VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences

Journal homepage: https://js.vnu.edu.vn/EES

Original Article

Petrological Characteristics, Geological Development History, and Heritage Value of Typical Geological Features in the Vietnam South Central Region

Nguyen Van Tuan[1], Tran Nghi[2], Dinh Xuan Thanh[2], Trinh Hoai Thu[3,*], Tran Thi Thanh Nhan[2], Tran Thi Dung[2], Nguyen Thi Huyen Trang[2], Nguyen Van Dong[1], Trinh Thi Thuy[1], Nguyen Thi Hien An[1], Vu Van Tuyen[1], Tran Thi Thuy Huong[3]

[1]*Institute of Geological Sciences and Mineral Resources, 67 Chien Thang, Thanh Liet, Hanoi, Vietnam*
[2]*VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam*
[3]*Institute of Earth Sciences, Vietnam Academy of Science and Technology (VAST), 18 Hoang Quoc Viet, Hanoi, Vietnam*

Received 8th August 2025
Revised 28th October 2025; Accepted 1st December 2025

Abstract: During the Cenozoic, there are two types of basalts in the South Central region: Effusive basalts and explosive basalts. Effusive basalts include: i) Alkaline basalts with phenocrystal texture consisting of major minerals such as albite, augite, olivine, and sanidine. The basement has a hyalopilitic texture with sub-parallel albite microlites embedded in a volcanic glass. These characteristics demonstrate that magma partially melted in the deep lower part of the upper mantle; and ii) The tholeiitic basalts, which contain no phenocrysts, display a pilotaxitic groundmass texture dominated by obliquely extinguished mafic plagioclase microlites, suggesting derivation of the magma from the upper part of the upper mantle. The eruption of underwater basalts creates columnar shapes. The phenomenon of basalt explosions has carved out unique landscapes like basalt tuff layers, volcanic lakes, and complex cave systems. The stages of sea level rise in the Quaternary when the Earth warmed up, have carved marine notches and abrasive terraces at height from 60 m to 5 m. The interaction between endogenic and exogenic geological processes has shaped a diverse geological landscape of high scientific, aesthetic, and educational value and offering strong potential for development as a UNESCO Global Geopark in the Vietnam South Central region.

Keywords: Eruptive basalt, explosive basalt, columnar basalt, alkaline basalt, tholeitic basalt, geoheritage.

* Corresponding author.
E-mail address: ththu@ies.vast.vn

https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.5354

Đặc điểm thạch học, lịch sử phát triển địa chất và giá trị di sản của các thể địa chất tiêu biểu ở khu vực nam trung bộ

Nguyễn Văn Tuấn [1], Trần Nghi [2], Đinh Xuân Thành[2], Trịnh Hoài Thu[3,*], Trần Thị Thanh Nhàn[2], Trần Thị Dung[2], Nguyễn Thị Huyền Trang[2], Nguyễn Văn Đông[1], Trịnh Thị Thúy[1], Nguyễn Thị Hiền An[1], Vũ Văn Tuyền[1], Trần Thị Thúy Hường[3]

[1]*Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, 67 Chiến Thắng, Thanh Liệt, Hà Nội, Việt Nam*

[2]*Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, 334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam*

[3]*Viện Các Khoa học Trái đất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 8 tháng 8 năm 2025
Chỉnh sửa ngày 28 tháng 10 năm 2025; Chấp nhận đăng ngày 01 tháng 12 năm 2025

Tóm tắt: Trong Kainozoi, basalt khu vực Nam Trung Bộ được chia làm 2 loại: Basalt phun trào và basalt phun nổ. Basalt phun trào bao gồm: i) Basalt kiềm với kiến trúc nổi ban, ban tinh gồm các khoáng vật albit, augit, olivin và sanidin. Nền có kiến trúc hyalopilit, trong đó các microlit albite định hướng yếu được nhúng trong nền thủy tinh. Điều đó chứng tỏ magma nóng chảy một phần ở phần dưới sâu của lớp manti trên; và ii) Basalt tholeit không có ban tinh, nền có kiến trúc pilotaxic, các microlit mafic plagioclas, cho thấy magma có nguồn gốc từ phần trên của lớp manti trên. Sự phun trào của basalt tạo ra các hình dạng cột độc đáo. Hiện tượng phun nổ basalt đã tạo nên những cảnh quan kỳ vĩ như các lớp tuf basalt, hồ núi lửa và hệ thống hang động. Các giai đoạn biển tiến của kỷ Đệ Tứ khi Trái Đất nóng lên đã tạo nên các ngấn biển và thềm biển mài mòn cao từ 60m đến 5 m. Sự tương tác giữa các quá trình nội sinh và ngoại sinh đã hình thành nên cảnh quan địa chất đa dạng, có giá trị khoa học, thẩm mỹ và giáo dục cao và có tiềm năng được phát triển thành công viên địa chất toàn cầu ở khu vực Nam Trung Bộ.

Từ khóa: Basalt phun trào, basalt phun nổ, basalt hình cột, basalt kiềm, basalt tholeit, di sản địa chất.

1. Mở đầu

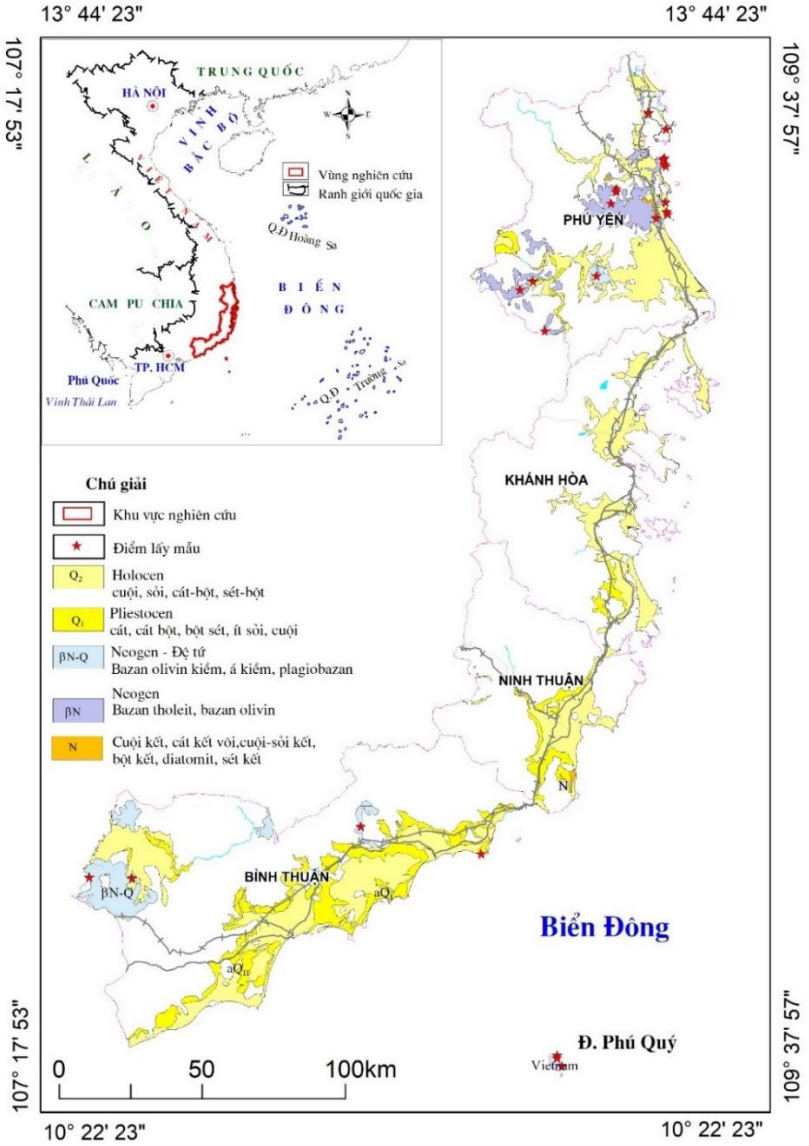
Di sản Địa chất là một lĩnh vực khoa học đặc biệt bao hàm ba giá trị quan trọng: khoa học, thẩm mỹ và giáo dục. Giá trị khoa học của di sản các thành tạo địa chất được đánh giá dựa trên đặc tính độc đáo như: lịch sử phát triển địa chất khu vực, sự đa dạng địa chất và địa mạo, thành phần thạch học, nguồn gốc và điều kiện thành tạo, đồng thời gắn với cảnh quan độc đáo [1, 2]. Ở Việt Nam, nhiều khu vực đã được UNESCO công nhận là Di sản thiên nhiên thế giới và công viên địa chất toàn cầu như: Phong Nha-Kẻ Bàng, Vịnh Hạ Long, cao nguyên đá Đồng Văn, non nước Cao Bằng, Đắk Nông và Lạng Sơn,… [2]. Những thành công này cho thấy Việt Nam có

* Tác giả liên hệ.
Địa chỉ email: ththu@ies.vast.vn

https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.5354

tiềm năng lớn trong việc phát triển và khai thác giá trị di sản địa chất cũng như xây dựng các công viên địa chất (CVĐC) toàn cầu.

Khu vực Nam Trung Bộ được xem là một trong những vùng có tiềm năng nổi bật về di sản địa chất. Nhiều nhà địa chất và địa mạo trong nước đã quan tâm nghiên cứu và khẳng định khả năng phát triển Công viên địa chất toàn cầu tại khu vực này [3-7]. Một số công trình đã tiến hành điều tra, đánh giá và lập hồ sơ trình UNESCO công nhận các CVĐC tại Phú Yên và Quảng Ngãi [4, 5], trong khi những nghiên cứu khác đã đề cập đến di sản địa chất ở khu vực này dưới dạng kiểm kê, đánh giá tiềm năng du lịch và cảnh báo nguy cơ bị xâm hại hoặc phá hủy các di sản [3, 6-8]. Tuy nhiên, các nghiên cứu này chủ yếu đánh giá khía cạnh địa mạo - cảnh quan, trong khi giá trị khoa học như đặc điểm thạch học và lịch sử phát triển địa chất vẫn chưa được phân tích chuyên sâu.



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu và các điểm lấy mẫu.
(Nguồn: [15] có bổ sung sửa chữa).

Về mặt địa chất, toàn bộ khu vực Nam Trung Bộ đã được điều tra, đo vẽ và thành lập bản đồ địa chất - khoáng sản ở các tỷ lệ 1:200.000 và 1:50.000. Các bản đồ này đã xác lập nhiều phân vị địa tầng Kainozoi, mô tả chi tiết đặc điểm địa tầng, thành phần thạch học và quan hệ địa chất, đồng thời phân chia các thành tạo theo tướng trầm tích [9-15]. Tuy nhiên, do mức độ chi tiết giữa các nhóm tờ bản đồ không đồng đều, việc phân chia phân vị địa tầng, xác định tuổi và tên gọi hệ tầng vẫn còn nhiều quan điểm khác nhau. Đặc biệt, giá trị di sản của các thành tạo địa chất trong các công trình này hầu như chưa được đề cập.

Ngoài ra, nhiều công trình nghiên cứu khác cũng đã phân tích đặc điểm trầm tích, magma mối liên hệ giữa trầm tích - phun trào Kainozoi và kiến tạo khu vực Nam Trung Bộ [16–38], góp phần làm rõ đặc điểm địa mạo, chu kỳ trầm tích, nguồn gốc, môi trường và điều kiện thành tạo của các thể địa chất Kainozoi. Tuy nhiên, tương tự như các công trình đo vẽ bản đồ địa chất, mối liên hệ giữa các thành tạo địa chất với giá trị di sản vẫn còn bỏ ngỏ.

Như vậy, mặc dù khu vực Nam Trung Bộ sở hữu nhiều thành tạo địa chất chứa đựng giá trị khoa học, thẩm mỹ và giáo dục cao, song chưa có công trình nào được UNESCO công nhận.Do đó, bài báo này tập trung phân tích các giá trị đa dạng địa chất, địa mạo và cảnh quan nổi bật của khu vực (Hình 1), bao gồm: i) Cảnh quan ấn tượng, thu hút du khách; ii) Cấu tạo độc đáo của các đá basalt và tuf – như basalt hình cột ở Ghềnh Đá Đĩa, basalt cao nguyên chảy tràn, basalt phun trào và phun nổ trên cạn và dưới biển, cùng sự đa dạng của các hố hình tròn, hồ đẳng thước và các hang động hàm ếch với ngấn biển đặc trưng; iii) Sự đa dạng về thành phần thạch học, từ granit, granodiorit, andesit, dacit đến basalt phun nổ; và iv) Nguồn gốc và bối cảnh kiến tạo – địa động lực hình thành basalt. Trên cơ sở đó, nghiên cứu tạo cơ sở đối chiếu với các tiêu chí di sản địa chất của UNESCO nhằm xây dựng hồ sơ "Công viên địa chất toàn cầu ở khu vực Nam Trung Bộ".

2. Bối cảnh địa chất khu vực

2.1. Lịch sử phát triển địa chất của vỏ Trái Đất khu vực Nam Trung Bộ và lân cận

Vỏ Trái Đất khu vực Nam Trung Bộ và lân cận có lịch sử phát triển lâu dài từ Tiền Cambri đến Đệ Tứ đã hình thành một loạt các hệ tầng và phức hệ đá magma từ cổ đến trẻ [9-15] như sau:

i) Giai đoạn Proterozoi: được đặc trưng bởi hệ tầng Dakmi *(PR_1 dm)* bao gồm đá gneis, đá phiến kết tinh, đá hoa và đá migmatit, phân bố giới hạn ở phía Bắc khu vực nghiên cứu.

ii) Giai đoạn Permi muộn-Trias sớm: Phức hệ Bến Giằng-Quế Sơn (δ-γ P_3-T_1 *bg-qs*) gồm các đá gabbro, diorit, granodiorit và granit, phân bố rộng rãi ở phía Bắc khu vực nghiên cứu.

iii) Giai đoạn Trias giữa được đặc trưng bởi 3 thành tạo địa chất: (a) hệ tầng Mang Giang (T_2 *mg*) bao gồm trầm tích cuội kết, cát kết, bột kết và các đá núi lửa thành phần dacit, phun trào rhyolit-dacit; (b) phức hệ Vân Canh (γT_2 *vc*) bao gồm các đá granit, granodiorit. Các thành tạo này phân bố rộng rãi ở phía Bắc khu vực nghiên cứu.

iv) Giai đoạn Jura-Kreta gồm 6 thành tạo địa chất:

Hệ tầng Bản Đôn (J_{1-2} *bd*) bao gồm: đá vôi, cát kết và cát bột kết, đá sét vôi, cát bột kết và cát kết, phân bố rộng rãi ở phần trung tâm tới phía Nam khu vực nghiên cứu.

Hệ tầng Bảo Lộc (J_3-K_1 *bl*) bao gồm nền cuội kết, cát kết pha trộn andesit, dacit xen kẽ tuf, phân bố rộng rãi ở trung tâm cho đến phía Nam khu vực nghiên cứu.

Phức hệ Ankroet - Định Quán (δγ -γ J_3 – K_1 *ad*) bao gồm: diorit thạch anh, granodiorit và granit, phân bố rộng rãi trên toàn bộ khu vực.

Hệ tầng Nha Trang (K_2 *nt*) phân bố rải rác trên các núi thấp và đồi từ huyện Phước Dinh đến huyện Hàm Thuận Nam bao gồm: rhyolit, trachyt-rhyolit, felsit, rhyolit-dacit, dacit và tuf của chúng.

Hệ tầng Đơn Dương (K_3 *dd*) bao gồm: rhyolit, dacit, đá tro núi lửa và các lớp mỏng trầm tích lục địa màu đỏ xen kẽ, phân bố rộng rãi ở trung tâm tới phía nam của khu vực.

Phức hệ Đèo Cả (γK_3 *dc*) bao gồm: đá granodiorit, granit và granosyenit. Phức hệ phân

bố rộng rãi ở trung tâm đến phía Nam của khu vực nghiên cứu.

v) Giai đoạn Kainozoi bao gồm:

Các hệ tầng Kon Tum, Sông Ba và Di Linh có tuổi Paleogen và Neogen (N_1 *kt,* N_1 *sb*, N_1 *dl*) bao gồm: thành tạo Paleogen gồm trầm tích núi lửa lục địa xen với cát kết, bột kết và sét kết diatomit, bentonit, than nâu và các lớp đá basalt xen kẽ. Hệ tầng này phân bố hẹp dọc theo thượng nguồn của sông.

Các hệ tầng Liên Hương, Tiến Thành, Suối Bó Tầm tuổi Pliocen (N_2 *lh,* N_2(?) *tt,* N_2 *stb)*.

Các thành tạo này lộ ra với diện tích nhỏ dọc theo một số sông suối ở phía Đông Nam khu vực nghiên cứu, bao gồm cát kết, bột kết, sét kết.

Trầm tích Đệ tứ các đồng bằng ven biển và cồn cát

Lịch sử tiến hoá địa chất Đệ tứ các đồng bằng ven biển và cồn cát vừa có kế thừa tính chu kỳ của trầm tích Pliocen theo phương thẳng đứng vừa có tính đặc thù riêng về phân hoá cấu trúc địa chất từ đất liền ra biển. Theo phương thẳng đứng trầm tích Đệ tứ có 5 chu kỳ tương ứng với 5 hệ tầng trong mối quan hệ chặt chẽ với 5 chu kỳ thay đổi mực nước biển toàn cầu do ảnh hưởng của 5 chu kỳ băng hà/gian băn: Gunz/G-M; Mindel/M-R; Riss/R-W_1; Wurm$_1$/W_1-W_2; Wurm$_2$/W_2-biển tiến Flandrian. Theo phương nằng ngang từ đất liền ra biển cấu trúc địa chất trầm tích Đệ tứ phân hoá thành 3 đới: 1) Đới đồng bằng sông- vũng vịnh; 2) Đới lagoon (đầm phá); 3) Đới cồn cát ven biển [19, 25].

2.2. Lịch sử hoạt động magma khu vực Nam Trung Bộ

2.2.1. Hoạt động magma trong Kreta

Trong kỷ Kreta (145-66 triệu năm) khu vực Nam Trung Bộ nằm trong rìa phía đông của địa khối Indosini chịu ảnh hưởng bởi quá trình mở và đóng lại của đại dương Paleotethys và sự mở rộng Biển Đông trong Kainozoi sau này. Đây là giai đoạn hoạt động kiến tạo mạnh mẽ xuất hiện các đứt gãy sâu tạo kênh dẫn cho magma xâm nhập và phun trào như đứt gãy Sông Cái, đứt gãy Tuy Hoà- Đà Lạt [18, 22].

Hoạt động magma có 2 dạng chính: i) Magma xâm nhập: chủ yếu là granit, granit kiềm, granodiorit, syenit phức hệ Cà Ná-Núi Chúa. Granit thấy rõ ở các khối Đà Lạt, Khánh Hoà, Ninh Thuận và Bình Thuận có tuổi từ Kreta giữa đến Kreta muộn; granitoid dạng khối phức hệ Đèo Cả-Vân Canh liên quan đến quá trình tạo khoáng lộ ra ở Khánh Hoà, Phú Yên; và ii) Magma phun trào xuất hiện ở các khu vực như Đà Lạt, Phan Rang, Tây Nguyên phía Nam gồm: rhyolit, andesit và dacit [15, 24, 26].

2.2.2. Hoạt động magma basalt trong Kainozoi

Theo kết quả tổng hợp và phân tích đồng vị K-Ar, Ar-Ar của basalt Nam Trung Bộ và Tây Nguyên lịch sử thành tạo basalt ở Nam Trung Bộ có thể chia ra các giai đoạn thành tạo như sau (Bảng 1).

Giai đoạn Miocen giữa (16-11 Ma): từ 16,8-12 Ma phân bố ở đảo Lý Sơn. Đây là chuỗi hoạt động dung nham basalt sớm nhất liên quan đến nóng chảy từng phần phần dưới của tầng manti trên.

Giai đoạn Miocen muộn (11-5 Ma): diễn ra ở nhiều nơi với quy mô lớn:

10,5-7,01Ma phân bố ở cao nguyên Vân Hoà. Các tầng basalt thường có bề dày lớn phủ tràn trên một diện tích rộng lớn liên quan đến đứt gãy sâu quy mô lớn.

9,0-7,0 phân bố ở Ghềnh Đá Đĩa.

7,7 Ma phân bố ở Phú Yên.

7,1-5,39 Ma phân bố ở Bình Sơn và Lý Sơn

7,3 Ma phân bố ở Đá Bàn, sông Luỹ, Phú Quý.

7,06-5,9 Ma phân bố ở mỏ Diatomit An Xuân.

Giai đoạn Pliocen (6-3 Ma): phân bố ở Kon Tum, Gia Lai, cao nguyên Vân Hoà, Bình Sơn, Lý Sơn, Đá Bàn, Sông Luỹ Phú Quý và Vĩnh Linh-Cồn Cỏ. Giai đoạn này hoạt động phun trào kế thừa giai đoạn trước, phun trào theo khe nứt chảy tràn, tuy nhiên cường độ và quy mô phân bố basalt yếu hơn.

Giai đoạn Pleisocen (1,8-0,4 Ma): phân bố ở cao nguyên Vân Hoà, Bình Sơn, Lý Sơn, Đá Bàn Sông Luỹ, Phú Quý và Vĩnh Linh-Cồn Cỏ.

Giai đoạn Holocen (<10 ngàn năm): phân bố ở đảo Hòn Tro, đảo Lý Sơn (Cù Lao Ré).

Bảng 1. Tổng hợp tuổi basalt (Ma) theo khung địa tầng khu vực Nam Trung Bộ và lân cận

Tuổi địa chất			CN Vân Hoà	Bình Sơn-Lý Sơn	Đá Bàn, Sông Luỹ, Phú Quý	Mỏ diatomit An Xuân	Ghềnh Đá Đĩa	Phú Yên	Vĩnh Linh-Cồn Cỏ	Hòn Tro
Ma	Ký hiệu									
nay 0,011	Q	Q_2		< 0,01						0,0001
0,011 1,9		Q_1	0,7 1,55	0,4 1,1 1,2 1,5 1,8	0,35 1,3				0,35 1,3	
1,9 2,8	N2	N_2^3		2,3						
2,8 4,0		N_2^2			3,3				3,3	
4,0- 5,7		N_2^1	5,0	4,9						
5,7- 11,0	N_1^3		7,01 10,5	5,39 7,1	7,3	5,9±0,14 7,06±0,19	7,0 9,0	7,7±0,25	7,3	
11,0 16,0	N_1^2			12,0 16,8						

Nguồn: [24, 27, 28, 38] và có bổ sung kết quả phân tích mẫu 15 (9 mẫu K-Ar và 6 mẫu Ar-Ar) tuổi basalt của nhóm tác giả tại khu vực Cao Nguyên Vân Hòa, Sông Hinh và Gềnh Đá Đĩa đều cho khoảng tuổi 5,9-7,78 Ma và độ sai số thấp).

i) Theo thời gian: từ sau tách giãn đáy Biển Đông (từ Miocen giữa đến Đệ Tứ) Khu vực Bình Sơn và Lý Sơn là nơi có phun trào basalt sớm nhất và liên tục nhất, đã có 11 pha phun trào basalt có thành phần thay đổi từ basalt kiềm dưới phần sâu đến basalt tholeit trên phần nông của manti trên, trong đó:

- Basalt kiềm:

Trong Miocen giữa có 2 pha: 16,8 Ma và 12 Ma.

Trong Miocen muộn có 2 pha: 7,1 Ma và 5,39 Ma.

- Basalt tholeit:

Trong Pliocen có 2 pha: 4,9 Ma và 2,3 Ma gồm basalt tholeit.

Trong Pleistocen có 5 pha: 1,8 Ma, 1,5 Ma, 1,2 Ma, 1,1 Ma, 0,4 Ma.

ii) Theo không gian: giai đoạn Miocen muộn (N_1^3) basalt phun trào xẩy ra rộng rãi từ Ghềnh Đá Đĩa đến Phú Yên, Cao nguyên Vân Hoà, Bình Sơn, Lý Sơn, Đá Bàn, Sông Luỹ đến basalt ở mỏ diatomit An Xuân. Giai đoạn này basalt chủ yếu là tholeit có nguồn gốc từ phần trên của manti trên.

2.2.3. Các hệ thống đứt gãy tạo kênh dẫn magma basalt bao gồm

Hệ thống đứt gãy Nam Trung Bộ: Thuận Hải-Minh Hải.

Hệ thống đứt gãy Ea Sup- Krong Păk (giáp Tây Nguyên) [18, 19].

3. Cơ sở tài liệu và phương pháp nghiên cứu

3.1. Cơ sở tài liệu

i) Nghiên cứu khảo sát thực địa: 61 điểm khảo sát các vết lộ địa chất tiêu biểu; mỗi vết lộ mô tả chi tiết thành phần thạch học, cấu tạo của

đá, chụp ảnh và lấy mẫu phân tích các chỉ tiêu (Hình 1).

ii) Số lượng mẫu phân tích các chỉ tiêu trong phòng thí nghiệm:

- Phân tích lát mỏng thạch học nhằm phân loại các loại đá có trong khu vực nghiên cứu để đánh giá tính đa dạng về thạch học và điều kiện thành tạo đá: 93 mẫu.
- Phân tích cổ sinh lớn là các mẫu hóa thạch thực vật lá cây được lấy tại mỏ điatomit Hòa Lộc với mục đích xác định tuổi hóa thạch và cổ môi trường: 10 mẫu.
- Phân tích vi cổ sinh được lấy trong đá sét, sét điatomit nhằm xác định tuổi và cổ môi trường: 10 mẫu.
- Phân tích rơnghen trong đá sét, tuf, sét điatomit nhằm xác thành phần khoáng vật để xác định môi trường: 5 mẫu.
- Phân tích hóa nguyên tố chính của các đá basalt xác định hàm lượng các oxit để luận giải phân loại đá và xác định điều kiện thành tạo đá 18 mẫu.
- Phân tích tuổi đồng vị để xác định tuổi tuyệt đối của các đá basalt trong khu vực: 15 mẫu.

3.2. Phương pháp nghiên cứu

3.2.1. Nhóm phương pháp nghiên cứu ngoài trời

- Phương pháp khảo sát thực địa*:* mô tả đặc điểm, thành phần thạch học, màu sắc, quy mô, mối quan hệ của các thành tạo địa chất có tiềm năng trở thành di sản địa chất; thu thập các mẫu phân tích (được lấy tại các điểm di sản địa chất [4] chọn các mẫu đá chưa bị phong hóa, không bị biến đổi).
- Phương pháp nhận dạng, phân loại basalt ngoài thực địa [39].

Basalt phun trào thực thụ: basalt hình cột, basalt phân tầng.

Basalt phun nổ:

Về hình thái địa hình-địa mạo: i) xuất hiện các miệng phễu; và ii) các hang động có dạng hàm ếch tựa hang karst của núi đá vôi với quy mô nhỏ (Hình 16, 18).

Sản phẩm của phun nổ bao gồm: vật liệu vụn núi lửa: từ khối, tảng, bom núi lửa: aglomerat, cát, bột và tro núi lửa.

Đặc điểm cấu tạo: i) cấu tạo khối: phun nổ trên cạn; và ii) cấu tạo phân lớp ngang song song xen kẽ với phân lớp xiên chéo thô đặc trưng cho quá trình tái vận chuyển và tái phân bố ở môi trường ven bờ.

- Phương pháp phân tích, xác định của các bề mặt mài mòn, tích tụ, ngấn biển và độ cao của chúng trên cơ sở độ cao so với mực nước biển chuẩn (0m).

3.2.2. Nhóm phương pháp nghiên cứu trong phòng:

i) Phương pháp nghiên cứu thềm biển, ngấn biển:

Trong mối quan hệ với các chu kỳ thay đổi mực nước biển toàn cầu do ảnh hưởng của các chu kỳ băng hà tạo ra các thềm biển và ngấn biển. Ở Việt Nam có rất nhiều ngấn biển, thềm biển đã được xác định tuổi tuyệt đối, độ cao và được liên hệ với các chu kỳ dao động mực nước biển toàn cầu [6, 10, 15, 23]. Đây là cơ sở để đối sánh xác định với các ngấn biển, thềm biển trong khu vực nghiên cứu. Mối quan hệ giữa di sản địa chất với độ cao và tuổi của các thềm biển, ngấn biển như sau:

Độ cao:100-80 m (Q_1^1); 60 m-50 m (Q_1^{2a});40-25 m (Q_1^{2b}); 25 m-15 (Q_1^{3a}); 4-5 m (Q_2^2).

Độ sâu: 2500 m(Q_1^1);2000 m(Q_1^{2a}); 1000 m(Q_1^{2b}); 500 m(Q_1^{3a}); 100 m(Q_1^{3b}) 60 m(Q_1^{3b}-Q_2^1); 30 m(Q_2^1).

Đối sánh độ cao-sâu các bậc thềm biển với tuổi các pha thay đổi mực nước biển cực trị trong Đệ Tứ [5] (Hình 2).

ii) Phương pháp phân tích lát mỏng thạch học dưới kính hiển vi phân cực:

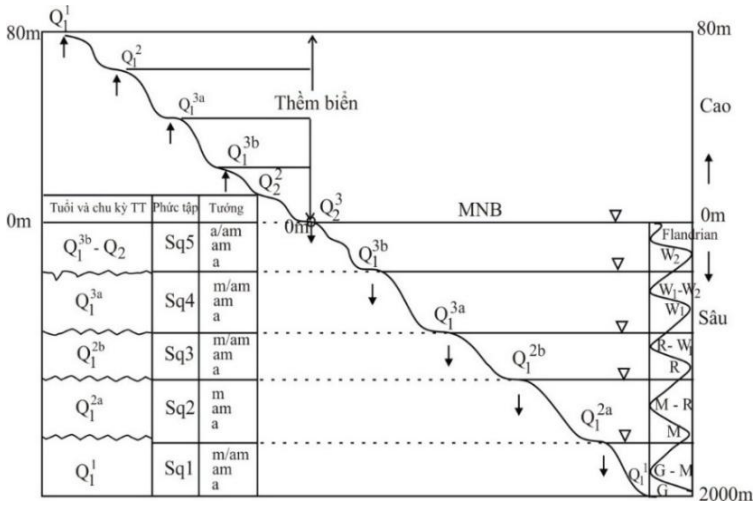
Đây là phương pháp truyền thống nhưng hết sức quan trọng đóng vai trò chủ đạo phục vụ nội dung và mục tiêu của bài báo. Phân tích lát mỏng cho phép xác định được tên đá, kiến trúc và cấu tạo, thành phần khoáng vật, nguồn gốc và điều kiện thành tạo của đá.

iii) Phương pháp phân tích rơnghen:

Cho phép xác định chính xác được thành phần khoáng vật sét trong sét diatomit và các đá vụn núi lửa basalt trên máy nhiễu xạ tia X D8 – Advance với điện áp gia tốc 40 kV, cường độ dòng 40 mA, bức xạ Cu–Kα có bước sóng λ = 1,5418 Å, với sai số ± 3%.

iv) Phương pháp phân tích đồng vị phóng xạ: Ar-Ar và K-Ar để xác định tuổi của đá basalt. Nhóm tác giả đã áp dụng phương pháp K-Ar trên khoáng vật plagioclas, felspar và phương pháp Ar-Ar trên đá tổng để tính tuổi của các đá basalt trong khu vực.

v) Phương pháp phân hóa nguyên tố chính: Xác định hàm lượng (%) các oxit có quan hệ chặt chẽ với thành phần khoáng vật và tên các đá và nhóm đá magma cũng như trầm tích.



Hình 2. Mối quan hệ giữa thềm biển trên đất liền và dưới thềm lục địa với các chu kỳ thay đổi mực nước biển toàn cầu trong Đệ Tứ [19].

4. Kết quả nghiên cứu

4.1. Đặc điểm thạch học và thạch hoá của đá basalt Kainozoi

4.1.1. Nhóm đá basalt kiềm

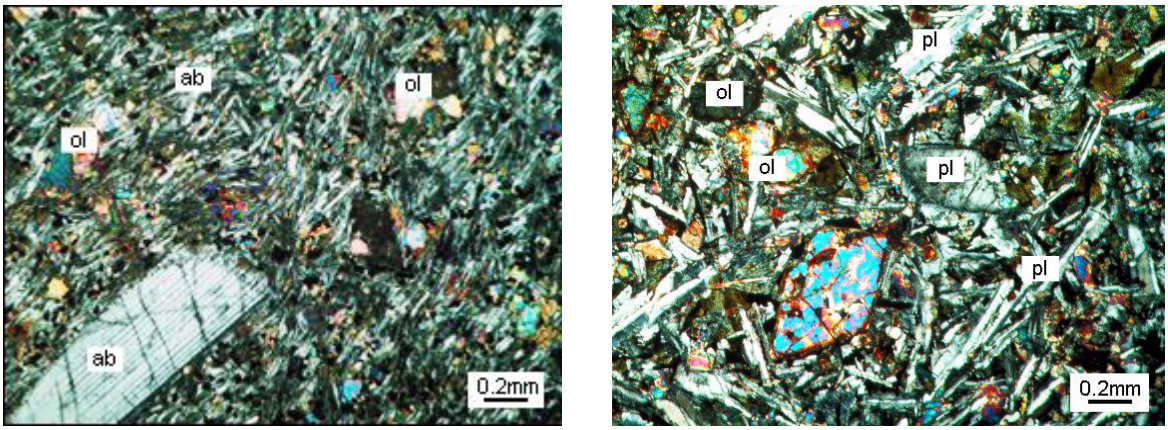
Basalt kiềm: phân bố rộng rãi ở cao nguyên Vân Hòa và khu vực Hòm tỉnh Phú Yên thuộc các thành tạo đại chất của hệ tầng Kon Tum, Đại Nga, Túc Trưng và Xuân Lộc. Đặc điểm khoáng vật trong lát mỏng thạch học: i) Kiến trúc nổi ban, ban tinh gồm plagioclas (chủ yếu là albit), sanidin, augit, olivine (Hình 7 và 8); và ii) Microlit plagioclas chủ yếu là albit (Hình 7A và 8A). Về thành phần hoá học: mang đặc trưng của basalt kiềm với hàm lượng SiO_2 thấp (<50%), hàm lượng K_2O và Na_2O cao (tổng $Na_2O + K_2O$ > 4%) [26, 32, 35]. Nhóm basalt kiềm có tuổi Miocen giữa và Miocen muộn, phân bố rải rác hầu hết khu vực Nam Trung Bộ và Tây Nguyên xen kẽ với basalt tholeit [26, 28, 39]. Nhìn mắt thường basalt kiềm có màu xám đen, cấu tạo dạng khối đặc xít hoặc hình cột. Trong lát mỏng dưới kính hiển vi phân cực đá thường có kiến trúc nổi ban, ban tinh là albit, olivin, augit và sanidine (Hình 7 và 8). Nền có kiến trúc hyalopilit và pilotaxic chứa phong phú khoáng vật manhetit (Hình 7, 8, 9). Điều kiện thành tạo basalt kiềm có thể được hình thành do nóng chảy từng phần từ manti ở độ sâu khoảng 60-70 km trong điều kiện áp suất cao khoảng 47-51 kbar và nhiệt độ khoảng 1195 – 1198°C [28, 29, 30].

4.1.2. Nhóm đá basalt tholeit

Phân bố rộng rãi tại Ghềnh Đá Đĩa, Cao nguyên Vân Hòa, khu vực Bãi Xép và Vực Song tỉnh Phú Yên thuộc các thành tạo địa chất của hệ tầng Đại Nga, Kontum. Trong lát mỏng, quan sát thấy basalt tholeit thường không có ban tinh, kiến trúc hyalopilit (Hình 10, 11). Các que microlit plagioclas, phân bố định hướng theo dòng chảy, giữa chúng là thuỷ tinh và khoáng vật manhetit (Hình 10). Basalt ở Ghềnh Bãi Xép và Vực Song khu vực Phú Yên có kiến trúc pilotaxic, các microlit plagioclas có song tinh đa hợp thô nét phân bố định hướng theo dòng chảy

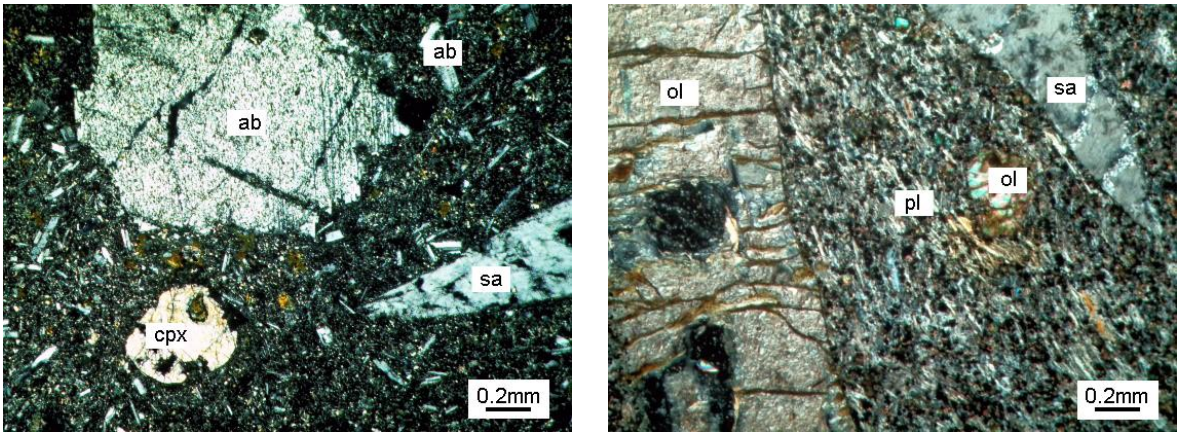
(Hình 10, 11, 12). Đặc điểm thành phần hoá học basalt tholeit có hàm lượng SiO_2 cao (>50%); K_2O và Na_2O thấp (tổng $Na_2O + K_2O < 4\%$) [28, 32, 35].

Basalt tholeit phun trào theo đứt gãy chảy tràn lên bề mặt tạo nên cao nguyên basalt rộng lớn. Basalt tholeit có nguồn gốc ở phần nông của manti trên được nóng chảy hoàn toàn. Điều kiện thành tạo basalt tholeit có thể được hình thành do nóng chảy của manti ở độ sâu khoảng 30-40 km trong điều áp suất thấp khoảng 7-25 kbar và nhiệt độ khoảng 1100 - 1300°C [28, 29, 30].



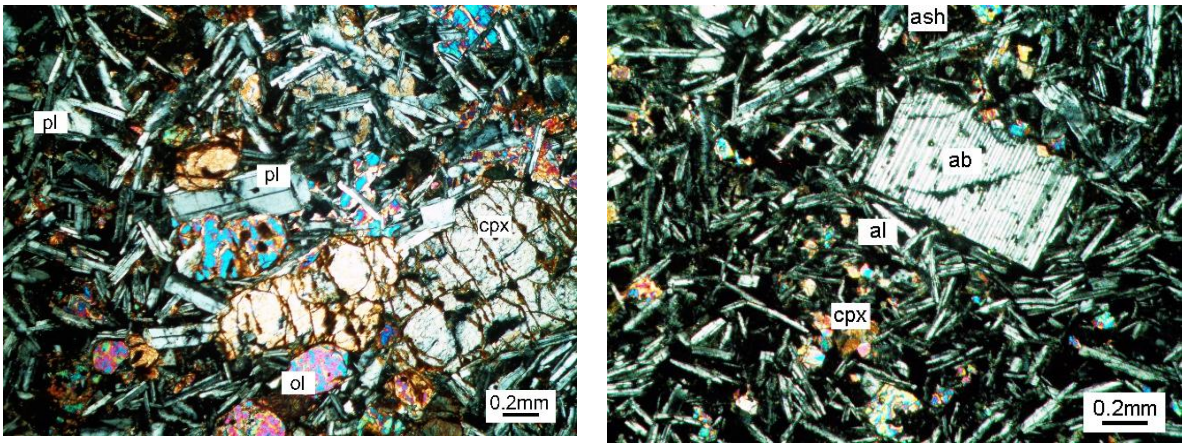
A B

Hình 7. (A) Basalt kiềm ở cao nguyên Vân Hoà. Kiến trúc nổi ban, cấu tạo dòng chảy. Ban tinh albit (ab) song tinh đa hợp thanh nét. Nền có kiến trúc hyalopilit. Các microlit albit phân bố định hướng theo dòng chảy dung nham. Đá giàu khoáng vật quặng manhetit, XPL; (B) Basalt kiềm ở cao nguyên Vân Hoà. Kiến trúc nổi ban, ban tinh olivin (ol) độ nổi cao được kết tinh từ dưới sâu, màu giao thoa xanh bậc 2. Nền có kiến trúc ophit bao gồm các microlit albit phân bố lộn xộn, chứa nhiều quặng manhetit, XPL.



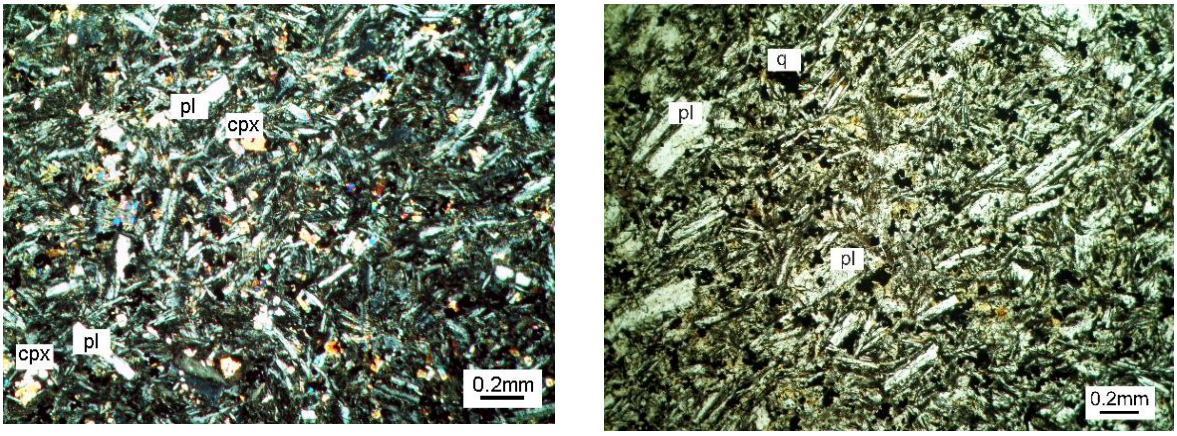
A B

Hình 8. (A) Basalt kiềm khu Vực Hòm tỉnh Phú Yên. Kiến trúc nổi ban, cấu tạo định hướng. Ban tinh albit (ab) song tinh đa hợp rất thanh nét, tắt đứng; augit (cpx) dạng đẳng thước, cát khai hoàn toàn góc tắt c.Ng=45°; sanidin (sa) hình mũi mác và hình trụ kéo dài. Nền có kiến trúc hyalopilit chứa nhiều khoáng vật quặng manhetit, XPL; (B) Basalt kiềm khu Vực Hòm tỉnh Phú Yên. Kiến trúc nổi ban, ban tinh sanidin (sa) và olivin (ol). Nền kiến trúc pilotaxic gồm các microlit plagioclas sắp xếp định hướng, XPL.



A B

Hình 9. (A) Basalt khu vực Sông Hinh. Kiến trúc nổi ban, cấu tạo khối. Ban tinh plagioclas (pl), augit (cpx), olivin (ol). Nền có kiến trúc ophit bao gồm microlit plagioclas sắp xếp lộn xộn, lấp đầy khoảng trống giữa chúng là pyroxen tha hình, XPL; (B) Basalt kiềm khu vực Bãi Xép. Kiến trúc nổi ban, cấu tạo khối. Ban tinh albit (ab), dạng tấm tự hình. Nền có kiến trúc hyalopilit và ophit. Các microlit albit sắp xếp lộn xộn, lấp đầy khoảng trống giữa chúng là augit (cpx) và thủy tinh (ash), XPL.



A B

Hình 10. (A) Basalt aphyr ở Ghềnh Đá Đĩa, Phú Yên có kiến trúc hyalopilit. Các microlit plagioclas (pl) phân bố lộn xộn, giữa chúng là thuỷ tinh và manhetit, XPL; (B) Basalt tholeit không có ban tinh tại cao nguyên Vân Hoà. Kiến trúc hyalopilit, PPL.

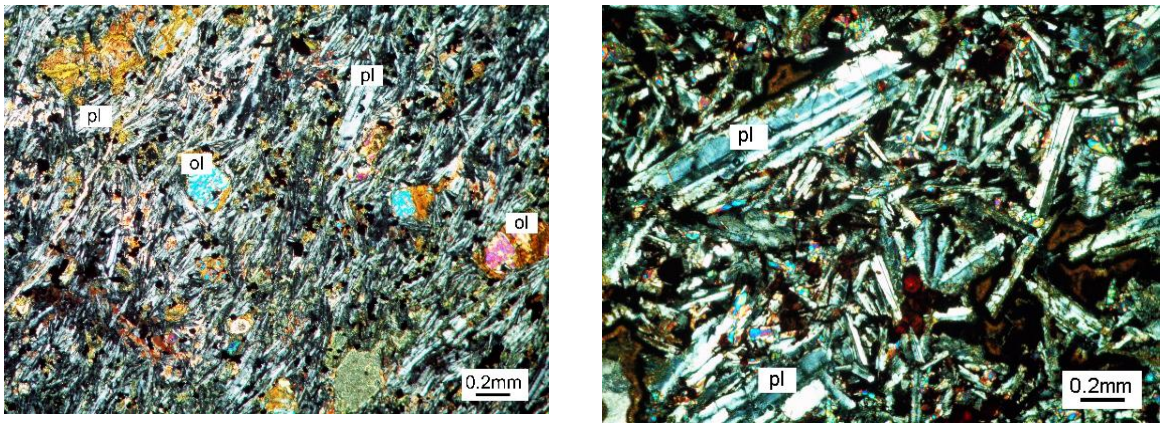
4.2. Cấu trúc và điều kiện thành tạo các thể magma basalt

4.2.1. Điều kiện thành tạo của basalt hình cột

Basalt cột được hình thành là do phun trào dưới nước lớp dung nham trên bề mặt bị đông cứng đột ngột xuất hiện vô số tâm co rút và khe nứt đa giác chủ yếu là 6 cạnh, 5 cạnh đôi khi 4 cạnh (Hình 12 và 13). Các đa giác khe nứt này phát triển theo phương thẳng đứng khi nhiệt độ khối dung nham basalt nguội dần và đông cứng từ trên xuống hình thành hệ thống cột basalt [28].

Tiết diện các cột basalt có hình lục giác không đều, thấy rõ sự phân đới: đới ngoài đông

cứng nhanh, kiến trúc hyalopilit màu trắng xám. Đới trong đông cứng chậm hơn kiến trúc ophit màu đen và xám đen, tập trung nhiều bọt [39]. Quá trình nguội lạnh và đông cứng từ trên bề mặt xuống đáy xẩy ra đồng thời với quá trình nguội lạnh và đông cứng của mỗi cột basalt từ rìa của thành cột vào phía trong tâm co rút (Hình 13). Quá trình đó đã tạo ra 2 đới: i) Đới riềm xung quanh đông cứng nhanh có kiến trúc hyalopilit đồng nhất; và ii) Đới nhân bên trong có cấu tạo bọt do khí bị dồn dần từ ngoài vào trong.



A B

Hình 11. (A) Basalt ở khu vực Bãi Xép. Kiến trúc pilotaxic, cấu tạo dòng chảy. Nền là các microlit plagioclas (pl) có song tinh đa hợp rõ, phân bố định hướng theo dòng chảy, XPL; (B) Basalt tholeit ở Vực Song, Phú Yên. Basalt không có ban tinh, nền có kiến trúc pilotaxic bao gồm các microlit plagioclas (pl) phân bố định hướng theo dòng chảy, XPL.

Hình 12. Ghềnh đá Đĩa có diện tích khoảng 2600 m^2 với khoảng 10.000 cột đá basalt cấu tạo hình cột với tiết diện lục giác và ngũ giác đôi khi tứ giác. Sau khi dung thể basalt đông cứng tạo hình cột dưới nước quá trình kiến tạo nâng trồi nén ép tạo nên các đứt gãy nghịch và mặt trượt chéo làm biến dạng nghiêng ngả các cột basalt nguyên thuỷ vốn có phương thẳng đứng.

4.2.2. Quá trình biến dạng của basalt hình cột

Hiện tượng hình thành khe nứt tạo basalt dạng cột do co rút vật chất lava từ lỏng sang đông cứng, khe nứt cột xuống sâu theo chiều thẳng đứng tạo cột basalt có thẳng đứng (Hình 12). Tuy nhiên, trong giai đoạn đầu thì phần bề mặt đông nguội, tạo nên hiện tượng nứt tách hình thành basalt dạng cột trong khi phần sâu dòng lava

chưa đông nguội tiếp tục di chuyển từ khu vực có địa hình cao xuống khu vực có địa hình thấp [32]. Quá trình di chuyển này đã lôi kéo các tập đá basalt đã đông cứng phần cao xuống phần thấp tạo nên hiện tượng cong và đổ lở các đá cột đá basalt ở phần trên tạo nên hiện tượng các cột đá basalt bị uốn cong, nằm ngang, nằm nghiêng (Hình 14).

Sau khi basalt hình cột được hình thành quá trình biến dạng tiếp tục xảy ra bởi các hoạt động kiến tạo mạnh mẽ: i) Quá trình nén ép và nâng trồi đã xô đẩy làm nghiêng ngả các hệ thống cột theo nhiều hướng; ii) Xuất hiện các đứt gãy chờm nghịch cắt ngang qua các khối basalt tạo bề mặt trượt (Hình 15A) [18, 22].

A B

Hình 13. Basalt hình cột giống cấu tạo tổ ong với kích thước rộng 30-60 cm ở Ghềnh Đá Đĩa.

Hình 14. Bề mặt bất chỉnh hợp góc (đường kẻ màu vàng) giữa 2 khối basalt hình cột, khối basalt nằm dưới bị kéo ép uốn cong theo hướng đổ ra biển (đường kẻ màu đỏ) trong trạng thái dẻo và khối bên trên nằm ngan (đường kẻ màu xanh) là khối đổ lở tại khu vực Ghềnh Đá Đĩa.

4.2.3. Quá trình phun trào basalt trên lục địa

Theo đứt gãy sâu dung nham basalt trào lên mặt đất chảy tràn phủ trên địa hình đồi núi trước Miocen giữa (N_1^2) [28, 33, 36], tạo thành các cao nguyên basalt có địa hình lượn sóng, cấu tạo dòng chảy và phân tầng (Hình 15 B).

A

B

Hình 15. (A) Basalt tholeit chảy tràn trên địa hình nghiêng dốc (Hố tròn cao nguyên Vân Hòa) và bị ảnh hưởng của quá trình kiến tạo tạo ra cột basalt có thến nằm khác nhau và hệ thống mặt trượt trên đá; (B) Basalt chảy tràn trên bề mặt địa hình lượn sóng tại khu vực Cao Nguyên Vân Hòa

4.2.4. Hoạt động phun nổ của basalt

Hoạt động phun nổ của basalt xẩy ra nhiều nơi ở khu vực Nam Trung Bộ. Chúng đã để lại nhiều sự kiện độc đáo kỳ vỹ có giá trị di sản hấp dẫn du khách tham quan:

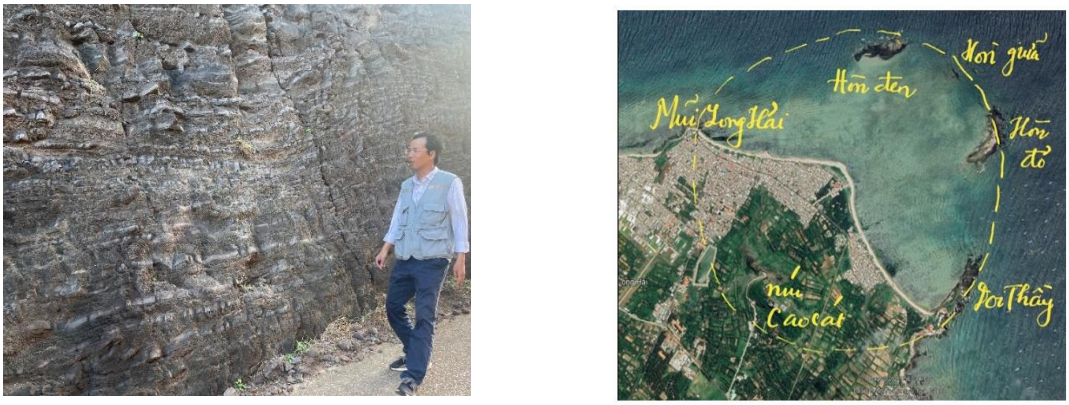
i) Các hồ núi lửa và các hang ngầm hàm ếch trong basalt hình cột minh chứng cho 2 pha hoạt động phun trào dưới nước tạo basalt hình cột và phun nổ nghẹn muộn hơn ở trên cạn khi basalt hình cột đã nâng trồi tạo núi (Hình 16) [39].

ii) Phun nổ dưới biển tạo nên miệng núi lửa rộng và các tầng trầm tích phun trào dưới nước có cấu tạo phân lớp ngang song song đặc trung cho môi trường biển nông ven bờ. Sau quá trình nâng trồi tạo nên núi đảo có giá trị như một trang sử oanh liệt của một giai đoạn hoạt động núi lửa mãnh liệt (Hình 17, 18) [39].

iii) Các hồ núi lửa cổ đã đóng vai trò là những bể trầm tích hồ lắng đọng trầm tích sét bentonit, nontronit sản phẩm phong hoá của tuf basalt môi trường thuận lợi cho phát triển tảo diatomea nước ngọt, phức hệ thực vật cận nhiệt đới *Quercus - Laurophyllum - Ficus beauveriei, F. beauveriei - Dipterocarpus - Leguminosites (hay F. beauveriei - Anacolosa - Leguminosites*) và phức hệ BTPH với Dương xỉ: 10-16,5%, Hạt trần: 2-4,5%, Hạt kín: 79-80% (Hình 20) [4, 20, 21].

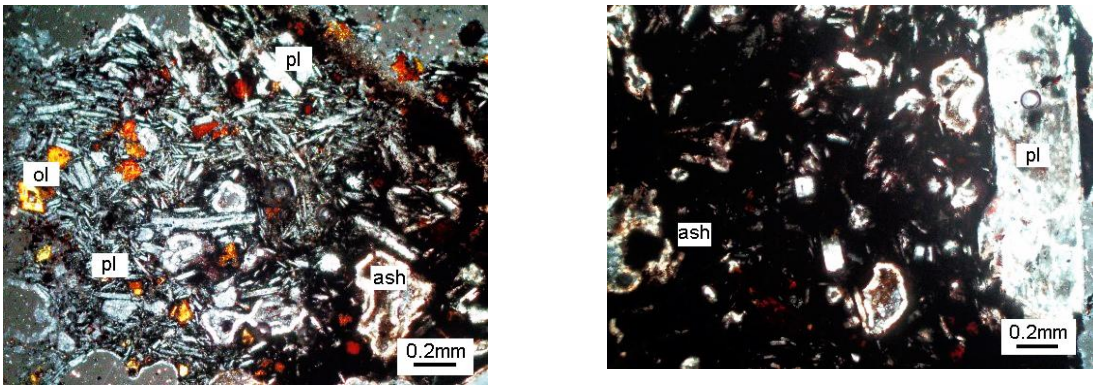
Hình 16. Dấu tích hồ và hang hàm ếch của basalt phun nổ và basalt hình cột của basalt thực thụ, Vực Hòm.

Hình 17. Cát sạn kết tuf tro núi lửa do hoạt động phun nổ basalt, đảo Phú Quý.



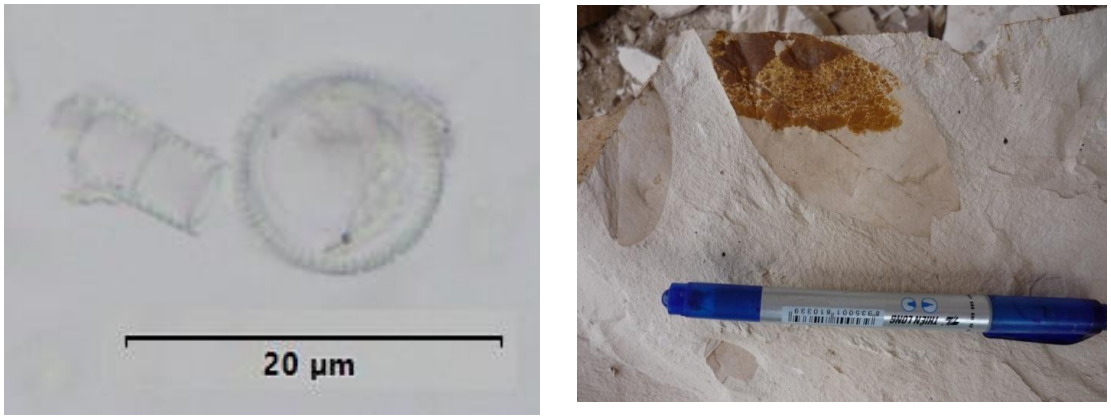
A B

Hình 18. (A) Basalt bọt ở Gành Hang đảo Phú Quý; (B) Cấu trúc núi lửa phun nổ núi Cao Cát là đường gờ dạng vòng từ Doi Thầy qua hòn Đen - hòn Giữa - hòn Đỏ đến mũi Long Hải.



A B

Hình 19. (A) Cát kết tuf basalt. Thành phần mảnh vụn gồm: mảnh đá basalt bọt có ban tinh là plagioclas (pl), olivin (ol), nền có kiến trúc hyalopilit có nhiều lỗ hổng; rải rác có khoáng vật quặng; mảnh đá thuỷ tinh núi lửa (ash). (2) Nền thuỷ tinh, tro núi lửa, XPL.
(B) Cát kết tuf tro núi lửa. Thành phần mảnh đá và khoáng vật: mảnh đá tuf basalt bị limonit hoá; mảnh đá thuỷ thuỷ tinh núi lửa (ash); mảnh khoáng vật plagioclas (pl) bị saussurit hoá mạnh; (2) Nền bao gồm thuỷ tinh, tro núi lửa chứa nhiều microlit plagioclas và lỗ hổng bọt khí, PPL.



A B

Hình 20. (A) Diatomea dạng ống kéo dài phân đốt như thân con sâu. Phân bố dày đặc trong sét kết diatomite; (B) Đá diatomit. Trong các lớp sét điatomit gặp vết in lá của phức hệ *F. beauveriei - Dipterocarpus - Leguminosites (hay F. beauveriei - Anacolosa - Leguminosites*).

Các tầng tuf basalt có cấu tạo phân nhịp nằm ngang song song; mỗi nhịp dày từ 0,5-1,0 m có sự phân dị độ hạt từ thô đến mịn từ dưới lên.Trong mỗi nhịp đá có cấu tạo nằm ngang song song mịn xen kẽ với phân lớp xiên chéo biểu thị môi trường biển ven bờ có dòng chảy đáy hoạt động thường xuyên làm nhiệm vụ tái vận chuyển và tái phân bố vật liệu vụn núi lửa (Hình 17, 18A). Trong lát mỏng thạch học dưới kính hiển vi phân cực hiển thị thành phần khoáng vật của cát kết tuf basalt gồm: mảnh đá tuf basalt, plagioclas bị saussurit hoá mạnh, nền thuỷ tinh núi lửa bị zeolit hoá (Hình 19). Cả 2 vết lộ (Hình 17, 18) đều thấy rõ ngấn biển đánh dấu mực nước biển cực đại ở đây.

4.3. Mối quan hệ giữa các bậc thềm biển và sự thay đổi mực nước biển toàn cầu

Các bậc thềm biển ở các độ cao khác nhau ở Nam Trung Bộ cũng là những sự kiện địa chất độc đáo minh chứng cho các pha biển tiến cực đại có tuổi từ Pleistocen giữa, phần sớm (Q_1^{2a}) đến Holocen muộn (Hình 2, Hình 21, Hình 22) [1, 4, 19].

A B C

Hình 21. (A) Thềm mài mòn - tích tụ cao 5 m có tuổi Holocen giữa (Q_2^2) (6-5ka BP) ở Bãi Xép, Phú Yên; (B) Thềm mài mòn - tích tụ trên đá basalt cao 15 m tuổi Pleistocen muộn, phần sớm (Q_1^{3a}) (40ka BP) và (C) thềm Thềm mài mòn - tích tụ cao 25 m tuổi Pleisocen giữa, phần muộn (Q_1^{2b}) (83ka BP) ở Bãi Xép, Phú Yên

A B

Hình 22. (A) Thềm mài mòn tích tụ trên đá basalt chảy tràn ở Ghềnh Bà có 3 bậc thềm từ thấp đến cao: (1) thềm bậc I: cao 2m tuổi Holocen muộn (Q_2^3) (2,5ka BP); (2) thềm bậc II: cao 5m tuổi Holocen giữa (Q_2^2) (6-5ka BP); (3) thềm bậc III: cao 15m tuổi Pleistocen muộn, phần sớm (Q_1^{3a}) (40ka BP).
(B) Bãi cuội 7 mầu ở Bình Thuận với chiều dài 1km, ở độ cao từ 5m. Cuội đa khoáng mài tròn rất tốt (Rotb=0,8), thuộc tướng cuội bài triều của bờ biển biển tiến Holocen giữa (Q_2^2) có tuổi 6-5ka BP.

- Ở độ cao 60 m có tuổi Pleistocen giữa, phần sớm (191ka BP), tương ứng với gian băng Mindel-Riss.
- Ở độ cao 25 m có tuổi Q_1^{2b} (83ka BP), tương ứng với gian băng Riss-Wurm1.
- Ở độ cao 15 m có tuổi Pleistocen muộn, phần sớm (Q_1^{3a}) (40ka BP), tương ứng với gian băng Wurm1-Wurm2.
- Ở độ cao 5 m có tuổi Holocen giữa (Q_2^2) (6-5ka BP), tương ứng với biển tiến cực đại Flandrian.
- Ở độ cao 2 m có tuổi Holocen muộn (Q_2^3) (3-2,5ka BP).

5. Thảo luận

5.1. Cơ chế kiến tạo-địa động lực manti như một nguyên nhân sâu xa tạo nên sự đa dạng về địa chất magma và địa mạo.

Từ Kreta đến Đệ Tứ khu vực Nam Trung Bộ đã có những hoạt động magma hết sức đa dạng và độc đáo nhất của Việt Nam. Tính đa dạng và độc đáo về thành phần thạch học và quy luật phân bố các đá xâm nhập, phun trào và phun nổ liên quan chặt chẽ với cơ chế kiến tạo địa động lực manti và vỏ. Theo luật nhân-quả giữa thạch học và kiến tạo-địa động lực manti cho phép ngoại suy nguyên nhân và cơ chế thành tạo 2 loại basalt kiềm và tholeit phân bố ở khu vực Nam Trung Bộ như sau:

- Basalt kiềm có kiến trúc nổi ban, ban tinh là các khoáng vật như: albit, augit, sanidin, olivin, nền có kiến trúc hyalopilit, các microlit albit tắt đứng; hàm lượng SiO_2 thấp, K_2O và Na_2O cao là minh chứng cho magma nóng chảy từng phần ở phần dưới sâu của manti trên [32, 35, 39].
- Basalt tholeit không có ban tinh, nền có kiến trúc pilotaxic, các que plagioclas mafic tắt xiên. Hàm lượng SiO_2 cao; K_2O và Na_2O thấp chứng tỏ magma có nguồn gốc phần trên của manti trên [30, 32, 35].
- Sự phun trào và phun nổ basalt khu vực Nam Trung Bộ và Tây Nguyên từ Miocen giữa đến Đệ Tứ là theo cơ chế căng giãn đồng thời với vát mỏng vỏ lục địa do tác động của dòng manti phát sinh sau trách giãn đáy Biển Đông (32-16 triệu năm) [16, 34]. Kết quả đã xuất hiện một loạt các đứt gãy sâu xuống manti đóng vai trò kênh dẫn magma kiềm và magma tholeit lên bề mặt [18, 22, 35].

5.2. Ý nghĩa di sản địa chất của các thành tạo magma basalt

Đối sánh với các đặc điểm di sản của UNESCO cho thấy, các thành tạo basalt thể hiện

rõ tính đa dạng, độc đáo, tính đại diện, minh chứng cho các quá trình địa chất nổi bật, đồng thời bảo tồn nguyên vẹn dấu ấn phun trào, phun nổ qua nhiều giai đoạn.

Basalt hình cột ở Ghềnh Đá Đĩa, Núi Đá Đĩa, Vực Song, Vực Hòm, Hố Tròn và các khu vực lân cận là những kỳ quan nhờ cấu tạo hình cột độc đáo và sự biến dạng các basalt cột do ảnh hưởng của quá trình di chuyển dòng lava, hoạt động phun trào của nhiều giai đoạn và hoạt động kiến tạo sau khi các cột đa giác được hình thành.

Basalt chảy tràn đã tạo nên những cao nguyên lượn sóng có tuổi khác nhau trên đó được khắc chạm bởi các ngấn biển, các bậc thềm mài mòn và thềm tích tụ có giá trị kỳ quan. Các bậc thềm là dấu ấn tái hiện các pha biển tiến cực đại do ảnh hưởng của các pha gian băng khi Trái Đất nóng lên.

Hoạt động basalt phun nổ là hiện tượng độc đáo sau hoạt động basalt phun trào đã tạo ra một loạt các cảnh quan du lịch giá trị: i) Hồ basalt phun nổ có dạng hình tròn và hồ hàm ếch do phun nổ nghẹn; ii) Hồ núi lửa cổ được lấp đầy trầm tích sét điatomit chứa hóa thạch vết in lá và sản phẩm của phong hoá các đá tuf basalt; và iii) Các tầng tuf phun nổ dưới biển do nâng trồi kiến tạo đã hình thành đảo núi cao kỳ vĩ ven bờ có giá trị như những kỳ quan về cấu tạo nhịp ngang song song chứa bom, cuội núi lửa.

6. Kết luận

- Hoạt động magma khu vực Nam Trung Bộ được chia làm 2 giai đoạn Kreta và Kainozoi với nhiều hệ tầng, phức hệ, loại đá tạo nên sự đa dạng về địa chất và thạch học trong khu vực.

- Thành phần khoáng vật, địa hóa và cấu tạo của đá basalt Kainozoi khá đa dạng và chia làm 2 nhóm chính: basalt kiềm và basalt tholeit. Basalt kiềm có nguồn gốc nóng chảy ở phần sâu của manti trên, basalt tholeit có nguồn gốc trên nóng chảy hoàn toàn từ phần nông của manti trên. Hoạt động phun trào basalt Kainozoi khu vực Nam Trung Bộ xảy ra từ Miocen giữa đến ngày nay và được chia thành 11 pha phun trào, minh chứng cho quá trình phát triển magma basalt liên tục trong khu vực.

- Các đá basalt có cấu tạo hình cột thẳng đứng, nằm ngang, nghiêng, uốn cong là do: quá trình co rút vật chất lava từ lỏng sang đông cứng, sự chuyển động của dòng lava và các yếu tố kiến tạo. Quá trình phun trào và phun nổ của các đá basalt tạo nên: sự phân tầng, phân nhịp của các thành tạo tuf, tuf xen basalt, cấu tạo dòng chảy uốn lượn, cấu trúc miệng núi lửa, cấu trúc hố sụt, hàm ếch, hang động với quy mô phân bố lớn ở khu vực Nam Trung Bộ tạo nên những cảnh quan kỳ vĩ và độc đáo, hấp dẫn du khách.

- Các thềm biển mài mòn, tích tụ, ngấn biển ven biển Nam Trung Bộ có tuổi từ Pleistocen giữa phần sớm đến Holocen muộn là nhân chứng lịch sử của 5 pha biển tiến cực đại do Trái Đất nóng lên và mối quan hệ tương tác biển - lục địa, đồng thời tạo nên những cảnh quan du lịch hùng vĩ.

Kiến nghị

Khu vực Nam Trung Bộ chứa đựng nhiều DSĐC không chỉ đẹp về mặt thẩm mỹ đối với người dân và du khách mà còn có tầm quan trọng khoa học to lớn, cần được đánh giá cao. Mặc dù đã có một số phân loại và nghiên cứu ban đầu, các yếu tố địa chất của khu vực vẫn chưa được phân loại và đánh giá đầy đủ. Hơn nữa các DSĐC này chưa được quan tâm bảo vệ đúng cách và có nguy cơ suy thoái và biến mất trong tương lai gần. Do đó việc điều tra, đánh giá về DSĐC vẫn cần được thực hiện một cách có hệ thống và ưu tiên để hướng tới thành lập Công viên Địa chất toàn cầu.

Lời cảm ơn

Để hoàn công trình này tác giả đã nhận được sự hỗ trợ và tạo điều kiện của Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản cho nhóm tác giả nghiên cứu thực địa và phân tích trong phòng thí nghiệm. Đồng thời đề tài: "Nghiên cứu tiềm năng di sản địa chất một số thành tạo trầm tích phun trào Kainozoi khu vực Nam Trung Bộ", Mã số TNMT.ĐL.2024.02 đã chuẩn bị một khối lượng tài liệu, số liệu đa dạng và phong phú để tác giả nghiên cứu, phân tích và tổng hợp theo nội dung

của bài báo. Nhân dịp này tác giả bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến những giúp đỡ quan trọng nói trên.

Tài liệu tham khảo

[1] N. D. Trung et al., Research Topic on Scientific and Legal Basis for the Establishment, Conservation and Rational Use of Geological Heritage and Geoparks in Vietnam. Institute of Geosciences and Mineral Resources 2011 (in Vietnamese).

[2] https://www.unesco.org/en/iggp/geoparks/about (accessed on: August 1st, 2025).

[3] T. Danh, Project, Research on Geological Reserves in Vietnam, Vietnam Geological Museum, 2004 (in Vietnamese).

[4] N. V. Toan, Research Topic, Assessment of the Value of Geological Heritage and Other Heritages as a Scientific Basis Towards Establishing a UNESCO Global Geopark in Phu Yen Province, Phu Yen Provincial Archives, 2023 (in Vietnamese).

[5] T. T. Van, Consulting and Supporting the Development of Ly Son Geopark to Prepare a Dossier to Submit to UNESCO for Recognition as a Global Geopark. Institute of Geosciences and Mineral Resources, 2020 (in Vietnamese).

[6] N. T. Duong, T. H. Phuong, N. V. Huong, D. V. Huy, D.V. Bao, D. H. Nhon, D. T. T. Huong, N. T. K. Anh, T. D. Thanh, B. V. Vuong, N. N. Anh, H. T. Thuy, Evaluation of Geological Heritage of Geosites for a Potential Geopark in Binh Thuan–Ninh Thuan Coastal Zone, Vietnam,Geoheritage, 2018.

[7] H. T. P. Chi, H. Q. Hai, Inventory and classification of geosites in the South-central Coast of Vietnam, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Conference on Environment and Sustainable Development 27/10/2023 - 28/10/2023, Vol. 1349, 2023.

[8] N. H. Xuan, N. T. Huyen, N. T. Doi, N. T. Ngan, Evaluation of the Value of Geological Heritage Tourism Resources of the Stone Disc Complex in Phu Yen Province, Proceedings of the XIV National Geographic Science Conference, 2024, pp. 11-20 (in Vietnamese).

[9] N. V. Cuong (Editor), Geological and Mineral Map at Scale 1:50,000 of Ham Tan - Con Dao Sheet Group, Center for Geological Information and Documentation, General Department of Geology and Minerals of Vietnam, Hanoi, 2001 (in Vietnamese).

[10] H. Phuong (Editor). Geological and Mineral Map at Scale 1:50,000 of Phan Thiet Sheet Group, Center for Geological Information and Data, General Department of Geology and Minerals of Vietnam, Hanoi, 1997 (in Vietnamese).

[11] D. V. Tiep, Geological and Mineral Map of Nha Trang Sheet Group at Scale 1:50,000, Center for Geological Information and Documentation, General Department of Geology and Minerals of Vietnam, Hanoi, 1991 (in Vietnamese).

[12] H. T. Ty (Editor), Geological and mineral map at a scale of 1:50,000 of the Phan Rang - Cam Ranh sheet group. Center for Geological Information and Documentation, General Department of Geology and Mineral Resources of Vietnam, Hanoi, 1986 (in Vietnamese).

[13] T. K. Vy (Editor), Geological and Mineral Map of Tuy Hoa Sheet Group at Scale 1:50,000, Center for Geological Information and Documentation, General Department of Geology and Mineral Resources of Vietnam, Hanoi, 1997 (in Vietnamese).

[14] T. V. Sinh (Editor), Geological and Mineral Map of Quy Nhon Sheet Group at Scale 1:50,000, Center for Geological Information and Documentation, General Department of Geology and Mineral Resources of Vietnam, Hanoi, 1999 (in Vietnamese).

[15] N. D. Thang (Editor), Geological and Mineral Map at Scale 1:200,000 of Ben Khe - Dong Nai Sheet. Center for Geological Information and Documentation, General Department of Geology and Minerals of Vietnam, Hanoi, 1999 (in Vietnamese).

[16] N. D. Dy, D. V. Thuan, N. T. Tan, V. V. Ha, L. D. Luong, P. D. Pha, Cenozoic Stratigraphy in the Coastal Plains of South Central Vietnam, Journal of Earth Sciences, Vol. 32, No. 1, 1999, pp. 1-7 (in Vietnamese).

[17] N. X. Han, N. T. Yem, N. Hoang, C. T. Chi, P. T. Xuan, Late Cenozoic Volcanic Activity in South Central Vietnam, Journal of Geology, Vol. 202-203, 1991, pp. 33-41 (in Vietnamese).

[18] D. V. Linh, History of Cenozoic Tectonic Development in the South Central Region and its Relationship with Earthquakes, Phd Thesis in Geology, Ho Chi Minh City National University, 2010 (in Vietnamese).

[19] T. Nghi (Editor), Pliocene - Quaternary Geology of Vietnam's Sea and Adjacent Areas, VNU Publishing House, 2014 (in Vietnamese).

[20] L. T. Nghinh, D. T. Mien, P. D. Pha, T. T. Sau, N. T. Cuc, Characteristics and Formation Conditions of Pliocene Diatomite in South Vietnam. Journal of Earth Sciences, Vol. 26, No. 4, 2004, pp. 493-502 (in Vietnamese).

[21] P. D. Pha, L. T. Nghinh, K. Q. Nam, N. X. Huyen, Distribution Characteristics and Accumulation Conditions of Bentonite and Diatomite Clay Formations in the Cheo Reo, Phu Tuc and Van Hoa Plateaus, Journal of Geology, Series A, Vol. 299, No. 3-4, 2007, pp. 50-59 (in Vietnamese).

[22] P. V. Phach, V. V. Chinh, V. Q. Minh, L. D. Anh, N. T. Thanh, B. V. Quynh, Some New Data on Deformation in the SouthCentral Coast and their Significance in Assessing Regional Tectonic Phases, Journal of Earth Sciences, Vol. 36, No. 3, 2014, pp. 289-305 (inVietnamese).

[23] N. K. Quoc, L. N. Thuoc, Late Cenozoic Basalt Eruption in the South Central Coast. Geology and Minerals, Geological Map Federation, Hanoi, Vol. 1, 1979 pp. 137-158 (in Vietnamese).

[24] B. M. Tam (Editor), Magma of Vietnam, Institute of Geosciences and Mineral Resources, 2010 (in Vietnamese).

[25] N. V. Tuan, T. Nghi, T. T. Van, Stratigraphy of Quaternary Sand Formations Along the South Central Coast and Stratigraphic Significance, VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences, Vol. 35, No. 2, 2019, pp. 74-90 (Vietnamese).

[26] D. D. Toat, L. T. Me, Characteristics of Eruption in Geological and Mineral Map of Quy Nhon Sheet Group at Scale 1:50,000, 3th Conference of the University of Mining and Geology, Hanoi, 1998 (in Vietnamese).

[27] P. T. Xuan, N. T. Yem, Characteristics of Late Cenozoic Volcanic Activity in Vietnam, Journal of Earth Sciences, Vol. 21, No. 2, 1999, pp. 128-135 (in Vietnamese).

[28] P. T. Xuan, N. Hoang, Characteristics of Petrographic Composition and Major Elements in Late Cenozoic Basalts in Vietnam, Journal of Earth Sciences, Vol. 24, No. 1, 2002, pp. 33-42 (in Vietnamese).

[29] P. T. Xuan, N. Hoang, H. K. Lee, Characteristics of Trace Element and Isotopic Composition in Late Cenozoic Basalts in Vietnam and Their Tectonic Significance. Earth Sciences Journal, 25/4, 2003, pp. 449-510 (in Vietnamese).

[30] N. T. Phuong, P. T. Dung, T. H. Lam, H. V. Thang, Conditions of Basalt in the Central Highlands of Vietnam Based on Research on Mineral Composition Characteristics. Earth Sciences Journal, 2023 (in Vietnamese).

[31] V. M. Colin, G.J. Brian, T. Nghi, M. P. David, V. V. Vinh, T. N. Tinh, C. N. Gerald, Thermolumine Scence Ages for a Reworked Coastal Barrier, Southeastern Vietnam: a Preliminary Report, Journal of Asian Earth Sciences, No. 20, 2002, pp. 535-548.

[32] N. Hoang, M. F. J. Flower, Petrogenesis of Cenozoic Basalts from Vietnam: Implications for Origins of A Diffuse Igneous Province, J. Petrol., Vol. 39, No. 3, 1998, pp. 369-395.

[33] N. Hoang, M. F. J. Flower, R. W.Carlson, Major, Trace Element, and Isotopic Compositions of Vietnamese Basalts: Interaction of Hydrous EM1-rich Asthenosphere with Thinned Eurasian Lithosphere, Geochim, Cosmochim. Acta, Vol. 60, No. 22, 1996, pp. 4329-4351.

[34] B. W. F. Michael, O. B. Lars, H. N. Lars, Geological Development of the Central and South Vietnamese Margin: Implications for Establishing the South China Sea, Indochinese Escape Tectonics and Cenozoic Volcanism,Techtonophusic, Vol. 478, 2009, pp. 184-214.

[35] N. V. Dao, Geochemical Study of Late Cenozoic Mafic Volcanic Rocks from Vietnam: Implications for Intraplate Volcanism and Mantle Heterogeneity Genesis in Southeast Asia, Doctor's Course, Okayama University, 2022.

[36] C. Rangin, P. Huchon, X. Le Pichon, H. Bellon, C. Lepvrier, D. Roques, N. D. Hoe, P. V. Quynh, Cenozoic Deformation of Central and Southern Vietnam, Tectonophysics, Vol. 251, 1 995, pp. 79-196.

[37] P. Tapponnier, G. Peltzer, R. A.Y. Armijio, On the Mechanics of the Collision Between India and Asia, In: Collision Tectonics, Geol. Soc. Lond. Spec. Publ., Coward, M. P. and Ries A.C. (eds.), Vol. 19, 1986, pp. 115-157.

[38] The Global Volcanism Program, Smithsonian Institution. http://volcano.si.edu/ (accessed on: August 1st, 2025).

D. D. Toat, Petrology of Erupting rocks. University of Mining and Geology, 2003 (in Vietnamese).