

ĐỒNG TỤ DƯƠNG ĐÔNG TUỔI MESOZOI MUỘN KHU VỰC TÂY NAM VIỆT NAM

Đào Viết Cảnh^{1,2}

¹Chi nhánh Tập đoàn Dầu khí Việt Nam - Cty Điều hành Dầu khí Phú Quốc, Tp. HCM;

²Đại học Quốc gia Tp. HCM - Trường Đại học Bách khoa

Tác giả liên hệ: canhdv@phuquocpoc.vn

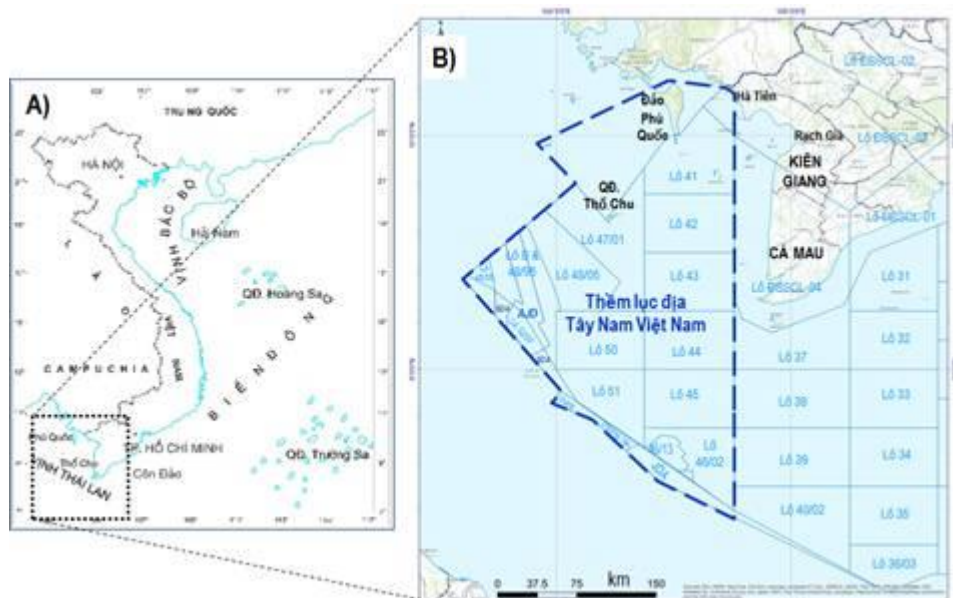
Tóm tắt: Đồng tụ Dương Đông tuổi Mesozoi muộn khu vực Tây Nam Việt Nam là một phân vị địa tầng bất chỉnh hợp phân định, được xác lập theo Hướng dẫn Địa tầng Quốc tế, bao gồm các đá trầm tích của hệ tầng Hàm Ninh (K_2 hn) ở phần trên (phân bố trên đảo Phú Quốc, quần đảo An Thới và thềm lục địa), hệ tầng Thổ Chu (K_1 tc) ở phần giữa (phân bố trên quần đảo Thổ Chu, quần đảo An Thới, đảo Phú Quốc và thềm lục địa) và thể địa chất dưới hệ tầng Thổ Chu (chưa bắt gặp) có thể gồm các đá trầm tích có tính phân lớp song song, phủ bất chỉnh hợp trên các thể địa chất tuổi Paleozoi muộn - Mesozoi sớm. Đồng tụ Dương Đông bị nén ép, nâng lên và bóc mòn mạnh mẽ, để lại di chỉ gồm các hệ thống đứt gãy, các nếp uốn phương kinh tuyến và tây bắc - đông nam và bề mặt bất chỉnh hợp góc, bị phủ bất chỉnh hợp bởi các trầm tích có tuổi khác nhau trong Kainozoi muộn dạng gá đầy và xuyên thời.

Từ khóa: Đồng tụ Dương Đông, phân vị bất chỉnh hợp phân định

1. Mở đầu

Kết quả tổng hợp điển hình nhất cho giai đoạn nghiên cứu địa chất do các nhà địa chất người Pháp thực hiện là Bản đồ Địa chất Việt Nam - Campuchia - Lào tỉ lệ 1:2.000.000, xuất bản năm 1952 và tái bản lần 3 năm 1971 (Fromaget và nnk, 1952). Sau năm 1975, công tác đo vẽ bản đồ địa chất tỷ lệ 1:500.000 và 1:200.000 đã được tiến hành, trong đó đảo Phú Quốc đã được đo vẽ ở tỷ lệ 1:50.000. Nhiều đợt khảo sát thực địa, khoan tìm kiếm nước (tới độ sâu khoảng 100 m), khoan giếng Enreca-2 (tới 504 m) trên rìa tây nam đảo Phú Quốc cũng như nhiều công trình nghiên cứu địa chất mang tính chuyên đề đã được tiến hành ở vùng ven biển Tây Nam Bộ và các đảo trong khu vực. Mặc dù đã có nhiều cố gắng trong việc áp dụng Quy phạm Địa tầng Việt Nam (1994), nhưng trong điều kiện các thể địa chất có diện tích hạn chế trên các đảo, lại cách xa nhau hàng trăm km, nên đến hiện nay vẫn còn nhiều ý kiến khác nhau về việc phân chia địa tầng cũng như mối quan hệ của các thể địa chất. Trên thềm lục địa Tây Nam Việt Nam, trong gần ba mươi năm qua, công tác nghiên cứu địa chất gắn liền với hệ thống dầu khí và chủ yếu tập trung trong các Lô hợp đồng Dầu khí (B 48/95, 52/97, 51, 45 và 46) ở vùng tây nam (Hình 1). Ở khu vực còn lại của thềm lục địa Tây Nam Việt Nam, công tác tìm kiếm thăm dò dầu khí trong các đối tượng trước Kainozoi đang rất được quan tâm và hiện chủ yếu dựa vào tài liệu địa chấn. Nhiều mạng lưới tuyến địa chấn mang tính khu vực đã được thu nổ trên biển trong phạm vi còn lại của thềm lục địa. Tuy nhiên, cho đến hiện nay, trong khu vực thềm lục địa Tây Nam Việt Nam chưa có giếng khoan sâu tìm kiếm thăm dò và nghiên cứu đối tượng trước Kainozoi.

Khi cách phân chia địa tầng theo các phân vị khác (như thạch địa tầng, thời địa tầng, địa chấn địa tầng hay sinh địa tầng) chưa hoàn toàn đáp ứng theo Quy phạm Địa tầng Việt Nam (năm 1994), một phân vị địa tầng do bất chỉnh hợp phân định, đó là đồng tụ (synthem) Dương Đông tuổi Mesozoi muộn ở khu vực Tây Nam Việt Nam được xác lập theo Hướng dẫn Địa tầng Quốc tế trên cơ sở đã xác định được hai bề mặt bất chỉnh hợp trên và bất chỉnh hợp dưới từ tài liệu địa chấn, khoanh định được diện phân bố trong phạm vi thềm lục địa Tây Nam Việt Nam, đồng thời, liên kết với các kết quả đo vẽ bản đồ địa chất, giếng khoan tìm kiếm nước, giếng khoan Enreca-2 và các kết quả nghiên cứu địa chất mang tính chuyên đề trên các đảo trong khu vực.



Hình 1. Vị trí địa lý khu vực đảo Phú Quốc, quần đảo Thổ Chu và các Lô hợp đồng Dầu khí khu vực thêm lục địa Tây Nam Việt Nam

2. Sơ lược lịch sử nghiên cứu và đặc điểm địa chất

Công tác nghiên cứu và đo vẽ bản đồ địa chất trước năm 1975 trên các đảo và quần đảo ở thêm lục địa Tây Nam Việt Nam, cùng với ba nước Đông Dương, đã được người Pháp tiến hành, tổng hợp và thể hiện ở tỉ lệ 1:2.000.000 năm 1952, tái bản lần 3 năm 1971 (Fromaget và nnk, 1952). Theo đó, các đá trầm tích Mesozoi muộn ở thêm lục địa Tây Nam Việt Nam lộ ra trên quần đảo Thổ Chu, quần đảo An Thới và đảo Phú Quốc nói riêng, và một số khu vực khác như tây nam Campuchia, hạ Lào, Nông Sơn, tây bắc Lào nói chung được xếp vào Indosinias thượng. Đó là một đơn vị kiến tạo địa tầng theo thuyết Địa mảng.

Sau năm 1975, cùng với diện tích cả nước, các đảo ở thêm lục địa Tây Nam Việt Nam được tiến hành đo vẽ bản đồ địa chất tỷ lệ 1:500.000, xuất bản năm 1988. Theo đó, các đá trầm tích trước Đệ Tứ không chỉ phân bố trên đảo Phú Quốc, quần đảo An Thới và quần đảo Thổ Chu, mà cả các khu vực khác như Núi Ông (Bình Dương), Tà Pa và Nam Quy (An Giang) được xếp vào hệ tầng Phú Quốc tuổi Jura muộn - Creta sớm (Lương và nnk, 1988), sau đó được xếp vào Jura không phân chia (Khúc và nnk, 1989). Trong giai đoạn 1981-1996, kết quả đo vẽ và hiệu chỉnh bản đồ địa chất khoáng sản ở tỷ lệ 1:200.000 (Hoa và nnk, 1996), các trầm tích này được xếp vào một đơn vị thời địa tầng - Creta sớm.

Trong giai đoạn 1994-1998, đảo Phú Quốc được tiến hành đo vẽ bản đồ địa chất với tỷ lệ 1:50.000 trong nhóm tờ Hà Tiên - Phú Quốc (Đurong, 1997) cùng với công trình “Địa tầng Phanerozoic Tây Nam Bộ” (Dánh và nnk, 1998) sau khi Quy phạm Địa tầng Việt Nam được xuất bản năm 1994. Theo đó, ngoài trầm tích Đệ tứ, các đá trầm tích trên đảo Phú Quốc và quần đảo An Thới được xếp vào hệ tầng Phú Quốc nhưng có tuổi Miocen giữa - muộn dựa vào hóa thạch bào tử phấn (quần đảo Thổ Chu không nằm trong phạm vi nghiên cứu của công trình này). Trong những năm 2000-2004, từ kết quả công tác điều tra địa chất thủy văn - công trình và tìm kiếm nguồn nước ở đảo Phú Quốc, quần đảo Thổ Chu và quần đảo An Thới của Liên đoàn Địa chất thủy văn - Địa chất công trình Miền Nam, ngoài trầm tích Đệ tứ, các tác giả Bùi Phú Mỹ, Trần Hồng Lĩnh và nnk (Mỹ và nnk, 2002, 2003, 2005) đã phân chia và đề xuất ba hệ tầng từ dưới lên gồm: (1) hệ tầng Thổ Chu tuổi Creta sớm, chủ yếu gồm các lớp cát bột kết và sét kết xen kẽ, ít sạn kết, màu xám sáng, xám xanh, phân lớp mỏng đến dày, đôi chỗ xiên chéo, môi trường cửa sông, vũng vịnh, biển nông, phân bố trên quần đảo Thổ Chu và khoảng 100 m trở xuống ở ven bờ phía bắc và đông bắc đảo Phú Quốc, phong phú bào tử phấn hoa, mảnh vụn thực vật bị ép dẹt, than hóa, huyền, thân gỗ hóa đá; ranh giới dưới chưa xác định; (2) hệ tầng Hàm Ninh tuổi Creta

muộn, chủ yếu gồm cát kết hạt thô màu nâu, nâu nhạt, xen sạn kết, cuội kết đa khoáng, độ chọn lọc kém, phân lớp dày, hiếm hóa thạch, phân bố trên đảo Phú Quốc, đồng thời đề xuất loạt Phú Quốc gồm hai hệ tầng này; và (3) hệ tầng An Thới tuổi Miocen, chủ yếu gồm cát kết, sét bột kết, phân bố trên 10 trong số 15 đảo thuộc quần đảo An Thới và rải rác trên đảo Phú Quốc. Trong công trình tổng hợp “Các phân vị địa tầng Việt Nam” (Trị và nnk, 2009), các đá trầm tích trước Đệ Tứ trên đảo Phú Quốc, quần đảo An Thới và quần đảo Thổ Chu được xếp chung vào hệ tầng Phú Quốc, sử dụng mặt cắt Ghềnh Dầu - Rạch Vẹm được mô tả trong công trình ‘Địa tầng Phanerozoi Tây Nam Bộ’ làm mặt cắt chuẩn cho hệ tầng này nhưng xếp vào tuổi Creta; ranh giới dưới của hệ tầng chưa xác định được. Trong chương trình hợp tác giữa Viện Dầu khí Việt Nam với Cục Địa chất Đan Mạch, giếng khoan Enreca-2 (năm 2006) tại rìa tây nam đảo Phú Quốc đạt tới độ sâu 504 mét chủ yếu gặp cát kết, bột kết, xen kẽ sét kết, phân lớp song song, phân lớp xiên chéo, có dấu vết thực vật, vật chất hữu cơ, phong phú bào tử phấn hoa, tảo sông, tảo biển, tuổi Creta sớm, môi trường trầm tích gồm cửa sông đến biển nông (Mai, 2009).

Mặc dù đã có nhiều công trình nghiên cứu địa chất trên các đảo trong khoảng thời gian dài như đã tóm tắt ở trên nhưng với diện tích lộ ra trên các đảo hạn chế, lại cách nhau hàng trăm km, nên việc liên hệ hay liên kết các kết quả nghiên cứu địa chất rất hạn chế. Diện phân bố của các thể địa chất hay mối quan hệ về địa tầng (như quan hệ giữa các trầm tích đang được xếp vào hệ tầng Thổ Chu trên quần đảo Thổ Chu với các trầm tích khác cũng đang được xếp vào hệ tầng Thổ Chu trên đảo Phú Quốc) vẫn còn để lại nhiều thắc mắc mà chưa có lời giải đáp thỏa đáng.

Lịch sử nghiên cứu tiến hóa kiến tạo khu vực Tây Nam Việt Nam và vùng kế cận giai đoạn Paleozoi muộn - Mesozoi sớm đã được tóm tắt và đề cập trong một công trình của Đào Viết Cảnh, Phạm Huy Long và Đỗ Văn Lĩnh được công bố năm 2015 (Cảnh và nnk, 2015). Theo đó, quá trình ghép nối, va mảng và tạo núi giữa các khối lục địa (Sibumasu, Chanthaburi, Tonle Sap - Sài Gòn và Indochina) vào Trias muộn đã tạo tiền đề cho quá trình hình thành bồn trầm tích Phú Quốc kiểu giữa núi trong thời kỳ Trias muộn đến Jura giữa. Thời kỳ Jura muộn đến Creta, khu vực này có thể chịu thêm ảnh hưởng dạng bồn sau cung núi lửa Đà Lạt - Hải Nam (Long và nnk, 2017).

Trên thêm lục địa Tây Nam Việt Nam, công tác nghiên cứu địa chất trong hơn hai mươi năm qua chủ yếu tập trung trong các Lô hợp đồng dầu khí ở vùng tây nam và gắn liền với việc nghiên cứu hệ thống dầu khí trên cơ sở loạt tài liệu địa chấn được thu nổ nhiều đợt, kết hợp với các kết quả phân tích thạch học, địa hóa dầu khí và cổ sinh từ rất nhiều giếng khoan sâu (trên dưới 3.000 m) phục vụ công tác thăm dò và khai thác dầu khí trong trầm tích Kainozoi thuộc bồn Malay - Thổ Chu. Các hệ tầng như Kim Long ($E_3 kl$), Ngọc Hiền ($N_1^1 nh$), Đầm Dơi ($N_1^2 dd$) hay Minh Hải ($N_1^3 mh$) đã được xác lập (Bạt và nnk, 2007; Hiệp và nnk, 2005; Thanh và nnk, 2005; Trị và nnk, 2009).

Ở khu vực còn lại của thêm lục địa Tây Nam Việt Nam, nơi trầm tích Kainozoi mỏng dần, công tác tìm kiếm thăm dò dầu khí trong các đối tượng trước Kainozoi đang rất được quan tâm và chủ yếu dựa vào tài liệu địa chấn. Đến hiện nay, khá nhiều tài liệu địa chấn 2D mang tính khu vực được thu nổ ở khu vực còn lại của thêm vào năm 1996 (MH-96), năm 2005 (PQ-05) và năm 2009 (PQ-09). Ngoài giếng khoan Enreca-2 tại rìa tây nam đảo Phú Quốc, trong khu vực thêm lục địa Tây Nam Việt Nam hiện chưa có giếng khoan sâu tìm kiếm thăm dò và nghiên cứu đối tượng trước Kainozoi. Công tác minh giải địa chất từ tài liệu địa chấn còn mang nhiều tính đa nghiệm.

3. Các phương pháp nghiên cứu

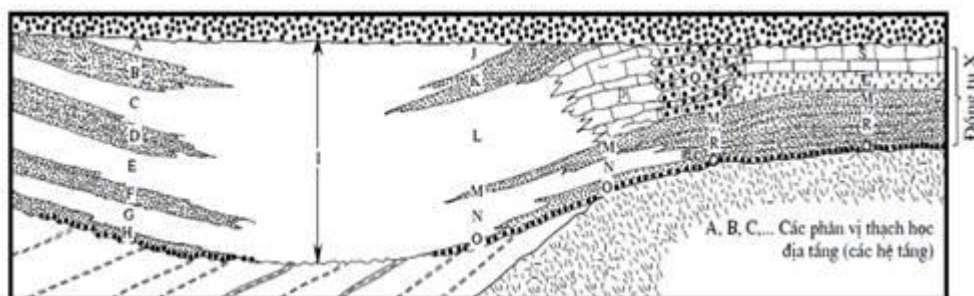
Với bối cảnh cụ thể ở khu vực thêm lục địa Tây Nam Việt Nam, ngoài việc khảo sát thực địa bổ sung mang tính kế thừa, xác thực và hiểu sâu sắc hơn kết quả của các nghiên cứu trước đây trên đảo, trong điều kiện các thể địa chất có diện lộ hạn chế trên các đảo và cách xa nhau hàng trăm km, phương pháp địa chấn địa tầng ở thêm lục địa trở thành một trong những phương pháp nghiên cứu rất phù hợp và hữu ích.

Tài liệu địa chấn phản xạ không chỉ giúp nghiên cứu cấu trúc các đối tượng địa chất sâu dưới mực nước biển mà tài liệu địa chấn mang tính khu vực ở đây còn được sử dụng để liên kết

những kết quả nghiên cứu địa chất trên các đảo và liên kết với những khu vực đã có nhiều giếng khoan tìm kiếm thăm dò và khai thác dầu khí trong trầm tích Kainozoi ở vùng tây nam khu vực thềm lục địa Tây Nam Việt Nam. Chính việc áp dụng phương pháp liên kết và kết hợp địa chấn - địa chất này đã góp phần quan trọng trong việc giảm tính đa nghiệm của bản thân công tác minh giải địa chất tài liệu địa chấn trong bối cảnh khu vực rộng lớn còn lại của thềm lục địa Tây Nam Việt Nam chưa có giếng khoan sâu.

Thành phần thạch học của các thể địa chất phân bố dưới sâu được phản ánh gián tiếp trên tài liệu địa chấn phản xạ với hệ số phản xạ phụ thuộc vào mức độ tương phản về mật độ và tốc độ truyền sóng (trở sóng hay trở kháng âm học) của các lớp đá (Tân, 2011). Trong khi thành phần thạch học không thể trực tiếp xác định được trên tài liệu địa chấn, các dạng cấu trúc dưới sâu vài km như uốn nếp, đứt gãy, đặc biệt là các bề mặt bất chỉnh hợp góc khu vực lại hoàn toàn có thể xác định được từ tài liệu địa chấn.

Hướng dẫn Địa tầng Quốc tế xuất bản lần thứ 2 năm 1994 được dịch ra tiếng Việt do Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam xuất bản năm 2002 (Salvador, 1994) đã nêu rõ nội hàm và ý nghĩa của một loại phân vị mới trong phân loại địa tầng “*Các phân vị bất chỉnh hợp phân định*” (Unconformity-bounded units). Theo đó, đồng tụ (synthem) là phân vị cơ bản của các phân vị bất chỉnh hợp phân định. Các tiêu chuẩn phân định dùng để nhận biết và xác lập các phân vị địa tầng này là hai bất chỉnh hợp được định rõ. Mỗi quan hệ giữa *phân vị bất chỉnh hợp phân định* với các phân vị địa tầng khác cũng được đề cập (Hình 2). Phân vị địa tầng bất chỉnh hợp phân định (đồng tụ) không được sử dụng rộng rãi như các phân vị địa tầng khác (Murphy et al, 1999), nhưng lại rất có giá trị, hiệu quả ngày càng tăng trong công tác địa tầng, và trên thực tế là cơ sở sớm nhất để xác định nhiều phân vị địa tầng (Salvador, 1994). Phù hợp với điều kiện cụ thể về đặc điểm địa lý, địa chất và mức độ tài liệu hiện có, trong bài báo này một phân vị bất chỉnh hợp phân định được xác lập theo Hướng dẫn Địa tầng Quốc tế (Murphy et al, 1999; Salvador, 1994): đồng tụ (synthem) Dương Đông.



Hình 2. Mối liên hệ giữa phân vị bất chỉnh hợp phân định với các phân vị thạch địa tầng bao hàm trong đó (Salvador, 1994)

4. Kết quả nghiên cứu

Đồng tụ (synthem) Dương Đông tuổi Mesozoi muộn ở khu vực Tây Nam Việt Nam được xác lập trên cơ sở khảo sát thực địa bổ sung mang tính kế thừa các nghiên cứu trước đây, đồng thời, liên kết với kết quả minh giải địa chấn ngoài khơi, với mục tiêu phục vụ công tác minh giải địa chất kết quả minh giải địa chấn. Địa danh Dương Đông vừa là tên núi, tên sông, tên hồ nước ngọt và tên của một trong hai thị trấn trên đảo Phú Quốc nên được chọn để đặt tên cho đồng tụ được xác lập mới trong bài báo này.

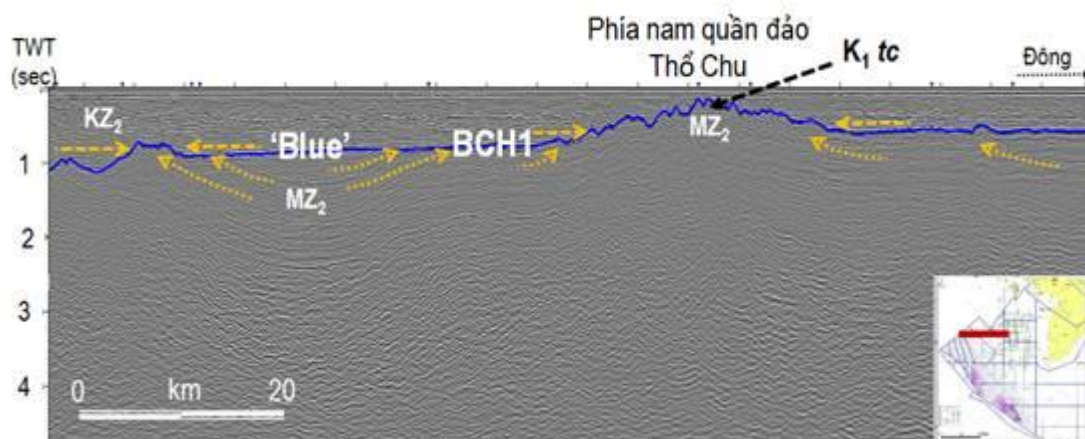
4.1. Ranh giới trên của đồng tụ Dương Đông

Ranh giới trên của đồng tụ Dương Đông trên đảo Phú Quốc và các quần đảo An Thới và Thổ Chu chính là bề mặt bóc mòn lộ ra các đá trầm tích tuổi Mesozoi muộn của các hệ tầng Hàm

Ninh và Thổ Chu và bề mặt bất chỉnh hợp giữa các hệ tầng này với các đá trầm tích có tuổi khác nhau trong Kainozoi muộn (sau đồng tụ Dương Đông) phủ trên.

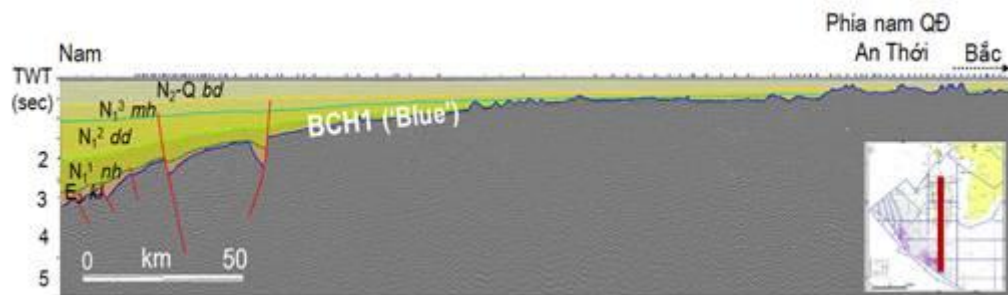
Ngoài khơi thềm lục địa Tây Nam Việt Nam, ranh giới trên của đồng tụ Dương Đông được xác định từ tài liệu địa chấn. Đó là bề mặt “Blue” (màu xanh da trời) hay BCH1 được xác định theo pha phản xạ dương (peak) có dạng bất chỉnh hợp góc ở dưới và bị phủ bất chỉnh hợp dạng gá đáy (onlap) ở trên (Hình 3).

Kết quả liên kết minh giải giữa các tuyến địa chấn trên thềm lục địa Tây Nam Việt Nam, đặc biệt là với các tuyến thuộc mạng lưới tuyến địa chấn PQ-09 theo hướng đông - tây ngang qua phía nam quần đảo quần đảo Thổ Chu - nơi các đá trầm tích tuổi Creta sớm ($K_1 tc$) lộ ra trên các đảo và bắt gặp trong các giếng khoan tìm kiếm nước (05 giếng khoan trên đảo Thổ Chu và 01 giếng khoan trên Hòn Từ với độ sâu 50-100 m) (Mỹ và nnk, 2002) cho thấy bề mặt bất chỉnh hợp góc “Blue” hay BCH1 mang tính khu vực là bề mặt nóc của các đá trầm tích tuổi Mesozoi muộn. Đó chính là ranh giới trên của đồng tụ Dương Đông ở thềm lục địa Tây Nam Việt Nam (Hình 3).



Hình 3. Hình ảnh bề mặt bất chỉnh hợp góc “Blue” (BCH1) mang tính khu vực trên tuyến địa chấn (thuộc PQ-09) theo phương đông - tây ngang qua phía nam khu vực quần đảo Thổ Chu (cách đảo Thổ Chu khoảng 9,5 km về phía nam) - nơi đã bắt gặp các đá trầm tích của hệ tầng Thổ Chu tuổi Creta sớm ($K_1 tc$)

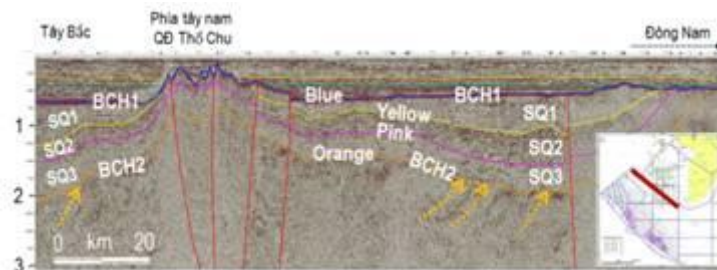
Kết quả liên kết minh giải bề mặt ‘Blue’ trên tài liệu địa chấn 2D với nơi có nhiều giếng khoan sâu tìm kiếm thăm dò và khai thác dầu khí tương ứng với đáy các đá trầm tích có tuổi khác nhau trong Kainozoi muộn của bồn trầm tích Malay - Thổ Chu ở vùng tây nam thềm lục địa Tây Nam Việt Nam cho thấy bề mặt bất chỉnh hợp góc “Blue” BCH1 bị các đá trầm tích của các hệ tầng Kim Long ($E_3 kl$), Ngọc Hiển ($N_1^1 nh$), Đầm Dơi ($N_1^2 dd$), Minh Hải ($N_1^3 mh$) và Biển Đông ($N_2-Q bd$) phủ bất chỉnh hợp dạng gá đáy (onlap) và xuyên thời (Hình 3 và 4). Trong khi các đá trầm tích thuộc hệ tầng Kim Long ($E_3 kl$) chỉ phân bố trong phạm vi vùng tây nam, các đá trầm tích tuổi Miocen ($N_1^1 nh$, $N_1^2 dd$ và $N_1^3 mh$) và tiếp đó là các đá trầm tích tuổi Pliocen - Đệ Tứ ($N_2-Q bd$) phủ rộng dần và cũng mỏng dần trên bề mặt bất chỉnh hợp góc BCH1 từ vùng tây nam về phía đông bắc khu vực thềm lục địa Tây Nam Việt Nam (Hình 4).



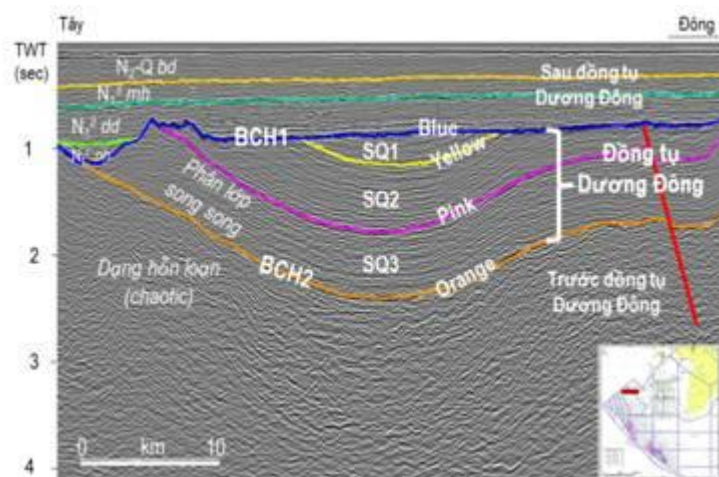
Hình 4. Mặt cắt địa chất - địa vật lý liên kết bề mặt bất chỉnh hợp BCH1 (“Blue”) và các hệ tầng Kim Long ($E_3 kl$), Ngọc Hiền ($N_1^1 nh$), Đầm Dơi ($N_1^2 dd$), Minh Hải ($N_1^3 mh$) và Biển Đông ($N_2-Q bd$) phủ dạng gá đầy (onlap) trên BCH1 theo tuyến địa chấn (thuộc PQ-09) hướng bắc-nam với độ dài khoảng 300 km từ bờ trầm tích Malay - Thổ Chu đến khu vực phía nam quần đảo An Thới

4.2. Ranh giới dưới của đồng tụ Dương Đông

Ranh giới dưới của đồng tụ Dương Đông không lộ ra trên các đảo. Ở ngoài khơi thềm lục địa Tây Nam Việt Nam, ranh giới dưới của đồng tụ Dương Đông được xác định trên tài liệu địa chấn. Đó là bề mặt bất chỉnh hợp khu vực BCH2 (“Orange” – màu cam) (Hình 5 và 6). Ngoài một số khu vực phản ánh rõ hình ảnh BCH2 là bề mặt ranh giới bất chỉnh hợp góc (Hình 5), BCH2 là ranh giới mang tích khu vực phân biệt giữa hai trường sóng địa chấn phản ánh tính phân lớp hoàn toàn khác nhau của các thể địa chất bên trên và bên dưới bề mặt ranh giới này. Trường sóng địa chấn bên dưới BCH2 có dạng hỗn loạn (chaotic), biên độ phản xạ mạnh nhưng không đều, phân biệt hẳn với trường sóng địa chấn bên trên BCH2 nơi tính phân lớp song song và mức độ liên tục thể hiện rõ nét (Hình 6).



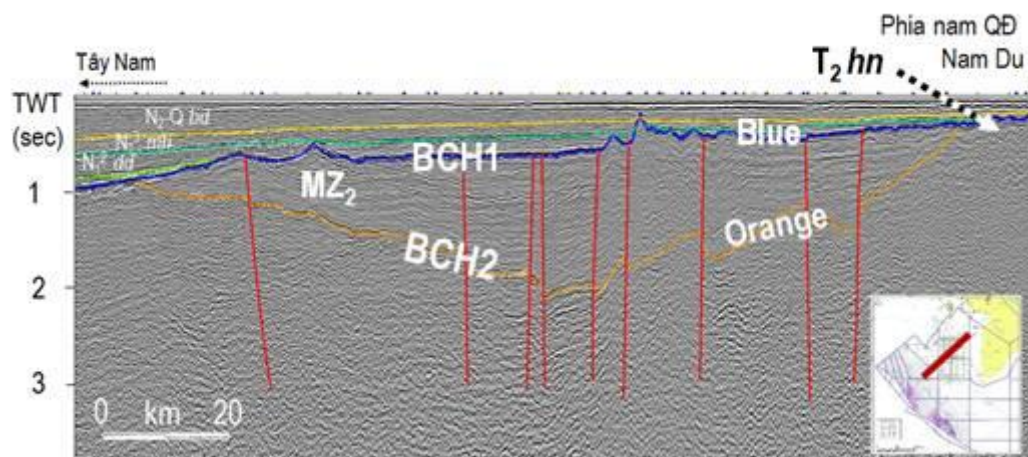
Hình 5. Hình ảnh bất chỉnh hợp góc của bề mặt BCH2 (ranh giới dưới của đồng tụ Dương Đông) và trường sóng địa chấn của tầng SQ2 có biên độ phản xạ cao hơn so với tầng địa chấn SQ1 và SQ3 trên tuyến địa chấn (thuộc PQ-09) hướng tây bắc - đông nam ở khu vực tây nam quần đảo Thổ Chu



Hình 6. Hình ảnh bất chỉnh hợp góc BCH1 (ranh giới trên của đồng tụ Dương Đông) bị các trầm tích có tuổi

khác nhau trong Kainozoi muộn phủ dạng gá đáy (onlap) và bất chỉnh hợp BCH2 (ranh giới dưới của đồng tụ Dương Đông) giữa trường sóng có dạng hỗn loạn (chaotic) ở dưới và trường sóng có tính phân lớp song song ở trên cùng ba tầng địa chấn (SQ1, SQ2 và SQ3) của đồng tụ Dương Đông trên tuyến địa chấn hướng đông - tây (thuộc PQ-09) ở phía tây nam quần đảo Thổ Chu

Cho đến hiện nay chưa có giếng khoan sâu nào bắt gặp bề mặt bất chỉnh hợp BCH2 và các thể địa chất bên dưới bề mặt bất chỉnh hợp này. Do vậy, tuy bề mặt ranh giới bất chỉnh hợp BCH2 được xác định rõ trên tài liệu địa chấn nhưng chưa thể xác định được chính xác độ sâu. Đặc điểm trường sóng địa chấn dạng hỗn loạn bên dưới bề mặt BCH2 trên tuyến địa chấn hướng TN-ĐB thuộc mạng lưới PQ-09 được thu nổ qua phía nam quần đảo Nam Du rất phù hợp với sự có mặt của các đá phun trào ryolit, ryolit porphyr của hệ tầng Hòn Ngang (T_2 hn) lộ ra trên các đảo ở phía tây nam quần đảo Nam Du (Hình 7).



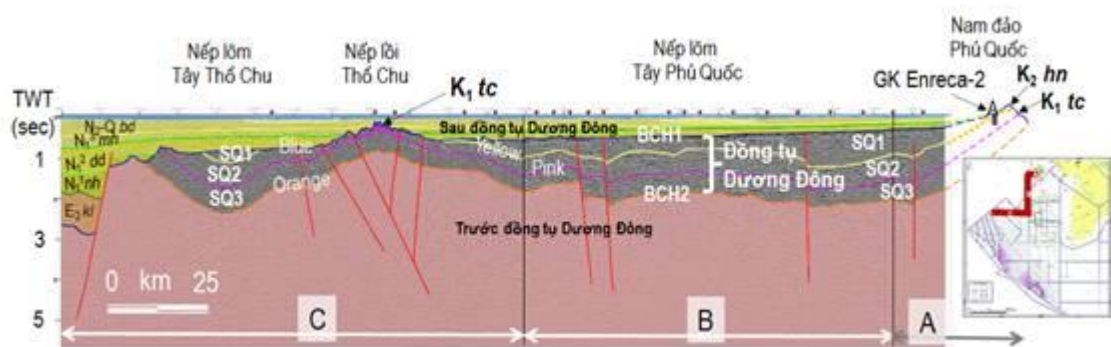
Hình 7. Hình ảnh trường sóng địa chấn có dạng hỗn loạn (chaotic) bên dưới bề mặt bất chỉnh hợp BCH2 ("Orange") trên tuyến địa chấn (thuộc PQ-09) phương tây nam - đông bắc được thu nổ tới phía nam quần đảo Nam Du - nơi lộ ra đá phun trào ryolit, ryolit porphyr của hệ tầng Hòn Ngang

Đặt trong bối cảnh phát triển kiến tạo khu vực trong giai đoạn Paleozoi muộn - Mesozoi sớm, bề mặt bất chỉnh hợp BCH2 chính là đáy bồn trầm tích Mesozoi muộn Phú Quốc (được hình thành sau giai đoạn ghép nối, va mảng và tạo núi giữa các khối lục địa Sibumasu, Chanthaburi, Tonle Sap - Sài Gòn và Indochina vào Trias muộn) (Cảnh và nnk, 2015; Long và nnk, 2017). Theo đó, các đá trầm tích lục nguyên có tính phân lớp song song phủ trên bề mặt bất chỉnh hợp BCH2 được cho là có tuổi Jura (?). Vấn đề này cần tiếp tục được nghiên cứu và làm sáng tỏ khi có tài liệu giếng khoan sâu.

4.3. Các tầng địa chấn trong đồng tụ Dương Đông và liên kết địa tầng

Trong phạm vi bề mặt ranh giới trên BCH1 ("Blue") và bề mặt ranh giới dưới BCH2 ("Orange") của đồng tụ Dương Đông đã xác định được các bề mặt phản xạ "Yellow" (màu vàng) và "Pink" (màu hồng) lần lượt là bề mặt ranh giới trên (theo pha phản xạ âm - trough) và bề mặt ranh giới dưới (theo pha phản xạ dương - peak) của tầng địa chấn SQ2 (Hình 5 và 6). Thực chất đó là các ranh giới của trường sóng địa chấn có biên độ phản xạ cao hơn cũng như mức độ phản xạ tốt hơn, phản ánh mức độ tương phản về trở kháng âm học tốt hơn giữa các lớp đá so với tầng địa chấn SQ1 ở trên và tầng địa chấn SQ3 ở dưới. Các tầng SQ1 và SQ2 trên các tuyến địa chấn thu nổ gần các đảo được lựa chọn để liên kết với kết quả nghiên cứu địa chất trên các đảo về đặc điểm thạch học, thể nằm cũng như tính phân lớp của các thể địa chất. Kết quả khảo sát thực địa bổ sung trên đảo Phú Quốc cho thấy ngoài khu vực đông núi Khu Tượng

và tây núi Đá Bạc có góc cắm thoải với hướng dốc về phía đông nam, các đá trầm tích Creta trên đảo Phú Quốc, phù hợp với kết quả nghiên cứu trước đây, chủ yếu có thể nằm đơn nghiêng thoải ($10-15^\circ$) về phía tây tây nam. Quần đảo Thổ Chu nằm ở phía tây nam và cách đảo Phú Quốc khoảng 100 km. Kết quả minh giải và liên kết các tầng địa chấn SQ1 và SQ2 trong khu vực thêm, đặc biệt là trên các tuyến địa chấn theo phương đông - tây ở phía tây nam đảo Phú Quốc (gần giếng khoan Enreca-2 và trên đảo Phú Quốc đã xác định được hai phân vị thạch địa tầng gồm hệ tầng Hàm Ninh tuổi Creta muộn ($K_2 hn$) ở phần trên; và hệ tầng Thổ Chu tuổi Creta sớm ($K_1 tc$) ở phần dưới với các tuyến theo phương bắc - nam đến phía đông nam quần đảo Thổ Chu và tiếp theo với tuyến theo phương đông - tây ngang qua phía nam quần đảo Thổ Chu (nơi đã xác lập hệ tầng Thổ Chu tuổi Creta sớm - $K_1 tc$) đã không chỉ góp phần làm sáng tỏ mối quan hệ giữa các đá trầm tích tuổi Creta sớm ở khu vực đảo Phú Quốc với khu vực quần đảo Thổ Chu mà còn góp phần làm sáng tỏ đặc điểm địa chất của hai tầng địa chấn này (Hình 8).



Hình 8. Mặt cắt địa chất - địa vật lý liên kết các tầng địa chấn SQ1 và SQ2 với hệ tầng Hàm Ninh ($K_2 hn$) và hệ tầng Thổ Chu ($K_1 tc$) trên các tuyến địa chấn khác nhau: (A) từ tây đảo Phú Quốc theo hướng đông-tây, (B) tiếp nối hướng bắc-nam tới phía đông nam quần đảo Thổ Chu và (C) theo hướng đông-tây ngang qua quần đảo Thổ Chu (khoảng 9,5 km về phía nam) nơi lộ ra phần dưới của hệ tầng Thổ Chu tuổi Creta sớm ($K_1 tc$).

Hướng dốc chung của các đá trầm tích thuộc hệ tầng Hàm Ninh và hệ tầng Thổ Chu trên đảo Phú Quốc nghiêng về tây tây nam nhưng không phải đơn nghiêng đến quần đảo Thổ Chu mà đó thực chất là cánh phía đông của nếp lồi Tây Phú Quốc mang tính khu vực giữa đảo Phú Quốc và quần đảo An Thới tiếp nối với nếp lồi Thổ Chu (Hình 8). Tầng địa chấn SQ1 tương ứng với các đá trầm tích của hệ tầng Hàm Ninh - chủ yếu gồm trầm tích cát kết hạt thô màu nâu nhạt, nâu xám, xen nhiều sạn, sỏi đa khoáng, độ chọn lọc kém, phân lớp dày, tuổi Creta muộn (Hình 9).



Hình 9. Các đá trầm tích cát kết hạt thô màu nâu xám, chứa nhiều sạn, sỏi đa khoáng, độ chọn lọc kém, phân lớp dày, thuộc hệ tầng Hàm Ninh, nghiêng thoải về tây tây nam tại khu vực phía Nam núi Hàm Ninh (đường DT47) trên đảo Phú Quốc

Các đá trầm tích của hệ tầng Hàm Ninh không chỉ tồn tại trên đảo Phú Quốc mà còn có khả năng tồn tại ở nếp lồi Tây Phú Quốc và nếp lồi Tây Thổ Chu ngoài khơi thềm lục địa Tây Nam Việt Nam (Hình 8). Ở khu vực quần đảo Thổ Chu, hiện các đá trầm tích tuổi Creta sớm tại đảo Thổ Chu chủ yếu nằm ngang, tại Hòn Từ và Hòn Cao (ở đông bắc đảo Thổ Chu) có thể nằm thoải ($10-15^\circ$) nghiêng về phía đông (Mỹ và nnk, 2002). Đảo Thổ Chu, với diện tích lộ ra (khoảng 10 km^2) lớn nhất trong số các đảo ở quần đảo Thổ Chu, chính là khu vực đỉnh của nếp lồi Thổ Chu - nơi đã xảy ra quá trình bóc mòn mạnh mẽ. Các đá trầm tích còn lại sau bóc mòn lộ ra tại đây và bắt gặp trong các giếng khoan tìm kiếm nước (độ sâu từ 50-100 m) tương ứng với phần dưới của tầng địa chấn SQ2 (Hình 8).

Tại rìa tây nam đảo Phú Quốc, các đá trầm tích bắt gặp trong giếng Enreca-2 khoan tới độ sâu 504 mét chủ yếu gồm cát kết, bột kết và sét kết xen kẽ màu xám nhạt, xám xanh, ít trầm tích hạt thô, phân lớp dạng song song, từ mỏng đến trung bình, đôi chỗ phân lớp dạng xiên chéo, tuổi Creta sớm (Mai, 2009). Trên đảo Phú Quốc, các đá trầm tích của hệ tầng Thổ Chu phân bố từ khoảng 100 mét so với mực nước biển ở phía đông và thấp dần sang phía tây đảo, chủ yếu gồm các lớp cát kết màu xám sáng, rắn chắc, xen kẽ các lớp bột kết, sét kết màu xám xanh nhạt, phân lớp song song, từ mỏng đến trung bình (Hình 10), phù hợp với khả năng tạo nên mức độ tương phản tốt về trở kháng âm học của trường sóng địa chấn của tầng địa chấn SQ2 (Hình 5, 6 và 8).



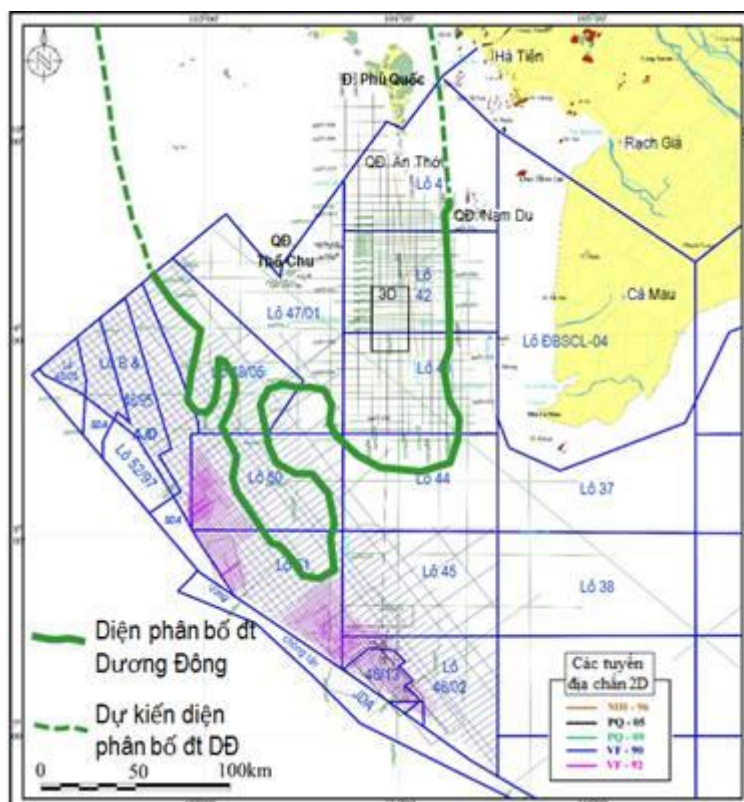
Hình 10. Phân lớp dạng song song từ mỏng đến trung bình giữa các lớp cát kết, bột kết, sét kết màu xám, xám xanh nhạt, có hướng dốc thoải về tây tây nam, thuộc phần trên hệ tầng Thổ Chu ở khu vực Tây Bắc dãy núi Bày Rông trên đảo Phú Quốc

Như vậy, tầng địa chấn SQ2 tương ứng với các đá trầm tích của hệ tầng Thổ Chu - chủ yếu gồm các lớp cát kết, bột kết và sét kết xen kẽ, ít trầm tích hạt thô, phân lớp mỏng đến trung bình, có những lớp than rất mỏng, huyền và thân gỗ silic hóa, tuổi Creta sớm. Tính phân lớp song song của hệ tầng Thổ Chu tiếp tục thể hiện rõ nét ở nếp lồi Tây Phú Quốc, nếp lồi Thổ Chu và nếp lồi Tây Thổ Chu ngoài khơi thềm lục địa Tây Nam Việt Nam.

Các đá trầm tích tương ứng với tầng địa chấn SQ3 chưa bắt gặp trong giếng khoan Enreca-2 (sâu 504 m) tại rìa tây nam trên đảo Phú Quốc cũng như chưa bắt gặp trong các giếng khoan tìm kiếm nước (5 giếng khoan trên đảo Thổ Chu và 1 giếng khoan trên Hòn Từ có độ sâu từ 50-100 m) ở quần đảo Thổ Chu. Ngoài đặc trưng chung về trường sóng phản ánh tính phân lớp song song của các thể địa chất tương ứng với cả ba tầng địa chấn SQ1, SQ2 và SQ3, biên độ và tần số của tầng địa chấn SQ3 khá giống với tầng địa chấn SQ1 (cùng có biên độ thấp hơn so với tầng địa chấn SQ2, mức độ tương phản về trở kháng âm học giữa các lớp kém hơn so với địa chấn SQ2). Thể địa chất tương ứng với tầng địa chấn SQ3 của đồng tụ Dương Đông có thể gồm trầm tích lục nguyên, có tính phân lớp song song, có mức độ tương phản về trở kháng âm học thấp hơn so với các lớp của hệ tầng Thổ Chu, mức độ phân lớp có thể dày hơn so với hệ tầng Thổ Chu, có tuổi Jura (?) - sớm hơn tuổi Creta sớm của hệ tầng Thổ Chu.

4.4. Diện phân bố, bề mặt bóc, bề mặt đáy và mặt cắt chuẩn đồng tụ (synthem) Dương Đông

Từ kết quả xác định rõ ràng bề mặt ranh giới bất chỉnh hợp trên BCH1 (“Blue”) và bề mặt ranh giới bất chỉnh hợp dưới BCH2 (“Orange”), trên cơ sở tài liệu địa chấn địa chất hiện có, diện phân bố của đồng tụ Dương Đông tuổi Mesozoi muộn trong bình đồ kiến trúc hiện nay khu vực Tây Nam Việt Nam đã được khoanh định (Hình 11).



Hình 11. Diện phân bố của đồng tụ Dương Đông tuổi Mesozoi muộn ở khu vực Tây Nam Việt Nam

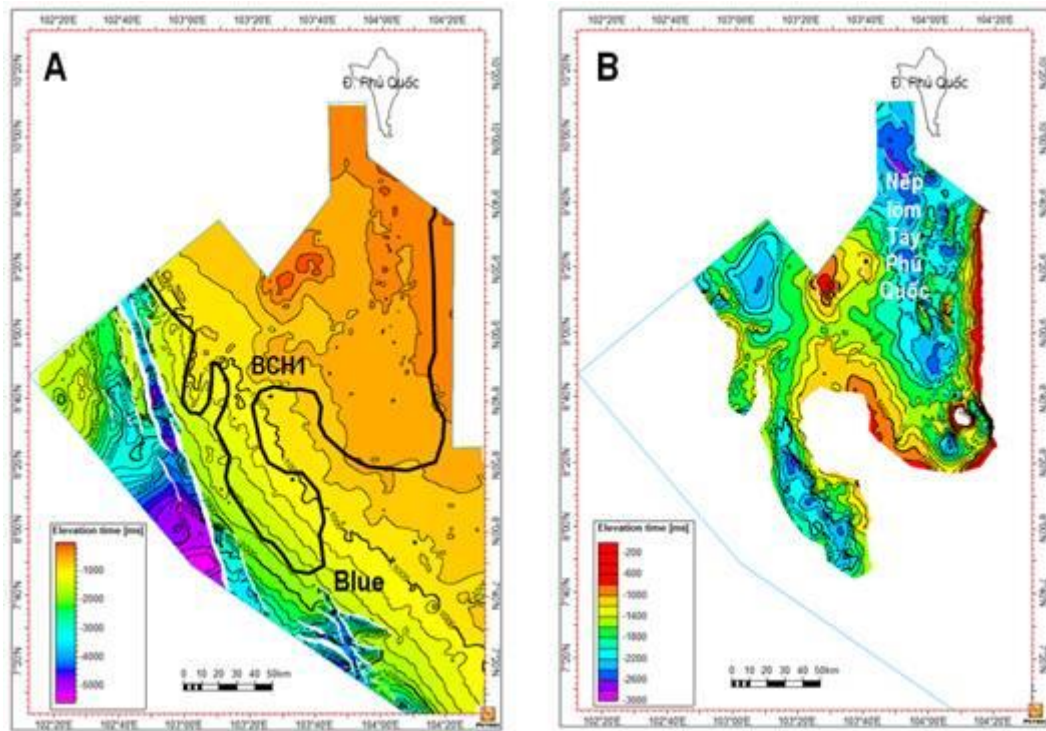
Theo đó, ngoài khu vực đảo Phú Quốc và các đảo thuộc quần đảo An Thới và Thổ Chu, đồng tụ Dương Đông chủ yếu phân bố ở khoảng hai phần ba diện tích phần phía tây các Lô hợp đồng Dầu khí số 41, 42 và 43, phần bắc Lô số 44, phần lớn Lô số 47/01, và một phần các Lô số 48/05, 50 và 51 - ở phía nam các quần đảo An Thới và Thổ Chu với tổng diện tích khoảng 22.200 km² (khoảng gần 40 lần diện tích đường bờ đảo Phú Quốc). Với tài liệu hiện có, nhìn chung diện phân bố của đồng tụ Dương Đông ở thềm lục địa Tây Nam Việt Nam khá tin tưởng, ngoại trừ khu vực lô 44 - nơi diện tích phủ tài liệu địa chấn còn hạn chế.

Trong bình đồ kiến trúc hiện nay, ở khu vực thềm lục địa Tây Nam Việt Nam, ngoài khu vực gần đảo Phú Quốc, quần đảo An Thới và quần đảo Thổ Chu, bề mặt nóc đồng tụ Dương Đông (BCH1) hay đáy các đá trầm tích có tuổi khác nhau trong Kainozoi muộn ("Blue"), nhìn chung, có xu hướng nghiêng thoải từ đông bắc về tây nam (Hình 10-A). Bề mặt nóc BCH1 nghiêng xuống sâu nhất ở phần tây nam, tới độ sâu tương ứng với khoảng 1,800 giây (TWT) hai lần thời gian truyền sóng địa chấn (khoảng 2.100 m) bên dưới mực nước biển.

Đồng tụ Dương Đông phân bố sâu nhất tại phần trũng nếp lồi Tây Phú Quốc (phía tây nam đảo Phú Quốc), tới độ sâu tương ứng khoảng 3 giây hai lần thời gian truyền sóng địa chấn (khoảng 5.100 m) bên dưới mực nước biển (Hình 12-B). Bề dày theo chiều thẳng đứng của đồng tụ Dương Đông tại đây được bảo tồn nhiều nhất sau bóc mòn, tương ứng với khoảng 2,600 giây hai lần thời gian truyền sóng địa chấn (khoảng 4.700 m) (Hình 13).

Kết quả minh giải chi tiết các tầng SQ1, SQ2 và SQ3 giữa bề mặt bất chỉnh hợp nóc BCH1 và bề mặt bất chỉnh hợp đáy BCH2 cho thấy đồng tụ Dương Đông đã bị uốn nếp, nâng lên và bóc mòn mạnh mẽ, để lại các di chỉ là bề mặt bất chỉnh hợp góc BCH1 mang tính khu vực và các đơn vị kiến trúc lớn gồm nếp lồi Tây Thổ Chu, nếp lồi Thổ Chu và nếp lồi Tây Phú Quốc phương kinh tuyến và nếp lồi Nam Thổ Chu phương tây bắc - đông nam (Hình 12-A, 10-B, Hình 13).

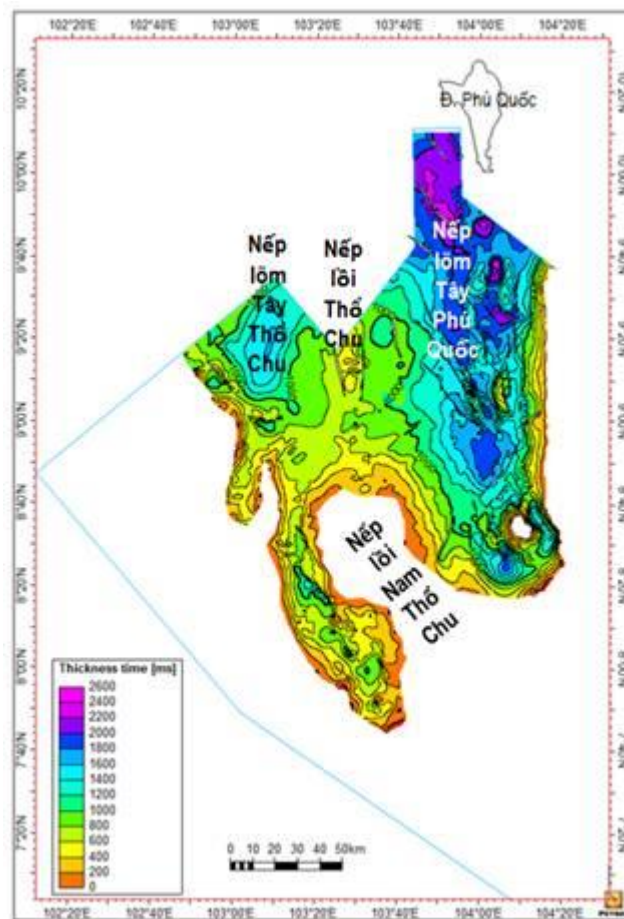
Với tài liệu hiện có, mặt cắt địa chất - địa vật lý điển hình cho đồng tụ Dương Đông được chọn theo tuyến địa chấn (m10) thuộc mạng lưới tuyến PQ-09 có phương đông - tây ngang qua phía nam quần đảo Thổ Chu (cách đảo Thổ Chu khoảng 9,5 km, tại 9°10' vĩ độ bắc) thể hiện trọn vẹn đồng tụ theo hướng đông - tây với bề rộng khoảng 150 km (Hình 14).



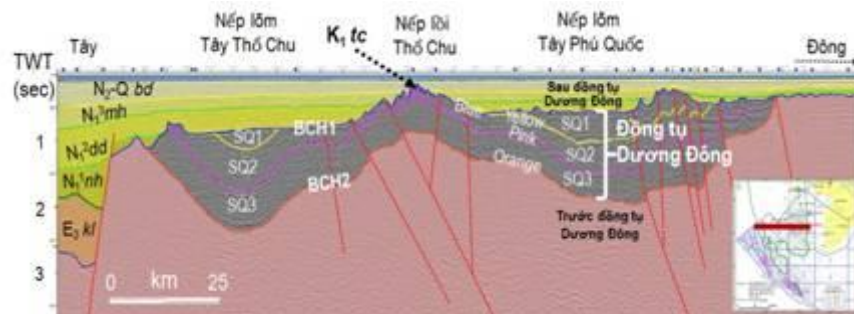
Hình 12. A) Bản đồ đẳng thời (hai lần thời gian truyền sóng địa chấn) từ mực nước biển tới bề mặt nóc đồng tụ Dương Đông (BCH1) và 'Blue' (đáy các thể trầm tích khác tuổi nhau trong Kainozoi muộn); B) Bản đồ đẳng thời (hai lần thời gian truyền sóng địa chấn) từ mực nước biển tới đáy đồng tụ Dương Đông (BCH2) ở khu vực thềm lục địa Tây Nam Việt Nam.

Mối quan hệ giữa các phân vị địa tầng

Phù hợp với Hướng dẫn Địa tầng Quốc tế (Salvador, 1994; Thanh và nnk, 1994), phân vị đồng tụ (synthem) Dương Đông tuổi Mesozoi muộn ở khu vực Tây Nam Việt Nam được tác giả xác lập trong bối cảnh: (1) Đã xác định được thể địa chất được phân cách phía trên và phía dưới bởi hai bề mặt bất chỉnh hợp mang tính khu vực trên các đảo và ngoài khơi (BCH1 và BCH2) ở thềm lục địa Tây Nam Việt Nam; (2) Hệ tầng Hàm Ninh ($K_2 hn$) không chỉ phân bố trên đảo Phú Quốc, quần đảo An Thới; Hệ tầng Thổ Chu ($K_1 tc$) không chỉ phân bố trên quần đảo Thổ Chu, quần đảo An Thới và đảo Phú Quốc, ranh giới dưới chưa xác định được và còn có khả năng phân bố ngoài khơi; (3) Việc đề xuất loạt Phú Quốc gồm hai hệ tầng Hàm Ninh và Thổ Chu (Mỹ và nnk, 2005) chưa thật sự ổn thỏa khi kết quả phân tích cổ sinh cho thấy “phức hệ hóa thạch Creta ở Phú Quốc có phần nào trẻ hơn ở Thổ Chu, nhưng chưa đủ tư liệu để đối sánh phân biệt phần nào ở Phú Quốc là tương đồng với Thổ Chu, phần nào chỉ có riêng ở Phú Quốc” (Mỹ và nnk, 2003); (4) Việc lựa chọn một trong số những mặt cắt trên đảo Phú Quốc, mặc dù có thể là điển hình cho các trầm tích Mesozoi muộn lộ ra trên đảo Phú Quốc nhưng chưa thể coi là mặt cắt chuẩn (stratotyp) cho hệ tầng Phú Quốc với diện phân bố trên đảo Phú Quốc, quần đảo An Thới và quần đảo Thổ Chu; (5) Trong phạm vi của hai bề mặt bất chỉnh hợp khu vực BCH1 và BCH2, mặc dù đã xác định được ba tầng địa chấn từ trên xuống dưới gồm SQ1, SQ2 và SQ3 bởi các ranh giới “Yellow” và “Pink” với sự khác biệt về đặc trưng trường sóng của tầng địa chấn SQ2 so với tầng địa chấn SQ1 ở trên và tầng địa chấn SQ3 ở dưới nhưng chưa có tài liệu giếng khoan sâu để liên kết nên mức độ khẳng định cũng như mức độ xác định chính xác các bề mặt ranh giới “Yellow” và “Pink” chưa cao. Hơn nữa, mặc dù tầng địa chấn SQ1 và SQ2 lần lượt được liên kết với hệ tầng Hàm Ninh và hệ tầng Thổ Chu nhưng với mức độ tài liệu hiện có, hiện chưa thể xác lập được hệ tầng hay phân vị thạch địa tầng cho thể địa chất tương ứng với tầng địa chấn SQ3 bên dưới hệ tầng Thổ Chu.



Hình 13. Diện phân bố và bề dày còn lại theo chiều thẳng đứng (hai lần thời gian truyền sóng địa chấn) của đồng tụ Dương Đông ở khu vực thêm lục địa Tây Nam Việt Nam



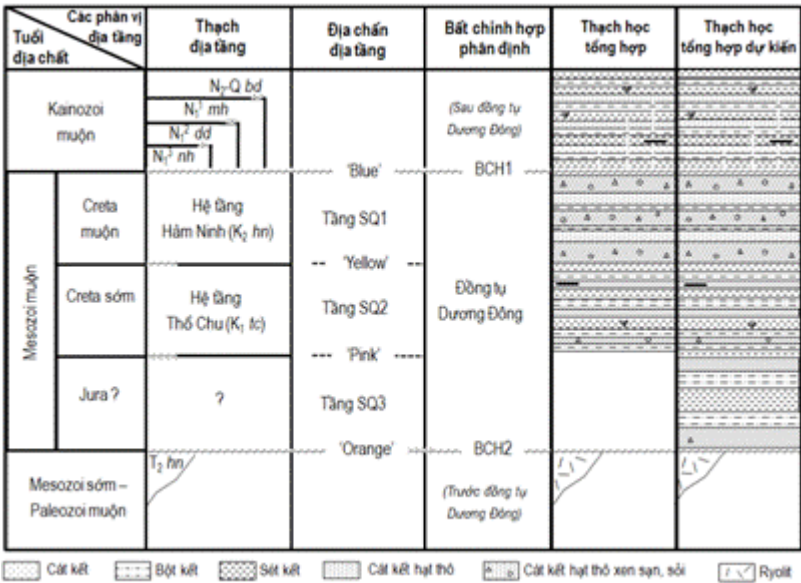
Hình 14. Mặt cắt địa chất - địa vật lý theo tuyến địa chấn (m10) thuộc mạng lưới tuyến PQ-09 phương đông - tây ngang qua quần đảo Thổ Chu (khoảng 9,5 km về phía nam) thể hiện mặt cắt điển hình của đồng tụ Dương Đông (bề rộng khoảng 150 km) với hai bề mặt bất chỉnh hợp khu vực BCH1 ("Blue") ở trên và BCH2 ("Orange") ở dưới cùng ba tầng địa chấn (SQ1, SQ2 và SQ3)

Từ các kết quả nghiên cứu như đã đề cập ở trên cho phép tổng hợp mối quan hệ giữa các phân vị địa tầng, bao gồm các phân vị thạch địa tầng, địa chấn địa tầng và phân vị do bất chỉnh hợp phân định, cùng với cột thạch học tổng hợp và cột thạch học tổng hợp dự kiến khu vực thêm lục địa Tây Nam Việt Nam (bồn trầm tích Mesozoi muộn Phú Quốc) và được thể hiện trong Hình 15.

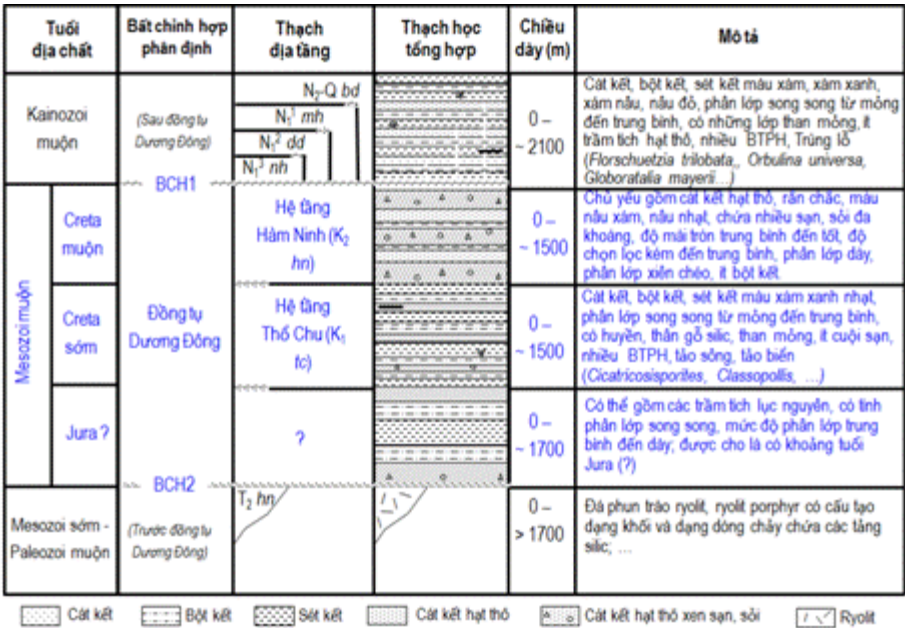
Cột địa tầng tổng hợp

Trên cơ sở phân tích, đánh giá và tổng hợp những kết quả của các công trình trước đây nghiên cứu về địa chất trên các đảo trong khu vực (bao gồm các kết quả đo vẽ bản đồ địa chất, giếng khoan tìm kiếm nước, giếng khoan Enreca-2 và các kết quả nghiên cứu địa chất chuyên

đề), kết hợp với kết quả khảo sát thực địa và minh giải bổ sung các tài liệu địa chấn ngoài khơi cho phép lập cột địa tầng tổng hợp (Hình 16).



Hình 15. Mối quan hệ giữa các phân vị địa tầng (thạch địa tầng, địa chấn địa tầng và bất chỉnh hợp phân định), cột thạch học tổng hợp và cột thạch học tổng hợp dự kiến ở khu vực thềm lục địa Tây Nam Việt Nam (bồn trắm tích Mesozoi muộn Phú Quốc)



Hình 16. Cột địa tầng tổng hợp đồng tụ Dương Đông tuổi Mesozoi muộn khu vực Tây Nam Việt Nam

Trên đảo Phú Quốc và các quần đảo An Thới và Thổ Chu, ranh giới trên của đồng tụ Dương Đông chính là bề mặt bóc mòn lộ ra các đá trầm tích tuổi Mesozoi muộn của các hệ tầng Hàm Ninh và Thổ Chu. Các hệ tầng này có bề mặt bất chỉnh hợp với các đá trầm tích có tuổi khác nhau của Kainozoi muộn (sau đồng tụ Dương Đông). Ở ngoài khơi thềm lục địa Tây Nam Việt Nam, ranh giới trên (BCH1) của đồng tụ Dương Đông được xác định từ tài liệu địa chấn. Nhìn chung, bề mặt bất chỉnh hợp nóc BCH1 của đồng tụ Dương Đông có xu hướng nghiêng thoải

từ đông bắc xuống tây nam (tới khoảng 1,800 giây hai lần thời gian truyền sóng địa chấn, tương ứng khoảng 2100 m bên dưới mực nước biển). Phủ bất chỉnh hợp và xuyên thời trên bề mặt bất chỉnh hợp nóc BCH1 của đồng tụ Dương Đông là các đá trầm tích có tuổi khác nhau thuộc Kainozoi muộn (N_1^1nh , N_1^2dd , N_1^3mh và N_2-Qbd) được hình thành trong quá trình mở rộng dần từ bồn trầm tích Malay - Thổ Chu ở vùng tây nam đến vùng đông bắc thềm lục địa Tây Nam Việt Nam.

Ranh giới dưới của đồng tụ Dương Đông không bắt gặp trên đảo Phú Quốc và các quần đảo An Thới và Thổ Chu. Ở ngoài khơi thềm lục địa Tây Nam Việt Nam, ranh giới dưới (BCH2) của đồng tụ Dương Đông được xác định từ tài liệu địa chấn. Ở vùng phía nam quần đảo Nam Du, ranh giới này được liên kết với nóc các đá phun trào ryolit, ryolit porphyr có cấu tạo dạng khối và dạng dòng chảy chứa các tầng silic của hệ tầng Hòn Ngang.

Trong phạm vi trường sóng địa chấn chủ yếu có tính phân lớp song song của đồng tụ Dương Đông đã xác định được ba tầng địa chấn SQ1, SQ2 và SQ3, trong đó trường sóng của tầng địa chấn SQ2 có biên độ phản xạ cao hơn, tần số cao hơn so với tầng địa chấn SQ1 ở trên và tầng địa chấn SQ3 ở dưới. Tầng địa chấn SQ1 được liên kết với các đá trầm tích của hệ tầng Hàm Ninh (K_2hn), chủ yếu gồm cát kết hạt thô, rắn chắc, màu nâu xám, nâu nhạt, chứa nhiều sạn, sỏi đa khoáng, độ mài tròn trung bình đến tốt, độ chọn lọc kém đến trung bình, phân lớp dày, phổ biến cấu tạo phân lớp xiên chéo, ít bột kết, môi trường lòng sông, bãi bồi, cửa sông. Tầng địa chấn SQ2 được liên kết với các đá trầm tích của hệ tầng Thổ Chu (K_1tc), chủ yếu gồm cát kết, bột kết, sét kết màu xám, xám xanh nhạt, phân lớp dạng song song từ mỏng đến trung bình, có cấu tạo phân lớp xiên chéo, ít cuội sạn, đặc biệt có huyền, thân gỗ silic, lớp than rất mỏng, và phong phú bào tử phấn hoa, tảo sông, tảo biển (*Cicatricosisporites*, *Classopollis*, *Brachyphyllum*, *Coniopteris*, *Algakis*, *Pedistrium*; *Cribroperidinium sp.*, ...), thuộc môi trường châu thổ, cửa sông, vũng vịnh, biển nông. Tầng địa chấn SQ3 phản ánh các thể địa chất có tính phân lớp song song, mức độ phân lớp trung bình đến dày, có thể gồm các trầm tích lục nguyên, được cho là có khoảng tuổi Jura (?).

Với mặt cắt địa chất - địa vật lý điển hình dọc theo tuyến địa chấn ngang qua bề rộng khoảng 150 km của đồng tụ Dương Đông, việc xây dựng mặt cắt ở tỷ lệ 1:10.000 không thực tế.

Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Các thể địa chất lộ trên đảo trong khu vực đã được nghiên cứu và đo vẽ bản đồ địa chất ở các tỷ lệ khác nhau. Tuy nhiên, còn có những tranh luận về tuổi địa chất cùng nhiều vấn đề chưa được sáng tỏ, bao gồm ranh giới dưới, diện phân bố, đặc biệt là mối quan hệ địa tầng - nơi các đảo cách xa nhau hàng trăm km. Mặt khác, ở thềm lục địa Tây Nam Việt Nam, công tác minh giải tài liệu địa chấn địa tầng mặc dù đã xác định được các tầng địa chấn và đặc điểm kiến trúc dưới sâu nhưng việc minh giải địa chất kết quả minh giải địa chấn gặp nhiều khó khăn trong điều kiện chưa có tài liệu giếng khoan sâu để liên kết. Việc xác lập đồng tụ Dương Đông mang nhiều ý nghĩa trong việc giải quyết những vấn đề này. Đó là:

Các đá trầm tích thuộc hệ tầng Hàm Ninh và hệ tầng Thổ Chu trên đảo Phú Quốc nghiêng về tây tây nam nhưng không phải đơn nghiêng đến quần đảo Thổ Chu mà đó thực chất là cánh phía đông của nếp lồi Tây Phú Quốc mang tính khu vực giữa đảo Phú Quốc và quần đảo An Thới tiếp nối với nếp lồi Thổ Chu. Hệ tầng Hàm Ninh (K_2hn) không chỉ phân bố trên đảo Phú Quốc mà còn phân bố dưới sâu ngoài khơi ở nếp lồi Tây Phú Quốc và nếp lồi Tây Thổ Chu. Các đá trầm tích lục nguyên của hệ tầng Thổ Chu (K_1tc) trên đảo Phú Quốc thuộc phần trên hệ tầng Thổ Chu. Các đá trầm tích còn lại sau bóc mòn lộ ra tại quần đảo Thổ Chu thuộc phần dưới hệ tầng Thổ Chu. Chúng bị phủ bất chỉnh hợp dạng gá đáy (onlap) và xuyên thời bởi các đá trầm tích tuổi Miocen (N_1^1nh , N_1^2dd và N_1^3mh) và Pliocen - Đệ Tứ (N_2-Qbd). Quá trình mở rộng dần và mỏng dần từ vùng tây nam về phía đông bắc khu vực thềm lục địa Tây Nam Việt Nam của các trầm tích Kainozoi muộn chứng tỏ khả năng tồn tại trầm tích tuổi Miocen giữa - muộn phủ bất chỉnh hợp trên các hệ tầng Hàm Ninh và Thổ Chu trên đảo Phú Quốc và quần đảo An Thới. Trên thềm lục địa Tây Nam Việt Nam, giữa hai bề mặt bất chỉnh hợp của đồng tụ Dương Đông đã xác định được ba tầng địa chấn SQ1, SQ2 và SQ3. Các đá

trầm tích của hệ tầng Hàm Ninh và hệ tầng Thổ Chu trên các đảo có thể liên kết lần lượt với các tầng địa chấn SQ1 và SQ2. Thềm địa chất tương ứng với tầng địa chấn SQ3 của đồng tự Dương Đông có thể gồm các đá trầm tích lục nguyên, có tính phân lớp song song, mức độ phân lớp có thể dày hơn so với hệ tầng Thổ Chu, có tuổi Jura (?) – sớm hơn tuổi Creta sớm của hệ tầng Thổ Chu. Không chỉ vấn đề ranh giới trên, ranh giới dưới của các hệ tầng mà cả diện phân bố cùng bề dày thẳng đứng trong bình đồ kiến trúc hiện nay của đồng tự Dương Đông đã được xác định.

Việc xác lập và nghiên cứu đồng tự Dương Đông còn góp phần quan trọng trong công tác nghiên cứu kiến trúc địa chất và lịch sử phát triển kiến tạo khu vực ven biển và thềm lục địa Tây Nam Việt Nam trong giai đoạn Mesozoi muộn - Kainozoi. Các đá trầm tích lục nguyên tuổi Mesozoi muộn của đồng tự Dương Đông phát triển, phủ bất chỉnh hợp trên móng sau khi móng này được hình thành do quá trình ghép nối, va mảng và tạo núi giữa các khối lục địa Sibumasu, Chanthaburi, Tonle Sap - Sài Gòn và Indochina vào Trias muộn. Trong thời kỳ đầu hình thành, đồng tự Dương Đông phát triển ở dạng bồn trũng giữa núi trên khối Chanthaburi giữa đới khâu Klaeng - Bentong Raub với khối Sibumasu ở phía tây và đới khâu Sa Kaeo - Hòn Chuối với khối Tonle Sap - Sài Gòn ở phía đông. Vào Creta muộn, đồng tự Dương Đông chịu ảnh hưởng tích chôn kiểu bồn sau cung bởi rìa tây cung núi lửa Đà Lạt - Hải Nam (kiểu Andes). Trước khi bị phủ bất chỉnh hợp và xuyên thời bởi các trầm tích có tuổi khác nhau trong Kainozoi muộn, đồng tự Dương Đông đã bị uốn nếp, nâng lên và bóc mòn mạnh mẽ trong Kainozoi sớm.

Kết quả nghiên cứu mở ra hướng áp dụng khoa học và hiệu quả cho các khu vực tương tự, bao gồm cả những nơi trên đất liền có tài liệu địa chấn với diện lộ đá gốc hạn chế và còn thiếu giếng khoan sâu.

5. Kết luận

Đồng tự (synthem) Dương Đông tuổi Mesozoi muộn ở khu vực Tây Nam Việt Nam là một phân vị địa tầng do bất chỉnh hợp phân định, được tác giả xác lập theo Hướng dẫn Địa tầng Quốc tế trong bối cảnh cụ thể về điều kiện địa lý tự nhiên, đặc điểm địa chất cũng như mức độ tài liệu hiện có khi cách phân chia địa tầng theo các phân vị khác (như thạch địa tầng, sinh địa tầng) chưa hoàn toàn đáp ứng theo Quy phạm Địa tầng Việt Nam. Bề mặt bất chỉnh hợp trên (BCH1) của đồng tự Dương Đông là bề mặt bất chỉnh hợp góc bị phủ bất chỉnh hợp dạng gá đầy (onlap), xuyên thời và mỏng dần từ tây nam đến đông bắc bởi các trầm tích có tuổi khác nhau trong Kainozoi muộn ($N_1^1 nh$, $N_1^2 dd$, $N_1^3 mh$ và $N_2-Q bd$). Bề mặt bất chỉnh hợp dưới (BCH2) của đồng tự Dương Đông là bề mặt giữa trầm tích tuổi Mesozoi muộn có tính phân lớp song song phủ bất chỉnh hợp trên các thềm địa chất tuổi Paleozoi muộn - Mesozoi sớm. Địa danh Dương Đông vừa là tên núi, tên sông, tên hồ nước ngọt và tên của một trong hai thị trấn trên đảo Phú Quốc được chọn để đặt tên cho đồng tự được xác lập mới trong bài báo này.

Đồng tự Dương Đông đã bị uốn nếp, nâng lên và bóc mòn mạnh mẽ trong Kainozoi sớm, để lại các di chỉ là bề mặt bất chỉnh hợp góc mang tính khu vực và các đơn vị kiến trúc lớn gồm nếp lồi Nam Thổ Chu phương tây bắc - đông nam, nếp lõm Tây Thổ Chu, nếp lồi Thổ Chu và nếp lõm Tây Phú Quốc phương kinh tuyến.

Trong bình đồ kiến trúc hiện nay, ở khu vực Tây Nam Việt Nam, đồng tự Dương Đông phân bố từ đảo Phú Quốc, quần đảo An Thới đến khu vực tây nam quần đảo Thổ Chu, rộng nhất theo phương Đ-T (khoảng 150 km tại $9^{\circ}10'$ vĩ độ bắc), dài nhất theo phương B-N (khoảng 300 km tại $103^{\circ}40'$ kinh độ đông). Với tài liệu hiện có, mặt cắt địa chất - địa vật lý điển hình cho đồng tự Dương Đông được chọn theo tuyến địa chấn (m10) thuộc mạng lưới tuyến PQ-09 có phương đông - tây ngang qua quần đảo Thổ Chu (khoảng 9,5 km về phía nam, tại $9^{\circ}10'$ vĩ độ bắc) thể hiện trọn vẹn đồng tự theo hướng đông - tây với bề rộng khoảng 150 km.

Trên thềm lục địa Tây Nam Việt Nam, giữa hai bề mặt bất chỉnh hợp BCH1 và BCH2 của đồng tự Dương Đông đã xác định được ba tầng địa chấn SQ1, SQ2 và SQ3, trong đó tầng địa chấn SQ2 ở giữa có đặc điểm trường sóng địa chấn với biên độ phản xạ cao hơn và mức độ

phản xạ tốt hơn, phản ánh mức độ tương phản về trở kháng âm học (mật độ và tốc độ truyền sóng) tốt hơn giữa các lớp đá so với tầng địa chấn SQ1 ở trên và tầng địa chấn SQ3 ở dưới.

Đồng tụ Dương Đông bao gồm các đá trầm tích của hệ tầng Hàm Ninh ($K_2 hn$) ở phần trên, hệ tầng Thổ Chu ($K_1 tc$) ở phần giữa. Các đá trầm tích của hệ tầng Hàm Ninh và hệ tầng Thổ Chu trên các đảo có thể liên kết lần lượt với các tầng địa chấn SQ1 và SQ2. Theo đó, (i) Các đá trầm tích tương ứng với hệ tầng Hàm Ninh còn có thể phân bố dưới sâu ngoài khơi ở nếp lồi Tây Phú Quốc và nếp lồi Tây Thổ Chu; (ii) Các đá trầm tích lục nguyên của hệ tầng Thổ Chu trên đảo Phú Quốc thuộc phần trên hệ tầng Thổ Chu. Các đá trầm tích còn lại sau bóc mòn lộ ra tại quần đảo Thổ Chu thuộc phần dưới hệ tầng Thổ Chu; (iii) Thể địa chất tương ứng với tầng địa chấn SQ3 của đồng tụ Dương Đông có thể gồm các đá trầm tích lục nguyên, có tính phân lớp song song, có mức độ tương phản về trở kháng âm học thấp hơn so với các lớp của hệ tầng Thổ Chu, mức độ phân lớp có thể dày hơn so với hệ tầng Thổ Chu, có tuổi Jura (?) – sớm hơn tuổi Creta sớm của hệ tầng Thổ Chu. Vấn đề này cần tiếp tục được nghiên cứu và làm sáng tỏ khi có tài liệu giếng khoan sâu.

Việc xác lập đồng tụ Dương Đông mang nhiều ý nghĩa khoa học và thực tiễn. Công tác nghiên cứu không chỉ dừng ở việc phân chia các thể địa chất theo các bề mặt phản xạ hay các tầng địa chấn mà còn kết hợp và kế thừa giữa liên kết minh giải địa chấn trên thềm lục địa với kết quả nghiên cứu địa chất trên các đảo, nhất là trong điều kiện trên thềm lục địa chưa có giếng khoan sâu qua đối tượng nghiên cứu. Đồng thời, kết quả này lại góp phần làm sáng tỏ các vấn đề còn bỏ ngỏ trong công tác nghiên cứu địa chất trên các đảo, đặc biệt là mối quan hệ địa tầng – nơi các thể địa chất có diện lộ hạn chế trên các đảo, lại cách xa nhau hàng trăm km. Thêm vào đó, việc xác lập và nghiên cứu đồng tụ Dương Đông góp phần quan trọng trong việc nghiên cứu cấu trúc địa chất và lịch sử phát triển kiến tạo khu vực ven biển và thềm lục địa Tây Nam Việt Nam trong giai đoạn Mesozoi muộn - Kainozoi. Kết quả nghiên cứu mở ra hướng áp dụng khoa học và hiệu quả cho các khu vực tương tự, bao gồm cả những nơi trên đất liền có tài liệu địa chấn với diện lộ đá gốc hạn chế và còn thiếu giếng khoan sâu.

Lời cảm ơn: Tác giả trân trọng cảm ơn Tập đoàn Dầu khí Việt Nam – Công ty Điều hành Dầu khí Phú Quốc, Đại học Quốc gia Tp.HCM – Trường Đại học Bách khoa đã tạo điều kiện. Tác giả chân thành cảm ơn TS. Phạm Huy Long, TS. Trần Anh Tú và các đồng nghiệp đã hỗ trợ và có những ý kiến đóng góp quý báu trong suốt quá trình thực hiện công trình này; GS. TSKH Tổng Duy Thanh đã giúp tác giả cách sử dụng những nội dung về phân loại địa tầng và phân định phân vị địa tầng theo “Hướng dẫn địa tầng Quốc tế” và “Quy phạm địa tầng Việt Nam”.

Văn liệu

Bùi P. Mỹ và nnk, 2002. Các trầm tích màu đỏ ở quần đảo Thổ Chu, tỉnh Kiên Giang. *TC Địa chất*, A/268:9-14. Hà Nội.

Bùi P. Mỹ, Trần H. Linh, 2003. Tài liệu mới về hệ tầng Thổ Chu ở tỉnh Kiên Giang. *TC Địa chất*, A/275:51-54. Hà Nội.

Bùi P. Mỹ, Trần H. Linh, 2003. Tài liệu mới về các trầm tích lục địa ở đảo Phú Quốc, tỉnh Kiên Giang. *TC Địa chất*, A/276:10-18. Hà Nội.

Bùi P. Mỹ, Trần H. Linh, 2005. Các trầm tích lục địa màu đỏ ở quần đảo An Thới. *TC Địa chất*, A/287:1-7. Hà Nội.

Bùi P. Mỹ, Trần H. Linh, 2005. Vấn đề phân chia địa tầng và tuổi các trầm tích lục địa ở đảo Phú Quốc, quần đảo Thổ Chu, quần đảo An Thới, tỉnh Kiên Giang. *TC Địa chất*, A/291:10-20. Hà Nội.

Đào V. Cảnh, Phạm H. Long, Đỗ V. Linh, 2015. Lịch sử tiến hóa kiến tạo giai đoạn Paleozoi muộn - Mesozoi sớm Tây Nam Việt Nam và vùng kề cận. *TC Địa chất*, A/352-354:28-39. Hà Nội.

Đỗ Bạt và nnk, 2007. Địa tầng các bể trầm tích Kainozoi Việt Nam. *Địa chất và Tài nguyên Dầu khí*, Nxb Khoa học và Kỹ thuật.

Fromaget J, Saurin E, 1952. Carte géologique de l'Indochine à l'échelle du 1: 2.000.000. *Institut géographique national. Paris, 1952.* Trong: Bản đồ địa chất Việt Nam - Campuchia - Lào, tỷ lệ 1: 2.000.000. *Nha Địa dư Quốc gia, Đà Lạt tái bản.*

Lê C. Mai, 2009. Lịch sử tiến hóa địa chất của bể Phú Quốc trước Đệ Tứ và tiềm năng dầu khí. *Luận án Tiến sĩ Địa chất, Trường ĐH Mỏ - Địa chất, Hà Nội.*

Mai T. Tân, 2011. Thăm dò Địa chấn. *Nxb Giao thông vận tải*, 523 tr.

Murphy A.M, Salvador A, 1999. International Stratigraphic Guide – An abridged version, International Subcommission on Stratigraphics Classification of IUGS, International Commission on Stratigraphy. *Episodes*, 22/4.

Nguyễn Hiệp (Chủ biên) và nnk, 2005. Địa chất và Tài nguyên dầu khí. *Nxb Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội.*

Nguyễn N. Hoa (Chủ biên), Nguyễn X. Bao (Trưởng ban Hiệu đính), 1996. Bản đồ Địa chất và Khoáng sản Việt Nam (Tờ Phú Quốc - Hà Tiên, Nhóm tờ Đồng Bằng Nam Bộ), tỷ lệ 1:200.000, Bản thuyết minh. *Lưu trữ Địa chất. Hà Nội.*

Phạm H. Long và nnk, 2017. Một số vấn đề kiến tạo Việt Nam và vùng kề cận. *Thạch quyển và Manti Đông Nam Á, Nxb Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.*

Salvador A, 1994. Hướng dẫn Địa tầng Quốc tế. *Xuất bản lần thứ hai, Hiệp hội Khoa học Địa chất Quốc tế (1994). Phan Cự Tiến dịch. Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam xuất bản (2002).*

Trần Đ. Lương, Nguyễn X. Bao (Đồng chủ biên), 1988. Bản đồ địa chất Việt Nam, các tờ Phú Quốc và Cà Mau, tỷ lệ 1:500.000. *Tổng cục Mô - Địa chất.*

Tổng D. Thanh, Vũ Khúc, Phan C. Tiến, 1994. Quy phạm Địa tầng Việt Nam. *Cục Địa chất Việt Nam xuất bản.*

Tổng D. Thanh, Vũ Khúc, 2005. Các phân vị Địa tầng Việt Nam. *Nxb Đại học Quốc gia Hà Nội, 519 tr.*

Trần V. Trị và Vũ Khúc (Đồng Chủ biên) và nnk, 2009. Địa chất và Tài nguyên Việt Nam. *Nxb Khoa học Tự nhiên và Công nghệ. 590 tr.*

Trịnh Dánh và nnk, 1998. Địa tầng Phanerozoic Tây Nam Bộ. *Lưu trữ Địa chất. Hà Nội.*

Trương C. Đương, 1997. Báo cáo đo vẽ bản đồ địa chất và tìm kiếm khoáng sản nhóm tờ Hà Tiên - Phú Quốc tỉ lệ 1:50.000. *Lưu trữ Địa chất. Hà Nội.*

Vũ Khúc, Bùi P. Mỹ, 1989. Địa chất Việt Nam, tập I, Địa tầng. *Lưu trữ Địa chất. Hà Nội.*