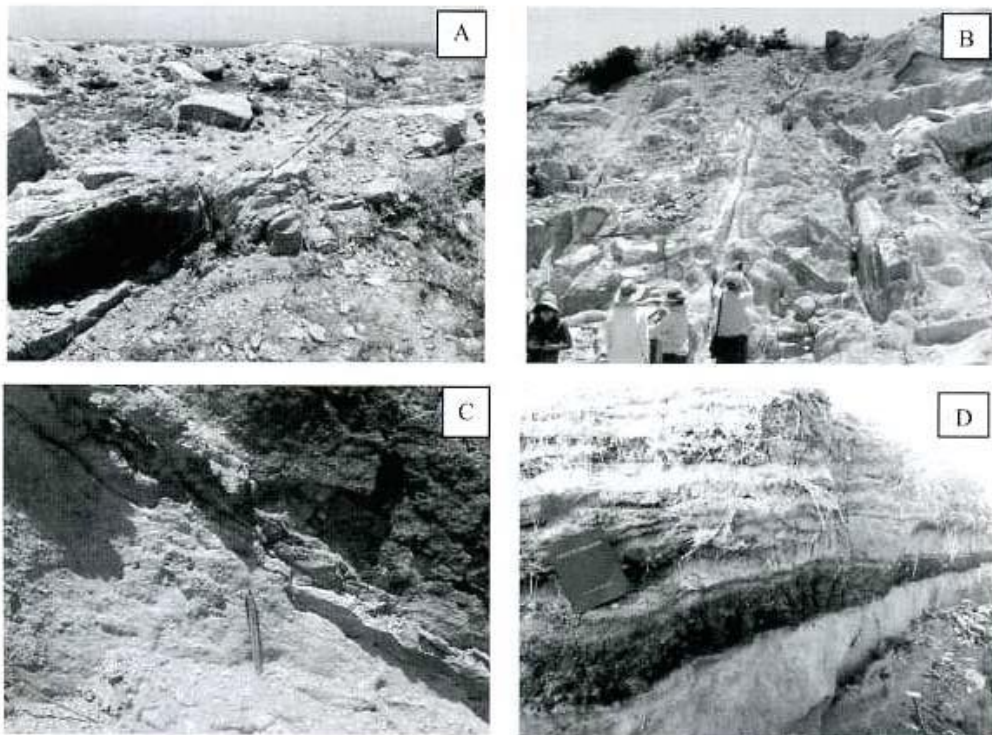
bằng (Ảnh 2). Chúng thường bị phủ bởi các thành tạo trầm tích Đệ tứ hoặc bị tái hoạt động cũng như bị phong hóa mạnh mẽ bởi các hoạt động địa chất gần đây.

b) Các đứt gãy và khe nứt tân kiến tạo:

Trong vùng nghiên cứu, các đứt gãy và khe nứt tân kiến tạo khá phổ biến (Hình 1). Chúng biểu hiện bởi hàng loạt dấu hiệu trực tiếp gồm các đới dập vỡ giòn, các đới dăm, mùn đứt gãy không gắn kết, các mặt trượt (Ảnh 3). Ngoài ra, chúng còn được ngoại suy bởi hàng loạt dấu hiệu gián tiếp [2, 9, 12, 14] như sự phát triển có quy luật của các hệ thống khe nứt có hệ thống trong

đá, sự biến dạng các lớp trầm tích trẻ hoặc vỏ phong hóa hiện đại (Ảnh 3), sự nâng cao hoặc hạ thấp đột ngột của các lớp trầm tích Đệ tứ dọc theo đứt gãy, sự dịch chuyển đột ngột của các dòng chảy hoặc sự định hướng có quy luật của sông suối, sự tạo thành các bồn trũng dạng thoi giữa núi (Hình 1B), sự phát triển của các cấu tạo dạng tuyến, các hệ thống mặt tam giác...

Trên cơ sở tổ hợp các dấu hiệu trực tiếp và gián tiếp, hàng loạt đứt gãy trẻ có tác động tới các thành tạo địa chất Tân kiến tạo đã được nội suy và thể hiện trong Hình 1B.



Ảnh 3. Một số ví dụ về các dấu hiệu của đứt gãy Tân kiến tạo trong vùng Tuy Hòa: A) Đới dập vỡ và mùn đứt gãy không gắn kết, quan sát được tại vết lộ TH 15-03; B) Đới đứt gãy trẻ cắt qua và làm biến dạng vỏ phong hóa tại VL TH15-07; C) Sản phẩm mùn đứt gãy quan sát được tại VL TH 15-07; D) Các trầm tích Đệ tứ bị làm nghiêng và uốn nếp nhẹ do dịch chuyển kiến tạo tại VL TH14-05.

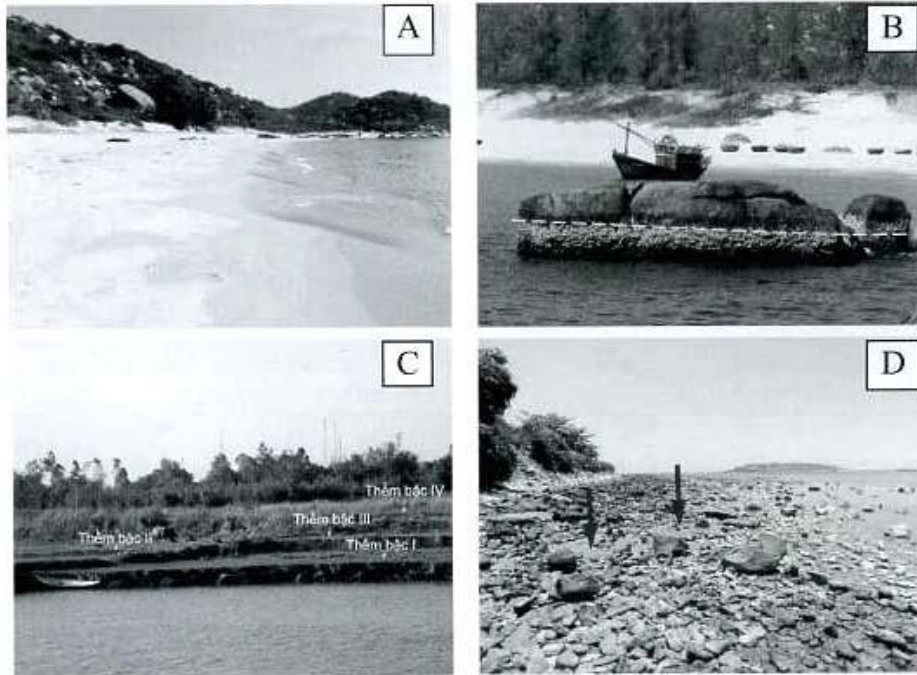
2. Các biểu hiện nâng hạ kiến tạo hiện đại

Ngoài các biểu hiện đứt gãy trẻ, trong vùng Tuy Hòa, hoạt động địa chất tân kiến tạo và hiện đại còn được thể hiện ở các vận động nâng và hạ kiến tạo khá rõ nét. Các

biểu hiện nâng kiến tạo thể hiện rõ ở nhiều nơi trong vùng nghiên cứu với hàng loạt dấu hiệu địa mạo [2, 12] như sự hình thành các thung lũng dạng chữ “V”, sự nắn thẳng dòng sông đi kèm xâm thực dọc và đào khoét lòng sông hoặc suối, sự tạo thành các

hệ thống sông suối dạng tỏa tia, dấu vết của các ngăn nước biển cổ (Ảnh 4A, B), sự mở rộng của các bãi biển, sự tạo thành các bậc thềm một cách liên tục theo thời gian (Ảnh 4C), sự nổi cao của các rạn san hô khối

mực nước biển (Ảnh 4D). Các dấu hiệu nói trên quan sát được ở nhiều nơi từ bắc đến nam của vùng nghiên cứu, chứng tỏ trong phạm vi khu vực hoạt động nâng kiến tạo diễn ra khá phổ biến.



Ảnh 4. Một số dấu hiệu về sự nâng kiến tạo tương đối so với mực nước biển của vùng ven biển Tuy Hòa: A) Ngăn nước cổ dọc theo bờ biển cao khoảng 5 m so với mực nước biển hiện tại và sự mở rộng của bãi biển do nâng cao tương đối của nền địa hình ở phía nam Bàn Thạch; B) Sự nổi cao của các con hàu sò bám theo ngăn nước (đường màu vàng thể hiện ngăn nước cổ, mũi tên đỏ chỉ các con hàu sò), điểm lộ TH 15-02; C) Các bậc thềm được hình thành liên tục dọc theo bờ sông do sự nâng liên tục của địa hình ở thượng nguồn sông Bàn Thạch (điểm lộ TH 15-10); D) Phần sót lại của các rạn san hô bị bào mòn do sóng biển và do sự nổi cao của đáy biển quan sát được tại vùng Gành Ba, phía bắc vùng nghiên cứu (VL TH 16-03), mũi tên đỏ chỉ vị trí các thể san hô.

Ngược với hiện tượng nâng kiến tạo, các biểu hiện sụt lún kiến tạo trong vùng không phổ biến nhưng cũng có biểu hiện cục bộ tại một số khu vực ở phía nam của vùng, bao gồm hiện tượng xâm thực ngang đi cùng sự uốn khúc mạnh mẽ của dòng sông, mở rộng thung lũng sông như ở phân hạ lưu sông Bàn Thạch (Hình 1B, Hình 2), sự hình thành và mở rộng các bồn giữa núi lấp đầy bởi trầm tích trẻ, trong đó có cả các tầng than bùn như hồ Hào Sơn (hoặc Biển Hồ, Hình 1B). Tại phân hạ lưu sông Bàn Thạch (Ảnh 5A), hiện

tượng sụt lún diễn ra liên tục trong thời gian gần đây, thể hiện bởi sự mở rộng của một bồn trũng lòng sông dạng hình thoi (Hình 4). Kết quả phân tích ảnh viễn thám đa thời gian cho thấy trong vùng này, diện tích sụt lún và mở rộng bồn trũng lên tới hơn 40% từ năm 1975 đến nay (Hình 4). Bên cạnh đó, của sông Bàn Thạch thay đổi liên tục và có xu hướng dịch dần về phía nam theo thời gian tới gần 2 km (Hình 4).

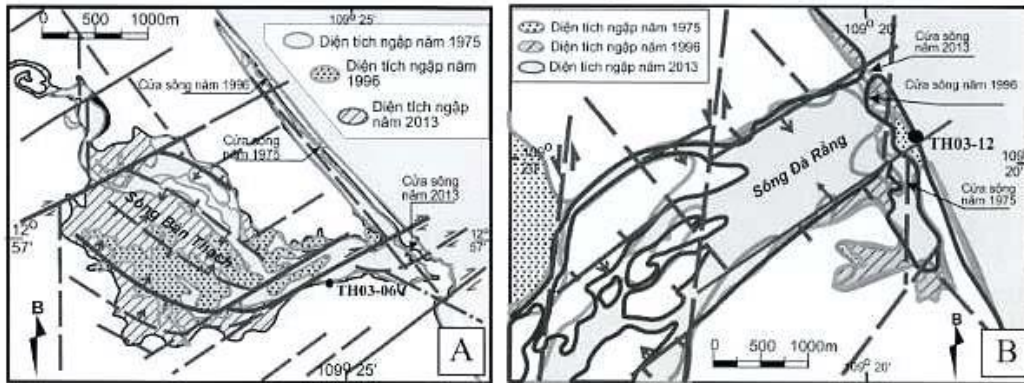
Tại vùng hồ Hào Sơn (hay Biển Hồ) ở phía nam vùng nghiên cứu (Hình 1B), hiện

tượng sụt lún đã nhấn chìm các khu rừng cổ với nhiều cây lớn xuống sâu và trở thành lớp than bùn đầm lầy. Nhiều cây vẫn ở thế

thẳng đứng (Ảnh 5B), chứng tỏ hiện tượng sụt lún theo phương thẳng đứng diễn ra mạnh mẽ trong thời kỳ gần đây.



Ảnh 5. A) Một phần hạ lưu sông Bàn Thạch nơi lòng sông được mở rộng do sụt lún tạo thành một bồn trũng lớn; B) Một phần hồ Hào Sơn được hình thành tự nhiên do sự sụt lún nền địa chất, trong đó rừng cây cổ đã bị lún chìm và vùi lấp dưới đáy hồ, phần tàn dư của nhiều cây vẫn còn tồn tại thẳng đứng (vị trí mũi tên trắng). Các dấu hiệu này cho thấy sự sụt lún thẳng đứng và dâng cao mực nước hồ theo thời gian.



Hình 2. A) Sơ đồ kết quả giải đoán ảnh viễn thám Landsat và Spot theo thời gian các năm 1975, 1996 và 2013 cho thấy vùng hạ lưu sông Bàn Thạch đã mở rộng diện tích ngập nước một cách có hệ thống trong 40 năm qua lên 4 lần. Chú ý, cửa sông Bàn Thạch cũng dịch chuyển từ phía bắc về phía nam theo thời gian khoảng gần 2 km; B) Sơ đồ kết quả phân tích ảnh viễn thám Landsat và Spot các năm 1975, 1996 và 2013 của vùng cửa sông Đà Rằng cho thấy sự biến động liên tục của bờ sông và vùng cửa sông, trong đó cửa sông đã dịch chuyển có quy luật từ nam đến bắc trong 40 năm qua. Các đường đỏ là các đứt gãy dự đoán.

3. Đặc điểm địa mạo kiến tạo

Vùng ven biển Tuy Hòa chịu tác động mạnh mẽ của các vận động nâng hạ khối tầng trong Tân kiến tạo. Kết quả phân tích địa mạo, viễn thám và khảo sát thực địa cho thấy các yếu tố cấu trúc địa chất, trong đó các đứt gãy và vận động nâng hạ kiến tạo đóng vai trò quan trọng trong việc tạo thành địa hình hiện đại. Vùng đồi núi ở phía nam và tây nam vùng chịu tác động mạnh mẽ của các đứt gãy phương TB-ĐN

và ĐB-TN (Hình 1B) với các sườn kiến tạo xâm thực, các bề mặt sườn bóc mòn và các thung lũng hẹp cùng với vỏ phong hóa mỏng và bảo tồn kém là hậu quả hoạt động nâng kiến tạo mạnh. Vùng phía bắc là các cao nguyên hoặc đồng bằng núi lửa liên quan đến hoạt động phun trào Neogen - Đệ tứ. Vùng trung tâm của vùng là thung lũng của hệ thống sông Đà Rằng bị khống chế bởi đứt gãy sâu sông Đà Rằng.

Hoạt động của sông kết hợp với các hoạt động của biển tạo ra các bề mặt san bằng, các thềm xâm thực - tích tụ và các dải cồn cát chạy dọc bờ biển. Các dấu hiệu địa mạo này lại tiếp tục bị chi phối bởi các vận động kiến tạo gần đây trong đó có các đứt gãy trẻ và vận động nâng hạ kiến tạo tích cực, làm cho hình thái địa mạo của vùng nghiên cứu tiếp tục bị biến đổi.

4. Đặc điểm tai biến địa chất

Vùng ven biển Tuy Hòa hội tụ nhiều dạng tai biến địa chất như trượt lở, xâm thực bờ sông, bờ biển, đôi dòng, bồi tụ... Trượt lở bao gồm các hiện tượng đá lở, đá đổ hoặc trượt đất thường xảy ra ở các vùng đồi núi, dọc bờ biển nơi lộ ra các đá gốc bị đập vỡ mạnh và tập trung mạnh ở những nơi đá bị phong hóa sâu do đập vỡ (Ảnh 6A, B).



Ảnh 6. A) Điểm trượt lở trong đá granit phức hệ Đèo Cà bị đập vỡ và phong hóa mạnh tại TH 15-03; B) Điểm trượt lở trong đới biển dạng mạnh ở phía bắc Đèo Cà. Trượt lở diễn ra dọc đới đứt gãy cắt qua đá granit với các thể sót của đá trầm tích; C) Phần sót lại của nhà máy đóng tàu Vinashin ở phía bắc của Đà Nẵng. Biển xâm thực vào đất liền hàng trăm mét dẫn tới sự phá hủy nhà máy; D) Khu dân cư ở phía nam cửa Đà Nẵng bị sóng biển phá hủy TH 03-12.

Hiện tượng xói lở bờ sông xảy ra mạnh dọc theo sông Đà Nẵng, đặc biệt là vùng cửa sông của sông Đà Nẵng và Bàn Thạch. Tại cửa sông Đà Nẵng, vùng hai bên cửa sông đang bị phá hủy mạnh mẽ và gây ra những hậu quả lớn tới môi trường và cuộc sống của dân cư ven biển (Ảnh 6C, D). Đặc biệt, kết quả phân tích ảnh viễn thám đa thời gian từ năm 1975 đến năm 2013 cho thấy, cửa sông Đà Nẵng có xu hướng dịch chuyển

dẫn về phía bắc với tổng biên độ dịch chuyển tới hơn 1 km (Hình 2B). Tương tự, ở vùng cửa sông Bàn Thạch, từ năm 1975 đến nay, cửa sông có xu thế vận động về phía nam với tổng biên độ tới gần 2 km (Hình 2A). Chính sự dịch chuyển liên tục này đã dẫn tới sự biến đổi mạnh mẽ ở vùng cửa sông và gây ra sự bồi lắng một phần và xói lở bờ biển ở phần khác nhau của sông, gây ra các tai biến địa chất quy mô lớn.

IV. QUAN HỆ GIỮA VẬN ĐỘNG KIẾN TẠO HIỆN ĐẠI VỚI TAI BIẾN ĐỊA CHẤT VÙNG TUY HÒA

Thông thường, nguyên nhân của các tai biến dọc theo đới ven bờ, đặc biệt là hiện tượng bồi lắng hoặc xói lở bờ biển thường được quy về các hiện tượng thiên tai do các tác nhân khí hậu và thời tiết hoặc nhân sinh như sự tác động của các dòng biển, sóng, bão hoặc xây dựng các công trình nhân sinh ven biển [10]. Tuy nhiên, thực tiễn đã cho thấy mối quan hệ chặt chẽ giữa các yếu tố địa chất, khí hậu và dân sinh với tai biến địa chất. Mối quan hệ này đã được thảo luận nhiều trong các công trình của Montgomery [13], Keller and Pinter (2001) [6], McGuire and Maslin [10], NOAA [14]. Trên thực tế, trong một vùng nhất định với cùng một điều kiện trên mặt như nhau nhưng các tai biến lại xảy ra cục bộ ở những vị trí nhất định và thường có quan hệ chặt chẽ với cấu trúc của đá nằm dưới bao gồm cả đặc tính cơ lý của đá, hoạt động trầm tích và sự tồn tại cũng như phổ biến của các cấu trúc kiến tạo và các vận động kiến tạo Hiện đại [2, 6, 7, 12, 15].

1. Trượt lở

Trong vùng nghiên cứu, hiện tượng trượt lở thường xảy ra ở những nơi đá gốc bị đập vỡ mạnh mẽ do đứt gãy, dẫn tới phá hủy tính liên tục và thúc đẩy quá trình phong hóa xuống dưới sâu. Tại những đới này, khi có các tác động bổ sung như giá tăng nước mưa, mất cân bằng chân đế hoặc các tác động nhân sinh khác dẫn tới trượt lở [5, 6, 15]. Hiện tượng xói lở bờ sông thường diễn ra ở những nơi sông đổi dòng đột ngột, nơi thường bị cắt qua và có liên quan tới sự hoạt động của các đứt gãy hiện đại hoặc nâng hạ địa hình bất thường và không đồng nhất ở hai bên cánh đứt gãy.

Đối với xói lở bờ biển và dịch chuyển cửa sông Đà Rằng và Bàn Thạch, sự dịch chuyển của cửa sông một cách có hệ thống trong vài chục năm liền có thể liên quan tới sự sụt và làm nghiêng tương đối về một phía của nền móng, do các vận động kiến tạo hiện đại [2, 6, 15]. Vùng cửa sông Đà Rằng và Bàn Thạch đều có liên quan tới

các đứt gãy (Hình 2) và trong trường hợp các đứt gãy này đang hoạt động với các vận động nâng và hạ kiến tạo bất thường dọc hai bên cánh sẽ dẫn đến sự biến động của cửa sông. Đặc biệt sự sụt lún kiến tạo ở một cánh của đứt gãy hay nâng cao tương đối của cánh kia sẽ dẫn tới sự di chuyển của cửa sông về phía cánh sụt.

Như vậy, đặc điểm nền địa chất khu vực và các vận động kiến tạo nội sinh chính là các nguyên nhân quan trọng và là tiền đề của các tai biến địa chất còn các hiện tượng địa chất ngoại sinh và các nguyên nhân trên mặt là các nhân tố thúc đẩy tai biến trượt lở phát triển.

2. Sụt lún, ngập lụt

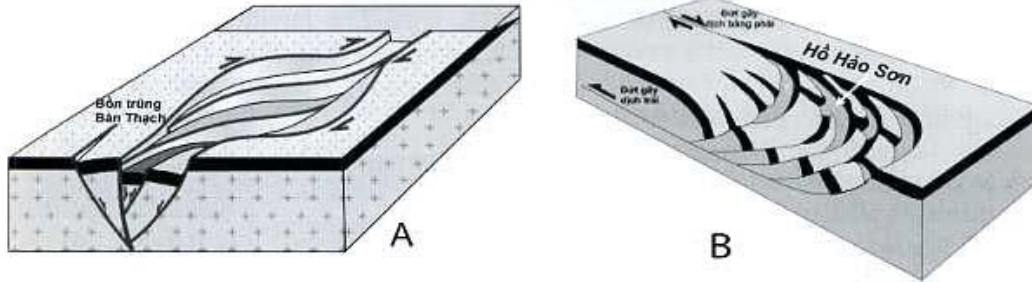
Phân tích các yếu tố cấu trúc và địa mạo cho thấy vùng ven biển Tuy Hòa xu hướng nâng địa hình là chính nhưng xen kẽ có các vùng sụt lún cục bộ tập trung chủ yếu ở phía nam. Trong các khu vực này, các đới sụt thường gắn liền với sự tồn tại của các hệ thống đứt gãy trong đó đặc trưng nhất là vùng hồ Hào Sơn và hạ lưu sông Bàn Thạch (Hình 1B).

Vùng hạ lưu sông Bàn Thạch có biểu hiện sụt lún liên tục với diện tích sụt gia tăng về phía trung lưu (Hình 1B; Anh 5A). Ngược lại, ở phía tiếp giáp biển, bồn trũng thu hẹp lại và được ngăn cách với biển bởi một vùng địa hình nổi cao có lộ đá granit kéo dài dọc biển. Bờ nam của bồn trũng là địa hình nổi cao từ vài mét đến hàng chục mét, lộ ra các trầm tích biển - đầm lầy nằm trên các đá móng granit, trong khi đó ở phía bắc của bồn trũng này, các trầm tích này không lộ mà bị vùi lấp bởi các trầm tích trẻ hơn. Cấu hình sụt này được giải đoán là do sự khổng chế bởi các hệ thống đứt gãy tân kiến tạo và hiện đại tạo nên một cấu trúc "hoa âm" dưới dạng một bồn trũng kéo toạc. Mô hình cho sự phát triển bồn trũng này có thể được mô phỏng ở Hình 3A.

Đối với vùng hồ Hào Sơn, cấu trúc không cân xứng dạng thoi và hiện tượng và hiện tượng sụt lún tạo đầm lầy và vùi lấp các rừng cây tạo thành hồ than bùn (Anh 5B). Trong khu vực này đã nhận

dạng được sự không chết của hàng loạt đới đứt gãy trẻ (Hình 1B). Các số liệu địa chất của Trương Khắc Vi, [23] và quan sát thực địa trong nghiên cứu này cho thấy vùng này có sự giao nhau của nhiều đứt gãy (Hình 1B) và chúng có biểu hiện hoạt động Tân kiến tạo và kiến tạo Hiện đại, thể hiện bởi sự không chế tính không cân xứng của bồn trũng cũng như sự phân bố các lớp

trầm tích trẻ từ phía tây nam đến đông bắc, trong đó phần đông bắc bị lún chìm sâu hơn. Phần tây nam, các đứt gãy tạo thành một hệ thống kiểu “lông chim” và sự dịch chuyển của chúng có thể tạo nên một cấu trúc á địa hào trên đó một bồn trũng không chế bởi các đứt gãy được hình thành. Mô hình thành tạo cấu trúc kiểu này được thể hiện trên hình (Hình 3B).



Hình 3. Mô hình mô phỏng sự sụt lún và hình thành bồn trũng không chế của các đứt gãy trong vùng Tuy Hòa: A) Bồn kiểu kéo toạc không chế bởi đới đứt gãy dịch bằng với đứt gãy không liên tục nối tiếp nhau bởi các đứt gãy nhánh có thể tạo nên bồn trũng Sông Bàn Thạch; B) Bồn kiểu bán địa hào do các đứt gãy nhánh dạng đuôi ngựa ở phần cuối của hệ thống trượt bằng dẫn tới sự thành tạo đới bán địa hào và hình thành các bồn trũng có thể dẫn tới sự hình thành bồn trũng hồ Hảo Sơn ở phía nam vùng nghiên cứu.

3. Ý nghĩa không chế của cấu trúc kiến tạo với tai biến địa chất vùng Tuy Hòa trong bối cảnh mực nước biển dâng

Như vậy, các hệ thống đứt gãy và khe nứt phát triển rộng rãi trong vùng nghiên cứu trong đó có các hệ thống hình thành và hoạt động trong Tân kiến tạo cùng với các hoạt động nâng hạ kiến tạo diễn ra gần đây đóng vai trò quan trọng trong việc gây nên các tai biến địa chất. Chúng không chỉ làm biến dạng các thành tạo địa chất trẻ và góp phần tạo nên hình thái địa mạo phức tạp của vùng mà còn dẫn đến sự thành tạo các khối nâng hạ kiến tạo trẻ khác nhau. Trong trường hợp nâng kiến tạo tương đối so với mực nước biển, đới ven bờ sẽ có xu thế được mở rộng và đường bờ ổn định. Đối với trường hợp vùng có xu hướng hạ kiến tạo, đới bờ sẽ bị phá hủy và dẫn tới hiện tượng ngập lụt và xâm nhiễm mặn vào đất liền.

Trong bối cảnh của dự báo mực nước biển dâng do biến đổi khí hậu toàn cầu, và theo tính toán của Bộ Tài nguyên và Môi trường [1], trong một trăm năm tới vùng Tuy Hòa có thể chịu ngập lụt do nước

biển dâng 0,62-0,77 cm ứng với kịch bản thoát thải trung bình. Do các tai biến địa chất đới ven biển thường tạo thành bởi sự cộng hưởng của hàng loạt yếu tố nội và ngoại sinh khác nhau [5, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15], mức độ gây tai biến địa chất trong tương lai ở vùng nghiên cứu sẽ tăng ở những nơi có tác động cộng hưởng của nước biển dâng với các vận động kiến tạo. Chẳng hạn, vùng bờ biển bị tác động đập vỡ mạnh hoặc đang có các hoạt động kiến tạo tích cực sẽ bị phá hủy mạnh mẽ hơn khi nước biển dâng. Các vùng đang sụt lún kiến tạo sẽ chịu tác động mạnh nhất bởi ngập lụt và xâm nhiễm mặn do có mức nước biển dâng cao hơn theo dự báo của kịch bản trên do tác động cộng hưởng của cả biên độ sụt lún kiến tạo với biên độ dâng của mực nước biển do biến đổi khí hậu. Do đó, các vùng này sẽ ngập sâu hơn và trên diện rộng hơn so với kịch bản dự báo trước đây, đồng thời đường bờ ở những vùng này sẽ bị phá hủy và xâm thực mạnh hơn. Ngược lại, những vùng đang có chế độ nâng kiến tạo sẽ có mức

độ ảnh hưởng do ngập lụt hoặc xói mòn bờ biển yếu hơn so với dự đoán. Nếu tốc độ dịch chuyển kiến tạo nâng ngang bằng với tốc độ dâng của mực nước biển, vùng đó sẽ không bị tác động của ngập lụt do nước biển dâng.

V. KẾT LUẬN

Trên cơ sở tổng hợp, phân tích tài liệu địa chất, viễn thám kết hợp với các kết quả khảo sát địa chất gần đây được trình bày trong bài báo này, có thể rút ra một số kết luận sau:

Vùng Tuy Hòa có đặc điểm cấu trúc địa chất, địa mạo khá phức tạp, trong đó các cấu trúc khu vực và địa phương được hình thành và phát triển trong nhiều giai đoạn và vẫn tiếp tục hoạt động đến hiện nay. Các biểu hiện hoạt động tân kiến tạo bao gồm sự tồn tại các hệ thống đứt gãy và khe nứt trẻ, sự vận động nâng và hạ kiến tạo theo phương thẳng đứng với các dấu hiệu thực tế rõ ràng.

Các vận động kiến tạo và hậu quả của chúng không chỉ tạo nên hình thái địa mạo phức tạp vùng nghiên cứu mà còn tác động tới sự hình thành các loại tai biến địa chất, trong đó phổ biến nhất là các hiện tượng trượt lở, xói lở bờ sông, cửa biển và sụt lún. Các tai biến địa chất này thường có liên quan chặt chẽ và không chế bởi cấu trúc của đá móng cũng như các hệ thống cấu trúc tân kiến tạo và các vận động nội sinh liên quan đến chúng.

Bước đầu dự báo tác động của các vận động kiến tạo đối với một số tai biến địa chất trong khu vực và dự báo diễn tiến của chúng trong bối cảnh biến đổi khí hậu nước biển dâng. Việc nhận dạng đúng đắn đặc điểm cấu trúc khu vực và xác định bản chất của chúng có vai trò quan trọng đối với dự báo tai biến địa chất khu vực, không chỉ đối với vùng Tuy Hòa mà còn đối với nhiều khu vực khác dọc theo đới ven biển Việt Nam.

Nghiên cứu này cũng cho thấy sự cần thiết có các nghiên cứu định lượng về tính toán mức độ nâng hoặc hạ địa hình các khu vực có sự sụt lún hoặc nâng kiến tạo khác nhau để làm cơ sở khoa học cho việc

dự báo và phòng tránh thiên tai do dâng cao mực nước biển trong điều kiện biến đổi khí hậu nước biển dâng.

Lời cảm ơn: Bài báo này được hoàn thành với sự trợ giúp về kinh phí của Đề tài nghiên cứu cấp nhà nước Mã số BDKH-42 và Công ty Dầu khí Rosneft.

VĂN LIỆU

- 1. Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2012.** Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam. *Nxb Tài nguyên - Môi trường và Bản đồ Việt Nam, Hà Nội.*
- 2. Burbank D.W and Anderson R.S., 2011.** Tectonic Geomorphology. *Blackwell Science.*
- 3. Đào Mạnh Tiến, 2004.** Điều tra địa chất, khoáng sản, địa chất môi trường và tai biến địa chất vùng biển Nam Trung Bộ từ 0-30 m nước ở tỷ lệ 1:100.000 và một số vùng trọng điểm ở tỷ lệ 1:50.000. *Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.*
- 4. Fossen H., 2010.** Structural Geology. *Cambridge University Press, 463 p.*
- 5. Keller E.A. and Pinter N., 2001.** Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape (2nd Edition). *Prentice Hall, 362 p.*
- 6. Kennedy D.M., Stephenson W.J., Naylor L.A. (Editors), 2014.** Rock Coast Geomorphology: A Global Synthesis. *Geological Society Memoir 40.*
- 7. Kooi H., 2000.** Land subsidence due to compaction in the coastal area of The Netherlands: the role of lateral fluid flow and constraints from well-log data. *Global and Planetary Change, v 27, 207-222.*
- 8. Lê Xuân Hồng, Lê Thị Kim Thoa, 2007.** Địa mạo bờ biển Việt Nam. *Nxb Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.*
- 9. Marshak S. and Mitra G., 1988.** Basic Methods of Structural Geology. *Prentice Hall, New Jersey.*
- 10. McGuire and Maslin, 2013.** Climate Forcing of Geological Hazards. *Wiley-Blackwell publ. 326 p.*

11. Molnar P., Anderson R.S., and Anderson S.P., 2007. Tectonics, fracturing of rock, and erosion. *Journal of Geophysical Research*, v. 112, f03014, doi:10.1029/2005jf000433.
12. Montgomery C.W., 2010. Environmental Geology, 9th ed. *McGraw-Hill Science/Engineering/Math*, 511 p.
13. Moores and Twiss, 1995. Tectonics. *Freeman and Company*.
14. National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA), 2012. Incorporating Sea Level Change Scenarios at the Local Level. http://www.csc.noaa.gov/digitalcoast/_pdf/slscenarios.pdf.
15. National Research Council (NRC), 1986. Active Tectonics: Impact on Society. *Study in Geophysics. The National Academic Press*.
16. Tống Duy Thanh và Vũ Khúc, 2006. Các phân vị Địa tầng Việt Nam. *Nxb Đại học Quốc gia Hà Nội*.
17. Trần Đức Lương và Nguyễn Xuân Bao (Chủ biên), 1982. Bản đồ Địa chất Việt Nam tỷ lệ 1:500.000. *Lưu trữ Địa chất. Hà Nội*.
18. Trần Thanh Hải, 2007. Đối trụt: khái niệm, đặc điểm hình thái và bản chất. *TC Địa chất*, A/299:31-41. Hà Nội.
19. Trần Tinh, 1997. Bản đồ địa chất và khoáng sản Việt Nam tỷ lệ 1:200.000 tờ Tuy Hòa. *Lưu trữ Địa chất. Hà Nội*.
20. Trần Văn Trị và Vũ Khúc (Đồng Chủ biên), 2009. Địa chất và Tài nguyên Việt Nam. *Nxb Khoa học Tự nhiên và Công nghệ. Hà Nội*.
21. Trần Văn Minh, 2009. Vùng duyên hải miền Trung ứng phó với biến đổi khí hậu: Thực tiễn và giải pháp. *Viện Khoa học KTTV và MT, Hà Nội*.
22. Trịnh Nguyên Tính, Vũ Văn Vĩnh, 1998. "Đặc điểm các chu kỳ trầm tích Đệ tứ vùng đồng bằng Tuy Hòa", *Địa chất*, (244), Hà Nội. Tr. 1-6.
23. Trương Khắc Vi, 1997. Báo cáo kết quả đo vẽ bản đồ địa chất và tìm kiếm khoáng sản nhóm tờ Tuy Hòa tỷ lệ 1:50.000. *Lưu trữ Địa chất. Hà Nội*.

SUMMARY

Characteristics of neotectonic deformation in the Tuy Hòa coastal area, Phú Yên Province and its significance for geological hazards

Bùi Thị Mến, Nguyễn Thị Vân, Mai Văn Cường

The Tuy Hòa area, locates at the eastern margin of the Kon Tum Massif, comprises a variety of sedimentary, volcanic and intrusive rocks formed from Paleozoic to Early Cenozoic. They are largely covered by unconsolidated Neogene - Quaternary sediments. The area has been strongly deformed by numerous tectonic events, the latest one has extended to the present. These tectonic movements include the presence of old and neotectonic fault systems, and terrane depression and elevation with numerous direct or indirect evidences. Intense tectonic activities have not only created various morphology differentiation controlled by basement structure but also various types of geological hazards including landslides and coastal erosion along the Đà Rằng and Bàn Thạch river systems as well as local depression. The areas of strong geological hazards are commonly controlled by neotectonic fault or fracture zones. The existence of neotectonic movements caused exogenous geohazards. Thus, the identification of active tectonic factors and their nature are important for the prediction of and mitigation the effects of geohazards in the Tuy Hòa area, especially in the rising of sea level caused by climate change.

Người biên tập: PGS.TS Trần Thanh Hải.