



HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC GIA

**CÔNG NGHỆ NĂNG LƯỢNG VÀ ỨNG PHÓ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU
(ENCCR – 2026)**

Hà Nội, 6/2026

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

MỤC LỤC

1. COP26 và tác động đến ngành dầu khí biển Việt Nam: thực trạng và định hướng “Dầu khí xanh”	1
<i>Trương Hoài Nam, Mai Văn Cảnh, Đồng Thị Minh Hà</i>	
2. Ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong sàng lọc và lựa chọn phương pháp gia tăng thu hồi dầu, thử nghiệm tại mỏ Tê Giác Trắng	13
<i>Đặng Duy, Nguyễn Tiến Hùng, Nguyễn Hải An</i>	
3. Ảnh hưởng của hóa lỏng đất đến bể chứa xăng dầu và biện pháp phòng ngừa	23
<i>Đặng Quang Huy, Phạm Văn Hùng, Vũ Minh Ngạn</i>	
4. Đánh giá cấu trúc bộ chuyển đổi DC/AC một pha điện mặt trời đến việc lựa chọn thông số bộ lọc sóng hài đảm bảo tiêu chuẩn kết nối	31
<i>Đỗ Đức Thành, Ngô Thanh Tuấn</i>	
5. Cơ sở kỹ thuật - kinh tế của mô hình cụm CCUS tập trung và định hướng cho Việt Nam	39
<i>Doãn Thị Trâm, Lê Quang Duyệt, Nguyễn Khắc Long, Nguyễn Văn Thành, Trần Văn Quảng</i>	
6. Investigation of seasonal correlation between land surface temperature and spectral indices: A case study in Gia Lai province	51
<i>Eaint Chit Phone, Le Mai Son, Nguyen Manh Hung</i>	
7. Assessing the influence of surface characteristics on evapotranspiration in evergreen forest ecosystems	57
<i>Le Mai Son, Nguyen Thu Ha</i>	
8. Ứng dụng mặt phản xạ mô phỏng đáy biển phục vụ dự báo địa nhiệt cho khu vực Đông Bắc bể trầm tích Nam Côn Sơn	64
<i>Lê Ngọc Ánh, Nguyễn Hải Bình, Bùi Thái Sơn, Hà Văn Thành, Vương Gia Bảo</i>	
9. Quản lý rủi ro sinh cát trong phát triển mỏ tầng Mioxen giữa, bể Cửu Long dưới góc nhìn tích hợp yếu tố địa kỹ thuật và kinh tế	71
<i>Lê Vũ Quân, Nguyễn Văn Thịnh</i>	
10. Tích hợp thuộc tính địa chấn và phân tách phổ nghiên cứu dự báo vỉa chứa địa tầng Oligocen muộn khu vực lô X bể Cửu Long	80
<i>Nguyễn Duy Mười, Lê Ngọc Ánh, Nguyễn Thị Minh Hồng, Bùi Thị Ngân, Nguyễn Thị Thu Hằng</i>	
11. Ảnh hưởng các yếu tố tới sự phát triển chiều cao khe nứt đối với giếng X tầng Oligocene trong quá trình nứt vỉa thủy lực	87
<i>Nguyễn Hữu Trường</i>	
12. Thực trạng và thách thức khi triển khai lưu giữ CO₂ trong thành hệ địa chất tại Việt Nam	97
<i>Nguyễn Khắc Long, Trương Văn Từ, Nguyễn Văn Thành, Doãn Thị Trâm, Phạm Hồng Sơn, Đỗ Minh Cường</i>	
13. Hydrogen trắng (hydrogen tự nhiên): Cơ chế hình thành, tiềm năng và định hướng nghiên cứu cho Việt Nam	108
<i>Nguyễn Thế Vinh, Lê Quang Duyệt, Nguyễn Hải An</i>	

Ứng dụng mặt phản xạ mô phỏng đáy biển phục vụ dự báo địa nhiệt cho khu vực Đông Bắc bể trầm tích Nam Côn Sơn

Lê Ngọc Ánh^{1,2,*}, Nguyễn Hải Bình², Bùi Thái Sơn², Hà Văn Thành², Vương Gia Bảo²

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

² Nhóm nghiên cứu Bể, Địa tầng và Quá trình trầm tích, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Nghiên cứu tập trung xác định gradient địa nhiệt tại khu vực Đông Bắc bể Nam Côn Sơn qua kết quả phân tích tài liệu địa chấn 2D và nhận diện mặt phản xạ mô phỏng đáy biển (BSR - Bottom Simulating Reflector). Gradient địa nhiệt và dòng nhiệt là những thông số quan trọng, chi phối sự hình thành và ổn định của khí hydrate cũng như quá trình trưởng thành của đá mẹ trong các bể trầm tích, tuy nhiên dữ liệu địa nhiệt thường phải đo trực tiếp từ giếng khoan nên gây khó khăn trong công tác tìm kiếm thăm dò ban đầu. Cùng với sự xuất hiện của mặt phản xạ BSR trong khu vực cho phép gián tiếp xác định gradient địa nhiệt. Kết quả cho thấy độ sâu BSR dao động từ khoảng 1.665 m đến 2.102,5 m, với nhiệt độ tương ứng từ 20,8 đến 23,3°C. Gradient địa nhiệt thu được nằm trong khoảng 39,7 - 66,7°C/km, phần lớn tập trung ở mức 45 - 56°C/km. Một số giá trị cao bất thường (>60°C/km) được ghi nhận tại các khu vực có hoạt động kiến tạo mạnh, liên quan đến hệ thống đứt gãy và pha nghịch đảo kiến tạo Miocen giữa. So sánh với giá trị trung bình của toàn bể (30 - 45°C/km) cho thấy sự tương đồng về xu thế nhưng cao hơn cục bộ, phản ánh ảnh hưởng của các yếu tố địa chất như dòng nhiệt dị thường và hoạt động kiến tạo. Nghiên cứu khẳng định tính hiệu quả của phương pháp sử dụng BSR trong dự báo gradient địa nhiệt tại các khu vực thiếu dữ liệu giếng khoan.

Từ khóa: BSR; Gradient địa nhiệt, Hydrate khí; Nam Côn Sơn.

1. Đặt vấn đề

Dòng nhiệt và gradient địa nhiệt là những thông số địa chất then chốt, không chỉ kiểm soát sự hình thành và ổn định của các tích tụ khí hydrat (băng cháy) mà còn ảnh hưởng trực tiếp đến lịch sử nhiệt và mức độ trưởng thành của đá mẹ trong các bể trầm tích. Việc xác định chính xác gradient địa nhiệt là một yếu tố quan trọng trong công tác tìm kiếm, thăm dò dầu khí (Kvenvolden và McMenamin, 1980). Tuy nhiên, việc thu thập dữ liệu địa nhiệt trực tiếp từ các giếng khoan thường rất tốn kém và phân bố không đồng đều. Tại Biển Đông, hầu hết các điểm đo gradient địa nhiệt tập trung tại các mỏ dầu khí trên thềm lục địa, trong khi dữ liệu ở các vùng nước sâu và rìa lục địa còn rất hạn chế. Nhiều khu vực nghiên cứu nước sâu thậm chí "không có dữ liệu về nhiệt độ đáy biển và gradient địa nhiệt". Để khắc phục sự thiếu hụt dữ liệu này, phương pháp địa vật lý gián tiếp sử dụng mặt phản xạ mô phỏng đáy biển đã được áp dụng. BSR được phản ánh bởi dị thường địa chấn đặc trưng, thường thể hiện sự đảo ngược pha (reflection polarity reversal), chạy song song với địa hình đáy biển và cắt ngang qua các lớp trầm tích. Về bản chất vật lý, BSR đại diện cho đáy của vùng ổn định khí Hydrat (GH), là ranh giới pha giữa hydrat rắn (ở trên) và khí tự do (ở dưới). Ranh giới BSR bị kiểm soát chặt chẽ bởi điều kiện nhiệt độ và áp suất nên bằng cách xác định độ sâu của BSR tính được nhiệt độ tại mặt BSR và kết hợp với nhiệt độ đáy biển để tính giá trị gradient địa nhiệt của khu vực. Phương pháp được áp dụng thành công tại vùng biển Quy Nhơn để dự báo gradient địa nhiệt trong khoảng 20-26°C/km (Lê, 2020).

Bể trầm tích Nam Côn Sơn có diện tích gần 100.000 km², là một trong những bể có tiềm năng dầu khí lớn nhất Việt Nam. Bể có cấu trúc địa chất vô cùng phức tạp, nằm ở nơi giao thoa giữa chế độ kiến tạo trượt bằng và chế độ tách giãn Biển Đông. Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng khu vực này có tiềm năng lớn về khí hydrat. Cụ thể, tài liệu địa chấn cho thấy các dấu hiệu khí hydrat rất rõ ràng tại khu vực Đông Bắc bể Nam Côn Sơn, được xếp vào một trong 4 vùng có triển vọng GH cao nhất của Việt Nam. Các dấu hiệu BSR tại đây có liên quan đến các hệ thống đứt gãy, bao gồm cả các đới đứt gãy đa giác (Cuong và nnk., 2016).

* Tác giả liên hệ

Email: lengocanh@hmg.edu.vn

Bài báo này tập trung vào việc sử dụng dữ liệu địa chấn 2D tại khu vực Đông Bắc bể Nam Côn Sơn để nhận diện, xác định sự tồn tại của BSR, từ đó dự báo gradient địa nhiệt cho khu vực và so sánh với kết quả gradient địa nhiệt của bể theo tài liệu địa vật lý giếng khoan, từ đó kiểm chứng mức độ tin tưởng của phương pháp. Kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp hệ phương pháp luận, góp phần làm rõ thông số địa nhiệt cho những bể trầm tích còn hạn chế về dữ liệu giếng khoan.

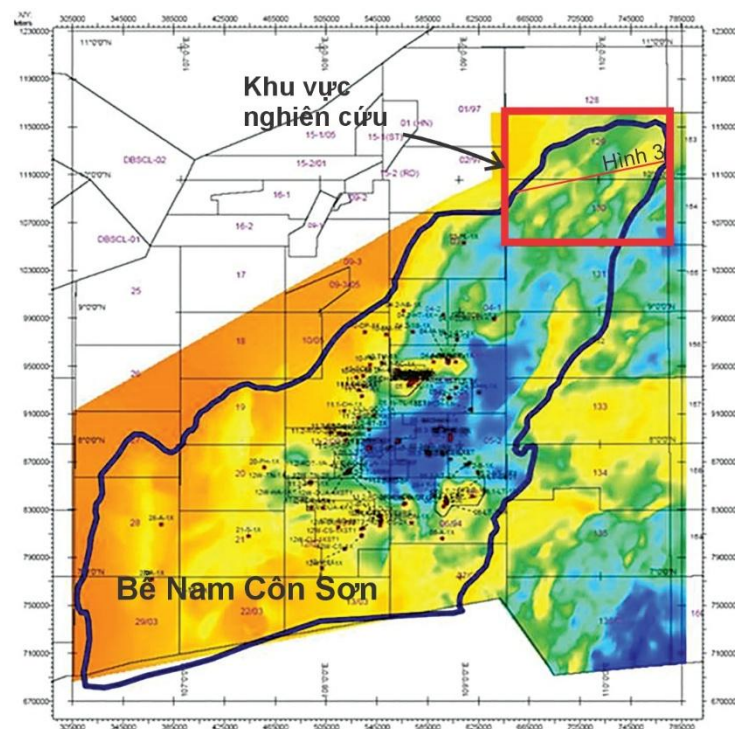
2. Đặc điểm địa chất và tiềm năng khí hydrat của bể Nam Côn Sơn

2.1. Đặc điểm địa chất

Bể Nam Côn Sơn là bể tách giãn dạng rift điển hình của Việt Nam Bể có diện tích gần 100.000 km², nằm trong khoảng giữa 6°00' đến 9°45' vĩ độ Bắc và 106°00' đến 109°00' kinh độ Đông (Hình 1). Ranh giới phía Bắc của bể là đới nâng Côn Sơn, phía Tây và phía Nam là đới nâng Khorat - Natuna, còn phía Đông là bể Tư Chính - Vũng Mây và phía Đông Bắc là bể Phú Khánh. Độ sâu nước biển thay đổi rất lớn, từ vài chục mét ở phía Tây đến hơn 1.000 m ở phía Đông. Trên địa hình đáy biển các tích tụ hiện đại được thành tạo chủ yếu do tác động của dòng chảy thủy triều cũng như dòng đối lưu. Trầm tích đáy biển chủ yếu bùn và cát, ở nơi bờ cao và đảo là đá cứng hoặc san hô (Nguyễn, 2019).

Lịch sử phát triển bể Nam Côn Sơn gắn liền với quá trình tách giãn Biển Đông và có thể được chia làm 3 giai đoạn chính: Giai đoạn trước tách giãn (Paleocen - Eocen), giai đoạn đồng tách giãn (Oligocen - Miocen sớm), giai đoạn sau tách giãn (Miocen muộn - Đệ Tứ) (Hình 2).

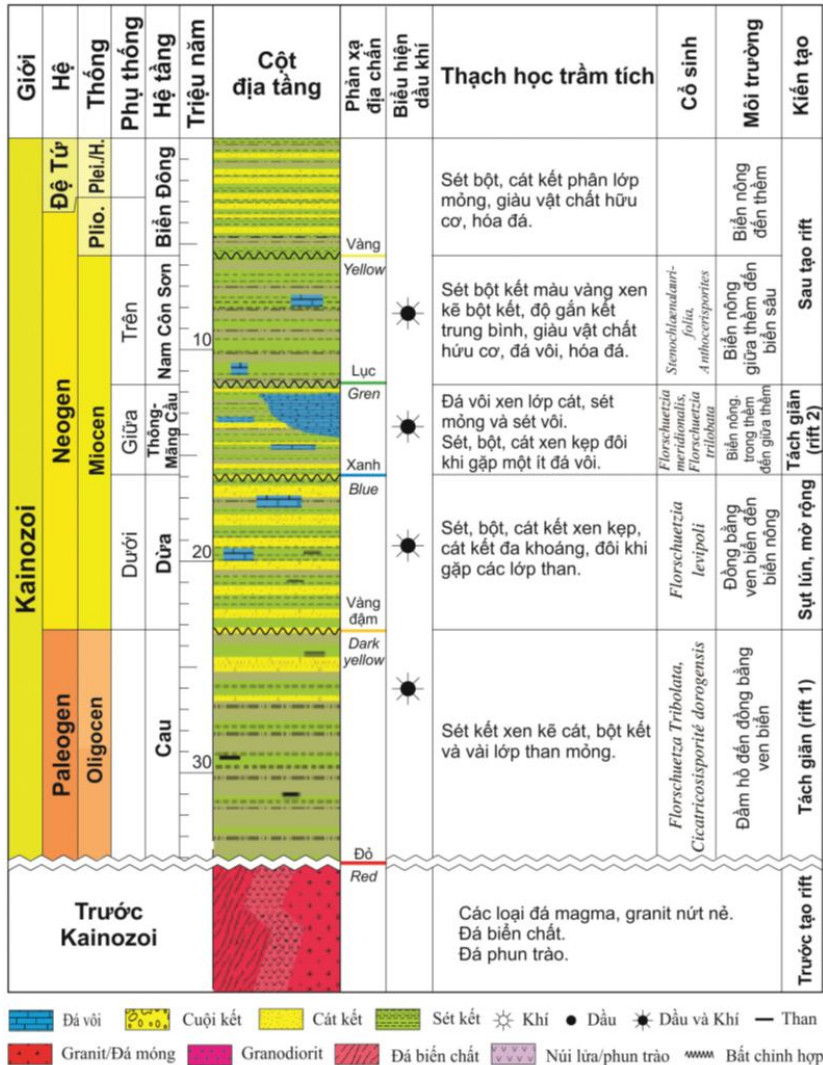
Giai đoạn trước tạo rift (Paleocen - Eocen): trong giai đoạn này chế độ kiến tạo toàn khu vực bình ổn, xảy ra quá trình bào mòn và san bằng địa hình cổ, một số nơi vẫn còn tồn tại trũng giữa núi. Ở phần trung tâm của bể tồn tại các thành tạo molas, vụn núi lửa và các đá núi lửa có tuổi Eocen đã xuất lộ trên lục địa (Nguyễn, 2019).



Hình 1. Vị trí bể trầm tích Nam Côn Sơn và khu vực nghiên cứu (Nguyễn, 2019).

Giai đoạn đồng tạo rift (Oligocen - Miocen giữa): giai đoạn đầu (khoảng 40 tr.năm) tách giãn theo phương Đông - Tây, là hệ quả của quá trình thúc đẩy của phân lục địa Đông Nam Á do mảng Ấn Độ húc vào mảng Âu - Á (theo Tapponnier). Đồng thời với quá trình mở rộng Biển Đông về phía Đông và hoạt động tích cực của hệ thống đứt gãy Đông Bắc - Tây Nam đã làm xuất hiện địa hào trung tâm của bể kéo dài theo phương Đông Bắc - Tây Nam, dọc theo các đứt gãy hoạt động phun trào đã xảy ra. Các thành tạo trầm tích Oligocen - Miocen sớm gồm các trầm tích vụn chủ yếu thành tạo trong các môi trường thủy triều lên xuống của đới nước lợ ven bờ với các tập sét kết, bột kết dày xen kẽ cát kết hạt mịn môi trường lục địa (đầm hồ, sông và châu thổ) phát triển trên toàn bộ diện tích bể. Tiếp theo là giai đoạn sụt lún, mở rộng trong Miocen sớm có sự phân đới rõ ràng do ảnh hưởng yếu tố biển tiến từ phía Đông. Trầm tích thời kỳ này đặc

trung bởi ba môi trường lắng đọng: trên phần sườn Tây bề là cát kết, bột kết và than thuộc tầng phần trên đồng bằng châu thổ. Tiếp theo về phía Đông là cát kết, bột kết, sét kết xen carbonat mỏng tương thủy triều nước lợ. Xa hơn về phía Đông là các trầm tích tương thềm châu thổ. Các tầng sinh chính và tầng chứa tương châu thổ, tương biển tiến được hình thành trong thời kỳ này. Vào đầu Miocen giữa bề vẫn tiếp tục quá trình sụt lún (Nguyễn, 2019).



Hình 2. Cột địa tầng tổng hợp của bề trầm tích Nam Côn Sơn (Nguyễn, 2019).

Giai đoạn tạo rift thứ hai xảy ra vào khoảng giữa Miocen giữa (khoảng 10 - 12 tr.năm), có phương Đông Bắc - Tây Nam, được coi là hệ quả của quá trình tách giãn Biển Đông. Vào thời kỳ này biển đã tiến sâu vào sườn Tây của bề. Một số đứt gãy lớn có vai trò phân dị địa hình đáy biển cũng như độ sâu của nước dẫn đến việc phân bố lại nguồn trầm tích lục nguyên được di chuyển từ phía Tây và Tây Nam. Do việc thay đổi ranh giới thềm và trầm tích lục nguyên gần như dồn hết vào trung Trung tâm nên đã tạo điều kiện cho trầm tích carbonat thềm phát triển rộng rãi ở cấu tạo nâng Măng Cầu và thềm Đông Nam. Ở một số nơi, đứt gãy dạng gàu xúc với chuyển động quay tạo nên các cấu trúc dạng nếp lồi cuộn (lô 10, 11-1). Các đứt gãy kiểu này tạo ra những hố sâu tương đối trong không gian hẹp so với cánh nâng và trầm tích đổ xuống các hố sâu này dưới dạng turbidit. Vào cuối Miocen giữa là giai đoạn nén ép, nghịch đảo kiến tạo hình thành một bất chỉnh hợp khu vực mang tính toàn bề (Nguyễn, 2019).

Giai đoạn sau tạo rift (Miocen muộn - Đệ Tứ): đây là giai đoạn sụt lún nhiệt mở rộng bề với xu thế cả thềm lục địa nghiêng dần về phía Đông trong Pliocen. Hoạt động kiến tạo, đứt gãy yếu dần thay bằng chế độ kiến tạo oằn võng và lún chìm nhiệt. Đi kèm với các pha biển tiến và ngập lún, các trầm tích dạng nềm ở phía Đông được lắng đọng trong môi trường biển nông đến sâu với tốc độ trầm tích rất nhanh. Bề dày trầm tích của thời kỳ này lên đến 3.000 m, nhiều thân cát dạng dòng chảy và dòng bùn rôi được hình thành

ở vùng sườn và đáy bồn trầm tích tại khu vực trung tâm bể Nam Côn Sơn. Trầm tích carbonat tiếp tục phát triển trong Miocen muộn ở thềm Đông Nam cho đến khi bị nhấn chìm vào môi trường biển sâu. Trong Pliocen - Đệ Tứ phát triển thêm lục địa, bình đồ cấu trúc không còn mang tính kế thừa các giai đoạn trước, ranh giới giữa các trũng gần như được đồng nhất trên toàn khu vực (Nguyễn, 2019).

2.2. Tiềm năng khí hydrat của bể

Dựa vào mô hình địa hóa đá mẹ của nhiều tài liệu nghiên cứu đã có cho thấy trầm tích sét Miocen giữa, Miocen dưới và Oligocene đạt tiêu chuẩn đá mẹ về độ giàu vật chất hữu cơ. Đá mẹ Oligocene chứa vật chất hữu cơ loại I/III và loại III. Đá mẹ Miocen dưới và giữa chứa chủ yếu vật chất hữu cơ loại III và ít loại II.

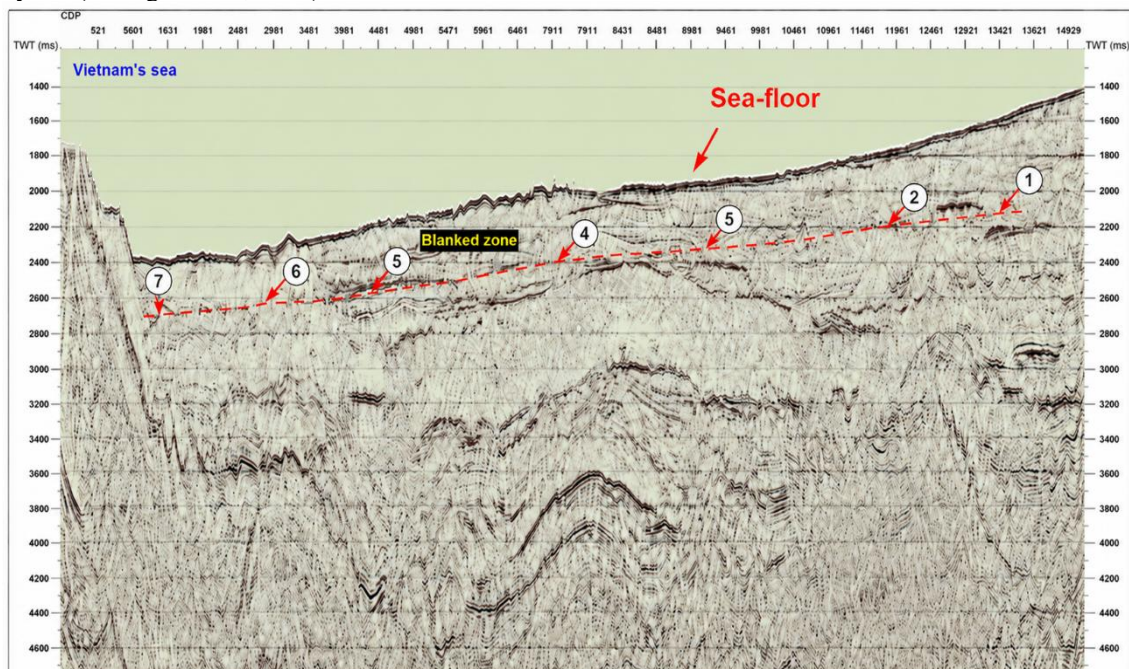
Ở thời điểm hiện tại, độ sâu đạt cửa sổ tạo dầu từ 2.500 - 4.700m, khí ẩm và condensate ở 4.700 - 6.200m, đới tạo khí khô nằm dưới độ sâu 6.000 - 7.200m. Tại trũng sâu của phụ đới trũng Trung tâm, hydrocarbon bắt đầu di thoát sớm nhất từ khoảng 24 triệu năm trước. Từ khoảng 8 triệu năm trước, hydrocarbon đã di cư và tích tụ trong các tầng chứa Miocen (Dau và nnk., 2015).

Khu vực có triển vọng khí hydrate cao: các khu vực gần như trùng với các trũng Đệ Tam, do ngoài nguồn hydrocarbon sinh vật từ các tầng nông Pliocene - Đệ Tứ thì có thể có một lượng lớn hydrocarbon trưởng thành do nhiệt từ dưới sâu dịch chuyển lên phía trên. Trên cơ sở phân tích các điều kiện nguồn hydrocarbon, chế độ nhiệt độ, các biểu hiện trực tiếp và mức độ thu thập tài liệu có thể khẳng định khu vực Đông Bắc bể Nam Côn Sơn đã có các tài liệu khẳng định sự tồn tại, tuy nhiên quy mô và mức độ phân bố cũng như các chỉ tiêu để đánh giá tiềm năng vẫn là ẩn số cần làm rõ mà cụ thể ở đây là lô 129-132 (Dau và nnk., 2015).

3. Tài liệu và phương pháp nghiên cứu

3.1. Tài liệu

Trong nghiên cứu tác giả sử dụng nguồn tài liệu địa chấn phản xạ 2D thuộc bể Nam Côn Sơn để phân tích đặc điểm phân bố và nhận dạng khí hydrate trong môi trường trầm tích biển sâu (Hình 3). Khu vực nghiên cứu tập trung vào khoảng độ sâu từ 1.600 m đến 2.105 m tính từ đáy biển, tương ứng với các tập trầm tích tuổi Đệ tứ. Đây là các thành tạo trầm tích trẻ, có độ rỗng tương đối cao và chịu chi phối mạnh bởi điều kiện nhiệt độ - áp suất, do đó được xem là môi trường thuận lợi cho sự hình thành và ổn định của khí hydrat (Huong và nnk., 2016).



Hình 3. Biểu hiện GH với BSR (đường nét đứt màu đỏ) (Nguyễn, 2019) cùng với các vị trí lấy mẫu từ 1 đến 7, xem vị trí tuyến trên Hình 1.

Trong công tác xử lý và minh giải, việc thiết lập mô hình vận tốc có ý nghĩa quyết định đến độ tin cậy của phép chuyển đổi thời gian sang độ sâu và khả năng bóc tách dị thường địa chấn. Dựa trên các thông số thực nghiệm, vận tốc sóng dọc của cột nước biển được thiết lập ở giá trị 1.500 m/s. Đối với tầng trầm tích

mục tiêu chứa khí hydrat, vận tốc sóng dọc được thiết lập ở giá trị 2.000 m/s. Cơ sở của việc lựa chọn xuất phát từ hiệu ứng thay đổi cơ lý khi GH xâm nhập vào môi trường trầm tích bão hòa nước (vốn có vận tốc nền dao động 1.600 - 1.800 m/s). Cụ thể, sự lấp nhét của các tinh thể GH làm gia tăng mô-đun khối, tăng độ cứng khung xương thạch học và giảm tính nén ép, hệ quả tất yếu là làm tăng vận tốc truyền sóng (Huong và nnk., 2016).

3.2. Phương pháp nghiên cứu

Địa chấn là phương pháp được sử dụng rộng rãi nhất trên thế giới để dự báo sự tồn tại và đánh giá định lượng khí hydrate trong trầm tích biển. Có thể dự báo sự tồn tại của khí hydrate từ tài liệu địa chấn khi xác định được mặt phản xạ mô phỏng đáy biển và đới bình ổn. Dickens and Quinby Hunt (1994) đã xây dựng công thức thực nghiệm để xác định nhiệt độ tại đáy của đới GHSZ hay chính là nhiệt độ tại mặt phản xạ BSR trên tài liệu địa chấn (Dickens và QuinbyHunt, 1994).

$$\frac{1}{T} = 3,75 \cdot 10^{-3} - 2,83 \cdot 10^{-4} \cdot (\log P) \quad (1)$$

Trong đó: T - Nhiệt độ tại mặt phản xạ BSR (°K); P - Áp suất tại mặt phản xạ BSR (MPa).

Để xác định được áp suất tại mặt phản xạ BSR, các bước làm cụ thể như sau:

- Sử dụng tài liệu địa chấn 2D, xác định thời gian truyền sóng (TWT, ms) tới BSR và vị trí tương ứng tại đáy biển.

- Sau đó thời gian truyền sóng được chuyển đổi sang độ sâu (Z, mét).

- Từ độ sâu đáy biển (Z_SF, mét), dựa trên đồ thị mối quan hệ giữa nhiệt độ và độ sâu đáy biển của Cuong và nnk. (2016) xác định nhiệt độ đáy biển (T_SF, °C).

- Từ độ sâu mặt BSR (Z_BSR, mét), tính áp suất thủy tĩnh tại đó (P_BSR, Mpa) theo công thức sau:

$$P = p_{\text{sea water}} \cdot g \cdot Z \cdot 10^{-6} \quad (2)$$

Trong đó: P - Áp suất thủy tĩnh, Mpa; $p_{\text{sea water}}$: Mật độ nước biển, giá trị trung bình khoảng 1025 kg/m³; g - Gia tốc trọng trường, giá trị trung bình 9,8 m/s²; Z - Chiều cao cột nước biển, m.

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Nhận diện BSR trên tài liệu địa chấn

Trên mặt cắt địa chấn, mặt phản xạ mô phỏng đáy biển được nhận dạng dựa trên ba đặc điểm địa chấn điển hình (Hình 3). Trước hết, phía trên mặt phản xạ này xuất hiện vùng suy giảm biên độ rõ rệt, biểu hiện bằng các phản xạ địa chấn mờ, gián đoạn hoặc gần như bị triệt tiêu, phản ánh ảnh hưởng của khí hydrate đến quá trình truyền sóng đàn hồi trong trầm tích. Thứ hai, mặt BSR có xu hướng phát triển gần song song với địa hình đáy biển, không tuân theo cấu trúc địa tầng bên dưới, cho thấy ranh giới này chịu chi phối chủ yếu bởi điều kiện nhiệt độ và áp suất hơn là yếu tố thạch học. Cuối cùng, độ sâu của BSR có xu hướng gia tăng tương ứng với sự tăng của độ sâu nước biển, thể hiện mối quan hệ trực tiếp với áp suất thủy tĩnh - yếu tố quyết định phạm vi ổn định của khí hydrate trong môi trường biển sâu. Tổng hợp các đặc điểm này là cơ sở quan trọng để nhận dạng BSR và suy luận sự tồn tại của khí hydrate trong khu vực nghiên cứu.

4.2. Dự báo gradient địa nhiệt cho khu vực nghiên cứu

Các điểm khảo sát trên mặt cắt địa chấn tại khu vực lô 129-132, bể Nam Côn Sơn cho thấy độ sâu của mặt phản xạ BSR biến thiên trong khoảng từ 1.665 m đến 2.102,5 m (Bảng 1). Tương ứng với sự gia tăng độ sâu này, áp suất tại mặt BSR cũng tăng từ khoảng 16,72 MPa lên đến 21,12 MPa, phù hợp với quy luật gia tăng áp suất thủy tĩnh theo chiều sâu cột nước biển.

Bảng 1. Kết quả tính toán gradient địa nhiệt cho 7 mẫu lấy trên mặt cắt địa chấn.

TT	TWT-sf (ms)	TWT-BSR (ms)	Z-sf (m)	T-sf (°C)	D-BSR (ms)	D-BSR (m)	Z-BSR (m)	P-BSR (Mpa)	1/T	T(°K)	T(°C)	Gradient (°C/m)
1	1.660	2.080	1.245	4,1	420	420	1.665	16,7249	0,0034	293,7903	20,7903	0,0397
2	1.800	2.190	1.350	3,8	390	390	1.740	17,4783	0,0034	294,2585	21,2585	0,0448
3	1.980	2.300	1.485	3,4	320	320	1.805	18,1312	0,0034	294,6493	21,6493	0,0570
4	2.000	2.390	1.500	3,3	390	390	1.890	18,9851	0,0034	295,1411	22,1411	0,0483
5	2.200	2.550	1.650	3,1	350	350	2.000	20,0900	0,0034	295,7480	22,7480	0,0561
6	2.300	2.600	1.725	2,9	300	300	2.025	20,3411	0,0034	295,8816	22,8816	0,0666
7	2.390	2.700	1.792,5	2,6	310	310	2.102,5	21,1196	0,0034	296,2863	23,2863	0,0667

Nhiệt độ tại mặt BSR được xác định trong khoảng từ 293,8°K đến 296,3°K (tương đương 20,8 - 23,3°C), cho thấy sự biến thiên nhiệt độ tương đối nhỏ trong phạm vi nghiên cứu. Đặc điểm này phản ánh điều kiện nhiệt ổn định của môi trường trầm tích biển sâu trong kỷ Đệ Tứ, nơi gradient địa nhiệt ít xảy ra biến đổi đột ngột theo chiều sâu.

Giá trị gradient địa nhiệt thu được dao động trong khoảng từ 0,0397 đến 0,0667°C/m (tương đương khoảng 39,7 - 66,7°C/km). Phần lớn các giá trị tập trung trong khoảng 0,045 - 0,056°C/m, thể hiện xu hướng tương đối ổn định của trường nhiệt trong khu vực nghiên cứu. Tuy nhiên, một số giá trị gradient cao bất thường (trên 0,060°C/m) xảy ra ở khu vực liên quan đến hoạt động kiến tạo mạnh, uốn nếp và nâng lên của địa tầng. Giá trị nhiệt độ cao đã phản ánh ảnh hưởng của các yếu tố địa chất cục bộ như hoạt động của các hệ thống đứt gãy sâu, dị thường dòng nhiệt. Thêm vào đó mật độ của khí hydrate trong trầm tích cũng có thể dẫn đến sai số trong quá trình xác định vận tốc và chuyển đổi độ sâu từ thời gian sang mét trên tài liệu địa chấn.

Gradient địa nhiệt của bể Nam Côn Sơn dao động trong khoảng 30 - 45°C/km (trung bình phổ biến ~ 35-40°C/km). Kết quả tính toán cho thấy sự gia tăng gradient tại những khu vực có hoạt động địa chất mạnh mẽ có thể liên quan đến pha nghịch đảo kiến tạo vào cuối Miocen giữa là giai đoạn nén ép hình thành một bất chỉnh hợp khu vực mang tính toàn bể, dẫn đến dòng nhiệt được mang đến từ manti làm trầm tích tại khu vực này có gradient địa nhiệt cao hơn thông chung.

5. Kết luận

Nghiên cứu đã xác định được sự tồn tại của mặt mô phỏng đáy biển BSR tại khu vực Đông Bắc bể Nam Côn Sơn, từ đó dự báo được gradient địa nhiệt cho khu vực này. Kết quả dự báo cho thấy khá phù hợp với những báo cáo trước đây về gradient địa nhiệt của bể, dao động từ 39-59°C/km. Tuy nhiên, ngưỡng nhiệt này cao hơn nhiệt độ trung bình của bể khoảng 10°C/km. Điều này có thể do tại khu vực nghiên cứu hoạt động địa chất xảy ra khá mạnh mẽ, liên quan đến giai đoạn nén ép cuối cùng trong Miocen giữa. Ngoài ra, sai số trong lựa chọn vận tốc truyền sóng trong đới khí hydrat ổn định cũng có thể là nguyên nhân dẫn đến giá trị địa nhiệt dự báo cao hơn.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin được cảm ơn Trường Đại học Mở - Địa chất đã hỗ trợ kinh phí cho nghiên cứu này và cũng xin được cảm ơn công ty Schlumberger đã hỗ trợ phần mềm Petrel cho quá trình minh giải tài liệu.

Tài liệu tham khảo

- Cuong, T. X., Hung, N. M., Son, N. H., and Minh, T. Q., (2016). Dấu hiệu và dự báo vùng có triển vọng khí hydrate ở Biển Đông Việt Nam. *Petrovietnam Journal*, vol. 7, pp. 23-32.
- Dau, N. T., Van Thang, P., Linh, P. M., and Hung, H. N., (2015). Quá trình sinh dầu khí của đá mẹ khu vực phụ đới trũng Đông Bắc và phụ đới trũng trung tâm bể Nam Côn Sơn. *Petrovietnam Journal*, vol. 2, pp. 14-22.
- Dickens, G. R., and Quinby-Hunt, M. S., (1994). Methane hydrate stability in seawater. *Geophysical Research Letters*, vol. 21, no. 19, pp. 2115-2118.
- Huong, P. T., Tung, N. T., and Hanh, B. T., (2016). Nghiên cứu ứng dụng địa chấn trong tìm kiếm khí hydrat khu vực Tư Chính - Vũng Mây. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, vol. 16, no. 1, pp. 21-31. doi: 10.15625/1859-3097/16/1/6782.
- Kvenvolden, K. A., and McMenamin, M. A., (1980). Hydrates of natural gas: A review of their geologic occurrence. *U.S. Geological Survey*.
- Lê Ngọc Ánh, (2020). Đặc điểm hình thành gas hydrate, dự báo gradient địa nhiệt khu vực Đông Bắc biển Quy Nhơn. *Hội nghị toàn quốc khoa học trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD)*.
- Nguyễn Giao, (2019). Chương 10: Bể trầm tích Nam Côn Sơn và Tài nguyên dầu khí. *Địa chất và Tài nguyên dầu khí Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- Nguyễn Hiệp, (2019). *Địa chất và Tài nguyên Dầu khí Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 527 trang.