

# ĐẶC ĐIỂM MÔI TRƯỜNG TRẦM TÍCH KAINOZOI VÀ MỐI QUAN HỆ VỚI HỆ THỐNG DẦU KHÍ Ở BỂ PHÚ KHÁNH, THỀM LỤC ĐỊA MIỀN TRUNG VIỆT NAM

<sup>1</sup>TRẦN ĐĂNG HÙNG, <sup>2</sup>NGUYỄN THẾ HÙNG, <sup>3</sup>VŨ NGỌC DIỆP

<sup>1</sup>Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Đông Ngạc, Từ Liêm, Hà Nội

<sup>2</sup>Viện Dầu khí Việt Nam, Trường Chinh, Hà Nội

<sup>3</sup>Tập đoàn Dầu khí Quốc gia Việt Nam, Láng Hạ, Ba Đình, Hà Nội

**Tóm tắt:** Bể Phú Khánh được lấp đầy bởi các thành tạo trầm tích Kainozoi có bề dày lớn, đặc điểm môi trường trầm tích biến đổi phức tạp theo không gian và thời gian. Tập S1 Eocen(?) được thành tạo chủ yếu trong điều kiện năng lượng dòng chảy lớn, tương quạt bồi tích - sóng chiếm ưu thế. Tập S2 Oligocen lắng đọng trong điều kiện năng lượng yếu, gồm chủ yếu tương hạt mịn sét, sét than, than xen kẹp bột, cát kết, môi trường hồ chiếm ưu thế; đây có thể là tầng sinh dầu khí quan trọng của bể. Tập S3 Miocen hạ đặc trưng môi trường chuyển tiếp lục địa sang biển nông, phát triển nhiều tương biển nông, carbonat thềm, ít trầm tích tương nước sâu, có thể trở thành tầng chứa dầu khí có ý nghĩa của bể. Các thành tạo Miocen trung, thượng và Pliocen - Đệ tứ có đặc điểm môi trường trầm tích biến đổi từ các tương lục địa bồi tích sông, châu thổ phân bố chủ yếu ở phần phía tây, chuyển dần về phía đông là tương thềm, tương sườn thềm, tương đáy biển nước sâu; chúng có thể đóng vai trò tầng chứa, tầng chắn dầu khí trong bể.

## I. MỞ ĐẦU

Môi trường trầm tích có vai trò quyết định đến sự phân bố, quy luật biến đổi tương đá và đặc điểm thành phần vật chất, chất lưu trong đá, có mối quan hệ chặt chẽ đến đặc điểm đá sinh, đá chứa, đá chắn cũng như sự hình thành các dạng bẫy địa tầng trong bể trầm tích. Do vậy, việc nghiên cứu đặc điểm, sự phát triển của hệ thống môi trường trầm tích, từ đó dự báo mối quan hệ với hệ thống dầu khí, có ý nghĩa thiết thực trong tìm kiếm, thăm dò dầu khí, đặc biệt ở những bể còn chưa được nghiên cứu nhiều.

Bể Phú Khánh nằm trên thềm lục địa miền Trung Việt Nam, về giới hạn cấu trúc địa chất tiếp giáp với bể Sông Hồng về phía bắc và các bể Cửu Long và Nam Côn Sơn qua đới cắt trượt Tuy Hòa về phía nam, được đánh giá là một trong các bể có tiềm năng dầu khí trên thềm lục địa Việt Nam. Tuy nhiên, các hoạt động thăm dò ở bể còn ít, là bể duy nhất ở thềm lục địa Việt Nam chưa có giếng khoan nào được thực hiện.

Phần lớn diện tích bể Phú Khánh thuộc vùng biển nước sâu, có đặc điểm địa mạo đáy biển khá đa dạng và phức tạp. Phía tây bể là vùng thềm lục địa hẹp gồm thềm Đà Nẵng, thềm Phan Rang, chuyển tiếp dần về phía đông là phần sườn và chân lục địa, nơi có độ sâu nước biển từ 200 đến 3000 m (Hình 1). Do đặc thù là một bể nước sâu, nên bên cạnh tiềm năng dầu khí thì khu vực nước sâu ở bể Phú Khánh đang được kỳ vọng có thể tồn tại tích tụ hydrat khí. Khả năng tồn tại hydrat khí, một dạng năng lượng tiềm năng của tương lai ở bể Phú Khánh đang là quan tâm hàng đầu của các nhà khoa học Việt Nam hiện nay.

## II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

## 1. Cơ sở lý thuyết của địa tầng phân tập<sup>[1]</sup>

Nghiên cứu địa tầng phân tập (sequence stratigraphy) bắt đầu được đề cập đến trong những công trình vào những năm 50-60 của thế kỷ XX, chẳng hạn như Sloss [16, 17], Wheeler [27, 28], Weller [26], Moore [10]. Các nghiên cứu đã luận giải mặt đẳng thời (time line) qua các mặt cắt địa chất dựa trên việc thiết lập khung thời địa tầng. Các nhà nghiên cứu cũng đã nhận thấy vai trò quan trọng của sự thay đổi mực nước biển tương đối với sự phát triển các thành tạo trầm tích lấp đầy bể. Địa tầng phân tập trải qua giai đoạn phát triển chính vào những năm 1970 bởi các nhà địa chấn Mỹ, điển hình là các công trình của Vail và *nnk.* [22], Vail [23], Haq và *nnk.* [3], Posamentier và Vail [15], Van Wagoner và *nnk.* [25], dựa trên các tài liệu địa chấn có độ phân giải cao. Hiện nay, địa tầng phân tập đã được ứng dụng thành công ở các bể trầm tích thuộc nhiều chế độ kiến tạo khác nhau trên thế giới.

Mỗi bể có một lịch sử lắng đọng trầm tích khác biệt, phản ánh quá trình lắng đọng và môi trường trầm tích, là kết quả ảnh hưởng qua lại của các yếu tố kiến tạo, khí hậu, cung cấp vật liệu trầm tích và sự thay đổi mực nước biển. Sự thay đổi của các yếu tố này tạo nên các chu kỳ trầm tích (depositional cycle). Trầm tích được hình thành trong một chu kỳ này được gọi là tập trầm tích<sup>[2]</sup> (depositional sequence).

Tập trầm tích được định nghĩa là đơn vị địa tầng gồm các trầm tích nằm chỉnh hợp với nhau có liên quan về nguồn gốc, được giới hạn bởi các mặt bất chỉnh hợp hoặc mặt chỉnh hợp có thể đối sánh của chúng [8, 9].

Địa tầng phân tập nghiên cứu mối quan hệ của đá có liên quan về nguồn gốc, chu kỳ lắng đọng trong khung thời địa tầng, được giới hạn bởi các mặt bóc mòn hoặc không lắng đọng trầm tích hoặc những mặt chỉnh hợp có thể đối sánh [24, 25]. Như vậy, địa tầng phân tập được xem như một phương pháp nghiên cứu địa tầng, khai thác bản chất chu kỳ của tập trầm tích và sử dụng khung thời địa tầng để tăng cường khả năng dự báo quy luật biến đổi tương đá và môi trường trầm tích. Khôi phục lại điều kiện cổ địa lý của tập hợp tương trầm tích tại một thời điểm chính xác trong lịch sử địa chất là mục tiêu của các nhà nghiên cứu địa tầng phân tập.

Ứng dụng lý thuyết địa tầng phân tập, xác định các vùng hệ thống trầm tích và môi trường trầm tích đặc trưng cho phép chúng ta dự báo hệ thống tầng sinh, tầng chứa, tầng chắn, bẫy địa tầng trong thăm dò dầu khí.

## 2. Phương pháp địa tầng địa chấn

Địa tầng địa chấn (seismic stratigraphy) là phương pháp phân tích tài liệu địa chấn trên cơ sở quan điểm về địa tầng phân tập để giải quyết các nhiệm vụ địa chất, và trên cơ sở phân tích mối tương quan giữa đặc điểm của trường sóng địa chấn (hình dạng sóng, biên độ, tần số, độ liên tục) với các đặc điểm địa chất, như tính phân lớp, thành phần thạch học, môi trường trầm tích [7].

Địa chấn phản xạ là công cụ hữu hiệu nhất để ứng dụng khái niệm tập địa tầng, mặc dù tập địa tầng có thể được phân tích trên các tài liệu địa vật lý giếng khoan, tài liệu cổ sinh, vết lộ địa chất, mẫu lõi. Mặt phản xạ địa chấn là bề mặt giữa hai tầng có đặc tính âm học khác nhau. Vì thế, các phản xạ có xu hướng song song với bề mặt tầng và có ý nghĩa thời địa tầng như bề mặt tầng.

Phương pháp địa tầng địa chấn gồm hai bước: 1) Phân tích tập địa chấn, và 2) phân tích tương địa chấn.

### 2.1. Phân tích tập địa chấn

Phân tích tập địa chấn là phân chia lát cắt địa chấn thành các tập gồm các phản xạ nằm chỉnh hợp, được giới hạn nóc và đáy bởi các mặt ranh giới bất chỉnh hợp phản xạ. Các phản xạ địa chấn nằm tương đối chỉnh hợp được luận giải là các trầm tích có liên quan về nguồn gốc. Tập có ranh giới nóc và đáy là các bất chỉnh hợp địa chấn, nhận biết dựa trên đặc điểm tiếp xúc của các pha phản xạ, là mặt bất chỉnh hợp địa tầng. Tập địa chấn được xác định như vậy có tất cả các đặc điểm của tập trầm tích theo lý thuyết của địa tầng phân tập [9].

Ranh giới bất chỉnh hợp địa chấn được xác định dựa vào đặc điểm tiếp xúc của các pha phản xạ địa chấn. Phản xạ bất chỉnh hợp đáy bao gồm các dạng gá đáy<sup>[3]</sup> (onlap), chống đáy<sup>[4]</sup> (downlap), phản xạ bất chỉnh hợp nóc gồm dạng bào mòn<sup>[5]</sup> cắt xén (erosional truncation), chống nóc<sup>[6]</sup> (toplap).

## **2.2. Phân tích tương địa chấn**

Tương địa chấn là một phần của tập địa chấn bao gồm các phản xạ địa chấn có đặc trưng trường sóng khác với các phản xung quanh [9]. Mục đích của phân tích tương địa chấn là xác định tất cả thay đổi của các tham số địa chấn trong tập địa tầng và vùng hệ thống từ đó luận giải môi trường trầm tích và dự báo thành phần thạch học.

Các đặc điểm trường sóng cần xác định trong phân tích tương địa chấn là:

- Hình thái và tính phân lớp của các yếu tố phản xạ. Hình thái phản xạ và kiểu phân lớp phản ánh điều kiện lắng đọng trầm tích.

- Tính ổn định của trường sóng (liên tục hay gián đoạn của trục đồng pha), biên độ, tần số của sóng phản xạ. Các đặc điểm trường sóng như biên độ, độ liên tục, tần số, và vận tốc khoảng phản ánh năng lượng trầm tích, thành phần thạch học, bề dày, đặc điểm phân lớp của đá.

- Phân tích hình thái bên ngoài và tổ hợp quan hệ tương địa chấn là một phần quan trọng trong việc xác định môi trường lắng đọng, cho phép đánh giá tổng quan không gian lắng đọng trầm tích, xác định được mối quan hệ của chúng với lịch sử phát triển trầm tích.

## **2.3. Mối quan hệ giữa vùng hệ thống trầm tích và hệ thống dầu khí**

Xác định tập địa chấn và luận giải tương địa chấn cho phép phân chia các đơn vị cơ bản của địa tầng phân tập, luận giải môi trường trầm tích, dự báo thành phần thạch học, từ đó cho phép đánh giá vai trò ảnh hưởng, mối quan hệ với hệ thống dầu khí của bể trầm tích.

Hệ thống trầm tích biển thấp, hình thành trong giai đoạn hạ thấp mực nước biển, tốc độ trầm tích cao, do vậy tiềm năng hình thành đá sinh thấp. Ở những nơi có điều kiện nước nghèo oxy (euxinic), tiềm năng đá sinh cao hơn, nhưng tổng hàm lượng vật chất hữu cơ hiếm khi vượt quá 1% [23]. Tốc độ hình thành không gian tích tụ lớn trong giai đoạn biển tiến – giai đoạn đầu biển cao, thuận lợi hình thành tầng chứa tốt. Trầm tích sét nằm ở phần trên của vùng hệ thống biển tiến và phần dưới của vùng hệ thống biển cao có thể là tầng chắn tốt. Bất chỉnh hợp bào mòn cắt xén, tập cát nằm kề áp đường bờ là nơi thuận lợi hình thành bể địa tầng. Cát hình thành giai đoạn cuối vùng hệ thống biển cao thường có chất lượng kém. Đá sinh tiềm năng thường gắn với vùng hệ thống biển tiến và giai đoạn đầu biển cao. Hình 2 thể hiện các vị trí có tiềm năng trở thành đá chứa tốt, gắn với vùng hệ thống trầm tích.

## **III. VỊ TRÍ KIẾN TẠO BỂ PHÚ KHÁNH**

Lục địa Đông Nam Á trong Kainozoi chịu tác động mạnh mẽ do va chạm giữa hai mảng Ấn Độ và Âu-Á. Trường ứng suất lớn bắt nguồn từ mặt va chạm do mảng Ấn Độ di chuyển lên phía bắc và va chạm với mảng lục địa Âu-Á, làm cho khối Đông Dương trôi trượt về phía ĐN [18, 19].

Va chạm giữa mảng lục địa Ấn Độ và mảng Âu-Á bắt đầu xảy ra vào Paleocen, làm cho khối Đông Dương trượt, xoay trái, dọc hai đới đứt gãy trượt bằng trái Ailao Shan - Kalimantan ở phía TB và Ba Chùa ở phía nam. Thời gian chính xác bắt đầu xoay, trượt của khối Đông Dương được xác định vào Eocen giữa và vẫn tiếp tục đến nay [5, 11].

Hệ thống đứt gãy Ailao Shan - Kalimantan có phương chung TB-ĐN, kéo dài trên 1000 km, từ Tây Tạng qua vịnh Bắc Bộ. Hoạt động đứt gãy trượt bằng trái diễn ra vào Oligocen - Miocen sớm (khoảng 32-16 Tr.n.). Hoạt động đứt gãy này nghịch đảo vào Neogen và trượt bằng phải cho đến hiện nay, do sự thúc trôi của mảng Nam Trung Hoa tương đối so với khối Đông Dương [6]. Hầu hết các tính toán đều xác định cự ly dịch chuyển trái vào khoảng 500-700 km; kết quả này cũng phù hợp với tính toán từ tài liệu cổ từ, cho rằng khối Đông Dương xoay phải khoảng 20-30° [5, 6]. Dịch chuyển của hệ thống Ailao Shan - Kalimantan mở rộng ở vịnh Bắc Bộ, hình thành bề kéo tách (pull-apart) Sông Hồng và kéo dài về phía nam qua thêm lục địa Miền Trung, hình thành bề sụt bậc tách ra (releasing overstep) Phú Khánh [13, 14].

Sự xoay trượt của khối Đông Dương dọc hệ thống trượt bằng trái Ailao Shan - Kalimantan dẫn đến tách giãn đại dương, hình thành Biển Đông. Dị thường từ đối xứng ở trung tâm Biển Đông khẳng định sự tồn tại vỏ đại dương. Sự phân tích dị thường từ, địa hình đáy biển, và các tài liệu khoan cho thấy vỏ đại dương có tuổi Oligocen giữa - Miocen sớm-giữa. Tách giãn hình thành Biển Đông xảy ra trong nhiều pha, cùng với sự thay đổi trục tách giãn tiến dần về phía nam. Pha tách giãn đầu tiên diễn ra vào khoảng 32-26 Tr.n., tách giãn xảy ra ở phần phía bắc của Biển Đông hiện tại, với phương trục tách giãn ĐĐN-TTB. Từ 26 đến 24 Tr.n., trục tách giãn chuyển dần về phía nam, tách giãn mạnh ở phía TN Biển Đông hiện tại, với phương trục ĐB-TN [6].

Bề Phú Khánh thuộc vào ranh giới giữa hai đơn vị kiến tạo lớn là khối Đông Dương ở phía tây và Biển Đông ở phía đông (Hình 3), lịch sử phát triển của bề Phú Khánh trong Kainozoi cũng chịu ảnh hưởng chính của quá trình xoay trượt của khối Đông Dương và quá trình tách mở, hình thành Biển Đông.

#### **IV. ĐẶC ĐIỂM MÔI TRƯỜNG TRẦM TÍCH**

##### **1. Ranh giới địa tầng địa chấn**

Phân tích tài liệu địa chấn cho phép xác định các đặc điểm về hình thái, vị trí và thời gian thành tạo các ranh giới địa tầng địa chấn. Sáu mặt ranh giới địa tầng địa chấn chính đã được xác định trong phạm vi toàn bộ khu vực bề Phú Khánh (Hình 4).

**1.1. Ranh giới SB1:** Là ranh giới phản xạ liên tục, sâu nhất có thể quan sát được trên các lát cắt địa chấn, hình thành mặt móng âm học. SB1 phân chia phần lát cắt có trường sóng thể hiện rõ tính phân lớp của các trầm tích Kainozoi nằm phía trên với phần trường sóng tự do không quy luật của các thành tạo trước Kainozoi nằm bên dưới.

Về mặt hình thái, SB1 là bề mặt địa hình nghiêng dần về phía đông, bị phân cách bởi các đứt gãy hình thành các địa hào, bán địa hào nằm giữa các khối nhô móng Tiền Kainozoi. Dựa trên đặc điểm về trường sóng, liên kết các tài liệu khu vực các bề trầm tích lân cận (bề Sông Hồng ở phía bắc và bề Cửu Long, Nam Côn Sơn ở phía nam và đông nam), phân tích đường cong thẳng giáng mực nước biển toàn cầu, SB1 được xác định nằm ở đáy các thành tạo Paleocen-Eocen (?) [20]. Lee và Watkin [2] luận giải ranh giới SB1 là mặt bắt chính hợp khởi đầu rift (rift-onset

unconformity) phân chia các thành tạo tiền rift (prerift) và đồng rift (synrift) vào khoảng 65 Tr.n., trên cơ sở đối sánh với các bề lún cận trong khu vực (tuổi của bất chỉnh hợp khởi đầu rift ở bề Bắc Palawan (Philippines) là Creta muộn - Paleocen [4]; tuổi Eocen giữa ở Reed Bank [21]; tuổi Creta muộn - Paleocen ở Pearl River Mouth [1]).

Bề mặt phản xạ mạnh với trở kháng âm học dương giữa mặt móng âm học và tầng trầm tích bên trên (quan sát thấy ở phần phía TB vùng bề Phú Khánh), chứng tỏ móng âm học được hình thành từ các đá cứng, có vận tốc truyền sóng cao hơn nhiều so với lớp trầm tích nằm phía trên. Với các đặc điểm phản xạ, xu thế mặt móng nâng dần về phía tây, có thể thấy phần phía tây của bề đá móng bị nâng cao và bóc mòn mạnh mẽ. Về thành phần thạch học, đá móng được dự đoán gồm các thành tạo xâm nhập và phun trào tuổi Mesozoi, lộ ra ở phần rìa phía tây bề Phú Khánh.

**1.2. Ranh giới SB2:** SB2 là mặt phản xạ có biên độ cao, liên tục qua các địa hào phía đông của bề và trùng với mặt SB1 về phía tây bề Phú Khánh. SB2 được xác định dựa trên các kết thúc phản xạ dạng gá đáy và phủ đáy của tập trầm tích nằm phía trên, quan sát khá rõ ở phần trung tâm và đông bề Phú Khánh. Đôi chỗ quan sát được các phản xạ chống nóc của tập phản xạ bên dưới ranh giới SB2 (Hình 4).

SB2 thể hiện là mặt bất chỉnh hợp do bào mòn khá rõ. Ở các trũng sâu, SB2 là bề mặt nghiêng, sụt bậc do dịch chuyển của các đứt gãy. Lee và Watkin [2] gọi đây là mặt “bất chỉnh hợp nứt vỡ” (breakup unconformity) đánh dấu thời kỳ bắt đầu tách giãn đáy biển vào Oligocen giữa.

Theo các kết quả đối sánh địa tầng khu vực, SB2 được xác định là đáy của tập trầm tích Oligocen, được các nhà địa chất Việt Nam chấp nhận [20].

**1.3. Ranh giới SB3:** SB3 là ranh giới phản xạ phân chia trường sóng thể hiện tính phân lớp với các trục đồng pha khá liên tục, biên độ phản xạ tương đối cao nằm ở phía dưới với các phản xạ trường sóng kém liên tục, biên độ thấp hơn ở phía trên (Hình 4). Ở phần địa hình nâng cao, ranh giới SB3 thể hiện bằng bề mặt bào mòn cắt xén rõ nét. SB3 là bề mặt bất chỉnh hợp đặc trưng; các tập trầm tích trẻ hơn phủ gá đáy trên rìa nâng cao phía tây bề Phú Khánh. Về phía đông của bề, mức độ bào mòn do lộ trên bề mặt ít hơn, thể hiện bề mặt gián đoạn (hiatus surface).

Về mặt hình thái, phía tây bề SB3 là bề mặt dạng sụt bậc bị dịch chuyển do các đứt gãy nhỏ cắt qua, trong khi đó phần phía đông bề có dạng oằn võng không thể hiện có hoạt động của đứt gãy. Điều đó chứng tỏ, phần phía đông bề đã bước sang một giai đoạn kiến tạo tương đối bình ổn (giai đoạn hậu rift - postrift), trong khi đó phần phía tây vẫn chịu các vận động kiến tạo nhất định.

SB3 được xác định là ranh giới Paleogen-Neogen (nóc của tập trầm tích Oligocen), có tuổi khoảng 25 Tr. n..

**1.4. Ranh giới SB4:** SB4 được xác định là nóc tập Miocen hạ, là mặt bất chỉnh hợp bào mòn khá rõ trên lát cắt địa chấn, được xác định dựa trên các kết thúc phản xạ gá đáy (onlap) quan sát được khá rõ ở phần phía tây và đông bề Phú Khánh. Về phía tây của bề, nó bao gồm các phản xạ liên tục, biên độ cao, dạng phản xạ sigma đặc trưng nằm nghiêng về phía đông. Về phía trung tâm bề quan sát được rõ dạng đào khoét, cắt sâu vào các tập phản xạ nằm bên dưới (Hình 4). Trên cơ sở đối sánh với tài liệu địa chấn ở vùng bề Cửu Long, đã xác định ranh giới SB4 có tuổi cuối Miocen sớm (khoảng 16 Tr. n.).

**1.5. Ranh giới SB5:** SB5 là một mặt ranh giới tập điển hình, là mặt bất chỉnh hợp khu vực rất đặc trưng, đánh dấu giai đoạn hạ thấp mực nước biển trong khu vực. Các kết thúc phản xạ gá đáy thấy rất rõ ở phần phía tây kề áp trên tập trầm tích bên dưới, đôi chỗ cũng quan sát được dạng bề mặt đào khoét, cắt xuống các trầm tích phía bên dưới. Về phía đông bề thì đặc trưng này mất dần.

SB5 được xác định là nóc tập Miocen giữa (khoảng 10 Tr. n.), ranh giới này tồn tại ở tất cả các bề trên thềm lục địa Việt Nam và các bề lân cận trong khu vực. SB5 có thể phản ánh lúc bắt đầu thời kỳ nâng cao ở miền Trung Việt Nam; nó thể hiện qua lượng trầm tích cung cấp tăng mạnh, tạo nên các tập trầm tích dày ở phía trên mặt bất chỉnh hợp.

**1.6. Ranh giới SB6:** SB6 được xác định là nóc tầng Miocen thượng (khoảng 5,5 Tr. n.), được đặc trưng bởi dấu hiệu bào mòn rõ rệt ở các trầm tích bên dưới mặt ranh giới và bên trên là phản xạ gá đáy ở phần phía tây bể. Về phía tây bể quan sát rõ các thung lũng ăn xuống sâu (incised valley), dấu hiệu bào mòn các trầm tích bên dưới và được lấp đầy (Hình 4).

## 2. Đặc điểm tương địa chấn và luận giải trầm tích

Trên cơ sở phân tích các ranh giới địa tầng địa chấn, sáu tập địa chấn lớn (seismic mega-sequence) đã được xác lập trong phạm vi bể Phú Khánh, bao gồm các tập từ S1 đến S6 (Hình 5).

**2.1. Tập địa chấn S1:** Tập S1 chỉ có mặt ở phần trũng sâu phần trung tâm và phía đông bể Phú Khánh, được giới hạn bởi ranh giới SB1 và SB2, tuổi Eocen (?). Các thành tạo của tập S1 phân bố hạn chế trong các địa hào, bán địa hào, được hình thành bởi các đứt gãy thuận. Đặc điểm trường sóng địa chấn của tập S1 là các phản xạ hỗn độn, không liên tục và biên độ yếu, có đôi chỗ phản xạ trắng không rõ tính phân lớp (Hình 4 & 5). Trong tập S1, đôi chỗ xuất hiện các phản xạ biên độ cao hơn, kéo dài liên tục, thường quan sát thấy ở phần trên của tập.

Sự phản xạ hỗn độn, biên độ yếu, không liên tục phản ánh đặc điểm trầm tích lắng đọng trong điều kiện năng lượng lớn, sự biến đổi nhanh về môi trường trầm tích theo chiều ngang. Điều kiện năng lượng, môi trường trầm tích như vậy cho phép dự báo đặc điểm trầm tích của tập S1, chủ yếu hạt vụn thô, tướng quạt bồi tích (alluvial fan) tích tụ vùng chân núi, đến tướng trầm tích sông, hình thành trầm tích hạt thô chiếm ưu thế, biến đổi tướng thạch học nhanh, thành phần đa khoáng, độ chọn lọc kém.

Các khoảng có phản xạ địa chấn mạnh, độ liên tục tốt, phản ánh thành phần thạch học đồng nhất theo chiều ngang, hình thành trong điều kiện năng lượng trầm tích yếu hơn, ổn định, chúng có thể được luận giải là tướng hồ (lacustrine facies), thường đặc trưng trầm tích có độ hạt mịn hơn, bột sét kết, đôi chỗ xen các lớp than.

Đặc điểm trường sóng địa chấn của tập S1 khá tương đồng với các thành tạo Eocen của hệ tầng Phù Tiên gặp ở bể Sông Hồng và Eocen (?) hệ tầng Cà Cối ở bể Cửu Long, gồm chủ yếu các thành tạo hạt vụn thô, kiểu molas lấp đầy các trũng giữa núi, hình thành vào giai đoạn đầu tạo bể.

**2.2. Tập địa chấn S2:** Tập S2 nằm phủ bất chỉnh hợp trên tập S1 qua ranh giới SB2 và giới hạn nóc bởi ranh giới SB3, tuổi Oligocen. Các thành tạo trầm tích của tập S2 tập trung trong các địa hào phần trung tâm bể, lấp đầy cấu trúc hình hoa âm (negative flower structure), với bề dày lên tới trên nghìn mét (Hình 4 & 5). Bề dày trầm tích mỏng dần về phía tây bể, còn khoảng vài chục đến trăm mét. Một vài nơi nhô cao, bóc mòn, vắng mặt các thành tạo này.

Trầm tích lấp đầy các địa hào, bán địa hào, thể hiện trên lát cắt là các phản xạ địa chấn kê áp trên các ranh giới đứt gãy, kiểu phản xạ phân kỳ (divergent reflection) hướng về phía trung tâm trầm đọng (depocenter) (Hình 4 & 5). Gần các đứt gãy không chế hình thành các địa hào, bán địa hào, đặc điểm trường sóng địa chấn tập S2 là các phản xạ hỗn độn, hoặc các phản xạ với biên độ thấp hơn, độ liên tục kém, đôi chỗ quan sát được dạng phản xạ lấp đầy trũng nhỏ, dạng lòng sông (channel form). Về phía trung tâm lắng đọng và phân cao của địa hào, trường sóng địa chấn có kiểu phản xạ song song, biên độ cao, độ liên tục tốt, tần số thấp.

Các phản xạ có độ liên tục tốt, biên độ cao, tần số thấp của tập S2 phản ánh đặc điểm trầm tích có tính phân lớp, xen các đá có thành phần thạch học với trở kháng âm học khác nhau, liên tục theo chiều ngang. Đặc điểm trầm tích như vậy cho phép luận giải môi trường trầm tích hồ, với các lớp sét giàu vật chất hữu cơ, lớp than, xen các lớp hạt thô hơn, như bột kết, cát kết. Các phản xạ hỗn độn, hoặc không có phản xạ, hoặc phản xạ độ liên tục kém, dạng lòng sông, biên độ thấp phân bố gần đứt gãy phản ánh tương quạt bồi tích, hoặc tương sông chiếm ưu thế.

Tuyến địa chấn VOR-93-301 dọc theo sườn lục địa miền Trung Việt Nam cho thấy địa hình móng hiện tại nâng cao dần về phía nam, nhiều chỗ vắng mặt trầm tích tập S1. Các địa hào hình thành tập S2 có xu hướng mở rộng và lớn hơn ở phần bắc bể (Hình 6).

**2.3. Tập địa chấn S3:** Tập S3 nằm bất chỉnh hợp trên các thành tạo của tập S2, có giới hạn đáy là ranh giới SB3 và nóc là ranh giới SB4, có tuổi Miocen sớm. Các thành tạo của tập S3, có diện phân bố rộng, không gian trầm tích đã được mở rộng, không còn hạn chế trong các địa hào và bán địa hào như các trầm tích của tập S1 và S2, với bề dày trầm tích lớn (Hình 6 & 7).

Đặc trưng trường sóng địa chấn của tập S3 là sóng phản xạ nằm ngang, song song, biên độ rất cao, kéo dài liên tục, quan sát thấy khá đặc trưng ở phần phía đông bắc bể, nằm phủ trên bề mặt ranh giới SB3 (Hình 6). Đặc điểm trường sóng địa chấn phản ánh tương carbonat nền, phát triển theo hướng bắc-nam.

Về phía nam, tây nam bể, quan sát thấy phản xạ địa chấn đặc trưng của khối tích tụ gò đồng carbonat (mounded buildups), chúng phủ trực tiếp trên bề mặt móng khối đứt gãy nâng (Hình 6), đặc trưng trường sóng là các phản xạ biên độ cao, liên tục, tần số thấp, dạng phản xạ hình gò đồng (mounded shape), đỉnh lồi lên phía trên.

Phần rìa tây bể, trường sóng địa chấn là các phản xạ á song song, phân kỳ, đôi chỗ thể hiện dạng phản xạ sigma, biên độ tương đối cao, khá liên tục, tần số thấp, xuất hiện nhiều phản xạ gá đáy (Hình 7). Đặc điểm trường sóng phản xạ phản ánh môi trường tương biển nông ven bờ, gồm chủ yếu các trầm tích lục nguyên.

Sự xuất hiện của carbonat ở tập S3, tương đồng với các thành tạo carbonat đã được xác định trên đới nâng Tri Tôn tuổi Miocen sớm, nằm về phía bắc bể Phú Khánh. Điều này khẳng định tuổi tập S3 khoảng 25-16 Tr. n..

**2.4. Tập địa chấn S4:** Tập S4 nằm bất chỉnh hợp trên các thành tạo của tập S3, giới hạn bởi hai ranh giới SB4 và SB5, tuổi Miocen giữa (khoảng 16-10 Tr. n.). Trầm tích hình thành tập S4 có diện phân bố rộng, phủ trên toàn phạm vi của bể, nhưng bề dày của tập mỏng hơn so với các tập khác (Hình 6 & 7).

Đặc điểm trường sóng của tập S4 là các phản xạ hình sigma, sigma nghiêng (sigmoid, sigmoid-oblique) quan sát thấy rất phổ biến ở phần rìa TB bể (Hình 7). Đỉnh sigma là các phản xạ địa chấn có thể nằm nghiêng, thoải dần về phía đông, biên độ phản xạ cao - trung bình, liên tục, tần số trung bình - thấp, đặc điểm trường sóng phản ánh trầm tích tương thềm, hình thành trong điều kiện năng lượng tương đối cao, gồm các đá cát kết, sét kết xen nhau. Sườn nềm lồi gồm các phản xạ địa chấn biên độ thấp hơn, cắm dốc, tần số trung bình - cao, độ liên tục kém hơn. Đáy nềm lồi là các phản xạ gần song song, biên độ trung bình, độ liên tục kém, phủ chống đáy lên mặt ranh giới bên dưới, phản ánh tương môi trường sườn thềm và đáy bể, nhìn chung độ hạt có xu hướng mịn dần từ phía thềm, sườn thềm đến đáy bể.

Về phía TN, phản xạ địa chấn kiểu sigma không còn đặc trưng nữa, có thể do sự thay đổi của địa hình thềm, điều kiện trầm tích ở phần phía nam so với phía TB bể. Tại phần rìa TN, quan sát

được phổ biến các phản xạ hỗn độn, độ liên tục kém, biên độ thấp, đôi chỗ thể hiện kiểu lấp đầy sườn dốc, lấp đầy thung lũng, trong các địa hào, bán địa hào. Đôi chỗ, thể hiện trường sóng địa chấn là các phản xạ khối tích tụ gò đồng, biên độ cao, tần số thấp (Hình 6), phản ánh tương tích tụ gò đồng carbonat.

**2.5. Tập địa chấn S5:** Tập S5 nằm bất chỉnh hợp trên tập S4, giới hạn đáy và nóc của tập là các bất chỉnh hợp khu vực SB5 và SB6, tập có tuổi Miocen muộn khoảng 10-6 Tr. n.. Tập S5 có diện phân bố rộng, có mặt trong phạm vi toàn khu vực bể, bề dày trầm tích lớn, chỗ lớn nhất có thể đạt tới trên 1000 m.

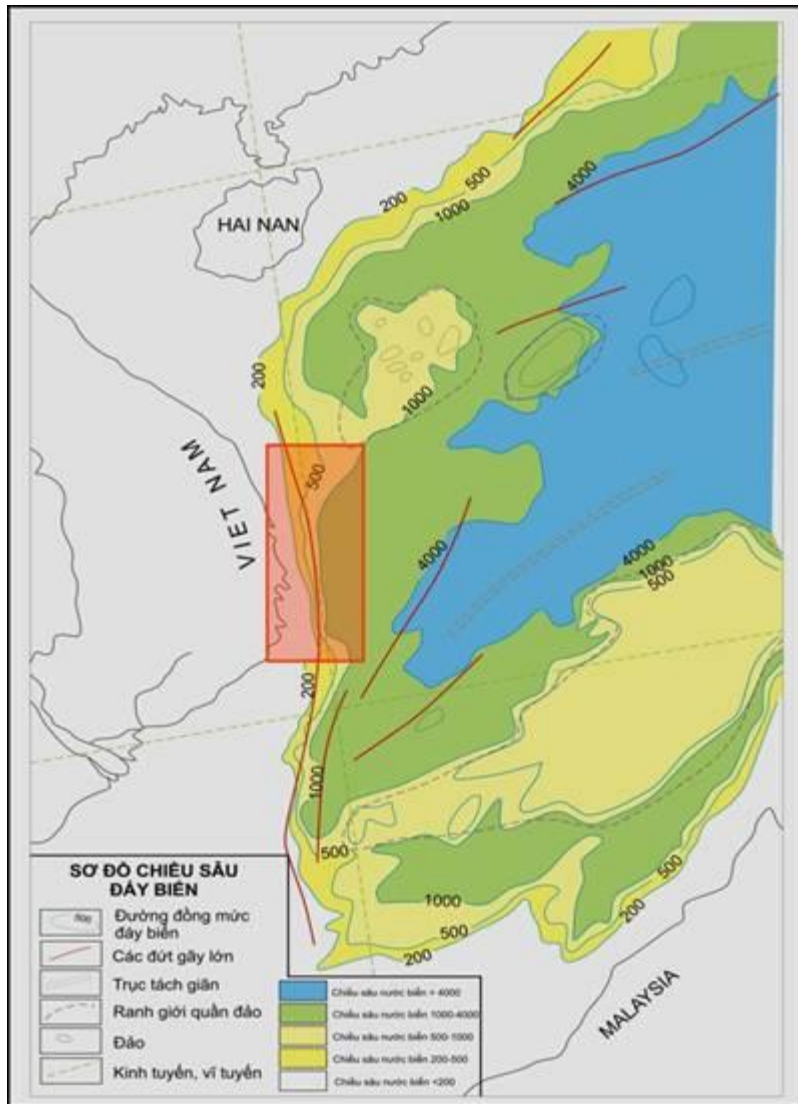
Ở rìa tây bể các sóng phản xạ có dạng phân kỳ, nghiêng về phía đông, các phản xạ kề áp đường bờ (coastal onlap) trên mặt ranh giới bất chỉnh hợp đáy có xu thế lùi dần về phía bờ, chứng tỏ xu thế mực nước biển dâng cao trong thời gian hình thành trầm tích của tập S5. Đặc trưng trường sóng địa chấn là các phản xạ biên độ cao, độ liên tục tốt, tần số trung bình, phản ánh tương trầm tích môi trường thềm (Hình 5 & 7).

Về phía đông bể, các phản xạ dạng sigma phát triển dọc theo sườn thềm cổ, gồm các phản xạ có biên độ thấp hơn, độ liên tục kém hơn, các phản xạ chống đáy hoặc kiểu phủ biển lùi (offlap) trên các phản xạ hỗn độn, dạng thấu kính, hình thành trong những pha biển dưng thấp, đặc trưng cho tương quạt sườn, quạt đáy bể, turbidit.

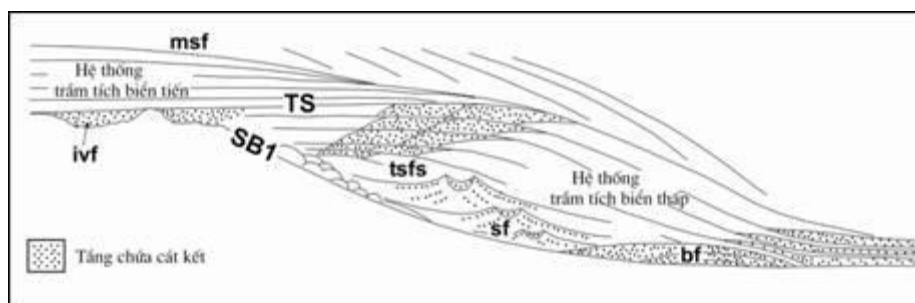
Về phía TN, xuất hiện các phản xạ biên độ cao, liên tục, dạng gò đồng, nằm phủ trên bề mặt địa hình nhô cao của móng hoặc của tập trầm tích bên dưới, phản ánh các tương ám tiêu khối xây carbonat (Hình 6).

**2.6. Tập địa chấn S6:** Tập S6 giới hạn từ ranh giới địa chấn SB6 đến đáy biển hiện tại, có bề dày lớn, có mặt trong toàn bể. Trầm tích của tập S6 hình thành trong môi trường trầm tích thềm, sườn thềm đến môi trường đáy bể nước sâu. Tương trầm tích thềm là các sóng địa chấn song song đến phân kỳ, biên độ cao, liên tục tốt. Chuyển tiếp về phía sườn, là các phản xạ hỗn độn, biên độ rất thấp, độ liên tục kém, thể hiện kiểu phản xạ lấp đầy thung lũng ăn xuống sâu (incised valley), phản ánh trầm tích trong điều kiện địa hình có độ dốc lớn, trượt lở (Hình 6). Về phía đông trung tâm trũng sâu Phú Khánh, sóng địa chấn là các phản xạ dạng lớp, kéo dài, biên độ khá cao, đặc trưng trầm tích biển sâu, turbidit (Hình 5).

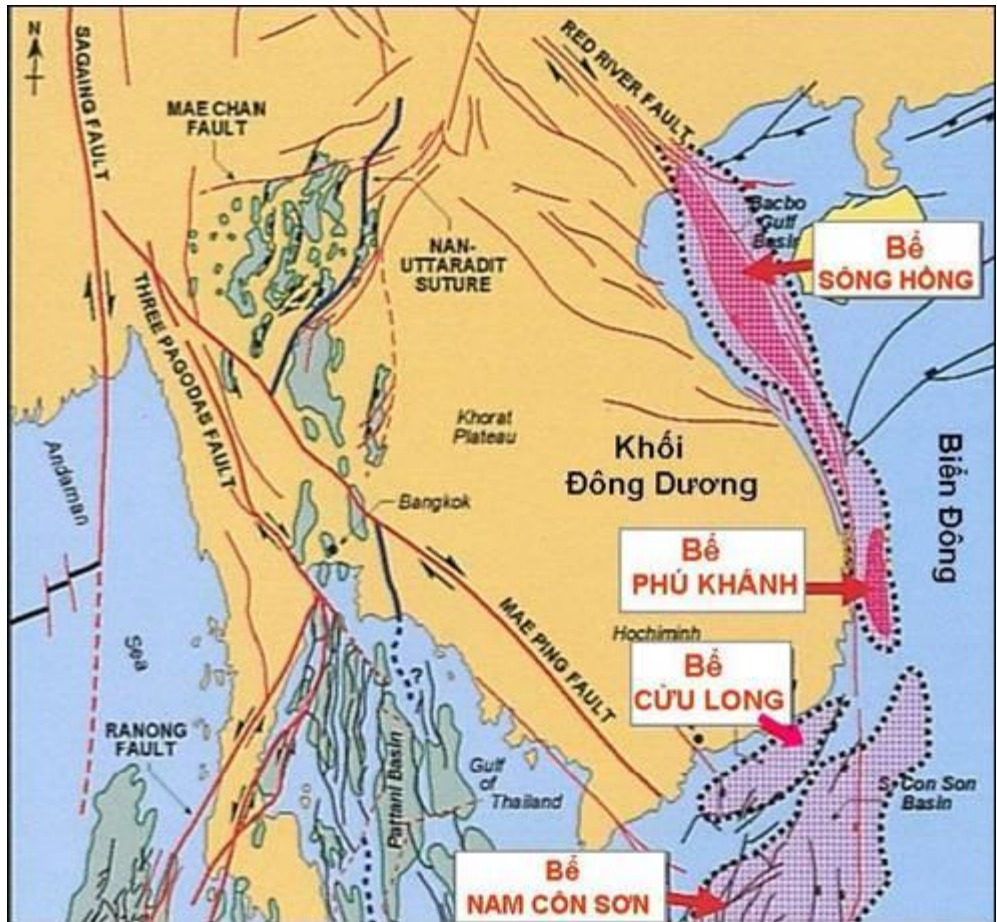




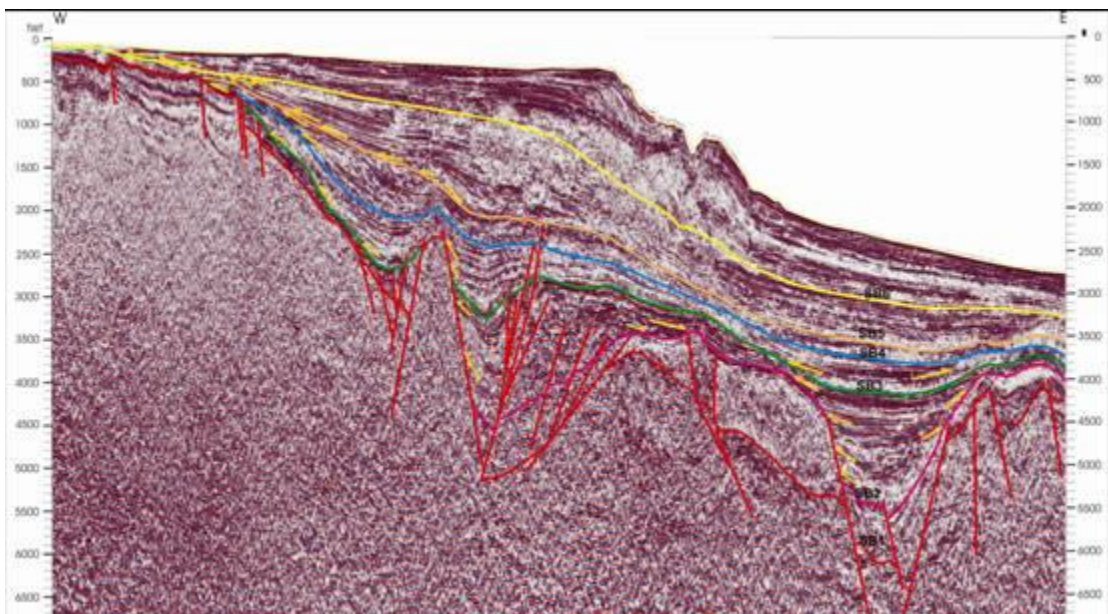
Hình 1. Vị trí bể Phú Khánh trên thềm lục địa miền Trung Việt Nam [12]



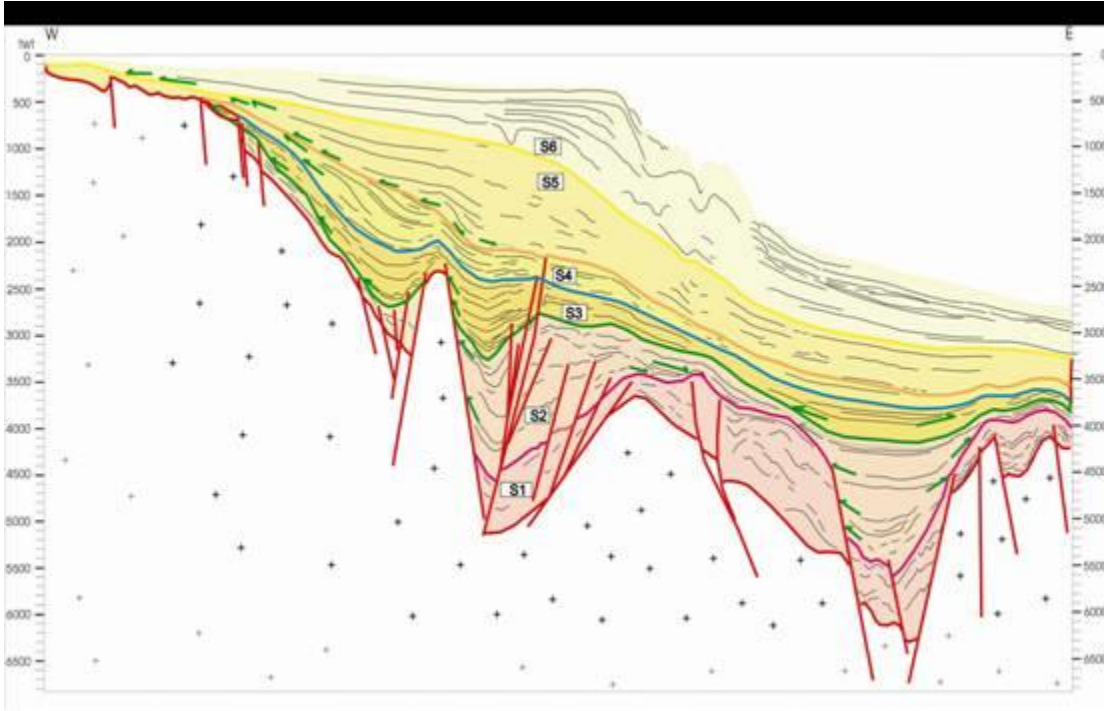
Hình 2. Sự phân bố các tầng sinh, chứa, chắn gấn với vùng hệ thống trầm tích [23].



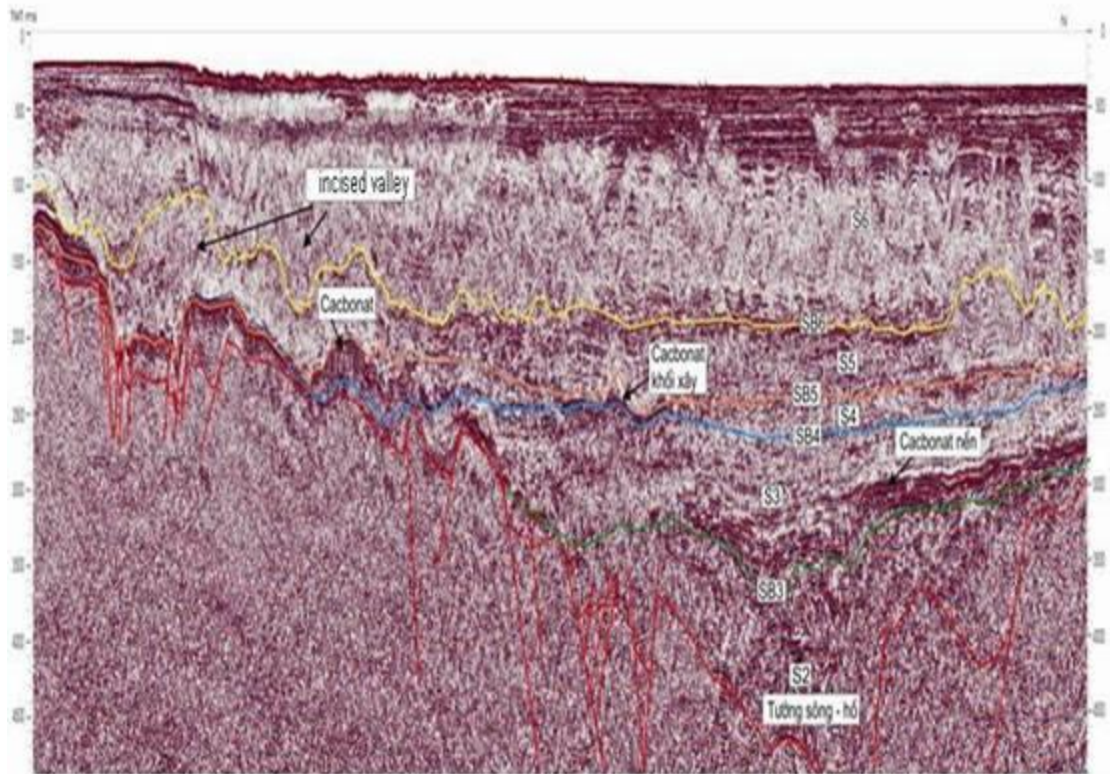
Hình 3. Vị trí bể Phú Khánh trong phông kiến tạo khu vực [12].



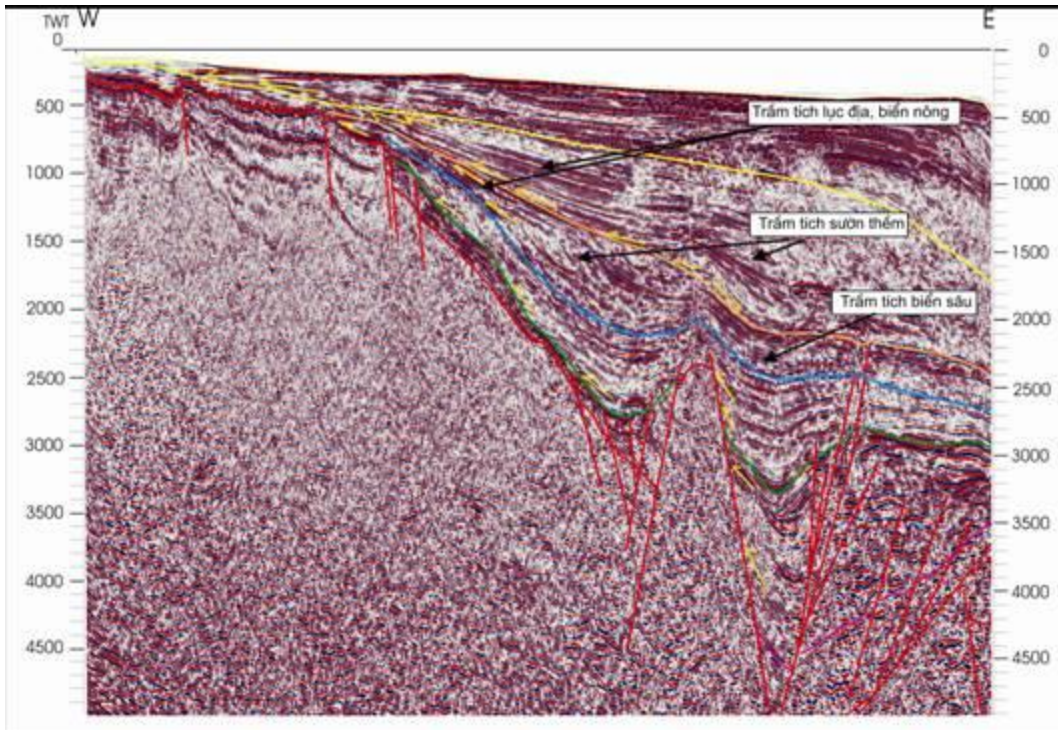
Hình 4. Ranh giới địa tầng địa chấn khu vực bể Phú Khánh  
(lát cắt địa chấn tuyến VOR-93-101).



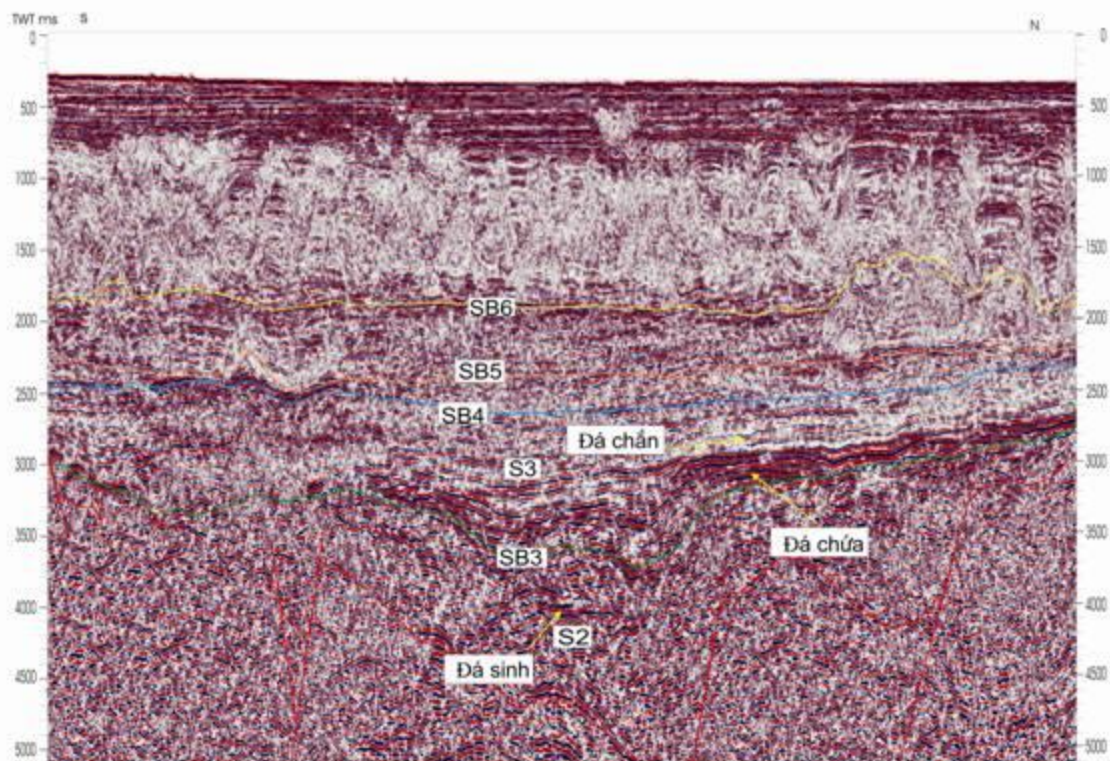
Hình 5. Phân tập địa chấn bể Phú Khánh  
(luận giải lát cắt địa chấn tuyến VOR-93-101).



Hình 6. Tường địa chấn phản ánh môi trường chủ yếu tường sông-hồ của tập S2, tường carbonat của tập S3, S4, tường vực biển sâu tập S5 và S6 (lát cắt địa chấn tuyến VOR-93-301).



Hình 7. Phản xạ hình sigma đặc trưng ở phần TB bể Phú Khánh, (đoạn tuyến địa chấn VOR-93-101).



Hình 8. Dự báo các tầng sinh, chứa, chắn trên cơ sở phân tích vùng hệ thống trầm tích (đoạn tuyến địa chấn VOR-93-301).

### 3. Mối quan hệ với hệ thống dầu khí

Hệ thống dầu khí có mối quan hệ mật thiết với hệ thống trầm tích của bể. Môi trường trầm tích có ảnh hưởng đến đặc điểm tầng sinh, tầng chứa, tầng chắn, dạng bể. Phân tích lịch sử phát triển môi trường trầm tích trong mối quan hệ không gian và thời gian với hệ thống dầu khí cho phép xác định yếu tố thuận lợi trong việc hình thành, bảo tồn và phá hủy các tích tụ dầu khí của bể.

Các phát hiện vết lộ dầu ở đầm Thị Nại (vùng vịnh Quy Nhơn, Bình Định), trong các khe nứt của đá granit, phần móng của bể Phú Khánh lộ lên ở rìa phía tây, cho phép khẳng định sự tồn tại hệ thống dầu khí ở bể Phú Khánh.

Trầm tích của bể có mối quan hệ mật thiết với hệ thống dầu khí. Trong bể có khả năng tồn tại hai tầng đá mẹ tập S2 Oligocen tương trầm tích hồ và S3 Miocen hạ tương biển nông, hỗn hợp lục địa biển, liên quan đến vùng hệ thống trầm tích biển tiến và biển cao. Móng nứt nẻ là đối tượng chứa tiềm năng của bể Phú Khánh. Trầm tích carbonat tập S3 Miocen hạ, tương trầm tích dạng sigma sườn thềm, trầm tích quạt đáy bể, turbidit tập Miocen trung-thượng là tầng đá chứa tiềm năng (Hình 8). Tập S6 Pliocen - Đệ tứ, khu vực nước sâu trên 300 m, là vùng tiềm năng hình thành tích tụ khí hydrat, nguồn năng lượng của tương lai, đáng được quan tâm nghiên cứu.

## IV. KẾT LUẬN

Bể Phú Khánh trên thềm lục địa miền Trung Việt Nam nằm trên đới kiến tạo hoạt động mạnh, có lịch sử phát triển phức tạp trong suốt Kainozoi, chịu ảnh hưởng thúc trôi của khối Đông Dương và tách giãn mở Biển Đông, hệ quả hình thành nên cấu trúc, trầm tích bể như ngày nay. Sự phân tích địa tầng địa chấn cho phép xác định 6 tập địa chấn, hình thành trong các giai đoạn kiến tạo - trầm tích khác nhau của bể, ranh giới và tuổi của các tập được chính xác hóa dựa trên liên kết, đối sánh các ranh giới địa tầng khu vực và đường cong mực nước biển. Các tập S1, S2 gồm chủ yếu các thành tạo trong môi trường bồi tích sông, quạt bồi tích, trầm tích hồ. Tập S3 đặc trưng sự chuyển tiếp từ môi trường lục địa sang biển nông, phát triển nhiều tương biển nông, carbonat thềm, ít trầm tích tương nước sâu. Các tập S4, S5 và S6 đặc trưng cho tương địa chấn dạng sigma, đặc điểm môi trường trầm tích biển đổi đa dạng, các tương lục địa bồi tích sông, châu thổ phân bố chủ yếu ở phần phía tây, chuyển dần về phía đông là tương thềm, tương sườn thềm, tương đáy bể nước sâu.

## VĂN LIỆU

1. **Chen P.P.H., Z.Y. Chen, Q.M. Zhang, 1993.** Sequence stratigraphy and continental margin development of the northwestern shelf of the South China Sea. *AAPG Bull.*, 77 : 842-862.

2. **Gwang H. Lee, Joel S. Watkin, 1998.** Seismic sequence stratigraphy and hydrocarbon potential of the Phu Khanh basin, offshore Central Vietnam, South China sea. *AAPG Bull.*, 82 : 1711-1735.

3. **Haq B.U., Hardenbol J., Vail J.R., 1988.** Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles in sea level change. In: *Sea-level changes: An integrated approach*, Wilgus C.K., Hasting B.S., Kendall C.G.St.C., Posamentier H.W., Ross C.A. & Van Wagoner J.C. (Eds.), 42 : 71-108, *Spec. Publ. Soc. Econ. Paleontol. Mineral.*

**4. Holloway N.H., 1982.** North Palawan block, Philippines: Its relation to Asian mainland and role in evolution of South China Sea. *AAPG Bull.*, 66 : 1355-1383.

**5. Lee T.Y., Lawver L.A., 1995.** Cenozoic plate reconstruction of Southeast Asia. *Tectonophysics*, 251 : 85-138.

**6. Leloup P.H., Arnaud N., Lacassin R., Tapponnier P., Schärer U., Dalai Z., Xiaohan L., Liangshang Z., Shaocheng J., Trinh P. T., 1995.** The Ailao Shan - Red River shear zone (Yunnan, China), Tertiary transform boundary of Indochina. *Tectonophysics*, 251 : 3-84.

**7. Mai Thanh Tân, 2007.** Thăm dò địa chấn trong địa chất dầu khí. *Nxb Giao thông Vận tải, Hà Nội*, 238 tr..

**8. Mitchum R.M., Vail Jr.P.R., Thompson S., 1977a.** Seismic stratigraphy and global changes of sea level. Part 2: The depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis. In: *Seismic stratigraphy - Applications to hydrocarbon exploration. Ch.E. Payton (Ed.)*, pp. 53-62. AAPG.

**9. Mitchum R.M., P.R. Vail Jr., J.B. Sangree, 1977b.** Seismic stratigraphy and global changes of sea level. Part 6: Stratigraphic interpretation of seismic reflection patterns in depositional sequence. In: *Seismic stratigraphy - Applications to hydrocarbon exploration, Ch.E. Payton (Ed.)*, pp. 117-133. AAPG.

**10. Moore R.C., 1964.** Paleocological aspects of Kansas Pennsylvanian and Permian cyclotherms. In: *Symposium on cyclic sedimentation, Payton C.E. (Ed.)*, 26 : 205-212. AAPG.

**11. Morley C.K., 2002.** A tectonic model for the Tertiary evolution of strike-slip faults and rift basins in SE Asia. *Tectonophysics*, 347 : 189-215.

**12. Nguyễn Thế Hùng (Chủ biên), 2008.** Petroleum geology and hydrocarbon potential of Phu Khanh Basin and adjacent areas. *Project report. VPI Archives*, 52 p. (in Vietnamese).

**13. Phan Văn Quýnh, 1997.** Hệ thống biến dạng Ailao Shan - Kalimantan. *TC Địa chất*, A/239 : 25-30. Hà Nội.

**14. Phan Văn Quýnh và nnk., 2002.** Đới biến dạng Ailao Shan - Kalimantan đoạn Trung Bộ Việt Nam và vai trò của chúng trong thành tạo các bồn dầu khí Kainozoi. *TC Khoa học, Đại học Quốc gia Hà Nội, XVIII/3* : 49-57. Hà Nội.

**15. Posamentier H.W., Vail J.R., 1988.** Eustatic controls on clastic deposition. II. Sequence and system tracts models. In: *Sea-level changes: An integrated approach. Wilgus C.K., Hasting B.S., Kendall C.G.St.C., Posamentier H.W., Ross C.A., Van Wagoner J.C. (Eds.)*, 42 : 125-154. *Spec. Publ. Soc. Econ. Paleontol. Mineral.*

**16. Sloss L.L., 1962.** Stratigraphic models in exploration. *AAPG Bull.*, 46 : 1050-1057.

**17. Sloss L.L., 1963.** Sequences in the cratonic interior of North America. *AAPG Bull.*, 74 : 93-114.

**18. Tapponnier P., Peltzer G., Armijo R., 1986.** On the mechanisms of collision between India and Asia. In: *Coward M.P., Ries A.C. (Eds.)*. *Collision Tectonics, Spec. Publ.*, 19 : 115-157. *Geol. Soc. of London, London.*

**19. Tapponnier P., Peltzer G., Le Dain A.Y., Armijo R., Cobbold P., 1982.** Propagating extrusion tectonics in Asia: New insights from simple experiments with plasticine. *Geology*, 10 : 611-616.

- 20. Trần Ngọc Toàn, Nguyễn Hồng Minh, 2007.** Bể trầm tích Phú Khánh và tài nguyên dầu khí. Trong: *Địa chất và tài nguyên dầu khí Việt Nam, Nguyễn Hiệp (Chủ biên), tr. 241-268. Nxb KH&KT, Hà Nội.*
- 21. Taylor B., D.E. Hayes, 1980.** Tectonic evolution of the South China basin. In *D.E. Hayes (Ed.). The tectonic and geological evolution of SE Asian seas and islands. Amer. Geoph. Union, Geophysical Monograph Series, 23 : 89-104. New York.*
- 22. Vail P.R., Mitchum R.M.JR., Thomson S.M., 1977.** Seismic stratigraphy and global changes of sea level from coastal onlap. In: *Seismic stratigraphy - Applications to hydrocarbon exploration. Ch.E. Payton, Ed.), 26 : 63-81. AAPG.*
- 23. Vail P.R., 1987.** Seismic stratigraphy interpretation procedure. In *A.W. Bally (Ed.), Atlas of Seismic stratigraphy: AAPG studies in geology, 27 : 2.*
- 24. Van Wagoner J.C. et al., 1988.** An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definition. In *C.K. Wilgus (Eds.). Sea-level changes - An integrated approach. SEPM Spec. Publ., 42 : 39-45.*
- 25. Van Wagoner J.C., R.M. Mitchum, K.M. Campion, Rahmanian, 1990.** Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores and outcrops: Concepts for high-resolution correlation of time and facies. *AAPG methods in exploration series, 7 : 55p.*
- 26. Weller J.M., 1960.** Stratigraphic principles and practices. *Harper, New York, 725 p..*
- 27. Wheeler H.E., 1958.** Time stratigraphy. *AAPG Bull., 42 : 1047-1063.*
- 28. Wheeler H.E., 1959.** Unconformity bounded units in stratigraphy. *AAPG Bull., 43 : 1975-1977.*

---

<sup>[1]</sup> Thường được gọi là “địa tầng dẫy”. *Ban Biên tập TCĐC.*

<sup>[2]</sup> Thường gọi là “dẫy trầm tích” để tránh nhầm lẫn với khái niệm “sedimentary member”. *Ban Biên tập TCĐC.*

<sup>[3]</sup> Có người dùng là “thế phủ biển tiến”

<sup>[4]</sup> Có người dùng là “thế phủ biển lùi”

<sup>[5]</sup> Thường dùng là “xói mòn”

<sup>[6]</sup> Có người dùng là “sự phủ mái”.

*Ban Biên tập TCĐC.*