

Nghiên cứu các đá trầm tích nước sâu tuổi Devon muộn – Carbon sớm ở Miền Trung Việt Nam: ý nghĩa địa tầng và kiến tạo khu vực

Nguyễn Minh Quyền^{1,2}, Feng Qing Lai², Zhao Tian Yu², Bùi Thị Thu Hiền³, Nguyễn Quốc Hưng³, Hoàng Thị Thoa³, Đặng Hương Giang¹

¹ Liên đoàn địa chất Xạ – Hiếm, Cục Địa chất và Khoáng Sản Việt Nam

² Phòng thí nghiệm Trọng điểm Quốc gia về Quá trình Địa chất và Tài nguyên Khoáng sản, Đại học Địa chất Trung Quốc (Vũ Hán), Trung Quốc

³ Trường đại học Mỏ – Địa chất

Tác giả liên hệ: quyennguyencug@gmail.com

Ngày gửi bài: 20/6/2025

Ngày chấp nhận đăng: 22/9/2025

Từ khóa: Địa mảng Đông Dương, Đai uốn nếp Trường Sơn, Trầm tích silic, Trầm tích vận chuyển khối vùng nước sâu, Rìa lục địa

Tóm tắt: Bài báo tiến hành phân tích chi tiết hai mặt cắt đá trầm tích tương vận chuyển khối vùng nước sâu (DWMTD) (Quảng Trạch, Hương Sơn) và hai mặt cắt trầm tích silic chứa vi hóa thạch (Minh Hóa, Đức Thọ) ở miền Trung Việt Nam. Trên bình đồ kiến tạo khu vực, vùng này nằm trong Đai uốn nếp Trường Sơn (TSFB), thuộc rìa Đông Bắc địa mảng Đông Dương. Kết quả nghiên cứu cho thấy, có một hệ thống sườn lục địa nước sâu có phương Tây Bắc – Đông Nam tồn tại ở đây trong suốt giai đoạn Devon muộn – Carbon sớm. Hóa thạch Trùng tia (Radiolaria) và Vò nón (Tentaculites) từ đá silic (chert) trong hệ tầng Ngọc Lâm (mặt cắt Minh Hóa) xác định tuổi trầm tích là Devon muộn, trong khi các đá silic trong hệ tầng Thiên Nhân (mặt cắt Đức Thọ) chứa Trùng tia có tuổi Tournai – Vise sớm (Carbon sớm). Số liệu địa hóa, thạch học và hóa thạch chỉ ra rằng các đá silic ở Minh Hóa có lẽ hình thành trong môi trường gần chân lục địa, còn đá silic ở Đức Thọ tích tụ ở nông hơn trên sườn lục địa. Hai mặt cắt DWMTD, phân bố ở giữa hai mặt cắt Minh Hóa và Đức Thọ, củng cố thêm bối cảnh rìa lục địa này. Hệ thống này kéo dài sang Trung Lào, tuy nhiên chúng tương phản với Đai uốn nếp Loei (rìa tây địa mảng Đông Dương), Đông Bắc Thái Lan – nơi xuất hiện một vỏ đại dương trong giai đoạn Devon muộn – Carbon sớm, và hoạt động núi lửa dạng cung liên quan đến hút chìm trong kỷ Carbon. Tại TSFB, sự vắng mặt của một vỏ đại dương thực thụ có lẽ đã ngăn cản quá trình hút chìm và hoạt động magma cung tuổi Carbon.

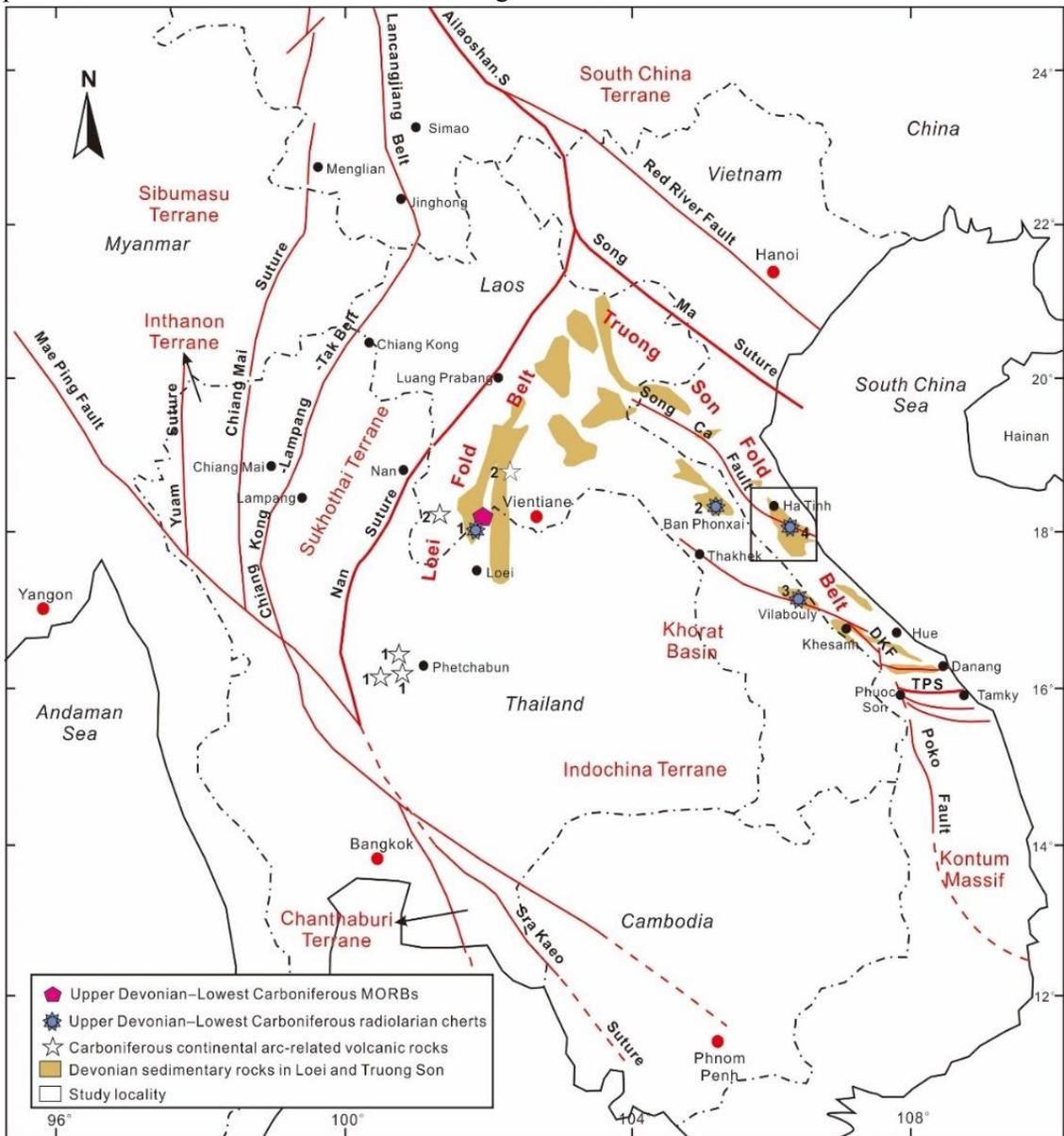
1. Giới thiệu

Nằm ở rìa phía đông và tây bắc của Địa mảng Đông Dương (Hình 1), hai đai uốn nếp Trường Sơn (TSFB) và Loei (LFB) đóng vai trò như những khu vực then chốt ghi lại lịch sử tiến hóa địa chất phức tạp của khu vực (Nguyen et al., 2019). Mặc dù cùng chia sẻ một giai đoạn lịch sử phát triển trong môi trường biển kéo dài từ kỷ Silur đến kỷ Cacbon, hoạt động magma tại hai đai này lại thể hiện sự khác biệt nổi bật. Trong khi LFB bảo tồn

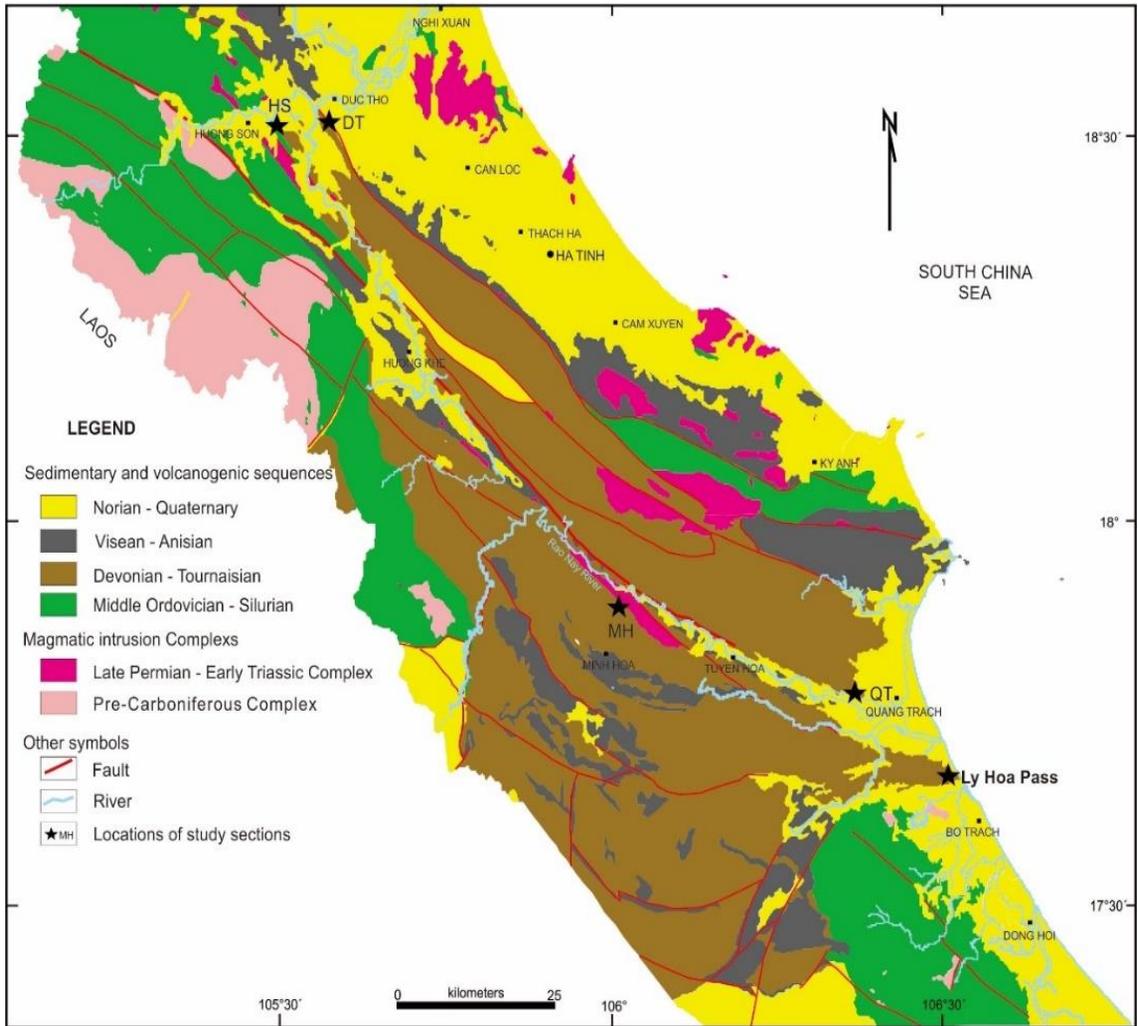
các giai đoạn hoạt động cung núi lửa Silur – Devon, Cacbon, Permi – Trias, thì TSFB lại ghi nhận sự vắng mặt đáng kể của các hoạt động núi lửa trong kỷ Cacbon. Một điểm tương đồng quan trọng khác là sự hiện diện của các đá trầm tích silic chứa Trùng tia (radiolarit) tuổi Devon muộn – Cacbon Sớm ở cả hai đai, tuy nhiên, các bằng chứng về đá bazan tách giãn đáy đại dương (MORB) và các mảnh vỡ vỏ đại dương lại chỉ được tìm thấy đặc trưng ở LFB. Những khác biệt cơ bản

này đặt ra những câu hỏi quan trọng về sự phát triển kiến tạo của từng đại và mối quan hệ giữa chúng. Nhằm giải mã lịch sử cổ địa lý và kiến tạo của khu vực Trường Sơn trong giai đoạn Devon muộn – Cacbon Sớm, thời kỳ hình thành các trầm tích radiolarit và có những chuyển biến kiến tạo lớn, nghiên cứu này thực hiện việc tích hợp chặt chẽ dữ liệu từ ba lĩnh vực: địa tầng thạch học, địa tầng hóa thạch vi cổ sinh và địa tầng hóa học, tập trung vào các trầm tích nước sâu lộ ra ở miền Trung Việt Nam thuộc TSFB. Mục tiêu tổng quát là khôi phục lại bối cảnh trầm tích và cổ môi trường

chi tiết cho TSFB trong khoảng thời gian then chốt này, đồng thời đối sánh với các ghi nhận từ khu vực LFB lân cận. Kết quả nghiên cứu được kỳ vọng sẽ góp phần trả lời hai câu hỏi trọng tâm: (1) Phải chăng bề sâu Loei đã từng mở rộng về phía đông vào khu vực Trường Sơn? (2) Nguyên nhân nào dẫn đến sự vắng mặt của núi lửa cung Cacbon tại TSFB? Từ đó, nghiên cứu hướng tới đóng góp một cách có hệ thống vào việc khôi phục bức tranh tổng thể về quá trình tiến hóa kiến tạo dọc rìa Địa mảng Đông Dương trong giai đoạn Devon muộn – Cacbon sớm.



Hình 1. Bản đồ kiến tạo Đông Nam Á giản lược thể hiện các mặt cắt nghiên cứu (theo Nguyễn và nnk, 2016; Trần 2023). TPS: Đới khâu Tam Kỳ – Phước Sơn; DKF: Đứt gãy Đà Nẵng – Khe Sanh.



Hình 2. Sơ đồ địa chất khu vực miền Trung Việt Nam thể hiện vị trí các mặt cắt nghiên cứu (theo Tran and Vu, 2011; Tong et al., 2013). DT: Mặt cắt Đức Thọ; HS: Mặt cắt Hương Sơn; MH: Mặt cắt Minh Hóa; QT: Mặt cắt Quảng Trạch.

2. Địa chất vùng

Đại uốn nếp Trường Sơn (TSFB) bao gồm các đá biến chất yếu có phương Tây Bắc – Đông Nam (Hình 2, 3). Địa tầng được xác định bởi bốn chuỗi trầm tích chính:

Chuỗi trầm tích I (Ordovic muộn – Silur): Trầm tích lục nguyên biển nông tuổi Ordovic muộn (phần dưới Hệ tầng Sông Cả và Long Đại) phủ lên trên bởi đá phiến sét nước sâu chứa bút đá/Trùng tia tuổi Silur (phần trên Hệ tầng Sông Cả, Long Đại và Hệ tầng Tây Trang) (Tông và Vũ, 2005).

Chuỗi trầm tích II (Devon – Tournais): Carbonat biển nông tuổi Devon sớm – giữa (Hệ tầng Rào Chan, Bán Giàng, Mục Bài, và Động Thờ) phủ lên trên bởi trầm tích nước sâu tuổi Devon muộn – Tournais (Hệ tầng Ngọc

Lâm, Xóm Nha và Thiên Nhẫn) (Nguyễn 1981; Tạ và Nguyễn, 1997).

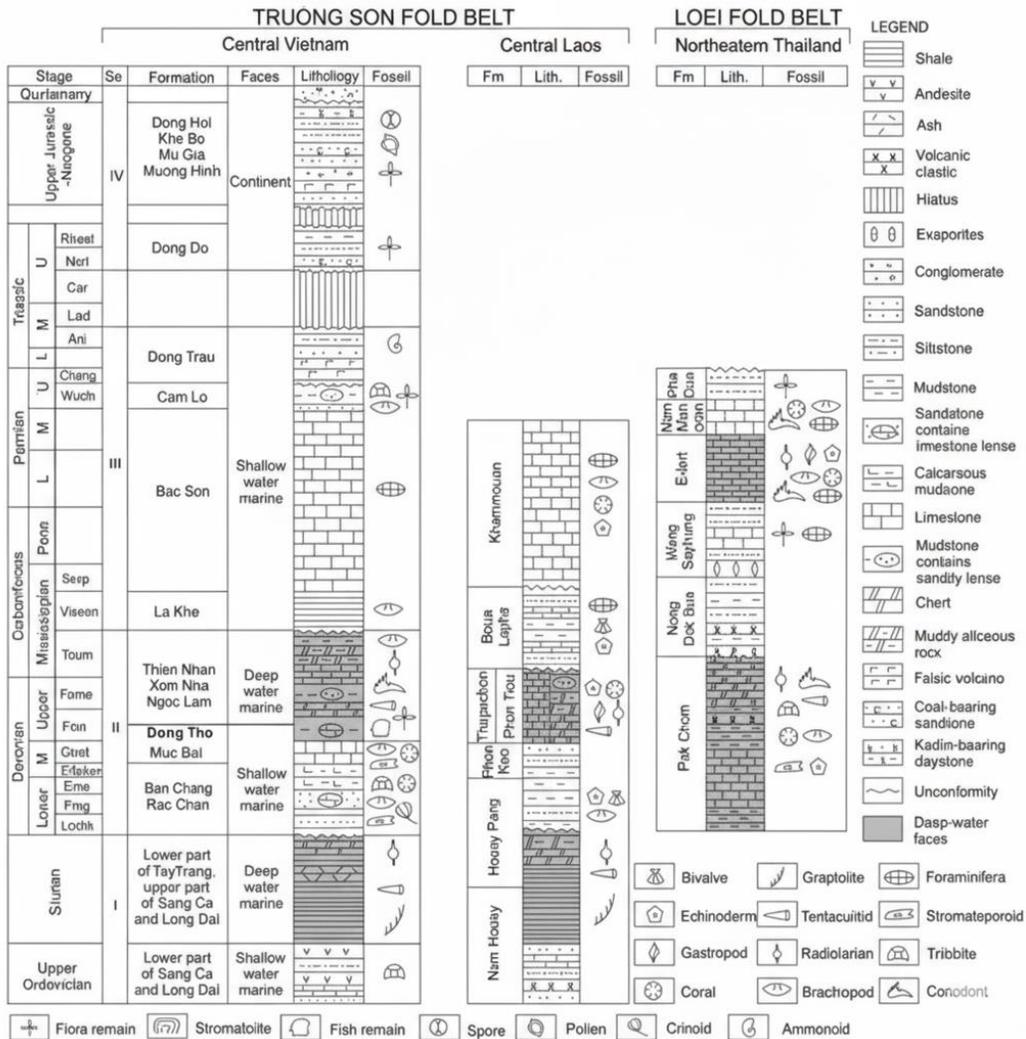
Chuỗi trầm tích III (Vise – Anisi): Carbonat biển nông, hỗn hợp lục nguyên – carbonat, trầm tích lục nguyên (Hệ tầng La Khê, Bắc Sơn, Cam Lộ và Đồng Trầu) (Đovjikov A. E. và nnk. 1965).

Chuỗi trầm tích IV (Nori – Đệ Tứ): Trầm tích núi lửa axit, trầm tích lục địa (Hệ tầng Đồng Đỏ, Mường Hình, Mụ Gia, Khe Bô, Đồng Hới và trầm tích Đệ Tứ) (Tran and Vu, 2011).

Về tương quan địa tầng, TSFB ở Trung Lào và Việt Nam thể hiện các đặc điểm tương đồng, trong khi LFB ở Đông Bắc Thái Lan có sự khác biệt (Hình 3). Trong TSFB, chế độ biến sâu xuất hiện vào kỷ Silur và Devon

muộn – Cacbon Sớm. Ngược lại, LFB có chế độ biển sâu liên tục từ kỷ Silur đến Cacbon Sớm, với một giai đoạn khác vào kỷ Permi.

Hoạt động macma trong TSFB bao gồm chủ yếu là các thành tạo granitoid tuổi trước Cacbon và các thể xâm nhập tuổi Permi – Trias (Hình 2) (Trần 2023).



Hình 3. Tương quan địa tầng giữa miền Trung Việt Nam, Trung Lào và Đông Bắc Thái Lan (theo Tran and Vu, 2011; Tong et al., 2013; Udchachon et al., 2015).

3. Phương pháp nghiên cứu

Tổng cộng 11 mẫu đá silic giàu vi hóa thạch đã được thu thập từ hai mặt cắt Minh Hóa và Đức Thọ. Các mẫu trước tiên được nghiên cứu thạch học để phân tích thành phần và quan sát hình thái vi hóa thạch dưới kính hiển vi. Các cá thể vi hóa thạch sau đó được tách ra bằng phương pháp ngâm axit HF từ đá gốc, lựa chọn thủ công dưới kính hiển vi và chụp ảnh bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) tại Phòng thí nghiệm Trọng điểm Quốc gia về Quá trình Địa chất và Tài nguyên Khoáng sản, Đại học Địa chất Trung Quốc (Vũ Hán).

Các mẫu này đồng thời được chuẩn bị cho phân tích địa hóa bằng cách đập vỡ, chọn lọc thủ công để loại bỏ các phần bị phong hóa hoặc nhiễm tạp chất, sau đó nghiền mịn đến kích thước dưới 0,074 mm bằng máy nghiền li tâm. Phân tích nguyên tố vết và nguyên tố đất hiếm được thực hiện bằng thiết bị ICP-MS Agilent 7500^a tại cùng phòng thí nghiệm. Quy trình phá mẫu và chất lượng phân tích tuân theo mô tả của Liu et al. (2008).

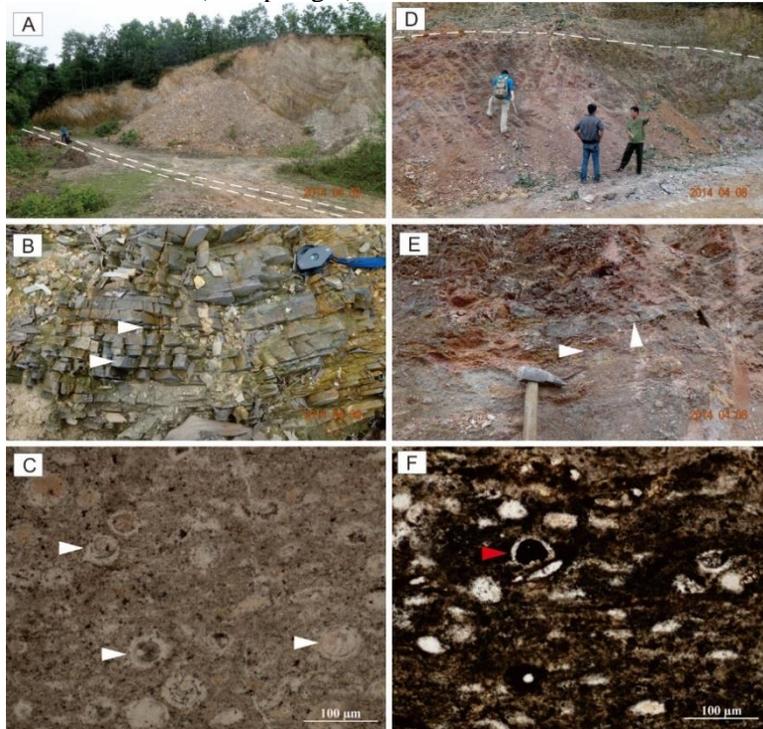
4. Các mặt cắt nghiên cứu

4.1. Các mặt cắt trầm tích silic nước sâu

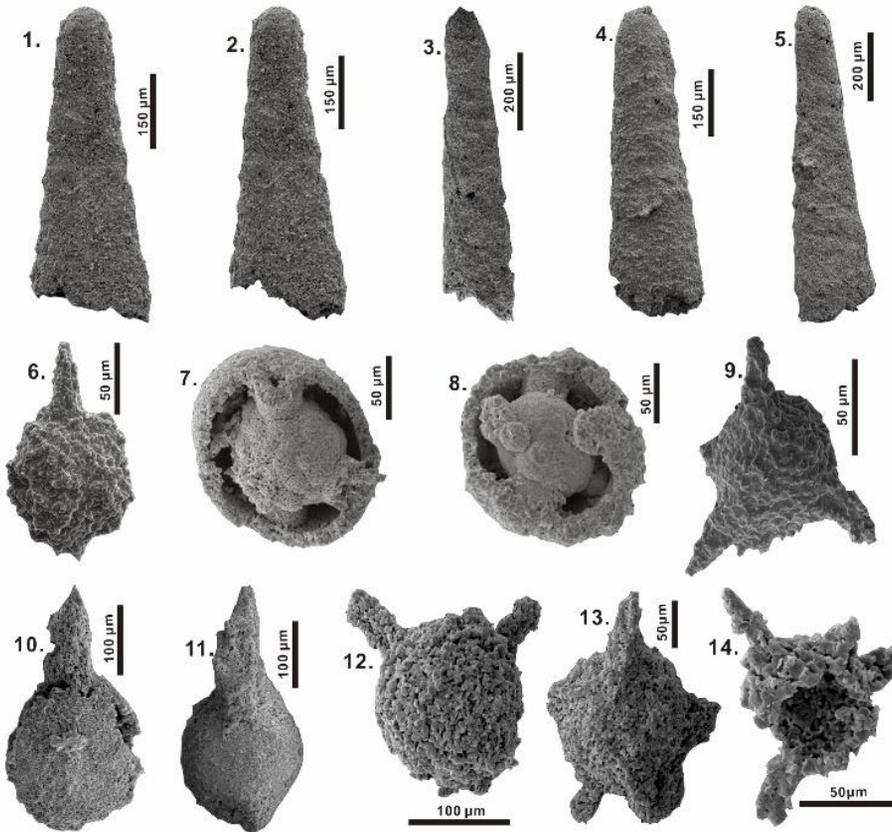
4.1.1. Mặt cắt Minh Hóa ($17^{\circ}52'57''N$, $106^{\circ}00'21''E$; Hệ tầng Ngọc Lâm)

Các lớp đá trầm tích silic chứa Trùng tia và Vỏ nón lộ ra tại vết lộ ven đường ở huyện Minh Hóa, tỉnh Quảng Bình (Hình 2). Phần mặt cắt này bao gồm: một lớp sét kết/kết bột màu vàng ở dưới (~7 m), ở giữa bao gồm các lớp đá silic dày 1–2 cm xen kẽ với phiến sét silic dày <0,5 cm (~1 m), và một lớp sét kết/bột kết màu vàng sẫm ở trên (~20 m) (Hình 4A–B). Dưới kính hiển vi, các lớp đá silic chứa hàm lượng vật chất hữu cơ thấp, với các vỏ Trùng tia nằm rải rác trong nền vi tinh thạch anh (Hình 4C). Hệ tầng Ngọc Lâm trước đây được định tuổi Devon muộn dựa trên hóa thạch tay cuộn và răng nón (Thông và nnk., 2001), đã được tái khẳng định trong nghiên cứu này thông qua các phát hiện mới về hóa thạch Vỏ nón (*Striatostyliolina striata*, *Styliolina* sp. B; Li, 1993, 2002) và Trùng tia (*Entactinia cometes*) (Hình 5.1–5.8). Cấu tạo dạng cặp đá silic–phiến sét xen kẽ thường đại diện cho trầm tích bán biển sâu (hemipelagic),

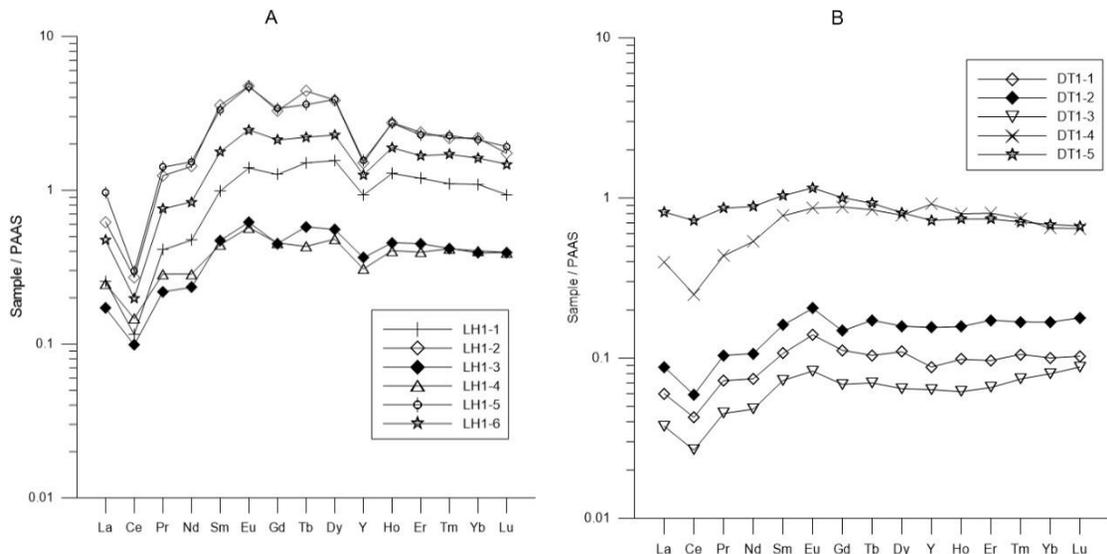
nơi trầm tích nước sâu thường ít nhiều bị ảnh hưởng bởi các vật liệu từ lục địa. Chúng thường được lắng đọng trên các sườn lục địa, chân lục địa và các phần của vỏ đại dương gần rìa lục địa (Hüneke and Henrich, 2011). Hàm lượng vật chất hữu cơ thấp (Hình 4C), cùng các dấu hiệu địa hóa biến sâu rõ rệt (xem Murray 1994) [bao gồm: dị thường âm Ce, nghèo đất hiếm nhẹ (LREE), tổng hàm lượng đất hiếm (REE) cao (Hình 6A); thiếu sự tương quan thuận giữa REE với các nguyên tố đặc trưng cho nguồn lục địa như Hf, Zr, Th, Al (Hình 7)], khuyến nghị rằng các đá silic Minh Hóa có thể đã được lắng đọng tại các khu vực xa bờ, tại chân lục địa hoặc các phần của vỏ đại dương gần rìa lục địa (Hesse and Schacht, 2011). Tuy nhiên, do không tìm thấy bằng chứng về sự hiện diện của vỏ đại dương trong khu vực nghiên cứu suốt giai đoạn Devon–Carbon, chúng tôi đề xuất rằng các đá silic tại mặt cắt Minh Hóa được lắng đọng xung quanh khu vực chân lục địa.



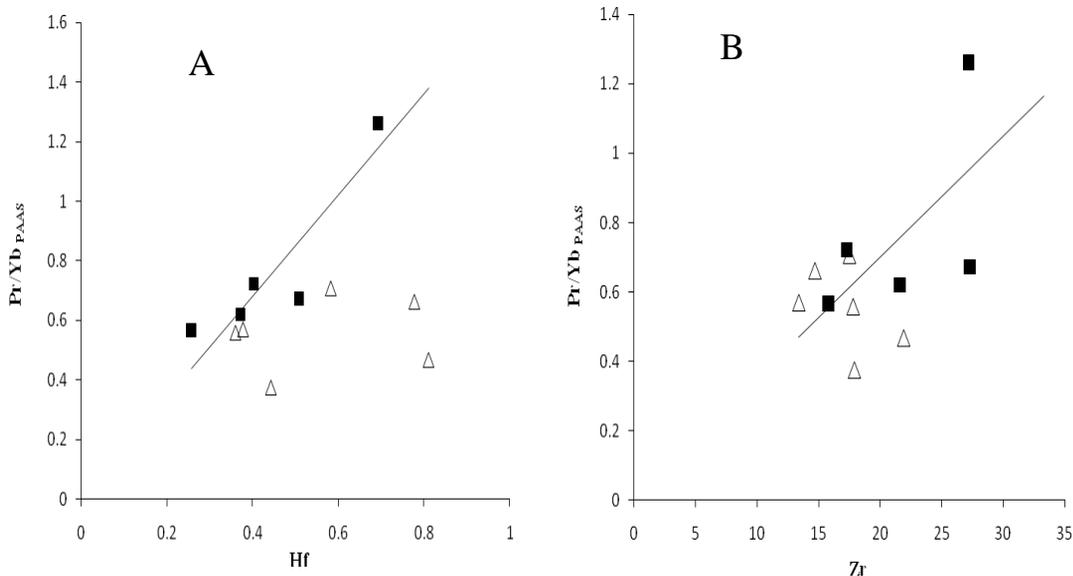
Hình 4. (A, B, C) Mặt cắt Minh Hóa: (A) Ảnh vết lộ thể hiện lớp đá silic xen phiến sét (trong đường nét đứt); (B) Cận cảnh lớp đá silic (mũi tên dưới) – phiến sét (mũi tên trên); (C) Ảnh hiển vi lớp đá silic chứa vỏ hóa thạch Trùng tia (mũi tên) trên nền thạch anh vi tinh nghèo vật chất hữu cơ. (D, E, F) Mặt cắt Đức Thọ: (D) Vết lộ thể hiện lớp đá silic xen sét kết/bột kết silic (dưới đường nét đứt); (E) Cận cảnh lớp đá silic (mũi tên dọc) – sét kết/bột kết silic (mũi tên ngang); (F) Ảnh hiển vi lớp đá silic chứa vỏ hóa thạch Trùng tia (mũi tên) trên nền thạch anh vi tinh giàu vật chất hữu cơ.



Hình 5. Hóa thạch Vô nón (1–5) và Trùng tia (6–8) tuổi Devon muộn từ các lớp đá silic trong mặt cắt Minh Hóa: (1, 2) *Striatostyliolina striata* (Richter), (3, 4, 5) *Styliolina* sp.; (6) *Entactinia cometes* Foreman, (7, 8) *Radiolaria* chưa xác định loại A (indeterminate radiolarian A). Hóa thạch Trùng tia tuổi Tournai – Vise Sớm (9–14) từ các lớp đá silic trong mặt cắt Đức Thọ: (9) *Archocyrtium?* sp.; (10, 11) *Belowwea variabilis* (Ormiston và Lane) Won; (12, 13, 14) *Radiolaria* chưa xác định loại B (indeterminate radiolarian B).



Hình 6. Biểu đồ các nguyên tố đất hiếm chuẩn hóa theo PAAS của các mẫu đá silic: (A) Sáu mẫu đá silic từ mặt cắt Minh Hóa; (B) Năm mẫu đá silic từ mặt cắt Đức Thọ.



Hình 7. Tương quan giữa tỉ lệ Pr/Yb_{PAAAS} (đại diện cho địa hóa nước biển) với hàm lượng các nguyên tố có nguồn gốc lục địa Hf (A) và với Zr (B) của các mẫu đá silic: Tương quan thuận nhẹ ở mẫu mặt cắt Đức Thọ (■) chứng tỏ nước biển bị ảnh hưởng bởi vật chất từ lục địa, trong khi hầu như không có tương quan ở các mẫu trong mặt cắt Minh Hóa (△) chứng tỏ sự vắng mặt/ảnh hưởng không đáng kể của vật chất vỏ lục địa lên môi trường lắng đọng các đá silic trong mặt cắt này.

4.1.2. Mặt cắt Đức Thọ ($18^{\circ}30'52''N$, $105^{\circ}34'25''E$; Hệ tầng Thiên Nhân)

Mặt cắt Đức Thọ, tỉnh Hà Tĩnh (Hình 2) gồm ba đơn vị thạch học chính: (1) Phần đáy là sét kết silic màu nâu, dày khoảng 2 m; (2) Phần giữa, dày tổng cộng khoảng 5 m (Hình 4D,E), chủ yếu là đá silic phân lớp mỏng (dày 2–3 cm) màu xám, nứt nẻ, xen kẽ với các lớp sét kết/bột kết silic màu nâu đỏ, xám vàng (dày khoảng 1–1,5 cm). Các lớp đá silic trong phần này giàu vật chất hữu cơ và chứa hóa thạch Trùng tia bảo tồn trong nền vi tinh thạch anh (Hình 4F); (3) Phần trên cùng là sét kết/bột kết phong hóa màu xám vàng, dày khoảng 2 m. Nghiên cứu này phát hiện hai loài Trùng tia bảo tồn tương đối hoàn chỉnh trong các đá silic ở phần giữa: *Belowea variabilis* (Hình 5.10–5.11; tuổi Tournai muộn – Vise sớm) và *Archocyrtium?* sp. (Hình 5.9; tuổi Tournai). Kết hợp với các hóa thạch đã được công bố trước đây trong hệ tầng Thiên Nhân (Hada et al., 2004), chúng tôi đề xuất tuổi Devon muộn – Carbon sớm cho hệ tầng này. Sự hiện diện của giống *Archocyrtium?* sp., thuộc bộ Trùng tia nước sâu Nassellaria (Feng and Algeo, 2014), gợi ý môi trường lắng đọng có thể là một bồn trũng nước sâu (Nguyễn và nnk., 2016). Cấu tạo dạng nhịp đặc trưng bởi sự xen kẽ giữa đá

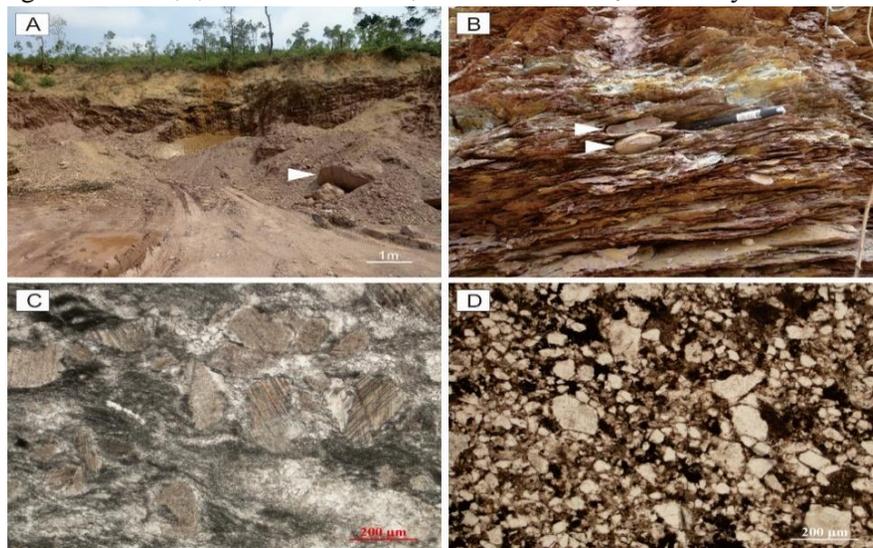
silic và sét kết silic giàu vật chất hữu cơ (Hình 4D, E, F) phù hợp với môi trường sườn lục địa (xem Kametaka et al., 2005). Dữ liệu địa hóa chỉ ra sự gia tăng ảnh hưởng của vật liệu lục nguyên từ dưới lên trên: Các mẫu phần dưới (DT1–1–DT1–3) thể hiện đặc trưng địa hóa điển hình của nước biển (dị thường Ce âm, nghèo nhóm đất hiếm nhẹ; Hình 6B), trong khi các mẫu phần trên của mặt cắt (DT1–4–DT1–5) có tổng hàm lượng đất hiếm cao, mất dấu hiệu đặc trưng đất hiếm của nước biển, đồng thời hàm lượng các nguyên tố chỉ thị nguồn gốc lục địa (Zr, Hf) tăng rõ rệt (Hình 7), phản ánh sự tăng dần của dòng vật liệu lục nguyên. Như vậy, mặt cắt Đức Thọ (Hệ tầng Thiên Nhân) có lẽ được lắng đọng trên sườn lục địa với ảnh hưởng khá rõ ràng của vật liệu từ lục địa. Môi trường này tương phản tương đối rõ rệt với mặt cắt Minh Hóa (được cho là thuộc môi trường chân lục địa, tuổi Devon muộn) ở vị trí sâu hơn và ít chịu ảnh hưởng của vật liệu từ lục địa hơn.

4.2. Các mặt cắt trầm tích vận chuyển khối vùng nước sâu (Deep-water mass-transport deposit – DWMTD)

Rìa lục địa tạo điều kiện lý tưởng cho sự hình thành các dòng trầm tích dịch chuyển

khối, bao gồm quá trình tách vỡ, lở và vận chuyển đất đá xuống dốc dưới tác động của trọng lực. Do đó, các khối trầm tích dịch chuyển khối thường được coi là dấu hiệu đáng tin cậy của các rìa lục địa cổ (Shanmugam 2013a,b; Festa et al.,

2014). Hai mặt cắt DWMTD (Quảng Trạch, Hương Sơn) phân bố ở giữa hai mặt cắt Minh Hóa (Devon muộn) và Đức Thọ (Devon muộn – Carbon sớm) đã được xác định trong khu vực nghiên cứu (Hình 2). Chúng sẽ được mô tả lần lượt dưới đây.



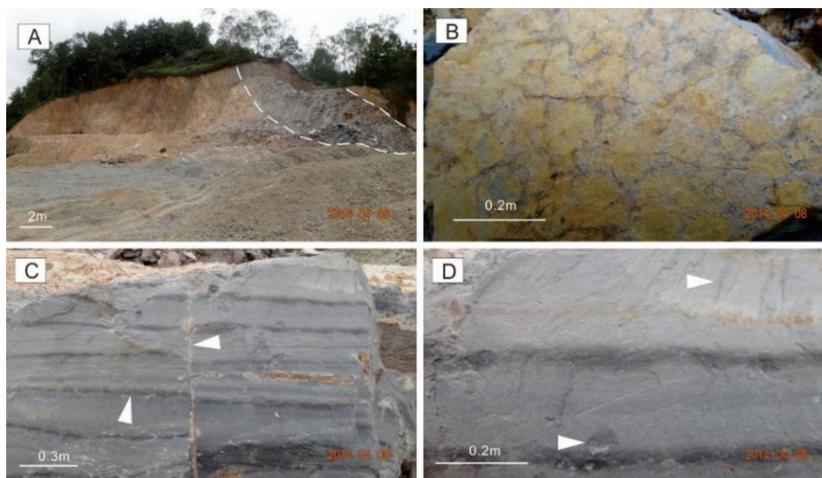
Hình 8. (A) Ảnh lộ vỉa mặt cắt DWMTD giàu bùn tại Quảng Trạch. Lưu ý khối cát kết kích thước cỡ vài mét, góc cạnh (mũi tên). (B) Ảnh cận cảnh cho thấy các khối nhỏ (đá vôi, cát kết) phân bố ngẫu nhiên trong nền đá phiến sét, có cát khai yếu và không có các cấu tạo đường căng kéo. Ảnh dưới kính hiển vi các hòn tảng đá vôi (C) và cát kết (D) trong nền đá phiến sét.

4.2.1. Mặt cắt Quảng Trạch (Quảng Bình: 17°46'11"N, 106°21'38"E)

Mặt cắt này nằm ở huyện Quảng Trạch, Quảng Bình (Hình 2). Đây là một đới xáo trộn trầm tích với thành phần chính là các lớp phiến sét, biến chất yếu và không quan sát thấy các cấu tạo dạng đường đặc trưng cho hoạt động biến dạng. Bên trong các lớp phiến sét chứa các hòn tảng ngẫu nhiên về thành phần (đá vôi, cát kết), hình dạng (gần tròn và góc cạnh) và kích thước (từ milimet đến vài mét) (Hình 8). Những đặc điểm này được coi là bằng chứng cho sự hình thành thông qua cơ chế đông cứng khối (en masse freezing) của DWMTD giàu bùn (debrite bùn/olistostrome/mélange trầm tích) trên sườn lục địa hoặc thậm chí đáy biển (Festa et al., 2014). Về mặt địa tầng, mặt cắt này nằm giữa hai mặt cắt Minh Hóa (Devon muộn) và Đức Thọ (Carbon sớm) (Hình 2), chứng tỏ nó cũng được hình thành trong khoảng thời gian Devon muộn – Carbon sớm.

4.2.2. Mặt cắt Hương Sơn (Hà Tĩnh: 18°30'51"N, 105°29'21"E)

Mặt cắt lộ ra tại huyện Hương Sơn, Hà Tĩnh (Hình 2) bao gồm các lớp bột kết/sét kết phân lớp màu vàng phớt nâu xen kẽ với các thấu kính nhỏ cát kết chứa vôi màu xám xanh (Hình 9). Đơn vị cát kết chứa vôi trong mặt cắt này bao gồm các cấu tạo trầm tích đặc trưng cho trầm tích dịch chuyển khối vùng nước sâu giàu cát (sandy DWMTD/sandy debrite, Shanmugam 2013a), cụ thể là: (1) mang đặc trưng hình học dạng thấu kính có các mặt tiếp xúc trên và dưới rõ ràng nhưng không có quy luật (mặt trên có vết tích hóa thạch) (Hình 9a,b), (2) chứa các mảnh vụn bột kết dạng tấm, lớp đi cùng các đứt gãy đồng trầm tích (Hình 9c,d), (3) sự hiện diện của các mảnh vụn bột kết xếp lợp và cấu trúc đĩa (Hình 9d), (5) thiếu vắng sự phân cấp độ hạt (Hình 9c,d). Đây cũng được coi là các bằng chứng cho sự hình thành thông qua cơ chế đông cứng khối ngẫu nhiên (en masse freezing) của các dòng vật liệu giàu cát dọc các sườn lục địa (Shanmugam 2013b; Festa et al., 2014).



Hình 9. (A) Ảnh vết lộ DWMTD dạng thấu kính (nét đứt) tại mặt cắt Hương Sơn. (B) Ảnh cho thấy mặt tiếp xúc trên rõ nét (có vết tích hóa thạch). (C) Mảnh vụn bột kết dạng tấm, lớp (mũi tên dọc) và đứt gãy thuận đồng trục tích (mũi tên ngang). (D) Ảnh thể hiện sự vắng mặt của sự phân cấp độ hạt, các mảnh vụn bột kết xếp lớp (mũi tên trên) và cấu trúc đĩa (dish structure) (mũi tên dưới).

5. Ý nghĩa tiến hóa địa tầng và kiến tạo khu vực

Nghiên cứu địa tầng trong đai uốn nếp Trường Sơn (TSFB) cho thấy lịch sử phát triển qua ba giai đoạn chính: một chế độ biển kéo dài từ Ordovic Giữa đến Trias Giữa sớm (Anisi), một giai đoạn gián đoạn trầm tích ngắn vào cuối Trias Giữa – đầu Trias Muộn (Ladini–Carni) có khả năng liên quan đến sự tiêu biến của một đại dương cổ giữa Địa mảng Đông Dương và Nam Trung Hoa dọc Đới Khâu Sông Mã khoảng 230 triệu năm trước (Trần 2023), và cuối cùng là chế độ lục địa liên tục từ Trias Muộn giữa (Nori) đến nay. Trong giai đoạn biển, TSFB trải qua hai thời kỳ biển sâu vào Silur và Devon muộn – Carbon sớm. Sự phân bố theo phương Tây Bắc – Đông Nam của các trầm tích silic nước sâu chứa vi hóa thạch và trầm tích dịch chuyển khối tuổi Devon muộn – Carbon sớm, nằm giữa các trầm tích biển nông cổ hơn, gợi ý quá trình tách giãn lục địa tạo ra một hệ thống sườn lục địa nước sâu rìa lục địa phương TB–ĐN tại đây. Quá trình tách giãn này có lẽ bắt đầu hình thành từ Devon Giữa muộn, thể hiện qua sự chuyển tiếp từ trầm tích lục địa/nước nông (Hệ tầng Rào Chan, Bản Giàng, Mục Bài và Động Thờ) sang biển sâu hơn (Hệ tầng Ngọc Lâm, Xóm Nha và Thiên Nhẫn) (Hình 3). Xu thế nông dần lên của các đá silic từ Devon muộn (chân lục địa, Hệ tầng Ngọc Lâm) đến Carbon sớm (sườn lục địa, Hệ tầng

Thiên Nhẫn) cùng sự phổ biến của trầm tích dịch chuyển khối nước sâu đánh dấu quá trình đóng kết mạnh mẽ ngay sau khi đạt mức mở rộng tối đa vào Devon muộn. Sau Carbon sớm, môi trường này đóng kết hoàn toàn, được phủ bằng trầm tích carbonat biển nông Carbon–Permi (Hệ tầng Bắc Sơn). Quan trọng là, không có bằng chứng về bazan sống núi giữa đại dương (MORB) hay trầm tích đáy đại dương thực thụ (ví dụ: đá silic biển sâu – eupelagic chert) trong TSFB, chứng tỏ pha tách giãn này không tạo ra một vỏ đại dương thực thụ, mà chỉ tạo ra một hệ thống sườn lục địa. Quan điểm này được củng cố bởi các phát hiện trầm tích silic–sét á biển sâu (hemipelagic) chứa Trùng tia tuổi Devon muộn tại Bán Phonsai và Vilabouly, Lào (Udachachon et al., 2015), đồng thời phù hợp với nhận định trước đây của Janvier et al. (1997) về sự tồn tại các biển nông trên lục địa hay các đới tách giãn quy mô vừa phải ở TSFB dựa trên các bằng chứng về sinh vật.

Các đá silic chứa Trùng tia tuổi Devon muộn – Carbon sớm cũng đã được phát hiện ở đai uốn nếp Loei, ĐB Thái Lan (LFB). Điều này gợi ý hệ thống nước sâu ở Trường Sơn kéo dài sang Loei, tạo thành một cấu trúc nước sâu giới hạn phía đông bắc và phía tây của Địa mảng Đông Dương trong Devon muộn – Carbon sớm. Tuy nhiên, bản chất của hai hệ thống này có lẽ có sự khác nhau cơ bản. Lịch sử lâu dài của chế độ biển sâu Paleozoi (Silur

– Carbon sớm), cùng với sự hiện diện của MORB tuổi Devon muộn – Carbon sớm (Intasopa & Dunn, 1994) và đá silic đại dương (eupelagic chert) (Saesaengseerung et al., 2007) ở LFB chỉ ra rằng môi trường nước sâu Paleozoi tại đây có sự xuất hiện của một vỏ đại dương thực thụ – điều không thấy ở TSFB. Do đó, khi hai hệ thống đóng lại, vỏ đại dương ở Loei có thể đã bị hút chìm, tạo ra một loạt đá núi lửa cung lục địa Carbon trong LFB (Qian et al., 2015) (Hình 1); trong khi sự hút chìm không xảy ra ở Trường Sơn và do đó, không có đá núi lửa cung lục địa Carbon được hình thành tại đây.

6. Kết luận

(1) Giai đoạn Devon muộn – Carbon sớm, trong Đại uốn nếp Trường Sơn (từ Trung Việt Nam đến Trung Lào), thuộc rìa Đông Nam của Địa mảng Đông Dương, có một hệ thống sườn lục địa nước sâu chạy theo hướng Tây Bắc – Đông Nam.

(2) Trầm tích silic (chert) chứa vi hóa thạch ở Minh Hóa (Devon muộn) hình thành gần chân lục địa, trong khi ở Đức Thọ (Devon muộn – Carbon sớm) lắng đọng ở vùng nước nông hơn trên sườn lục địa. Các mặt cắt trầm tích trọng lực (DWMTD) ở giữa cung cổ bồi cảnh rìa lục địa trong khu vực.

(3) Phát hiện đá silic chứa Trùng tia tại đại uốn nếp Loei (Thái Lan) chứng tỏ hệ thống nước sâu Trường Sơn có thể kéo dài sang đây, nhưng hai hệ thống khác biệt cơ bản: Loei có bằng chứng vỏ đại dương thực thụ còn Trường Sơn thì không.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đề tài cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường, mã số: TNMT.2022.562.01.

Tài liệu tham khảo

Đovjikov A.E và nnk. 1965, Bản đồ địa chất miền Bắc Việt Nam tỷ lệ 1:500.000, *Tổng cục Địa chất, Hà Nội*.

Festa, A. et al., 2014. Mass-transport deposits, olistostromes and soft-sediment deformation in modern and ancient continental margins, and associated natural hazards. *Marine Geology* 356, 1–4.

Feng, Q.L., Algeo, T.J., 2014. Evolution of oceanic redox conditions during the

Permo-Triassic transition: Evidence from deepwater radiolarian facies. *Earth-Science Reviews* 137, 34–51.

Hada, S., Tri, T.V., Truong, D.N., 2004. On the age and geological settings of ThienNhan Formation in North Trung Bo, Viet Nam. *Journal of Geology* B/24, 10–15.

Hesse, R., Schacht, U., 2011. Early diagenesis of deep-sea sediments. In: Hüneke, H., Mulder, T. (Eds.), *Deep-Sea Sediments*. Elsevier, Amsterdam, 63, 557–714.

Hüneke, H., Henrich, R., 2011. Pelagic sedimentation in modern and ancient oceans. In: Hüneke, H., Mulder, T. (Eds.), *Deep-Sea Sediments*. Elsevier, Amsterdam, 63, 215–351.

Intasopa, S.B., Dunn, T., 1994. Petrology and Sr–Nd isotopic systems of the basalts and rhyolites, Loei, Thailand. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences* 9, 167–180.

Janvier, P. et al., 1997. The Devonian vertebrates (Placodermi, Sarcopterygii) from Central Vietnam and their bearing on the Devonian palaeogeography of Southeast Asia. *Journal of Asian Earth Sciences* 15, 393–406.

Kametaka, M. et al., 2005. Sedimentary Environments of the Middle Permian Phosphorite-Chert Complex from the Northeastern Yangtze Platform, China, the Gufeng Formation: A Continental Shelf Radiolarian Chert. *Sedimentary Geology* 174(3/4), 197–222.

Li, Y.J. et al., 2002. Discovery of Radiolarian Fossils from the Aiketik Group at the Western End of the South Tianshan Mountains of China and Its Implications. *Acta Geologica Sinica* 76(2).

Li, Y.X., 1993. Late Devonian Famennian Tentaculites from Liujiang Formation of Lipu, Guangxi, China. *Acta Micropalaeontologica Sinica* 10(3), 331–335 (In Chinese with English abstract).

Liu, Y.S., Hu, Z.C., Gao, S., Günther, D., Xu, J., Gao, C.G., Chen, H.H., 2008. In situ analysis of major and trace elements of anhydrous minerals by LA–ICP–MS without applying an internal standard. *Chemical Geology* 257 (1–2), 34–43.

Murray, R.W., 1994. Chemical criteria to identify the depositional environment of chert: general principles and applications. *Sedimentary Geology* 90(3–4), 213–232.

Nguyễn Hữu Hùng, 1981. Ý nghĩa địa tầng của Stromatoporoidea trong các trầm tích Givet và Fraxni ở khu vực Trường Sơn. *Tạp chí địa chất*, Số 153/1981.

Nguyen, M.Q. et al., 2019. Cambrian intra-oceanic arc trondhjemite and tonalite in the Tam Ky–Phuoc Son Suture Zone, central Vietnam: Implications for the early Paleozoic assembly of the Indochina Block. *Gondwana Research* 70, 151–170.

Nguyễn, M.Q. và nnk., 2016. Nghiên cứu hóa thạch vi cổ sinh tuổi Devon muộn - Carbon sớm trong các đá silic thuộc đới uốn nếp Trường Sơn, Bắc Trung Bộ và ý nghĩa của chúng trong sơ đồ tiến hóa địa chất trong khu vực. *Tạp chí Địa chất* Loại A 356, 68–77.

Qian, X. et al., 2015. Arc-like volcanic rocks in NW Laos: geochronological and geochemical constraints and their tectonic implications. *Journal of Asian Earth Sciences* 98, 342–357.

Saesaengseerung, S. et al., 2007. Late Devonian to Early Carboniferous radiolarian fauna from the Pak Chom area, Loei Province, northeastern Thailand. *Paleontological Research* 11(2), 109–121.

Shanmugam, G., 2013a. Slides, Slumps, Debris Flows, and Turbidity Currents. Elsevier Inc.

Shanmugam, G., 2013b. New perspectives on deep-water sandstones: Implications. *Petroleum Exploration and Development* 40(3), 316–324.

Tạ Hoàng Phương, Nguyễn Hữu Hùng, 1997. Ranh giới Frasn/Famen (Đevon thượng) trong khối đá vôi Xóm Nha, vùng Quy Đạt, Quảng Bình. *Tạp chí địa chất*, Số 238 (1-2)/1997

Thong, P.H. (Ed.), 2001. Geological and mineral report with Maps on Scale 1:50000. Minh Hoa Sheet. Department of Geology of Viet Nam, Ha Noi (In Vietnamese).

Tổng Dzuỵ Thanh và Vũ Khúc (Chủ biên), 2005. Các phân vị địa tầng Việt Nam. NXB Đại học Quốc gia Hà Nội, 519 trang.

Tong, D.T. et al., 2013. Silurian and Devonian in Vietnam-Stratigraphy and facies. *Journal of Geodynamics* 69, 165–185.

Tri, T.V., Khuc, V. (Eds), 2011. Geology and Earth Resources of Vietnam. Publishing House for Science and Technology, 645 p.

Trần, V.T. (Chủ biên), 2023. Địa chất và Tài nguyên Địa chất Việt Nam. Nhà xuất bản Khoa học và Công Nghệ.

Udchachon, M. et al., 2015. Palaeoenvironmental implications of geochemistry and radiolarians from Upper Devonian chert/shale sequences of the Truong Son fold belt, Laos. *Geological Journal*. DOI: 10.1002/gj.2743.

Summary

Research on late Devonian – early Carboniferous deep-water sedimentary rocks in Central Vietnam: stratigraphic and geotectonic implications

Nguyễn Minh Quyền^{1,2*}, Feng Qing Lai², Zhao Tian Yu², Bùi Thị Thu Hiền³, Nguyễn Quốc Hưng³, Hoàng Thị Thoa³, Đặng Hương Giang¹

¹ Geological Division For Radioactive And Rare Elements, Vietnam Department of Geology and Minerals

² State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, School of Earth Sciences, China University of Geosciences, China

³ Hanoi University of Mining and Geology

*Corresponding author: quyennguyencug@gmail.com

Detailed analysis of two deep – water mass – transport deposit (DWMTD) sections (Quang Trach, Huong Son) and two siliceous microfossil – bearing sections (Minh Hoa, Duc Tho) in Central Vietnam’s Truong Son Fold Belt (TSFB) (Northeastern Indochina Terrane) reveals a NW – trending deep – water continental slope system existed throughout the Upper Devonian–Lower Carboniferous. Radiolarians and tentaculitoids from Ngoc Lam Formation (Minh Hoa section) constrain deposition to the Upper Devonian, while cherts from Thien Nhan Formation (Duc Tho section) yield Tournaisian – early Visean radiolarians. Geochemical and lithological data indicate Minh Hoa cherts formed near the continental rise, while Duc Tho cherts accumulated on the continental slope. Two DWMTDs further confirm a continental margin setting. This system extends into Central Laos; however, it contrasts with the Loei Fold Belt (Western Indochina), NE Thailand – where an oceanic crust existed during the Late Devonian – Early Carboniferous period, and arc – related subduction volcanism occurred in the Carboniferous. At the TSFB, the absence of true oceanic crust likely prevented Carboniferous–age subduction and magmatic arc activity.

Keywords: Indochina Plate, Truong Son Fold Belt, Silicic Sediments, Deepwater Mass Transport Sediments, Continental Margin