



Original Article

## Evolution of Geological Structural and Sedimentary Environment Change in Miocene of Phu Khanh Basin

Tran Thi Dung<sup>\*</sup>, Tran Nghi, Chu Van Ngoi,  
Nguyen The Hung, Nguyen Thi Huyen Trang

*Faculty of Geology, VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Hanoi, Vietnam*

Received 13 February 2019

Revised 11 March 2019; Accepted 11 March 2019

**Abstract:** Phu Khanh basin located in the central of Vietnam and bounded by the longitude of 109<sup>o</sup>-112<sup>o</sup>E and the latitude of 11<sup>o</sup>-15<sup>o</sup>N. The geological evolution history of the basin in Miocene is very complicated, included three sedimentary cycles of Early Miocene (N11), Middle Miocene (N12) and Late Miocene (N13). Each of these sedimentary cycles was generated and deformed by a general rule as follow: subsidence, sedimentary filling to be buried deeply and unconsolidated sediments being become sedimentary rocks by diagenesis process and then continuously changed by catagenesis process. At the end of each cycle, the secondary basins were uplifted over the water surface and eroded to create the angle or stratigraphic unconformities. Three strong deformation factors are faults, compressions, and volcanic activities. The study also demonstrated that the depositional formation of Phu Khanh basin in Miocene is existed three typical eroded surfaces as (1) The top of early Miocene is an angle unconformity in the age of 16 million years, equivalent to the age of seafloor spreading in the East Vietnam Sea; (2) The top of middle Miocene is also an angle unconformity in the age of 11 million years and (3) The top of late Miocene is 5.5 million years and this surface is both angle unconformity and stratigraphic boundary between Late Miocene and Pliocene - Quaternary sedimentary formations. The present geological structure of Phu Khanh basin is considered as the one of Pliocene - Quaternary due to the control of East Sea Western fault system 109<sup>o</sup>-110<sup>o</sup>E in the longitudinal direction and Tuy Hoa Shear Zone in the northwestern direction that strongly activated in Pliocene - Quaternary. The geological structure of the three secondary basins of Early Miocene, Middle Miocene, and Late Miocene was affected by four main factors: (1) thermal subsidence at the center; (2) uplifting in the western margin; (3) the impact of the Red River strike-slip fault and (4) the compressive force from the southeast of seafloor spreading zone. The geological structural development history of Miocene deposits in Phu Khanh basin is proven by the sedimentary evolution and the strong deformation of these three cycles.

**Keywords:** Phu Khanh basin, geological structural, secondary basin, deformation.

<sup>\*</sup> Corresponding author.

*E-mail address:* [trandung251112@gmail.com](mailto:trandung251112@gmail.com)

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4368>



# Tiến hóa cấu trúc địa chất và môi trường trầm tích Miocen khu vực bể phú khánh

Trần Thị Dung\*, Trần Nghi, Chu Văn Ngợi,  
Nguyễn Thế Hùng, Nguyễn Thị Huyền Trang

*Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 13 tháng 2 năm 2019

Chỉnh sửa ngày 11 tháng 3 năm 2019; Chấp nhận đăng ngày 11 tháng 3 năm 2019

**Tóm tắt:** Bể Phú Khánh nằm trên vùng biển miền Trung Việt Nam giới hạn trong khoảng kinh tuyến  $109^{\circ}$ - $112^{\circ}30'$  E và vĩ tuyến  $10^{\circ}30'$ - $15^{\circ}$ N. Khu vực bể Phú Khánh có một lịch sử phát triển địa chất trong Miocen rất phức tạp với 3 chu kỳ trầm tích: Miocen sớm ( $N_1^1$ ), Miocen giữa ( $N_1^2$ ) và Miocen muộn ( $N_1^3$ ). Mỗi chu kỳ trầm tích này được sinh ra và bị biến dạng theo một quy luật là sụt lún, lấp đầy trầm tích nhấn chìm sâu và vật liệu trầm tích bờ rời biến thành đá trầm tích (diagenesis) và tiếp tục bị biến đổi thứ sinh trong điều kiện nhiệt độ và áp suất tăng cao (catagenesis). Cuối mỗi chu kỳ các bể trầm tích thứ cấp bị nâng lên khỏi mặt nước và bị bào mòn tạo ra bất chỉnh hợp góc hoặc bất chỉnh hợp địa tầng. Ba yếu tố gây biến dạng mạnh mẽ là: đứt gãy, nén ép và hoạt động núi lửa. Nghiên cứu cho thấy rằng trong thành tạo trầm tích Miocen bể Phú Khánh có 3 mặt bào mòn tiêu biểu: (1) Nóc Miocen sớm là bất chỉnh hợp góc có tuổi 16 triệu năm tương đương với tuổi dừng tách giãn đáy Biển Đông; (2) Nóc Miocen giữa cũng là bất chỉnh hợp góc có tuổi 11 triệu năm; (3) Nóc Miocen muộn có tuổi 5,5 triệu năm vừa có bất chỉnh hợp địa tầng vừa có bất chỉnh hợp góc giữa Miocen và Pliocen-Đệ Tứ. Cấu trúc địa chất của bể Phú Khánh hiện tại là cấu trúc của Pliocen-Đệ Tứ do khống chế của hệ thống đứt gãy sụt bậc  $109^{\circ}$ - $110^{\circ}$ E theo hướng kinh tuyến và đới đứt gãy xiết trượt Tuy Hòa theo hướng tây bắc đông nam hoạt động tích cực trong Pliocen- Đệ Tứ. Còn cấu trúc địa chất của 3 bể thứ cấp Miocen sớm, Miocen giữa và Miocen muộn bị ảnh hưởng của 4 nguồn lực chính: (1) sụt lún nhiệt ở trung tâm; (2) nâng trôi đới ven rìa phía tây; (3) ảnh hưởng của đứt gãy trượt bằng Sông Hồng và (4) lực ép từ phía đông nam của đới tách giãn Biển Đông. Lịch sử phát triển cấu trúc địa chất Miocen của bể Phú Khánh được minh chứng bằng tiến hóa và sự biến dạng mạnh mẽ trầm tích của 3 chu kỳ nói trên.

*Từ khóa:* Bể Phú Khánh, cấu trúc địa chất, bể thứ cấp, biến dạng.

## 1. Mở đầu

Bể Phú Khánh nằm trên vùng biển Miền Trung Việt Nam, chiếm một diện tích rộng lớn

từ vùng nước nông thềm lục địa đến vùng nước sâu sườn lục địa hiện đại, giới hạn trong khoảng kinh tuyến  $109^{\circ}00'$  –  $112^{\circ}30'$ E và vĩ tuyến  $10^{\circ}30'$  –  $15^{\circ}00'$ N. Theo ranh giới của bể trầm tích bể Phú Khánh giáp với bể Sông Hồng ở phía bắc, bể Cửu Long ở phía nam, bể Nam Côn Sơn ở phía đông nam (hình 1) [1].

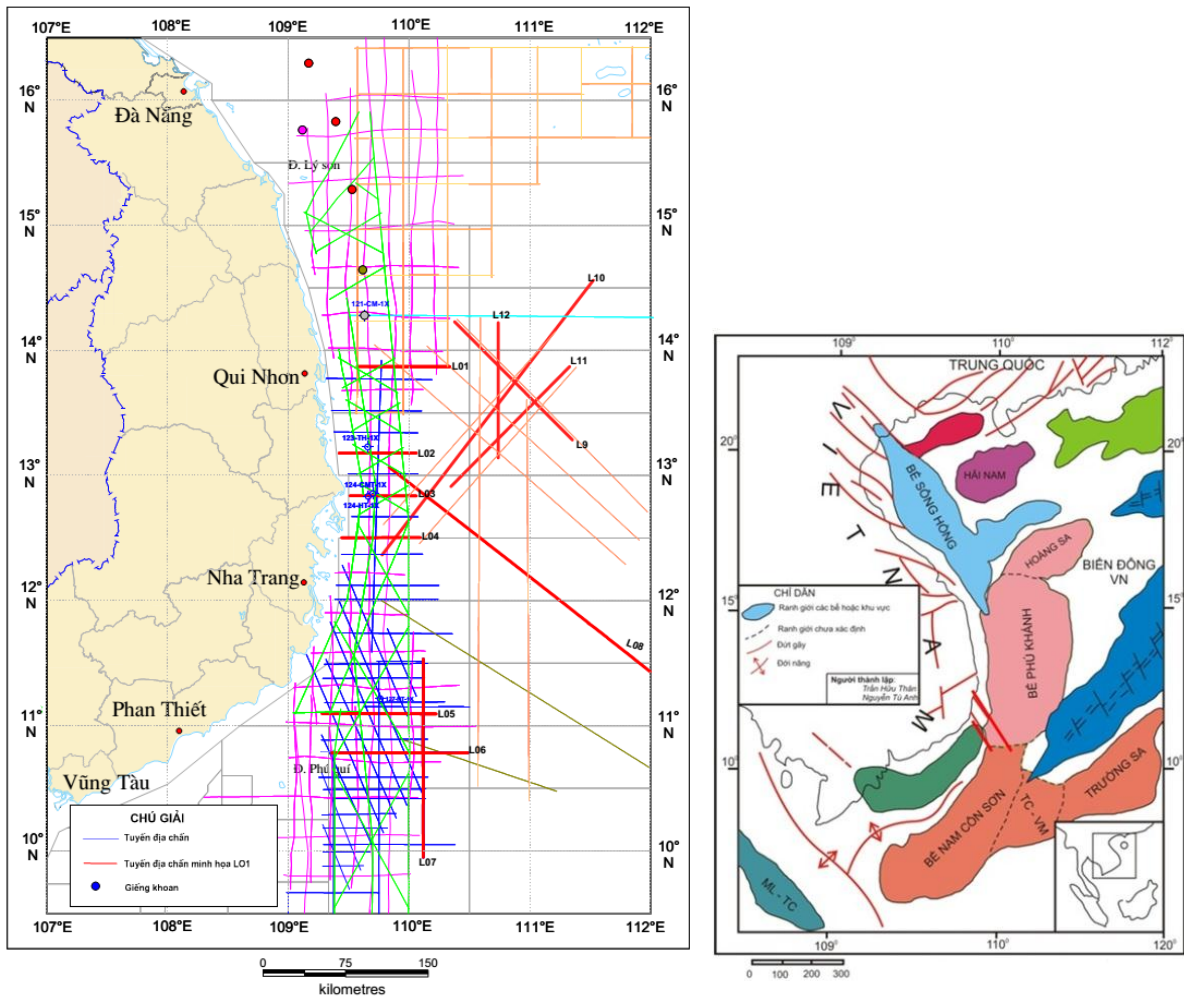
\* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ Email: [trandung251112@gmail.com](mailto:trandung251112@gmail.com)

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4368>

Khu vực bể Phú Khánh có một lịch sử phát triển địa chất phức tạp bắt đầu từ Paleogen và kết thúc trong giai đoạn Đệ tứ. Lịch sử đó được ghi lại một cách sinh động bởi 6 chu kỳ trầm tích tương ứng với 6 bể thứ cấp ( $E_3^1$ ,  $E_3^2$ ,  $N_1^1$ ,  $N_1^2$ ,  $N_1^3$  và  $N_2 - Q$ ). Trong đó 3 bể thứ cấp trong Miocen vừa có tính chu kỳ theo thời gian vừa bị phân hóa về cấu trúc theo không gian do bối cảnh kiến tạo liên tục thay đổi. Lịch sử nghiên cứu địa chất bể Phú Khánh có thể ghi nhận khởi đầu là Saurin (1944 - 1964) nghiên cứu điếm lộ đầu tiên ở đầm Thị Nại (Bình Định) trên đất liền gần với bể Phú Khánh [1-3] đã phát hiện ra các lớp Sapropel giàu tảo có nguồn gốc dầu mỏ.

Từ năm 1979 đến 2006 Tổng công ty dầu khí Việt Nam đã hợp tác với Mỹ và Nga đã thu nổ được khoảng 7000 km tuyến địa vật lý [1,2,3]. Năm 2002 – 2003, Phạm Quang Trung và nmk, đã tiếp tục nghiên cứu các mẫu lộ dầu ở đầm Thị Nại song vẫn chưa đi đến lời kết thỏa đáng về nguồn gốc dầu mỏ nơi đây. Cũng trong thời gian này dự án ENRECA do viện dầu khí hợp tác với Cục Địa chất Đan Mạch đã tiến hành nghiên cứu tổng thể địa chất dầu khí bể Phú Khánh. Kết quả nghiên cứu chủ yếu dựa trên minh giải định tính các mặt cắt địa chấn 2D mà chưa có mẫu khoan [2, 3].



Hình 1. Vị trí bể Phú Khánh trên thềm lục địa Việt Nam và các tuyến địa chấn [1].

Về nghiên cứu kiến tạo địa động lực Briaia A. et al (1993), M. Longley (1997), T.Y. Lee, L.A. Lawver (1994) [4-7] đã phân lịch sử kiến tạo khu vực Biển Đông thành 3 giai đoạn: (1) giai đoạn tiền rift – trước 50 triệu năm là giai đoạn san bằng kiến tạo; (2) giai đoạn đồng rift từ 50 – 17 triệu năm (từ Eocen đến Miocen sớm); (3) Giai đoạn sau rift từ 16 triệu năm đến nay. Theo quan điểm của Taponier (1982, 1986) [8, 9] giai đoạn này chấm dứt hoạt động thúc trôi của vi mảng Đông Dương về phía đông nam. Đứt gãy sông Hồng đổi hướng từ trượt bằng trái sang trượt bằng phải. Năm 2009, nhóm tác giả Đan Mạch [10, 11] đã đánh giá lại vai trò va chạm của mảng Ấn Độ vào Á Âu, đứt gãy trượt trái Ailaoshan – Sông Hồng với biên độ 1000 km, đứt gãy Mae Ping, mở Biển Đông trong Neogen và đứt gãy trượt bằng á kinh tuyến qua bể Phú Khánh và Nam Côn Sơn. Năm 2007, Trần Ngọc Toàn và Nguyễn Hồng Minh [1] đã tổng kết lại quan điểm phân chia các yếu tố cấu trúc chính của bể Phú Khánh gồm: (1) Thềm Đà Nẵng; (2) Thềm Phan Rang; (3) Đới nâng Tri Tôn; (4) Trũng sâu Phú Khánh; (5) Đới cắt trượt Tuy Hòa. Tuy nhiên, các đơn vị cấu trúc này thực chất là đơn vị cấu trúc hiện tại được xác lập bắt đầu từ Pliocen đến nay.

Gwang H. Lee, Joel s. Watkins, et al (1998) dựa trên các tập phân xạ địa chấn có đóng góp đáng ghi nhận là chia bể Phú Khánh ra 5 tập địa chấn – địa tầng: Eocen – Oligocen, Miocen dưới, Miocen giữa, Miocen trên và Pleiocen – Đệ tứ. Tuy nhiên, việc phân chia này chỉ mới dựa trên cơ sở ranh giới các tập địa chấn mà chưa phân tích tương trầm tích qua đặc điểm trường sóng địa chấn nên đường cong thay đổi mực nước biển chưa có sức thuyết phục. Michael B.W Fyhn et al (2009) đã phân chia ra 3 đới tương trầm tích từ ven rìa đến biển nông của bể Phú Khánh gồm đới tương aluvi và quạt ngầm châu thổ (fan deltas), carbonat khối xây (carbonate buildup) và carbonat dạng nền (carbonate platform). Việc phân chia đới tương trầm tích này hết sức ước lệ mà không được chứng minh bằng mẫu thạch học trầm tích. Trên mặt cắt địa chấn hiện tại đã bị biến dạng qua

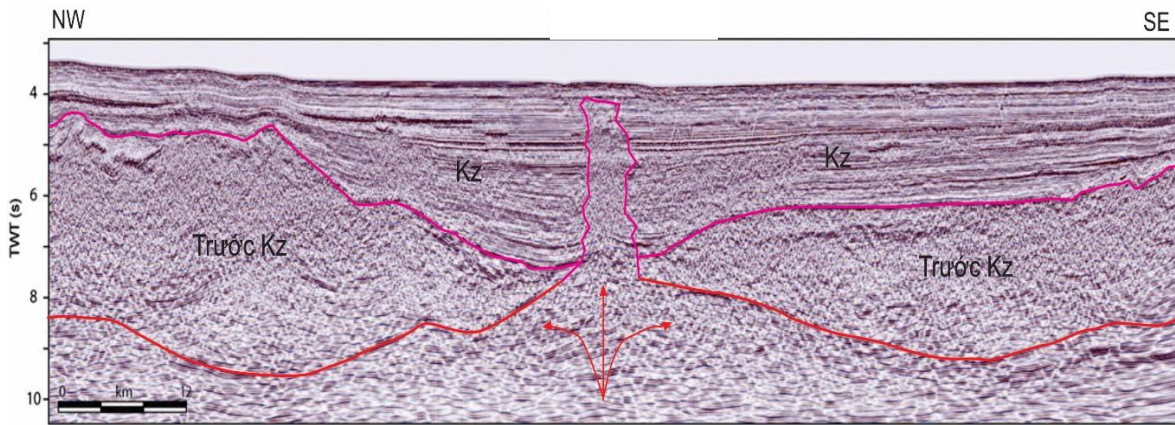
hiều pha kiến tạo muốn xác định được các tổ hợp cộng sinh tương cần phải khôi phục từng bề thứ cấp (secondary basins) thì mới tường minh địa hình cổ và các tương trầm tích. Trên các mặt cắt vuông góc với đường bờ từ thềm trong đến thềm ngoài, các tác giả đã bỏ qua đới đứt gãy phá hủy 109°E-110°E. Đây là đới đứt gãy thuận sụt bậc thang đã nhấn chìm toàn bộ trầm tích Kainozoi được thành tạo ở ven biển xen biển nông xuống vùng biển nước sâu (>500m nước) [10]. Michael B.W. Fyhn et al (2013) [12] lại đưa ra thêm những kết quả nghiên cứu mới của bể Phú Khánh như trầm tích vụn aluvi (alluvial – neritic siliciclastic) trầm tích vụn biển sâu (bathyal siliciclastic) và châu thổ basalt (basalt delta). Các đới tương trầm tích nói trên được xác định một cách ước lệ trên mặt cắt địa chấn là không đúng với quy luật phân bố các nhóm tương theo mặt cắt từ dưới lên và theo không gian từ rìa vào trung tâm bể. Trong Oligocen - Miocen bể Phú Khánh không có trầm tích biển sâu như các tác giả đã mô tả. Khái niệm châu thổ basalt không tồn tại trong địa chất. Nếu chỉ suy luận từ trường sóng địa chấn là điều không thuyết phục. D. Savva, et al (2013) [13] đã phân tích và chứng minh hiện tượng nóng chảy vát mỏng vỏ lục địa do manti trên và dâng cao bề mặt Moho của bể Phú Khánh. Đồng thời xuất hiện hệ thống đứt gãy listric thuộc phần trên của vỏ (upper crust) (hình 2). Kết quả nghiên cứu này đã thể hiện sự tiến bộ về nhận thức đối với cơ chế địa động lực tạo các bể vùng nước sâu thêm lục địa Việt Nam.

Trần Nghi, et al (2013, 2014) [2, 14] đã xây dựng bản đồ cấu trúc 3D của vỏ lục địa trước Kainozoi và Kainozoi (hình 3) và đưa ra mô hình đối xứng thất cổ “chày” (hình 4) để mô tả hiện tượng sụt lún lan tỏa mở rộng dần của các bề thứ cấp từ Oligocen sớm đến Miocen muộn do vỏ lục địa trước Kainozoi bị nóng chảy vát mỏng bởi các “chùm lưỡi” manti trên. Bề mặt Moho dâng cao theo từng chu kỳ và tạo nên hiện tượng căng giãn làm xuất hiện khe nứt xuyên sâu từ trầm tích Kainozoi xuống mái manti làm kênh dẫn magma xuyên lên theo tuổi khác nhau. Trần Nghi và nnk (2014, 2018) [15,

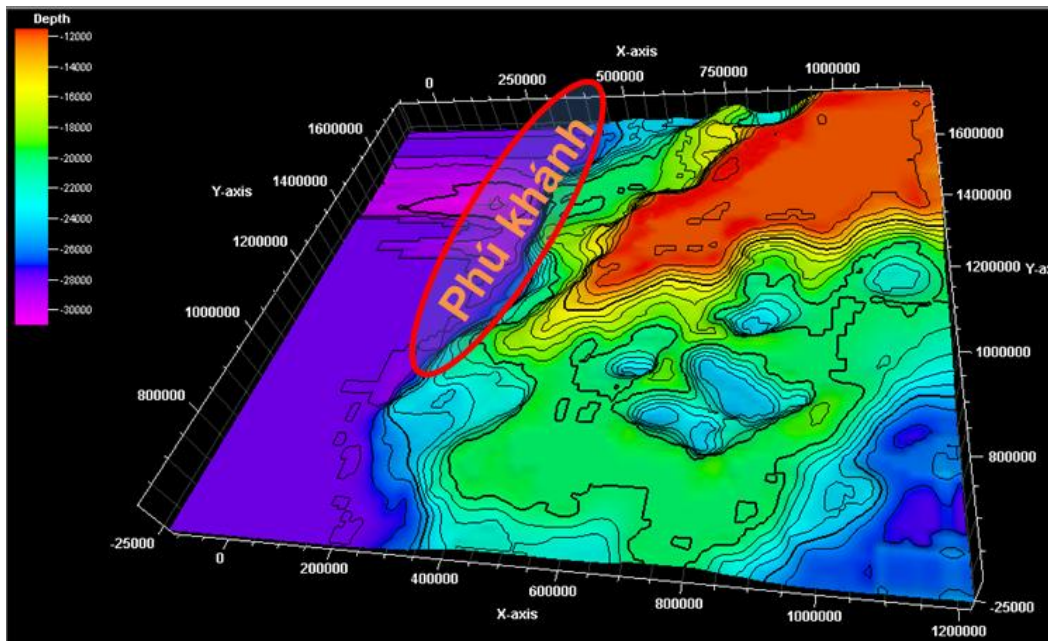


16] đã đưa ra quan điểm sụt lún nhiệt không tách giãn là cơ chế kiến tạo cơ bản của bể Phú Khánh. Đồng thời đã chia trầm tích kainozoi bể Phú Khánh thành 6 phức tập (sequence) và 3 tổ hợp thạch kiến tạo: (1) Tổ hợp đá lục nguyên đa khoáng từ 32 – 16 triệu năm ( $E_2 - N_1^1$ ) tương ứng với giai đoạn tách giãn đáy Biển Đông đặc trưng cho địa hào nội lục và ven rìa; (2) Tổ hợp

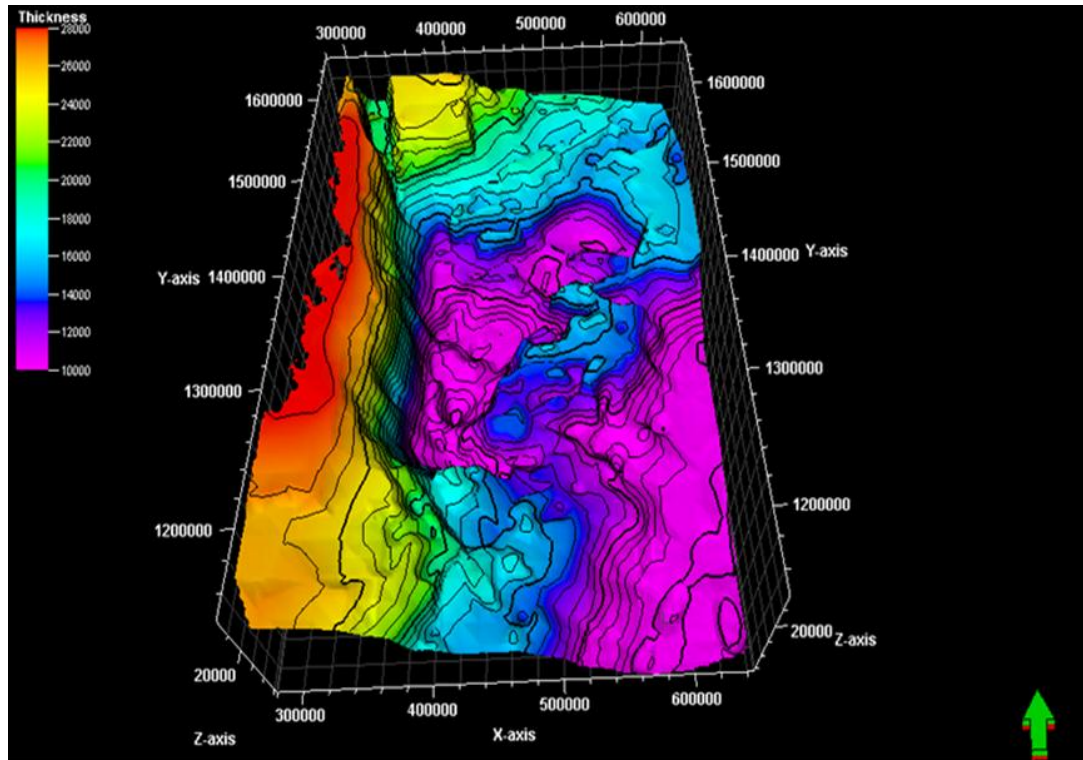
đá lục nguyên ít khoáng và đá carbonat trầm tích nông – vũng vịnh từ 16 – 5 triệu năm tương ứng với giai đoạn sau tách giãn đáy Biển Đông; (3) Tổ hợp đá lục nguyên ít khoáng, đơn khoáng và ám tiêu san hô tương ứng với giai đoạn tạo lớp phủ thêm Pliocen – Đệ tứ (5 triệu năm đến nay) [2, 14 - 17].



Hình 2. Cấu trúc địa chất sâu của đới sụt lún trung tâm theo mặt cắt L09 của bể Phú Khánh có dạng đối xứng thất cô chày. Bề mặt Moho dâng cao, tại đó đáy bể trầm tích Kainozoi sụt lún sâu nhất. (nguồn tài liệu: D. Savva et al, 2013)



Hình 3. Sơ đồ khối cấu trúc bề mặt Moho khu vực bể Phú Khánh và các vùng lân cận. (Trần Nghi, Nguyễn Duy Tuấn, Trần Thị Dung, 2014).



Hình 4. Bản đồ đẳng dày trầm tích Kanozoi bể Phú Khánh.  
(Trần Nghi, Nguyễn Duy Tuấn, Trần Thị Dung, 2014)

Tuy nhiên, những công trình nghiên cứu trên đây vẫn chưa làm sáng tỏ được đặc điểm cấu trúc của từng thời kỳ, lịch sử biến động cấu trúc và cơ chế kiến tạo – địa động lực để tạo nên bối cảnh kiến tạo của khu vực bể Phú Khánh- bị biến dạng mạnh mẽ theo chu kỳ từ Miocen đến nay trong mối quan hệ với sự đổi hướng của đới tách giãn đáy Biển Đông. Nội dung bài báo này sẽ giới thiệu đặc điểm các kiểu biến dạng và chu kỳ biến dạng trong Miocen trong mối quan hệ với chu kỳ kiến tạo. Chu kỳ đó được thể hiện qua 3 chu kỳ tương trầm tích và tổ hợp thạch – kiến tạo: chu kỳ Miocen sớm, Miocen giữa và Miocen muộn. Nói một cách khác nghiên cứu biến động cấu trúc và lịch sử kiến tạo tập thể tác giả đã tiếp cận từ quan điểm hệ thống và mối quan hệ nhân – quả giữa tương trầm tích, sự biến dạng của đá trầm tích và hoạt động các pha kiến tạo trong Miocen bể Phú Khánh.

## 2. Cơ sở tài liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Cơ sở tài liệu

Nghiên cứu lịch sử biến động cấu trúc địa chất Miocen bể Phú Khánh đã kế thừa kết quả nghiên cứu và một khối lượng lớn tài liệu gốc và tài liệu trung gian các đề tài cấp nhà nước thuộc chương trình KC-09/06-10, KC-09/11-15 và 2 đề tài cấp ngành hợp tác giữa Đại học Quốc gia Hà Nội và Tập đoàn Dầu khí (HĐ số 4053/HĐ-DKVN và HĐ số 4053/HĐ-DKVN).

Các dạng tài liệu được chọn lọc và xử lý cho nội dung của bài báo như sau:

- 1) Một số mặt cắt địa chấn gốc thu nổ đại diện trên bể Phú Khánh được minh giải lại theo quan điểm và phương pháp mới (Hình 1);
- 2) Tài liệu trọng lực và bề mặt Moho của bể Phú Khánh được sử dụng để chồng khớp đối chiếu với độ sâu đáy của trầm tích Kainozoi;

3) Mẫu lát mỏng thạch học Miocen của bể Phú Khánh và các bể Nam Côn Sơn, Tư Chính - Vũng Mây được phân tích và luận giải mới theo phương pháp phân tích tướng và địa tầng phân tập (Hình 15 đến hình 21).

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

### 1) Phương pháp luận

Trên cơ sở nhận thức về mối quan hệ nhân quả giữa quá trình trầm tích, sự thay đổi mực nước biển và chuyển động kiến tạo tư tưởng chủ đạo đối với lịch sử phát triển địa chất bể Phú Khánh được tiếp cận từ 3 vấn đề:

- Nghiên cứu lịch sử phát triển cấu trúc địa chất bể Phú Khánh thực chất là nghiên cứu tiến hóa các bể thứ cấp Miocen sớm, Miocen giữa và Miocen muộn trong mối quan hệ với hoạt động kiến tạo.

- Tiến hóa các bể trầm tích thứ cấp theo chu kỳ. Chu kỳ được biểu thị bởi sự lặp đi lặp lại của các phức hệ tướng trầm tích theo chiều thẳng đứng. Ranh giới giữa các chu kỳ là bề mặt gián đoạn trầm tích.

- Các bể thứ cấp trong Miocen đều bị biến dạng và tuân theo quy luật là bể càng cổ thì bị biến dạng càng mạnh. Những hiện tượng biến dạng đặc trưng là: đứt gãy, uốn nếp, ép trồi móng và hoạt động núi lửa làm thay đổi thể nằm ban đầu của các lớp đá trầm tích.

### 2) Phương pháp nghiên cứu:

- Phương pháp minh giải các kiểu biến dạng bể thứ cấp: (1) Biến dạng do sụt lún nhiệt; (2) Biến dạng đứt gãy; (3) Biến dạng uốn nếp do nén ép; (4) Biến dạng do nâng trồi móng; (5) Biến dạng do hoạt động núi lửa.

- Phương pháp thành lập bản đồ cấu trúc của bể thứ cấp gồm các bước:

(1) Bước 1: Phục hồi mặt cắt bể thứ cấp theo công thức Trần Nghi (2013, 2014) [2, 15] như sau:

$$Lnt = \sum_{i=1}^n (t_{1i} + t_{2i}) + \sum_{i=1}^n (n_{1i} + n_{2i}) + \sum_{i=1}^n (u_{1i} + u_{2i}) + \sum_{i=1}^n (c_{1i} + c_{2i})$$

Trong đó:

$t_{1i}$  và  $t_{2i}$  là chiều dài cánh nâng và cánh sụt của đứt gãy thuận thứ  $i$

$n_{1i}$  và  $n_{2i}$  chiều dài cánh nâng và cánh sụt của đứt gãy nghịch thứ  $i$

$u_{1i}$  và  $u_{2i}$  là chiều dài 2 cạnh bên của tam giác vẽ theo một nếp uốn thứ  $i$

$c_{1i}$  và  $c_{2i}$  là chiều dài 2 cánh nâng và sụt của 1 đứt gãy thuận cánh chúc (listric) thứ  $i$

Đây là bước quan trọng nhất đối với việc tái hiện lại một bể trầm tích nguyên thủy để thành lập bản đồ cấu trúc địa chất qua các thời kỳ.

(2) Bước 2: Thành lập bản đồ đẳng dày trầm tích nguyên thủy của 3 bể thứ cấp ( $N_1^1$ ,  $N_1^2$ ,  $N_1^3$ ).

Xưa nay các bản đồ đẳng dày của trầm tích Miocen sớm, Miocen giữa và Miocen muộn được các tác giả thành lập dựa trên bề dày hiện tại, tức bề dày đã bị thay đổi so với bề dày nguyên thủy do hàng loạt các hoạt động biến dạng như trên đã đề cập. Vì vậy, bản đồ đẳng dày của 3 bể thứ cấp sẽ được thành lập trên cơ sở các mặt cắt phục hồi của các bể thứ cấp là bước tiếp theo sau khi thành lập các mặt cắt phục hồi.

(3) Bước 3: Xác định khối nâng - khối sụt và biểu diễn đứt gãy đồng trầm tích lên bản đồ.

- Phương pháp phân tích tổ hợp thạch kiến tạo: Giữa thành phần thạch học và hoạt động kiến tạo có mối quan hệ nhân quả. Mỗi một loại đá trầm tích là kết quả của một bối cảnh kiến tạo tương ứng. Phương pháp phân tích quan hệ giữa một nhóm thạch học và một bối cảnh kiến tạo tương ứng gọi là phương pháp thạch-kiến tạo. Theo nguyên tắc đó Trần Thị Dung và Trần Nghi (2018) [16] đã xây dựng được 3 tổ hợp thạch kiến tạo cho các bể Kainozoi vùng nước sâu thềm lục địa Việt Nam như sau:

(1) Tổ hợp phức hệ tướng trầm tích lục nguyên lục địa đa khoáng chọn lọc, mài tròn kém đặc trưng cho bối cảnh địa hào lục địa tuổi Eocen-Oligocen đến Miocen sớm (35-16 triệu năm BP) (giai đoạn đầu rift);

(2) Tổ hợp phức hệ tướng lục nguyên ít khoáng và carbonat ám tiêu đặc trưng cho bối

cảnh kiến tạo bình ổn có chu kỳ kéo dài từ Miocen giữa đến Miocen muộn;

(3) Tổ hợp phức hệ tướng lục nguyên ít khoáng và carbonat đặc trưng cho 2 bối cảnh kiến tạo bị phân dị: Bối cảnh tạo thêm lục địa rộng lớn trong Pliocen và bối cảnh kiến tạo phân dị tạo thêm và sừng lục địa hiện đại.

- *Phương pháp tích hợp giữa cộng sinh tướng và địa tầng phân tập.* Giữa tướng trầm tích và các miền hệ thống có mối quan hệ chặt chẽ với nhau. Mỗi một bối cảnh địa hình nguyên thủy và một miền hệ thống trầm tích được đặc trưng bởi một tổ hợp cộng sinh tướng nhất định. Vì vậy, nguyên tắc thành lập bản đồ tướng đá - cổ địa lý là phải dựa trên bản đồ cấu trúc địa chất nguyên thủy và miền hệ thống trầm tích được Trần Nghi (2014) tích hợp thành 3 công thức:

(1) Miền hệ thống trầm tích biển thấp:

LST (Tướng lục địa + tướng chuyển tiếp + tướng biển) = ar + (amr + mt/amr)

(2) Miền hệ thống trầm tích biển tiến:

TST(Tướng biển + tướng chuyển tiếp + tướng lục địa) = (mr/mt + amr/mt + mt) + amt + at

(3) Miền hệ thống trầm tích biển cao:

HST (Tướng lục địa + tướng chuyển tiếp + tướng biển) = ah + amh + (mt/amh + mt/mh)

Trong đó :

ar: Tướng aluvi thuộc miền hệ thống trầm tích biển thấp (a - alluvial; r- regressive);

at: Tướng aluvi thuộc miền hệ thống trầm tích biển tiến (a-alluvial, t- transgressive);

ah: Tướng aluvi thuộc miền hệ thống trầm tích biển cao (a-Tướng alluvi, h-highstand systems tract);

amr: Tướng sông - biển thuộc miền hệ thống trầm tích biển thấp (am- delta; r - regressive)

amt: Tướng sông - biển thuộc miền hệ thống trầm tích biển tiến (am- estuary; t - transgressive);

amh: Tướng sông - biển thuộc miền hệ thống trầm tích biển cao (am - delta; h - highstand);

mt/amr: Tướng châu thổ ngầm (amr) xen kẽ tướng biển dâng (mt) (rising sea level);

amr/mt: Tướng biển tiến (mt) xen kẽ tướng châu thổ ngầm (amr).

### 3. Kết quả nghiên cứu

#### 3.1. Bối cảnh địa chất hiện tại của bể Phú Khánh

##### 1) Phân tầng cấu trúc sâu của bể Phú Khánh

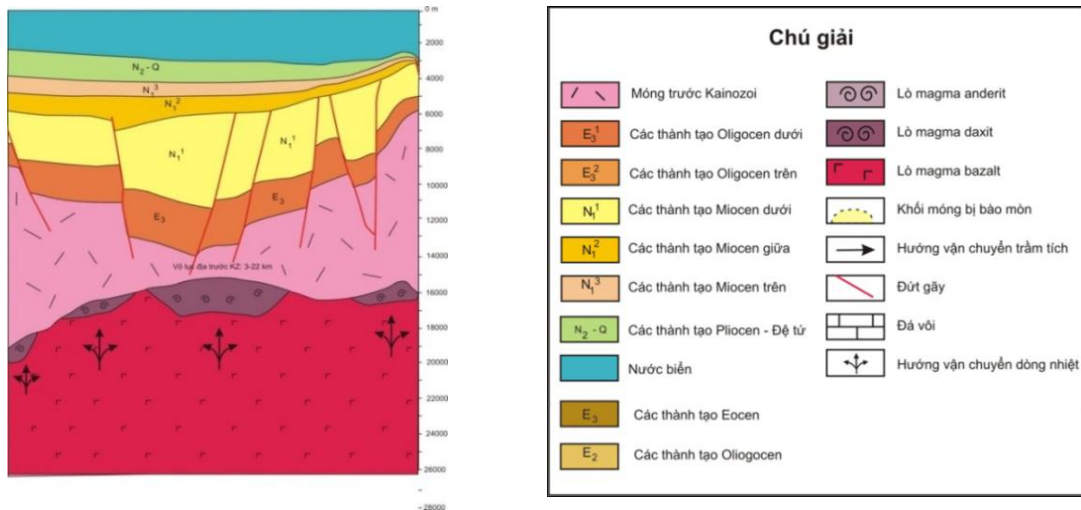
Theo phương thẳng đứng mặt cắt cấu trúc địa chất của bể Phú Khánh có dạng đối xứng thất cổ chày. Tại khu vực trung tâm của đới sụt lún bề dày trầm tích Kainozoi thay đổi từ 10-12km. Tại đó đáy bể Kainozoi võng xuống còn bề mặt Moho lại dâng cao. Hình dáng cấu trúc đối xứng này là bằng chứng của quá trình nóng chảy đáy của vỏ lục địa trước Kainozoi do hoạt động đối lưu của lõi manti. Tại trung tâm của lõi manti vỏ lục địa bị vát mỏng và tiêu biến vào máng manti mạnh mẽ nhất. Khối lượng vỏ lục địa bị vát mỏng đến đâu lập tức được bề mặt Moho dâng cao áp sát đến đó. Tuy nhiên, cho đến thời gian hiện tại vỏ lục địa trước Kainozoi vẫn còn giữ được bề dày 8-10km (hình 4).

2) *Bình đồ cấu trúc địa chất hiện tại của bể Phú Khánh* gồm 5 đới chính: (1) *Đới I:* đới thềm trong (gồm thềm Đà Nẵng và thềm Phan Rang), đới nâng yếu, phân bố ở rìa tây giáp với phần đất liền có độ sâu 0-200m nước. Đới này có cấu trúc thềm điển hình chưa bị biến dạng, địa hình nghiêng thoải về phía đông, cấu tạo các đá trầm tích Kainozoi còn giữ nguyên dạng phân kỳ và nôm tăng trưởng của châu thổ ngầm; (2) *Đới II:* đới chuyển tiếp rìa trong. Từ thềm trong ra đới trung tâm có dạng địa hình sụt bậc thang do tác động của hệ thống đứt gãy phương kinh tuyến 109-110°E xảy ra từ Miocen muộn đến nay. Độ sâu thay đổi từ 200-500m nước. Đây là đới phá hủy kiến tạo, đất đá Miocen bị biến dạng bởi 2 nguồn lực: (a) Sụt lún nhiệt trung tâm; (b) Đứt gãy trượt bằng phải sụt bậc thang. Bề mặt đứt gãy là những mặt trượt nghiêng về phía đông 60-70°; (3) *Đới III:* Đới sụt lún trung tâm (trùng Phú Yên), hiện tại nằm ở độ sâu từ 500-2000 m nước. Đới có hình tam

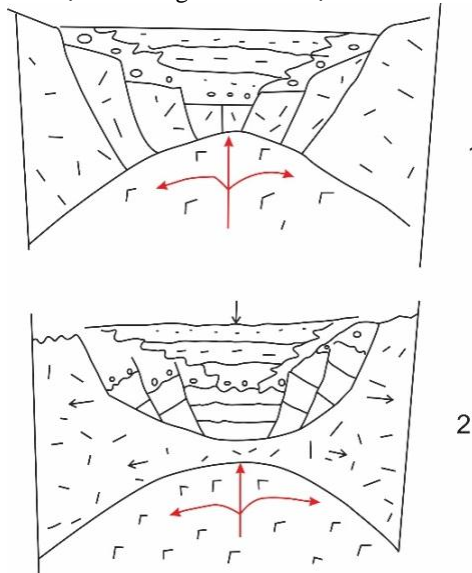


giác, cạnh đáy chạy song song với đới đứt gãy 109-110°E, một cạnh bên chạy song song với phương tách giãn đáy Biển Đông, cạnh bên còn lại chạy theo phương á vĩ tuyến. Bề dày trầm tích Kainozoi lớn nhất của đới sụt lún trung tâm đạt tới khoảng 10 km. Tại đây ranh giới đáy

trầm tích Kainozoi và bề mặt Moho có dạng đối xứng thụt cổ chày (hình 2. Mặt cắt địa chấn tuyến L09 của D. Savva đã minh giải lại). Hiện tượng này xảy ra ở giai đoạn đầu của chu kỳ Wilson (2003).



Hình 5. Mô hình đối xứng thụt cổ chày cấu trúc sâu bề Phú Khánh khu vực sụt lún trung tâm theo mặt cắt L08.



Hình 6. Sơ đồ biểu diễn cơ chế hình thành đứt gãy listric (thuận cánh chức): Sự phối hợp các nguồn lực: Vỏ lục địa trước Kz bị nóng chảy vát mỏng tạo bề thứ cấp sụt lún; Bề mặt Moho dâng cao tạo lực căng giãn; Xuất hiện các đứt gãy có bề mặt đứt gãy cong lõm hướng vào tâm bể.

- 1- giai đoạn sụt lún đầu tiên, bề trầm tích thứ cấp có thể nằm ngang
- 2- bề thứ cấp đầu tiên bị biến dạng bởi đứt gãy listric

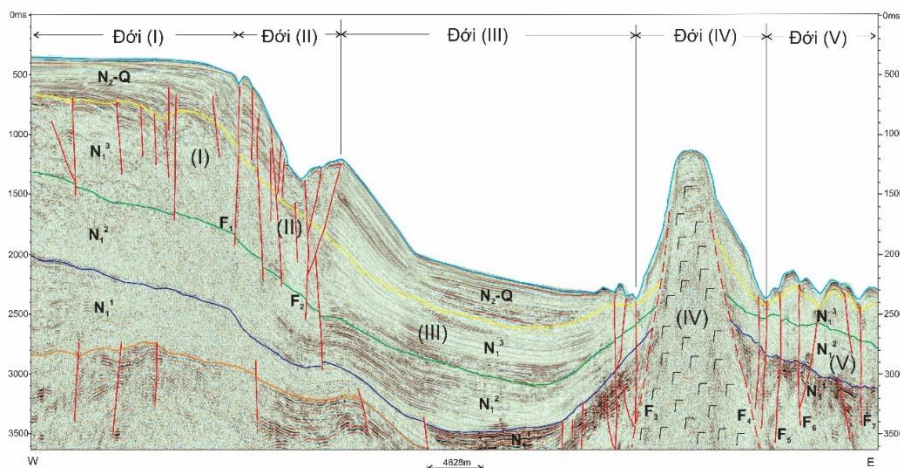
Trần Nghi (2013) gọi đây là hiện tượng *sụt lún nhiệt* [2]. Lưỡi nhiệt manti đã làm nóng chảy vát mỏng và tiêu biến từng phần vỏ lục địa trước Kainozoi. Kết quả bề mặt Moho dâng cao và bề mặt vỏ lục địa sụt lún xuống tạo bồn trũng và kéo theo quá trình lắng đọng đều bề trầm tích. Đến đây có 2 câu hỏi được đặt ra như sau: (1) Tại sao trầm tích lục nguyên tương biển nông tuổi Pliocen ở đới trung tâm hiện tại lại nằm ở biển sâu? (2) Đã có ý kiến cho rằng trầm tích Miocen được thành tạo ở môi trường biển sâu. Điều đó đúng hay sai? Đáp án của các câu hỏi trên đây chắc chắn phải do các nhà địa chất trầm tích trả lời. Nội dung bài báo này sẽ trả lời thỏa đáng 2 câu hỏi nói trên; *Đới IV*: Đới nâng ngoài (đới nâng Khánh Hòa) có độ sâu thay đổi từ 2500-3500m nước. Địa hình tương tự một dãy núi ngầm phân dị phức tạp được hình thành từ Miocen muộn đến nay. Trầm tích Pliocen có mặt trong hầu hết các hẻm giữa núi song có độ sâu thấp dần khi đi từ trung tâm của đới nâng đến trung tâm đới tách giãn Biển Đông; *Đới V*: Đới phá hủy xiết ép Tuy Hòa phân bố theo hướng tây bắc - đông nam  $120^\circ$  (hình 7, 8, 9).

### 3.2. Các kiểu biến dạng điển hình

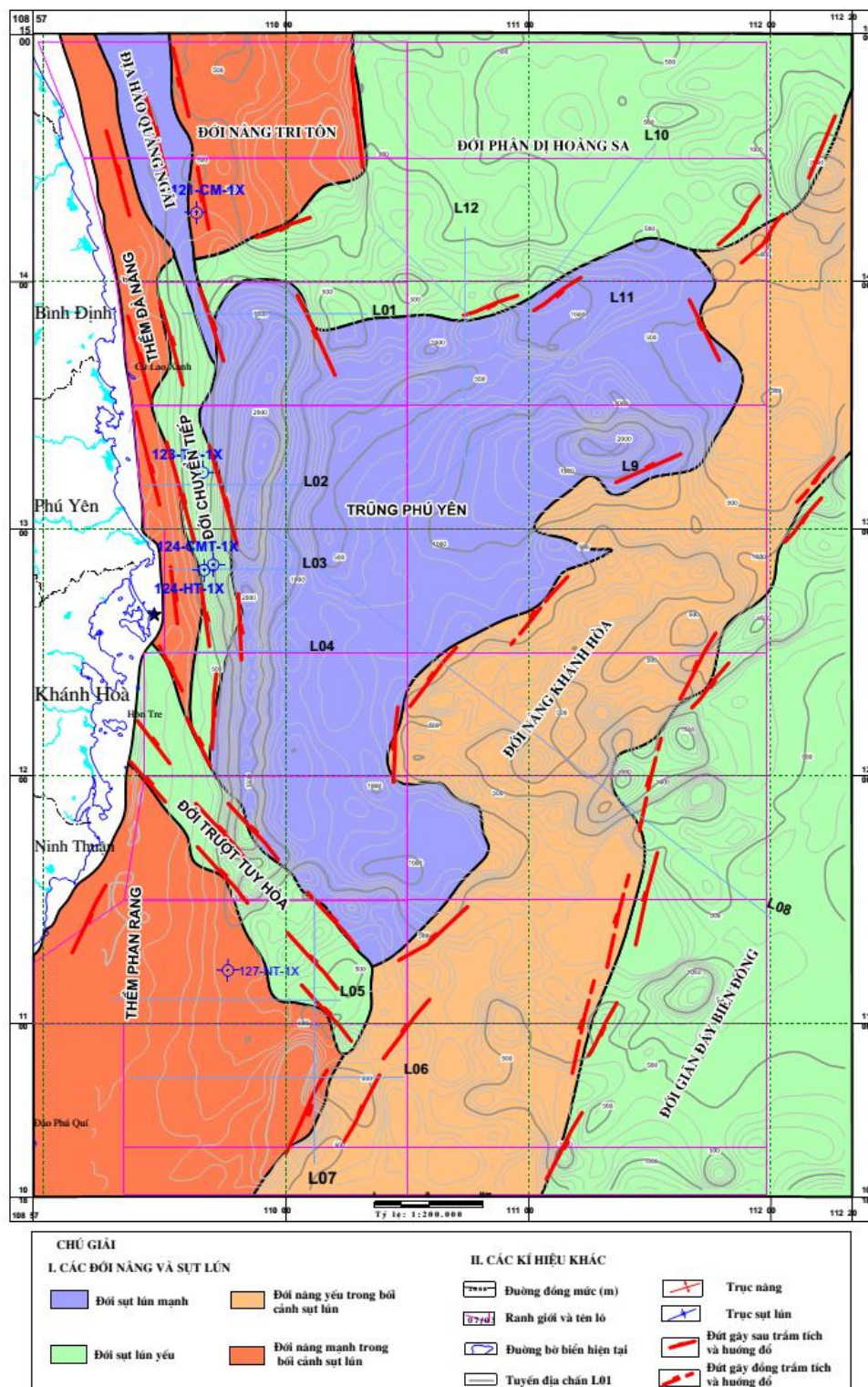
#### 1) Biến dạng đứt gãy

#### - Phân loại đứt gãy

Hoạt động đứt gãy là hiện tượng biến dạng phổ biến nhất của các bề trầm tích Kainozoi vùng nước sâu trên thềm lục địa Việt Nam. Riêng bề Phú Khánh đã có nhiều công trình nghiên cứu và quan điểm phân loại đứt gãy khác nhau nhằm phục vụ cho mục tiêu riêng của mình trong bối cảnh chưa có một hệ thống tiêu chí phân loại và quan điểm thống nhất [1, 3, 14, 15]. Bài báo này sẽ trình bày quan điểm riêng của tác giả nhằm mục đích là làm sáng tỏ cơ chế địa động lực và vai trò các đứt gãy trong lịch sử hình thành và phát triển các bề trầm tích Miocen của bề Phú Khánh. Trên cơ sở minh giải định lượng hàng loạt các đứt gãy trên mặt cắt địa chấn và phân tích mối quan hệ nhân quả giữa hình thái hình học của chúng với cơ chế sinh thành có thể phân loại đứt gãy làm 3 cấp: *Đứt gãy cấp I* là đứt gãy thuận đồng trầm tích, đóng vai trò tạo bề thứ cấp; *Đứt gãy cấp II* là đứt gãy sau trầm tích, là đứt gãy phá hủy toàn bộ các lớp đá của một bề thứ cấp. Đứt gãy cấp II có thể xuyên qua 2 hoặc 3 bề thứ cấp do phát triển kế thừa và xuyên kỳ; *Đứt gãy cấp III* là đứt gãy nhánh của đứt gãy cấp II, thường phát triển trong phạm vi nội bộ một bề thứ cấp.



Hình 7. Mặt cắt địa chấn tuyến L01 bề Phú Khánh chỉ ra 5 kiểu biến dạng: Đới I- Đứt gãy thuận đồng trầm tích; Đới II- Đứt gãy trượt bằng – thuận sụt lún; Đới III- Sụt lún oằn võng do nén ép; Đới IV- Nâng trôi do hoạt động núi lửa trẻ ( $N_2-Q$ ); Đới V- Đới cấu trúc Domino do bị nén ép.



Hình 8. Bản đồ cấu trúc địa chất Đệ Tứ bề Phú Khánh.

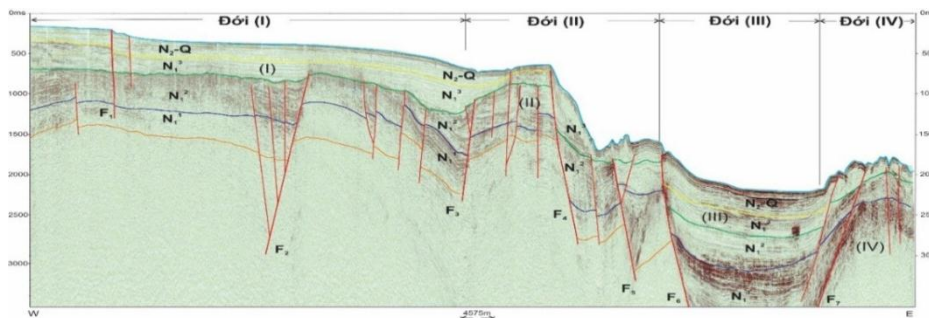


- Phân tích các cấp và kiểu đứt gãy

**Đứt gãy cấp I (đứt gãy thuận đồng trầm tích)** sinh thành đồng thời với quá trình sụt lún nhiệt. Chúng phân bố thành 2 hệ thống đối xứng nằm 2 bên rìa và hướng vào trung tâm của các địa hào (giai đoạn đầu của rift). Hệ thống đứt gãy này có thể thấy rõ 2 bên rìa của các bể thứ cấp Miocen sớm, Miocen giữa và Miocen muộn của đới sụt lún trung tâm (đới III) với 2 dấu hiệu nhận biết là: (1) Bề dày trầm tích tăng

đột ngột từ rìa ra trung tâm; và (2) Tại vị trí tầng bề dày trầm tích đột ngột của bể thứ cấp thì ở tầng móng của bể thứ cấp này chúng lại đóng vai trò là đứt gãy sau trầm tích (Hình 9).

**Đứt gãy cấp II** (đứt gãy sau trầm tích) được thể hiện trong bể Phú Khánh hết sức phong phú và đa dạng gồm 4 kiểu: đứt gãy trượt bằng, đứt gãy nghịch, đứt gãy listric (đứt gãy thuận cánh chúc) và đứt gãy trượt bằng - xoay.



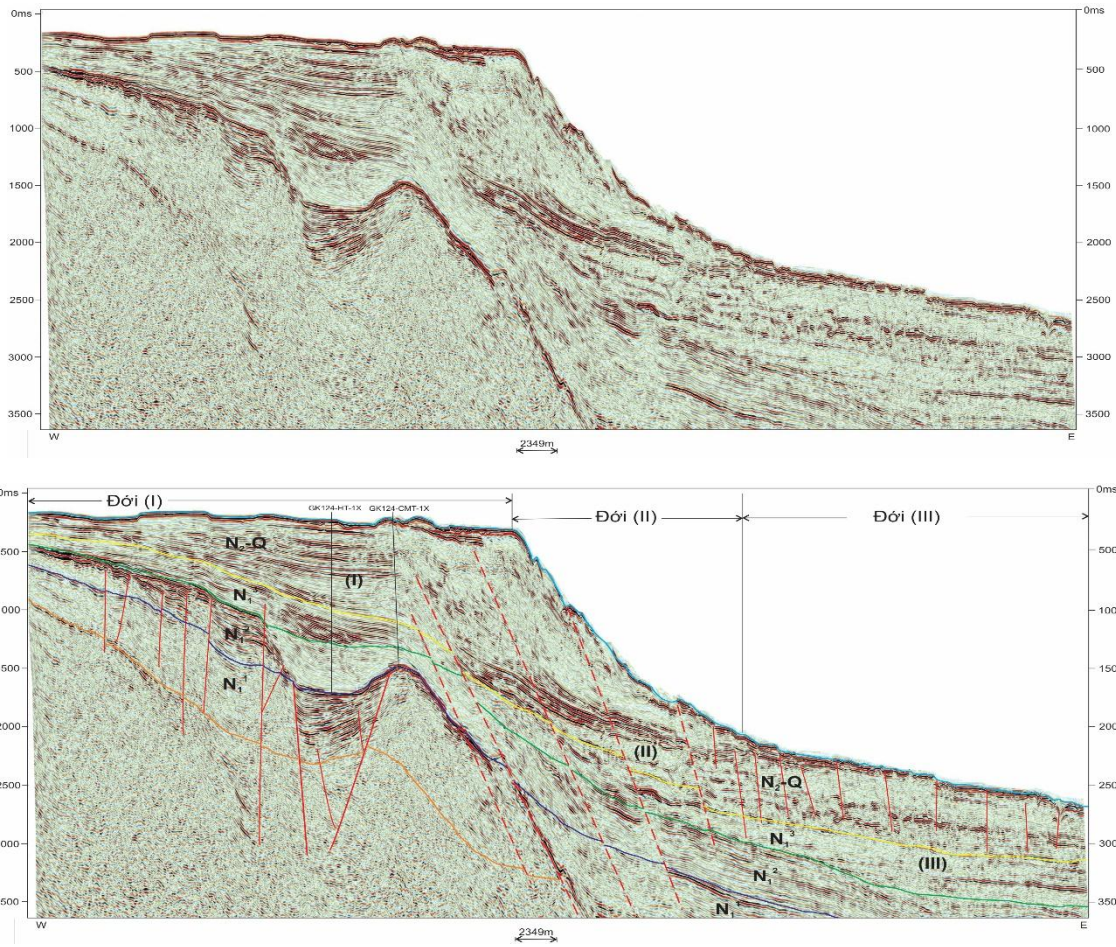
Hình 9. Mặt cắt địa chấn tuyến L06 bể Phú Khánh chỉ ra 4 đới cấu trúc: Đới I- Thềm trong (thềm Đà Nẵng); Đới II- Đới đứt gãy kép xiết trượt Tuy Hòa (đứt gãy trượt bằng và đứt gãy thuận cánh chúc); Đới III- Đới sụt lún trung tâm; Đới IV- Đới nâng ngoài.

(1) *Đứt gãy trượt bằng* điển hình nhất là đứt gãy trượt bằng phải đồng thời với sụt bậc thang tạo nên một đới phá hủy theo hướng kinh tuyến và lan rộng từ kinh tuyến 109° đến 110°E và các mặt trượt nghiêng một góc từ 45-60° về phía đông trong khoảng độ sâu 200-500m nước. Trên các tuyến địa chấn thu nổ theo phương á vĩ tuyến cắt qua đới đứt gãy phá hủy nói trên (Hình 10) các trường sóng địa chấn bị vò nhàu, đứt đoạn và nghiêng về phía đông. Trên mặt trượt của các đứt gãy còn giữ lại khá nhiều khối trượt nằm ở sườn và chân sườn. Trầm tích Pliocen ở thềm ngoài thuộc tương lục nguyên biển nông ven bờ song hiện tại nằm ở độ sâu trên 500m là bằng chứng của biên độ sụt bậc rất lớn trong Đệ Tứ. Nghĩa là hệ thống đứt gãy phá hủy này vẫn đang hoạt động. Mặt khác, sự dịch chuyển từ bắc xuống nam của cánh phía đông (thềm ngoài) là nguyên nhân bề gãy đuôi của trục tách giãn đáy Biển Đông từ phương á vĩ tuyến (trước 16 triệu năm) chuyển thành phương đông bắc - tây nam hiện tại.

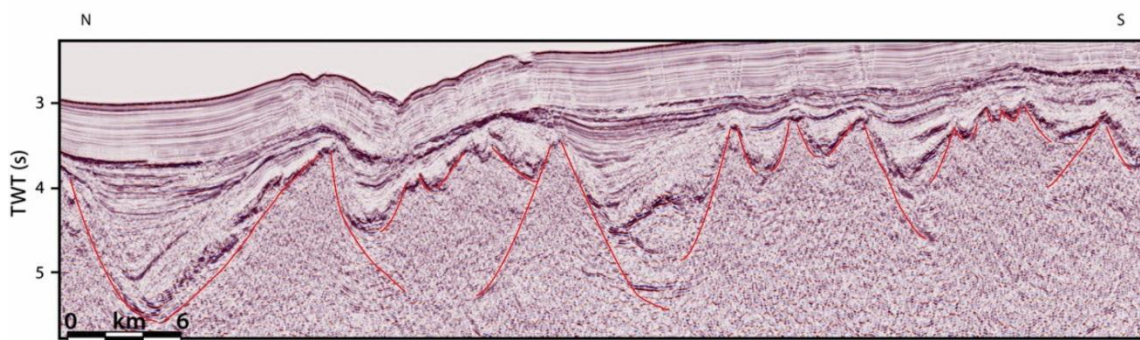
(2) Đới đứt gãy trượt bằng và đứt gãy thuận đồng trầm tích xảy ra đồng thời quá trình sụt lún nhiệt tạo nên một địa hào bất đối xứng phát triển thành một đới rộng từ Khánh Hòa đến Bình Thuận theo hướng tây bắc - đông nam có tên gọi là đới xiết trượt Tuy Hòa (Hình 9, 10).

(3) Đứt gãy listric (đứt gãy thuận cánh chúc) phân bố ở rìa phía đông và tây của trung tâm, hai bên cánh của đới cấu trúc Tuy Hòa do 2 nguồn lực sụt lún nhiệt và căng giãn ven rìa do lực ép trôi của mặt Moho (Hình 2, 9, 10);

(4) Đứt gãy trượt bằng - xoay hay “trôi-trượt” đã làm biến dạng và chia cắt các bể thứ cấp Oligocen, Miocen sớm và Miocen giữa thành các “mảnh” như “giả bán địa hào và giả địa lũy”. Ranh giới các địa khối này chính là bề mặt đứt gãy có dạng cong lõm hướng vào nhau và bất đối xứng (Mặt cắt L12(D. Savva, 2013) đã được minh giải lại – hình 11).



Hình 10. Mặt cắt địa chấn tuyến L03 bể Phú Khánh chỉ ra 3 đới cấu trúc: Đới I- Cấu tạo tỏa tia do đứt gãy đồng trầm tích; Đới II- Đới chuyển tiếp, đứt gãy thuận sụt bậc và trượt bằng; Đới III- Đới sụt lún Đệ Tứ.



Hình 11. Các đứt gãy trượt bằng – xoay được minh giải trên tuyến L12 [13].

**Đứt gãy cấp III** là nhánh của đứt gãy cấp II có dạng như cánh cây hướng vào trung tâm của đới sụt lún (Hình 9). Đứt gãy cấp III theo phương thẳng đứng chỉ phát triển trong giới hạn

của một bể thứ cấp và theo không gian thường phát triển trong quy mô của một cấu trúc địa chất.



2) *Biến dạng sụt lún* thường tạo nên các oằn võng ở trung tâm của sụt lún nhiệt (Mặt cắt CSL07-10). Tuy nhiên, bề Phú Khánh còn xuất hiện nhiều biến dạng oằn võng có quy mô nhỏ do có sự xen kẽ giữa các khối sụt và khối nâng địa phương (Hình 9).

3) Các bề mặt bất chỉnh hợp các bề thứ cấp do nén ép, nâng trôi và bào mòn

Trong tất cả các mặt cắt địa chấn trong khu vực bề Phú Khánh đều thể hiện rõ ba bề thứ cấp Miocen sớm, Miocen giữa và Miocen muộn có 3 bề mặt bất chỉnh hợp và cũng là 3 bề mặt bào mòn đóng vai trò ranh giới giữa các bề thứ cấp: Ranh giới bào mòn *bất chỉnh hợp góc* giữa Miocen giữa và Miocen sớm ( $N_1^2/N_1^1$ ); Ranh giới bào mòn *bất chỉnh hợp địa tầng* giữa Miocen giữa và Miocen muộn ( $N_1^3/N_1^2$ ); Ranh giới bào mòn *bất chỉnh hợp góc* giữa Pliocen-Đệ Tứ và Miocen muộn ( $N_2-Q/N_1^3$ ) (Hình 7, 9, 10).

4) *Biến dạng do hoạt động núi lửa*

Hoạt động núi lửa thường xảy ra tại những vị trí xung yếu, nơi đó vỏ lục địa trước Kainozoi bị nóng chảy vát mỏng, bề mặt Moho dâng cao, xuất hiện một hệ thống khe nứt có phương thẳng đứng do căng giãn xuyên cắt vào các đá trầm tích Kainozoi đóng vai trò kênh dẫn magma. Nếu ở quy mô nhỏ sẽ tạo nên các thể đá mạch, tuy nhiên khi ở quy mô lớn sẽ xảy ra các hoạt động phun trào núi lửa mạnh mẽ hơn xuyên qua các lớp đá trầm tích. Các hoạt động núi lửa trẻ tuổi Pliocen - Đệ Tứ tạo nên các núi lửa đơn độc (sea mount) trên đáy biển. Mặt cắt tuyến L01 thấy rõ một núi lửa xuyên qua cả trầm tích Pliocen và làm biến dạng tất cả các lớp đá trầm tích có tuổi từ Oligocen đến Pliocen. Núi lửa này đã làm oằn võng các lớp đá trầm tích gây nên sự nhầm lẫn về tướng trầm tích hồ. Đồng thời, tạo nên một đới phá hủy giả kè áp (onlap) tiếp xúc giữa đá trầm tích và sườn các thể núi lửa (Hình 7).

3.3. *Lịch sử biến đổi cấu trúc địa chất qua mỗi thời kỳ*

Phân tầng cấu trúc theo chu kỳ trầm tích:

Trong Miocen có 3 tầng cấu trúc ứng với 3 chu kỳ trầm tích cơ bản: (1) Tầng cấu trúc Miocen sớm được đặc trưng bởi tổ hợp thạch kiến tạo lục nguyên đa khoáng lấp đầy địa hào; (2) Tầng cấu trúc Miocen giữa được đặc trưng bởi 2 tổ hợp thạch kiến tạo lục nguyên ít khoáng và carbonat vũng vịnh thêm; (3) Tầng cấu trúc Miocen muộn được đặc trưng bởi tổ hợp thạch kiến tạo lục nguyên và carbonat vũng vịnh (hình 12).

3.4. *Chu kỳ trầm tích và lịch sử biến đổi cấu trúc địa chất*

Mỗi chu kỳ trầm tích đều xảy ra 2 giai đoạn phát triển địa chất: (1) Sụt lún, lấp đầy vật liệu trầm tích và biến trầm tích bờ rời thành đá trầm tích (diagenesis); (2) Nén ép, nâng trôi và bào mòn tạo ranh giới bất chỉnh hợp giữa các bề thứ cấp.

Trên mặt cắt phục hồi của bề thứ cấp Miocen sớm đã tái hiện địa hình của đáy bề trầm tích trong suốt thời gian sụt lún kiến tạo và hoàn thành quá trình lắng đọng đều bù trầm tích (hình 13). Trên mặt cắt phục hồi, bản đồ đẳng dày trầm tích và bản đồ cấu trúc địa chất đã chỉ ra nguyên trạng của bề trầm tích thứ cấp sau khi kết thúc giai đoạn sụt lún (hình 14).

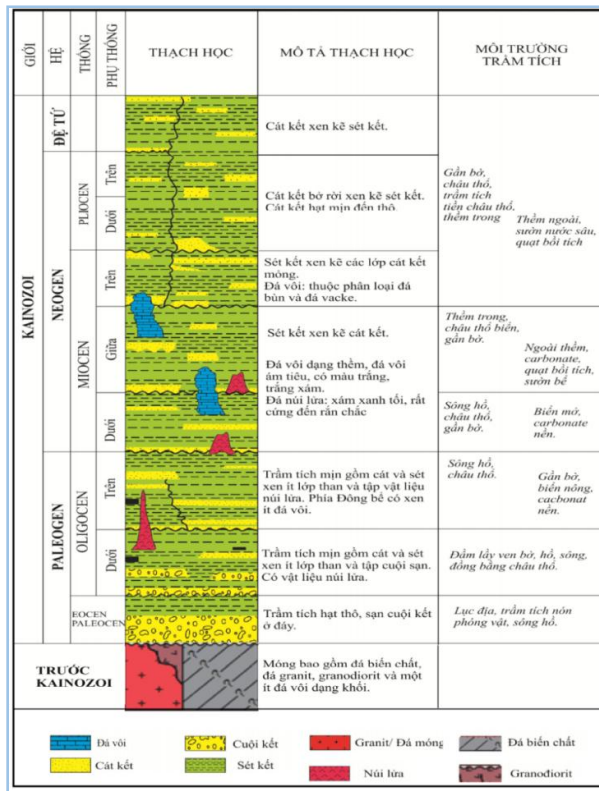
Mỗi một bề thứ cấp có 2 bối cảnh địa chất khác nhau cấu thành một chu kỳ hoạt động kiến tạo: (1) Bối cảnh cấu trúc địa chất nguyên thủy đã phục hồi (hình 14) và (2) Bối cảnh cấu trúc địa chất đã trải qua quá trình biến dạng (hình 9, 10). Trong giai đoạn đầu và gần cuối Miocen sớm thể nằm các đá trầm tích còn nằm ngang chưa bị biến dạng. Cấu trúc địa chất của bề Phú Khánh gồm 3 đới: (1) Đới nâng rộng lớn nhất phân bố ở rìa phía tây của bề; (2) Đới nâng yếu kéo dài theo phương đông bắc tây nam, phân bố ở phía đông đông nam của bề; (3) Đới sụt lún mạnh phân bố ở khu vực trung tâm bề (hình 14). Vật liệu trầm tích được cung cấp chủ yếu là từ khối nâng ở phía tây và khối nâng dạng tuyến ở phía đông đông nam đóng vai trò là miền xâm thực. Thành phần trầm tích chủ yếu là lục nguyên (cát kết đa khoáng, bột kết và

sét kết) lắng đọng ở các môi trường aluvi, châu thổ và biển nông (Hình 21).

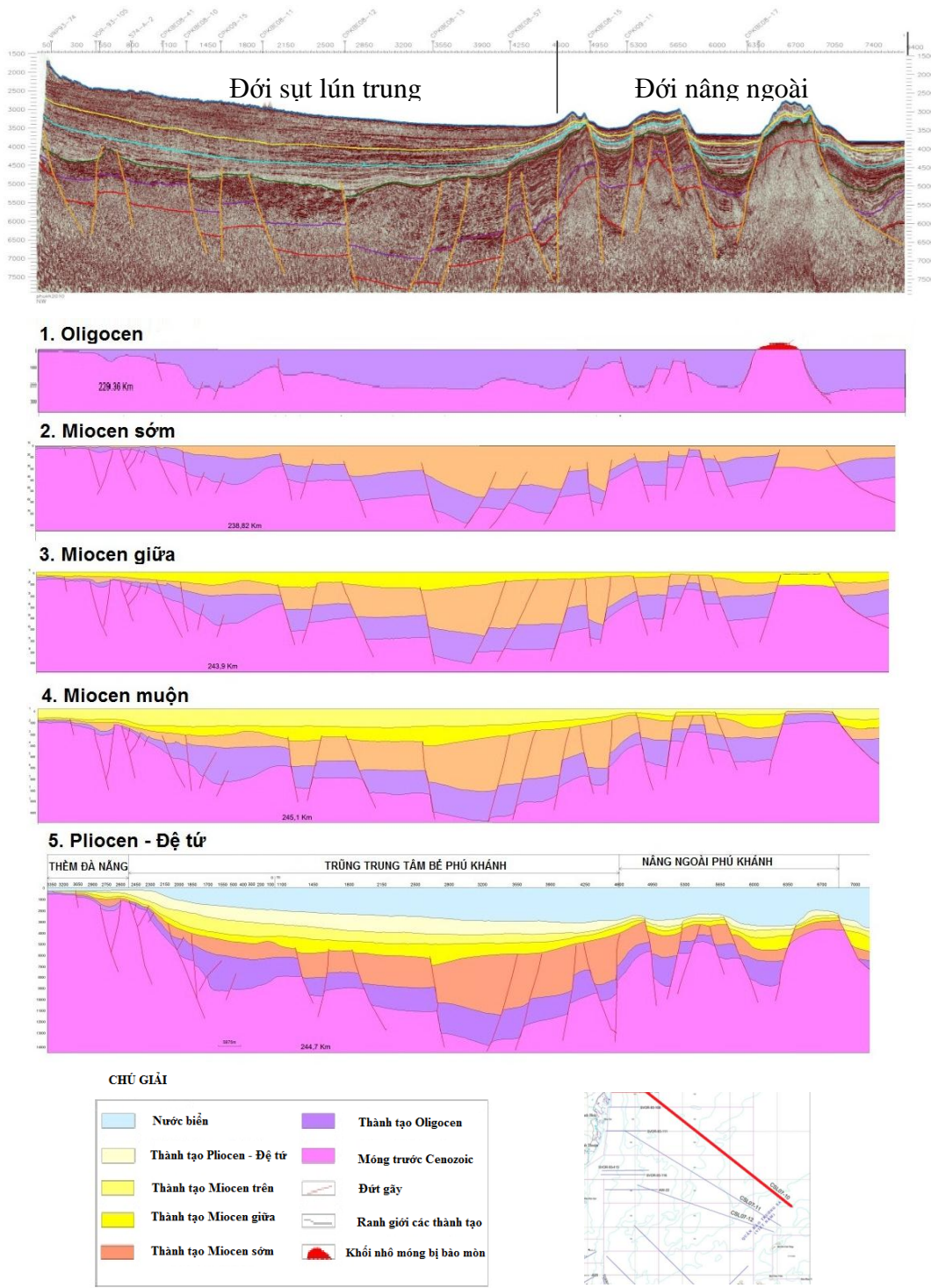
Đến giai đoạn cuối Miocen sớm-đầu Miocen giữa xuất hiện pha nghịch đảo kiến tạo mạnh mẽ tương ứng với pha kết thúc tách giãn đáy Biển Đông (16 triệu năm). Bề thứ cấp Miocen sớm bị biến dạng bởi đứt gãy trượt bằng và đứt gãy listric. Đặc biệt bị biến dạng do hoạt động núi lửa trẻ, uốn nếp, nâng trôi bào mòn và tạo nên bất chỉnh hợp góc giữa Miocen sớm và Miocen giữa.

Giai đoạn đầu Miocen giữa bắt đầu pha sụt lún mới với tốc độ chậm chạp nhưng khuôn viên của bể Phú Khánh được mở rộng hơn. Giai đoạn này pha biển tiến toàn cầu cũng đồng thời xảy ra đã nhấn chìm địa hình bị phân dị mạnh của đáy bể xuống một độ sâu không lớn nhưng diện tích được mở rộng đã tạo nên 2 kiểu thủy vực tiêu biểu: (1) Thủy vực lắng đọng trầm tích

lục nguyên do các dòng sông mang đến từ lục địa và các khối nâng dưới dạng đảo và quần đảo (Hình 20) và (2) Các quần đảo ngầm thuận lợi cho sự phát triển rực rỡ các ám tiêu san hô (Hình 19). Các thủy vực giữa các đảo nổi và đảo ngầm này chính là các vũng vịnh có chế độ khử và độ kiềm cao ( $Eh \leq 0$ ,  $pH \geq 8,5$ ) thuận lợi cho quá trình thành tạo tương sét vôi-đolomit giàu sinh vật đặc trưng cho môi trường vũng vịnh như foraminifera, Bryozoa...(Hình 17, 18). Các mặt cắt phục hồi của bề thứ cấp Miocen giữa, bản đồ đẳng dày trầm tích nguyên thủy và bản đồ cấu trúc địa chất (Hình 13, 22) đã hiển thị một bức tranh sinh động và đa dạng về tương trầm tích với sự phát triển 2 tổ hợp thạch- kiến tạo là lục nguyên ít khoáng và carbonat sinh vật trong bối cảnh kiến tạo tương đối bình ổn trong một giai đoạn khá lâu dài.

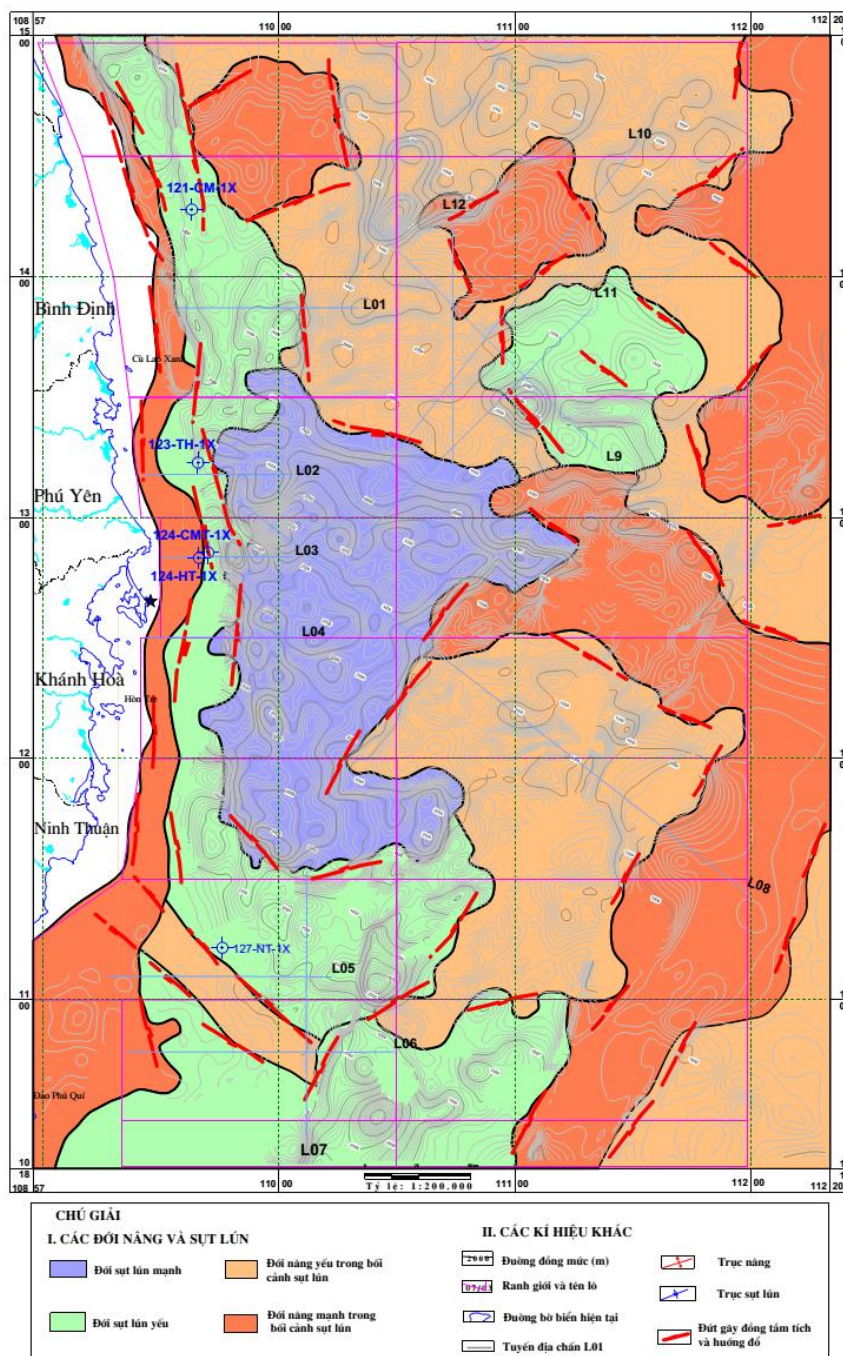


Hình 12. Cột địa tầng tổng hợp bể Phú Khánh [1-3].



Hình 13. Mặt cắt phục hồi tuyến L08 bể Phú Khánh.



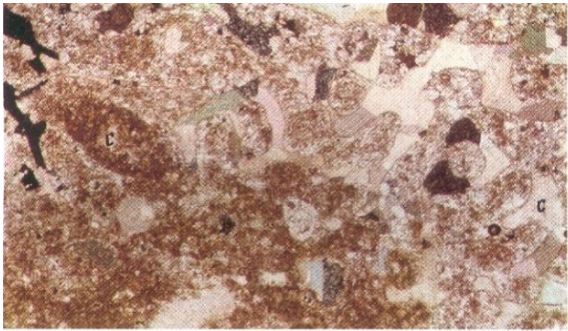


Hình 14. Bản đồ cấu trúc Miocen sớm bê Phú Khánh.

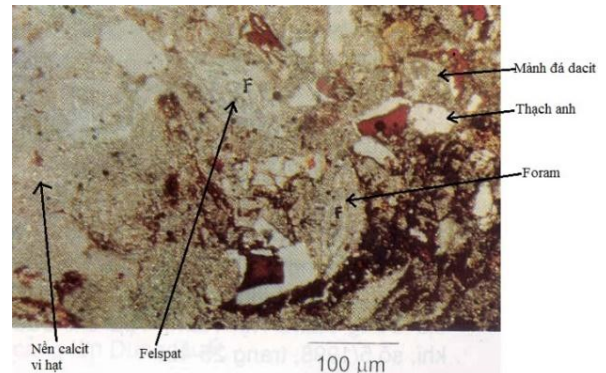
Cuối giai đoạn Miocen giữa - đầu Miocen muộn pha nghịch đảo kiến tạo mới lại xuất hiện. Các đá trầm tích Miocen giữa bị biến dạng bởi quá trình đứt gãy sau trầm tích, hoạt động

núi lửa trẻ, uốn nếp, nâng trôi và bào mòn tạo nên bề mặt bất chỉnh hợp địa tầng giữa Miocen giữa và Miocen muộn.

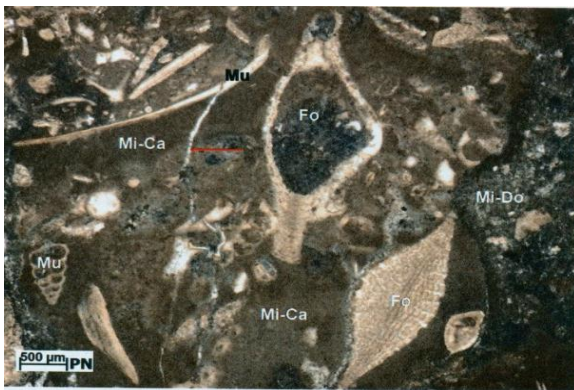




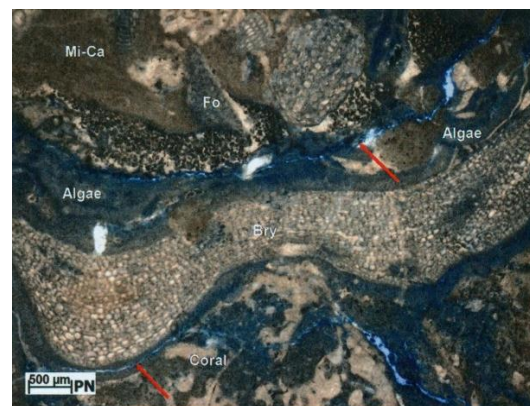
Hình 15. LKP94-2X; 1014m;  $N_1^+$ ; x40. Đá vôi vụn sinh vật chứa bitum, mảnh vụn thạch anh, mảnh vụn sinh vật mài tròn cạnh bao gồm san hô, vỏ molusca và foram bảo tồn tốt. Mảnh vụn tha sinh lục nguyên gồm thạch anh, mảnh đá, mài tròn từ trung bình đến tốt. Môi trường vũng vịnh (mt TST),  $N_1^3$  (Luận giải theo lát mỏng của VPI).



Hình 16. Đá vôi chứa cát, bitum và vụn sinh vật, môi trường vũng vịnh nông, mẫu ở độ sâu 1160 m;  $N_1^3$ ;  $N_1$ ; x 125; GK PV 94-2X (Luận giải theo lát mỏng của VPI)

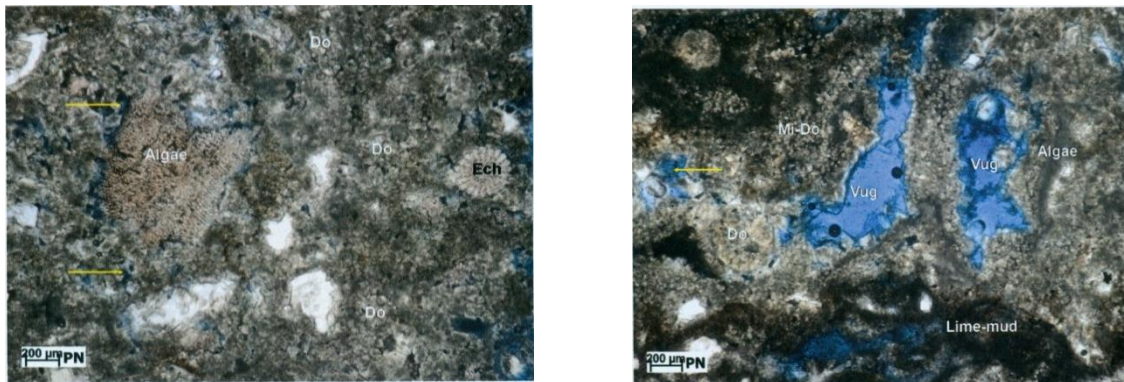


Hình 17. Mẫu đá vôi sinh vật (foram); GK TH-1X; độ sâu 2255,50m; tuổi  $N_1^2$ ;  $N_1^+$ .

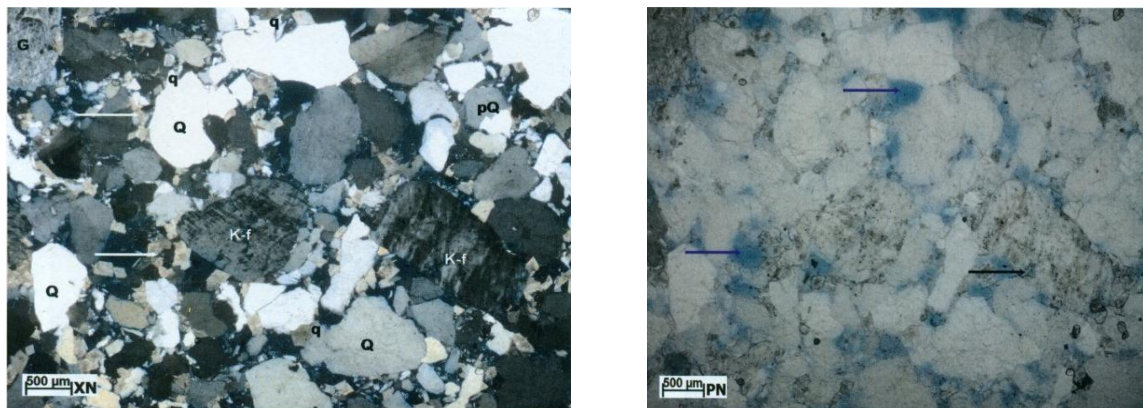


Hình 18. Mẫu đá vôi sinh vật (Bryozoa); GK TH-1X; độ sâu 2283,00m; tuổi  $N_1^2$ ;  $N_1^+$ .

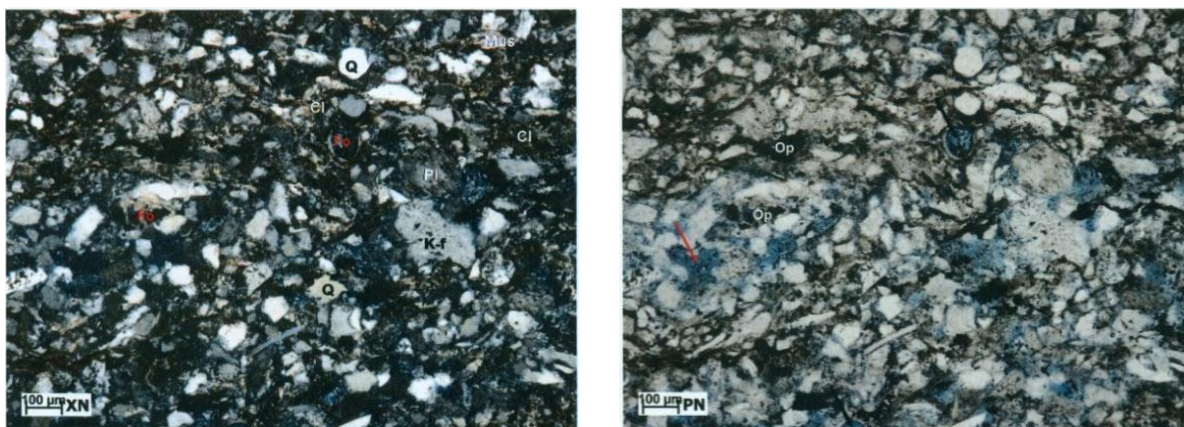




Hình 19. Mẫu đá vôi ám tiêu; GK TH-1X; độ sâu 2453,00m; tuổi  $N_1^2$ ;  $N^+$ .



Hình 20. Mẫu cát kết hạt thô; GK TH-1X; độ sâu 2485,50m; tuổi  $N_1^2$ ;  $N^+$ ; môi trường lục nguyên (Luận giải theo lát mỏng của VPI).



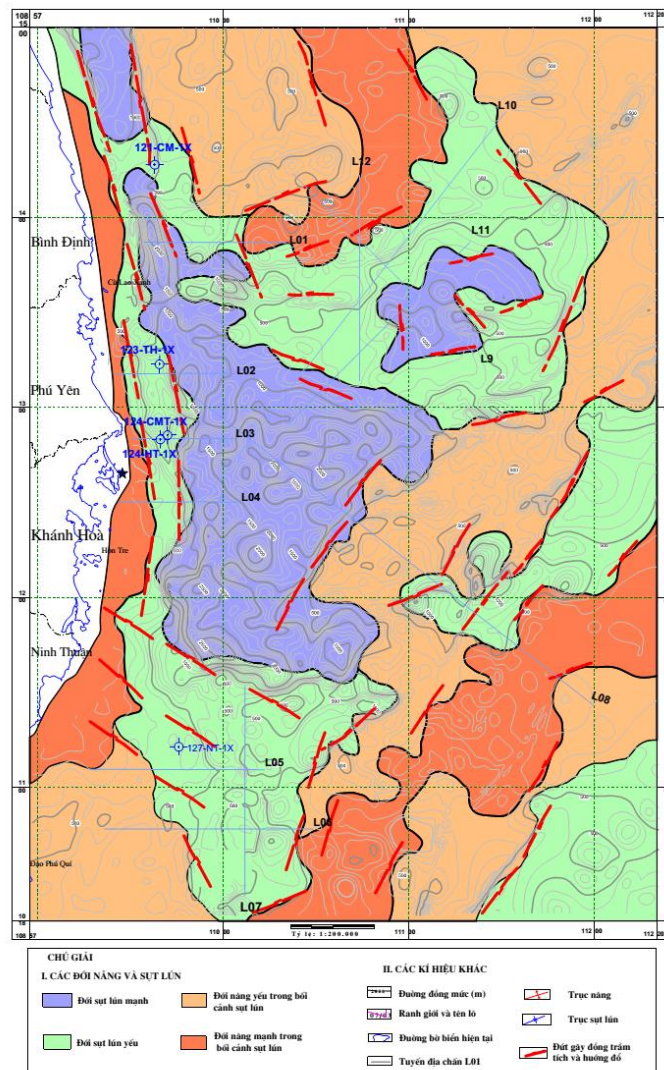
Hình 21. Mẫu đá cát kết hạt mịn; GK TH-1X; độ sâu 2546m; tuổi  $N_1^1$ ;  $N^+$ ; Môi trường lục nguyên (Luận giải theo lát mỏng của VPI).

Quá trình sụt lún trong Miocen muộn diễn ra trên một không gian rộng lớn khiến cho bề thứ cấp Miocen muộn có khuôn viên rộng hơn bề

thứ cấp Miocen giữa (hình 23). Đây là quy luật tiến hóa các bề trầm tích thứ cấp theo chu kỳ sụt lún- mở rộng chứ không phải là sụt lún -

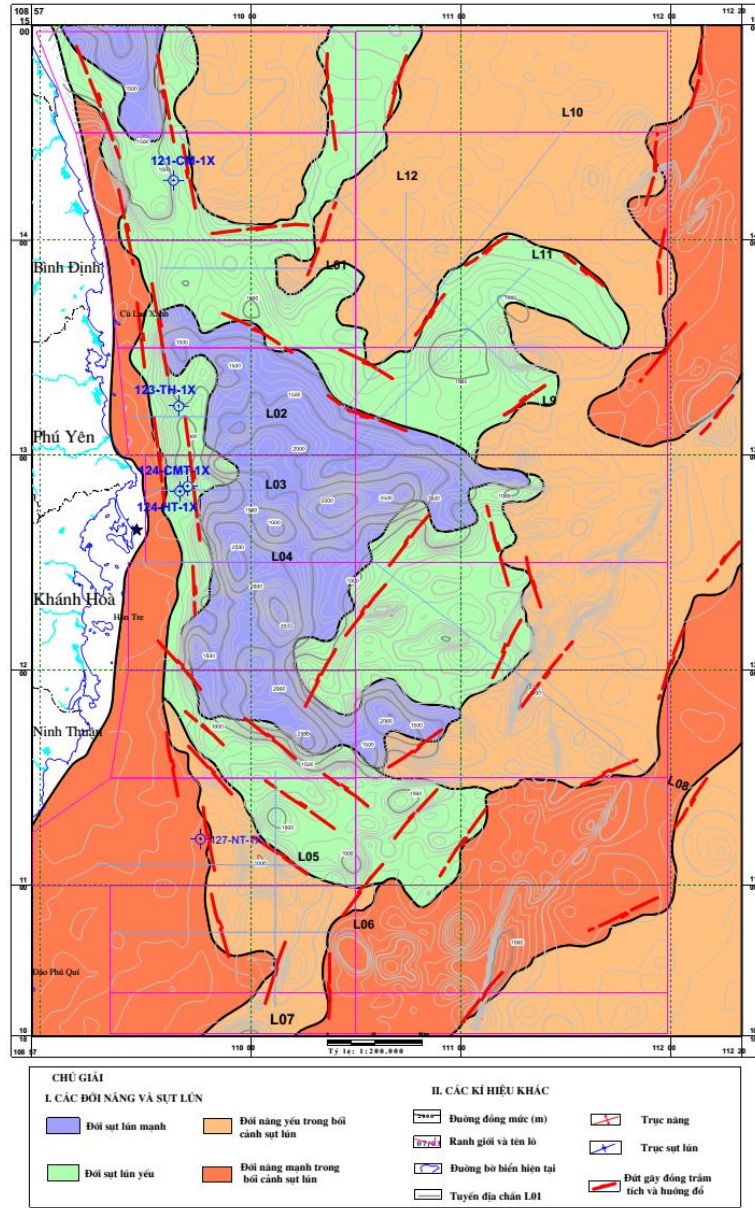
tách giãn. Trong các mặt cắt địa chấn thấy rõ bề thứ cấp Miocen muộn các trường sóng có phản xạ trắng đặc trưng (hình 9). Điều đó được giải thích bởi thành phần trầm tích lục nguyên chứa một hàm lượng lớn vật liệu vụn sinh vật (mảnh vụn san hô, foraminifera, vỏ động vật Molusca...) (Hình 15, 16). Thành phần vụn sinh vật này và phản xạ trắng của mặt cắt địa chấn là minh chứng sinh động nhất cho một bối cảnh

địa chất Miocen muộn của bể Phú Khánh nói riêng và khu vực nước sâu thềm lục địa Việt Nam nói chung. Các ám tiêu san hô phát triển rực rỡ trong Miocen giữa bị nâng lên khỏi mặt nước vào đầu Miocen muộn đã biến thành vùng xâm thực cung cấp vật liệu vụn sinh vật cho các thủy vực dạng đặng thước vũng vịnh nông nằm xen kẽ với các khối xâm thực nổi trên.



Hình 22. Bản đồ cấu trúc Miocen giữa bể Phú Khánh.





Hình 23. Bản đồ cấu trúc Miocen muộn bể Phú Khánh.

#### 4. Một số ý kiến thảo luận

1) Nghiên cứu lịch sử biến đổi cấu trúc địa chất Miocen và mở rộng tầm nhìn đến Pliocen - Đệ Tứ của bể Phú Khánh sẽ nổi lên 2 vấn đề hết sức lý thú cần phải được tiếp tục nghiên cứu để làm sáng tỏ: (1) Bể Phú Khánh bị nhấn chìm xuống vùng nước sâu chủ yếu xảy ra trong cuối

Pliocen đến nay liên quan đến 2 nguồn lực là sụt lún do nhiệt của manti và hệ thống đứt gãy phương kinh tuyến 109°-110°E. Theo kết quả hồi phục các mặt cắt 3 bể thứ cấp  $N_1^1$ ,  $N_1^2$ ,  $N_1^3$  thì hệ thống đứt gãy nói trên bắt đầu hoạt động từ  $N_1^3$  và hoạt động mạnh mẽ nhất là vào cuối Pliocen đến nay.

2) Các chu kỳ trầm tích Oligocen sớm, Oligocen muộn và Miocen sớm tương đồng với 3 chu kỳ tách giãn đáy Biển Đông từ 32-26, 26-21 và 21- 16 triệu năm. Vậy còn 2 chu kỳ trầm tích nữa trong Miocen là chu kỳ Miocen giữa và Miocen muộn liên quan đến cơ chế và nguồn lực nào khi tách giãn đáy Biển Đông đã chấm dứt? Điều đó chứng tỏ nguyên nhân sâu xa là liên quan đến chu kỳ năng lượng của manti?

3) Hiện tượng chuyển hướng đuôi của trục tách giãn đáy Biển Đông từ phương á vĩ tuyến (trước 16 triệu năm) thành phương đông bắc tây nam (hiện tại) và hệ thống đứt gãy trượt bằng phải  $109^{\circ}$ - $110^{\circ}$ E có thể liên quan đến cùng một nguyên nhân là do dòng đối lưu manti chuyển động vòng cung theo hướng ngược chiều kim đồng hồ? Đồng thời đây cũng là nguyên nhân tạo ra các đứt gãy trượt bằng - xoay và các bể trầm tích “di động” theo mô hình của một nửa quạt giấy có đuôi cố định nằm ở điểm cuối của đoạn tách giãn theo phương á vĩ tuyến.

## 5. Kết luận

1. Theo phương thẳng đứng trầm tích Miocen có 3 chu kỳ. Mỗi chu kỳ bị khống chế bởi 2 pha kiến tạo: (1) Pha sụt lún nhiệt tạo bê đồng thời lấp đầy trầm tích và tác dụng thành đá biến trầm tích bờ rời thành đá trầm tích; (2) Pha nghịch đảo kiến tạo xảy ra các hoạt động biến dạng đứt gãy, nén ép, uốn nếp, hoạt động núi lửa, nâng trôi và bào mòn tạo nên các ranh giới bất chỉnh hợp góc (giữa Miocen giữa và Miocen sớm) và bất chỉnh hợp địa tầng (giữa Miocen muộn và Miocen giữa).

2. Theo không gian mỗi bể thứ cấp nguyên thủy đều có sự phân dị đan xen giữa các khối nâng và các khối sụt. Tuy nhiên, các khối nâng chỉ mang tính chất tương đối và tạm thời trong phong chung là sụt lún thống trị do nhiệt manti làm nóng chảy vát mỏng vỏ lục địa trước Kanozo. Ranh giới giữa các khối sụt và khối nâng liên tục thay đổi tuy nhiên diện tích các khối sụt tạo nên bồn trũng trung tâm được mở rộng dần từ Miocen sớm đến Miocen muộn theo nguyên lý “sụt lún lan tỏa”.

3. Hoạt động biến dạng các đá trầm tích của mỗi bể thứ cấp không chỉ xảy ra trong pha nghịch đảo kiến tạo của bể đó mà còn do các hoạt động biến dạng kép xảy ra trong các giai đoạn trẻ về sau. Theo quy luật đó bể trầm tích thứ cấp càng cổ sẽ bị biến dạng càng mạnh. Hiện tượng các đá trầm tích bị chia cắt thành từng mảnh có dạng giả bán địa hào hai mặt đứt gãy cong lõm hướng vào nhau là hậu quả của đứt gãy sau trầm tích dưới tác động đồng thời 2 nguồn lực trượt bằng và xoay. Đứt gãy này chắc chắn xảy ra trong pha kiến tạo hình thành bể thứ cấp mới.

4. Sự biến đổi thành phần thạch học và môi trường trầm tích đều liên quan chặt chẽ với hoạt động kiến tạo. Trầm tích Miocen sớm có thành phần lục nguyên đa khoáng là liên quan đến miền xâm thực ở phía tây của bể và các khối nâng tuổi Oligocen có thành phần thuần túy lục nguyên. Sự phát triển đa dạng vừa có mặt trầm tích lục nguyên vừa ám tiêu san hô và đá vôi sinh vật trong Miocen giữa đã chứng minh cho sự phân dị mạnh mẽ đáy bể trầm tích trước giai đoạn sụt lún để tạo ra các thùy vực vũng vịnh và quần đảo ám tiêu san hô xen kẽ.

5. Sự có mặt của trầm tích lục nguyên chứa phong phú vụn sinh vật của bể thứ cấp Miocen muộn đã lý giải cho trường sóng phản xạ trắng trong các mặt cắt địa chấn. Đây là sản phẩm bào mòn phong hóa cơ học của các khối nâng ám tiêu san hô tuổi Miocen giữa mang xuống lắng đọng các thùy vực vũng vịnh nông ở lân cận.

## Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Khoa học Tự nhiên trong đề tài mã số TN.18.17, sự tạo điều kiện của Bộ Khoa học và Công nghệ, Tập đoàn dầu khí Việt Nam đã cho phép sử dụng, xử lý nguồn tài liệu của các đề tài KC-09/11-15, các đề tài cấp ngành hợp tác giữa Trường Đại học Khoa học Tự nhiên và Tập đoàn dầu khí (NCKH03/2014, NCKH04/2014). Nhân dịp này tập thể tác giả bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc về sự giúp đỡ quý báu đó.

**Tài liệu tham khảo**

- [1] Nguyễn Hiệp, Địa chất và tài nguyên dầu khí Việt Nam, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2007.
- [2] Trần Nghi (Chủ trì), Báo cáo tổng kết đề tài cấp ngành Nghiên cứu cơ chế kiến tạo hình thành các bể trầm tích vùng nước sâu Nam Biển Đông và mối liên quan đến triển vọng Dầu Khí, Tập đoàn dầu khí Việt Nam, Hà Nội, 2013.
- [3] Chu Văn Ngợi (Chủ trì), Báo cáo tổng kết đề tài cấp nhà nước Nghiên cứu kiến tạo - địa động lực, cơ chế hình thành và phát triển các bể Kainozoi Phú Khánh, Nam Côn Sơn, Tư Chính - Vũng Mây dưới ảnh hưởng của tách giãn biển Đông và bối cảnh kiến tạo - địa động lực các vùng kề cận, phục vụ điều tra, đánh giá tiềm năng khoáng sản, dầu khí, mã số: KC 09.20/11-15, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, Hà Nội, 2015.
- [4] A. Briais, et al, Updated interpretation of magnetic anomalies and seafloor spreading stages in the South China Sea: implications for Tertiary tectonics of SE Asia. *Journal Geophys. Res.* 98 (1993) 6299-6328.
- [5] M. Longley Ian., The Tectonostratigraphic Evolution of S.E.Asia. *Petroleum Geology of SE.Asia*, 1997.
- [6] G.H. Lee, J.S. Watkins, , Seismic stratigraphy and hydrocarbon potential of the Phu Khanh Basin, offshore Central Vietnam, South China Sea. *AAPG Bulletin*. V.82. 9 (1998) 1711-1735.
- [7] Lawver, A. Lawrence; Williams, Trevor; Sloan, B: Seismic Stratigraphy and Heat Flow of Powell Basin. *Terra Antarctica*. 1 (1994) 309-319.
- [8] P. Tapponier, G. Peltzer, et al, Propagating extrusion tectonics in Asia: new insights from simple experiments with plasticine. *Geology* vol. 10 (1982) 611-619.
- [9] P. Tapponier, G. Peltzer, et al. On the mechanics of collision between India and Asia. In: M.P. Coward, A.C. Ries (eds.), *Collision tectonics*. Blackwell, Oxford (1986) 115-157.
- [10] B.W. Michale Fyhn, Lars Nielsen, L.O. Boldreel, D. Le Thang, Jorgen Bojensen-Koefoed, Henrik I.Petersen, Nguyen T Huyen, Nguyen A. Duc, Nguyen T. Dau, Andres Mathiesen, Ian Reid, Dang T. Huong, Hoang A. Tuan, Le V. Hien, Hans P. Nytolft, Ioannis Abtzis, Geological evolution, regional perspectives and hydrocarbon potential of the northwest Phu Khanh basin, offshore central Vietnam, Marien and Petroleum geology. 268 (2009) 1-24.
- [11] M.B.W. Fyhn, L.O. Boldreel, L.H. Nielsen, Geological development of the Central and South Vietnamese margin: Implications for the establishment of the South China Sea, Indochinese escape tectonics and Cenozoic volcanism, *Tectonophysics*. 478 (2009) 184-214.
- [12] B.W. Michael Fyhna., Lars O. Boldreel, Lars H. Nielsen, Tran C. Giang, Le H. Nga, Nguyen T.M. Hong, Nguyen D. Nguyen and Ioannis Abatzis, Carbonate platform growth and demise offshore Central Vietnam: Effects of Early Miocene transgression and subsequent onshore uplift. *Journal of Asian Earth Sciences*. 76 (2013) 152-168.
- [13] D. Savva, F. Meresse, M. Pubellier, N. Chamot-Rooke, L.Lavier, K. Po Wong, D. Franke, S. Steuer, F. Sapin, J.L.Auxietre, G.Lamy, Seismic evidence of hyper-stretched crust and mantle exhumation offshore Vietnam, *Tectonophysics*. 608 (2013) 72-83. [https://doi: 10.1016/j.tecto.2013.07.010](https://doi.org/10.1016/j.tecto.2013.07.010).
- [14] Trần Nghi, Trần Hữu Thân, Chu Văn Ngợi, Đinh Xuân Thành, Trần Thị Thanh Nhân, Nguyễn Thị Huyền Trang, Nguyễn Duy Tuấn, Nguyễn Văn Kiều, Trần Thị Dung, Nguyễn Thị Phương Thảo, Phạm Thị Thu Hằng, Trần Văn Sơn, Tiến hóa trầm tích Kainozoi bể Phú Khánh trong mối quan hệ với hoạt động địa động lực, *Tạp chí Địa chất* 2013, *Cục địa chất và khoáng sản Việt Nam, Loạt A*. 334 (2013) 28-36.
- [15] Trần Nghi, Trần Hữu Thân, Chu Văn Ngợi, Đinh Xuân Thành, Trần Thị Thanh Nhân, Nguyễn Duy Tuấn, Trần Thị Dung, Nguyễn Thị Phương Thảo, Phạm Thị Thu Hằng, Nguyễn Thị Tuyền, Biến dạng các bể thứ cấp trong Kainozoi khu vực bể Phú Khánh và triển vọng dầu khí liên quan, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*. 2S (2014) 1-11.
- [16] Tran Thi Dung, Tran Nghi, Nguyen The Hung, Dinh Xuan Thanh, Pham Bao Ngoc, Nguyen Thi Tuyen, Tran Thi Thanh Nhan, Nguyễn Thị Huyền Trang, The Miocene Depositional Geological Evolution of Phu Khanh, Nam Con Son and Tu Chinh - Vung May Basins in Vietnam Continental Shelf, *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*. 1 (2018) 112-135.
- [17] Trần Thị Dung, Chu Văn Ngợi, Cơ chế hình thành bể Phú Khánh, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường*. Tập 32. 2S (2016) 59-68.