

Dầu Khí



TẠP CHÍ CỦA TẬP ĐOÀN DẦU KHÍ QUỐC GIA VIỆT NAM - PETROVIETNAM

■ SỐ 5 - 2021

ISSN 2615-9902





TỔNG BIÊN TẬP

TS. Lê Xuân Huyền

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

TS. Lê Mạnh Hùng

TS. Phan Ngọc Trung

BAN BIÊN TẬP

TS. Trịnh Xuân Cường

TS. Nguyễn Anh Đức

ThS. Vũ Đào Minh

TS. Trần Thái Ninh

ThS. Dương Mạnh Sơn

ThS. Lê Ngọc Sơn

PGS.TS. Lê Văn Sỹ

KS. Lê Hồng Thái

ThS. Bùi Minh Tiến

ThS. Nguyễn Văn Tuấn

ThS. Phạm Xuân Trường

TS. Trần Quốc Việt

THƯ KÝ TÒA SOẠN

ThS. Lê Văn Khoa

ThS. Nguyễn Thị Việt Hà

THIẾT KẾ

Lê Hồng Văn

TỔ CHỨC THỰC HIỆN, XUẤT BẢN

Viện Dầu khí Việt Nam

TÒA SOẠN VÀ TRỊ SỰ

Tầng M2, Tòa nhà Viện Dầu khí Việt Nam - 167 Trung Kính, Yên Hòa, Cầu Giấy, Hà Nội

Tel: 024-37727108 | 0982288671 * Fax: 024-37727107 * Email: tcdk@pvn.vn

Ảnh bìa: Cụm mỏ Sư Tử hoàn thành vượt mức kế hoạch sản lượng tháng 5/2021. Ảnh: PVEP



47. Các phương pháp quản lý danh mục đầu tư vốn vào các doanh nghiệp khác và khuyến nghị áp dụng đối với Tập đoàn Dầu khí Việt Nam



TẬP ĐOÀN DẦU KHÍ VIỆT NAM

Số 18 Láng Hạ, P. Thành Công, Q. Ba Đình, Hà Nội

Điện thoại (84-24) 3825 2526 * Fax: (84-24) 3826 5942

Website: www.petrovietnam.com.vn

THƯ CHÚC MỪNG
NHÂN NGÀY KHOA HỌC CÔNG NGHỆ VIỆT NAM NĂM 2021

Thân mến gửi đội ngũ cán bộ nghiên cứu và quản lý KHCN
Tập đoàn Dầu khí Quốc gia Việt Nam!

Nhân kỷ niệm Ngày Khoa học và Công nghệ Việt Nam lần thứ 8 (18/5/2014 - 18/5/2021), thay mặt Lãnh đạo Tập đoàn Dầu khí Quốc gia Việt Nam, tôi xin gửi tới các tập thể, cá nhân, các thể hệ cán bộ nghiên cứu và quản lý Khoa học Công nghệ (KHCN), những người tham gia các hoạt động nghiên cứu KHCN trong toàn Tập đoàn lời chúc mừng nồng nhiệt và những tình cảm tốt đẹp nhất.

Năm 2021, Tập đoàn Dầu khí Quốc gia Việt Nam tiếp tục phải đối mặt với nhiều khó khăn thách thức. Một mặt duy trì, tăng cường công tác phòng chống dịch bệnh Covid-19 vẫn diễn biến hết sức phức tạp trên phạm vi toàn thế giới và đang cao điểm bùng phát tại khu vực; đồng thời phải nỗ lực tối đa đảm bảo ổn định sản xuất kinh doanh, duy trì tăng trưởng. Bằng việc triển khai quyết liệt, đồng bộ hệ thống giải pháp kỹ thuật, quản trị và quản lý từ Tập đoàn đến các đơn vị cơ sở, chúng ta đã từng bước vượt qua những khó khăn thách thức, hoàn thành xuất sắc các chỉ tiêu cơ bản trong Quý đầu của năm.

Tôi ghi nhận và đánh giá cao các hoạt động ứng dụng và đổi mới công nghệ đã được triển khai một cách kịp thời, phong trào phát huy sáng tạo và thúc đẩy sáng kiến được phát triển mạnh mẽ đã và đang góp phần quan trọng vào những kết quả đạt được trong SXKD của Tập đoàn trong thời gian vừa qua. Năm 2021 Tập đoàn bắt đầu triển khai thực hiện kế hoạch nghiên cứu khoa học dài hạn giai đoạn 2021 - 2025 với những chương trình KHCN trọng điểm, mang tính đột phá. Đây sẽ là cơ sở nền tảng để phát triển sản phẩm, dịch vụ chủ lực, mang thương hiệu dầu khí Việt Nam có sức cạnh tranh trên thị trường trong nước và quốc tế.

Trong bối cảnh hiện nay, các đơn vị cần tập trung nguồn lực thực hiện kế hoạch KHCN có trọng tâm, trọng điểm. Tôi mong muốn đội ngũ cán bộ nghiên cứu và quản lý KHCN trong toàn Tập đoàn nỗ lực hơn nữa, không ngừng đổi mới sáng tạo, kịp thời nắm bắt, tích cực ứng dụng các thành tựu của cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 vào hoạt động SXKD của Tập đoàn cũng như các đơn vị, phát huy cao hơn nữa vai trò KHCN, tạo ra những giải pháp đột phá góp phần vào sự phát triển ổn định và bền vững của Tập đoàn Dầu khí Quốc gia Việt Nam.

Một lần nữa, tôi xin gửi đến toàn thể các đồng chí lời chúc mừng nhân dịp kỷ niệm Ngày Khoa học và Công nghệ Việt Nam lần thứ 8. Chúc các đồng chí sức khỏe, hạnh phúc và thành công!

Chào thân ái!

Hoàng Quốc Vượng
Bí thư Đảng ủy, Chủ tịch Hội đồng Thành viên
Tập đoàn Dầu khí Quốc gia Việt Nam

KẾT QUẢ KHẢO SÁT ĐỊA CHẤN KHU VỰC NGOÀI KHƠI PHÍA BẮC VỊNH BẮC BỘ

**Nguyễn Thu Huyền, Nguyễn Trung Hiếu, Nguyễn Danh Lam, Hoàng Thị Thanh Hà
Nguyễn Anh Tuấn, Trần Ngọc Minh, Nguyễn Hoàng Sơn, Vũ Quang Huy**

Viện Dầu khí Việt Nam

Email: huyennt@vpi.pvn.vn

<https://doi.org/10.47800/PVJ.2021.05-01>

Tóm tắt

Trên khu vực Bắc vịnh Bắc Bộ đã thu nổ được khoảng 25.000 km tuyến 2D và 6.500 km² địa chấn 3D, các tài liệu này đã góp phần chính xác hóa cấu trúc và đặc điểm địa chất, đánh giá tiềm năng dầu khí đối tượng trầm tích Miocene - Oligocene và các đối tượng móng carbonate chôn vùi, hang hốc, nứt nẻ trên khu vực đối nghịch đảo trong khu vực các lô 102, 104, 106. Ngoài ra, các tài liệu địa chấn còn cho phép xác định các đối tượng bể phi cấu tạo, bể địa tầng trên một số khu vực có tiềm năng lân cận cấu tạo đã khoan như Hàm Rồng, Kỳ Lân cũng như khu vực khác của các lô 103 & 107, lô 101 & 100/04.

Do các khảo sát địa chấn 2D/3D trước đây còn có nhiều hạn chế do vậy cần tiếp tục triển khai thu nổ mới trên diện tích rộng và áp dụng công nghệ mới nhằm nâng cao hiệu quả công tác tìm kiếm thăm dò dầu khí nói riêng cũng như nghiên cứu địa chất nói chung.

Từ khóa: Khảo sát địa chấn, thu nổ, xử lý, minh giải, độ phân giải, thuộc tính địa chấn, vịnh Bắc Bộ.

1. Giới thiệu

Khu vực Bắc vịnh Bắc Bộ nằm trong khoảng 106°10' - 108°30' kinh độ Đông, 18°20' - 21°30' vĩ độ Bắc (Hình 1) gồm các lô dầu khí 101-100/04, 102/10-106/10, 103-107/04, 104 và 108 thuộc bể trầm tích Sông Hồng. Công tác khảo sát địa chấn trên khu vực vịnh Bắc Bộ được bắt đầu từ năm 1981 và đến nay khoảng 25.000 km tuyến 2D và 6.500 km² 3D đã được thu nổ (Hình 2). Sự tiến bộ của công nghệ thu nổ, xử lý và minh giải tài liệu địa chấn theo thời gian đã góp phần chính xác hóa cấu trúc địa chất và đánh giá được tiềm năng dầu khí của khu vực Bắc vịnh Bắc Bộ.

2. Kết quả khảo sát địa chấn khu vực phía Bắc vịnh Bắc Bộ từ 1981 đến nay

2.1. Giai đoạn trước năm 1989

Thực hiện chương trình hợp tác toàn diện với Liên Xô (cũ) thông qua Liên doanh Việt - Nga "Vietsovpetro", trong 3 năm 1981 - 1983, tàu địa chấn Poisk và Iskatel đã tiến hành khảo sát địa chấn ở Bắc Biển Đông, trong đó có khoảng 2.000 km tuyến địa chấn qua các lô phía Bắc vịnh Bắc Bộ.

Kết quả khảo sát địa chấn đã cho phép đánh giá đặc điểm cấu trúc và thành lập các bản đồ cấu tạo cũng như phân định các tập địa chấn cho phép đánh giá biến đổi môi trường trầm tích và dự báo hệ thống dầu khí khu vực nghiên cứu. Cụ thể:

- Xác định mối liên hệ giữa các yếu tố cấu trúc phần đất liền với phần ngoài khơi; sơ bộ xác định được bể dày trầm tích Cenozoic (trên 10 km ở vùng trung trung tâm); phân được 3 phức hệ địa chấn a, b và c và liên kết địa tầng với các khu vực trên thềm lục địa Việt Nam; đánh giá tổng thể bức tranh tiềm năng dầu khí khu vực [1];

- Xác định rõ hơn vị trí hệ thống đứt gãy tạo bể Sông Chảy - Sông Lô. Việc này có ý nghĩa hết sức quan trọng trong đánh giá tiến hóa cấu trúc và tiềm năng dầu khí của khu vực vịnh Bắc Bộ [1].

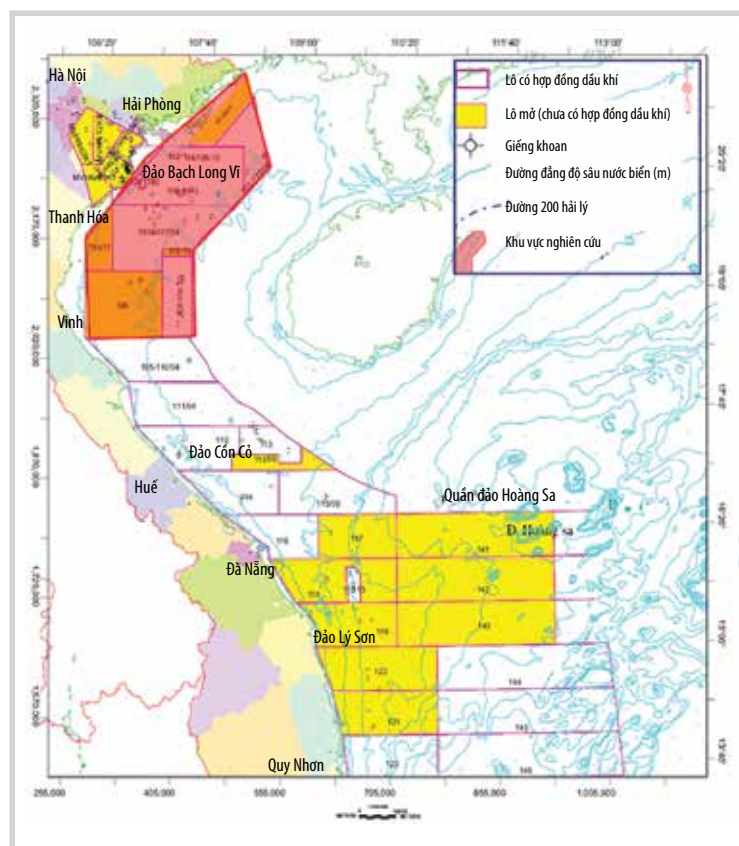
2.2. Giai đoạn 1989 - 2000

Luật Đầu tư nước ngoài và Luật Dầu khí được ban hành đã thúc đẩy các công ty dầu khí nước ngoài như Total (Lô 103&106), Idemitsu (Lô 102/91), OMV (Lô 104)... ký hàng loạt hợp đồng PSC. Các nhà thầu này đã khảo sát được khoảng 12.000 km tuyến địa chấn 2D trên các lô hợp đồng. Tài liệu địa chấn đã cho thấy:

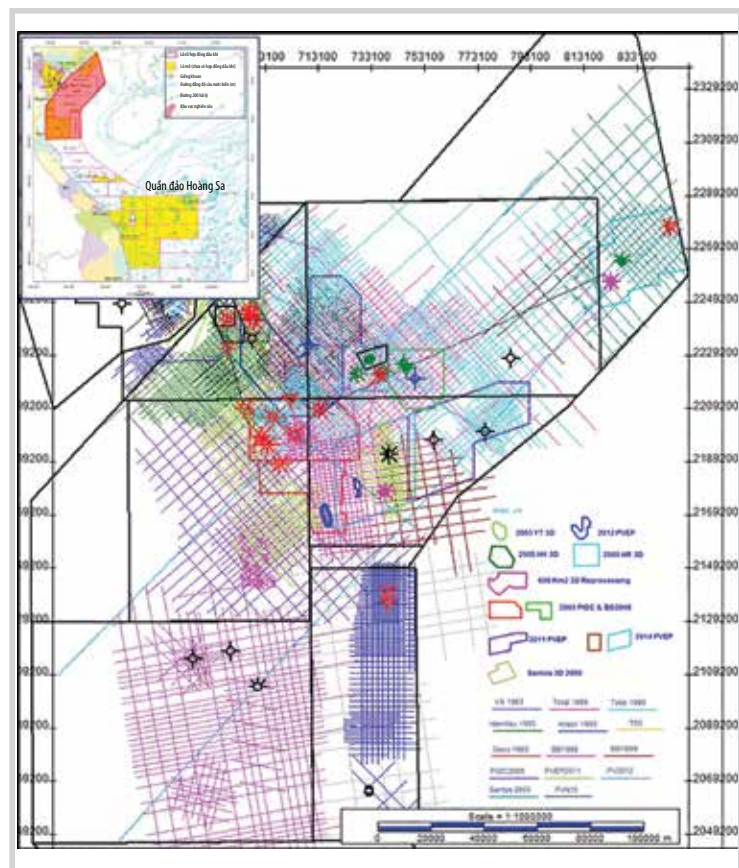


Ngày nhận bài: 25/11/2020. Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 25/11/2020 - 28/5/2021.

Ngày bài báo được duyệt đăng: 28/5/2021.



Hình 1. Vị trí địa lý khu vực nghiên cứu.



Hình 2. Các khảo sát địa chấn trên khu vực Bắc bể Sông Hồng.

- Các đứt gãy chủ đạo khổng chế bể Sông Hồng có dạng vận xoáy (wrench fault);

- Kết quả minh giải tài liệu đã làm rõ hơn mặt móng và đặc biệt đã dự báo loại đá móng carbonate ở 2 cấu tạo Yên Tử và Chí Linh Lô 106 [1];

Tài liệu địa chấn cho phép dự báo phân bố môi trường trầm tích đầm hồ trong lát cắt Oligocene, dự báo này có ý nghĩa lớn trong đánh giá tiềm năng sinh dầu. Phân tích tổng hợp tài liệu địa chấn và địa chất qua hợp tác giữa Viện Dầu khí Việt Nam (VPI) với Cục Địa chất Đan Mạch và Greenland (GEUS) giai đoạn 1996 - 1999 [2] cho thấy có ít nhất 2 tầng đá mẹ: (1) đá sét bột kết nguồn gốc đầm hồ tuổi Oligocene tìm thấy trong các giếng khoan và trên đất liền có thể là đá mẹ sinh dầu cho cả phía Bắc và phía Nam của đứt gãy Vĩnh Ninh/Sông Lô; (2) các tầng than Miocene (ở vùng trung Hà Nội và địa hào ngoài khơi giữa các đới đứt gãy Sông Chảy và Vĩnh Ninh/Sông Lô).

Tuy vậy, tài liệu địa chấn giai đoạn này vẫn có những mặt hạn chế sau:

- Độ phân giải và chất lượng của tài liệu địa chấn chưa làm sáng tỏ được ranh giới các thành tạo từ Miocene dưới đến móng trước Đệ Tam khu vực địa hào Kiến An - Thủy Nguyên, trung Hạ Mai và trung phía Đông Lô 107, đặc biệt chưa quan sát rõ và chưa minh giải chi tiết được các phản xạ từ móng hoặc từ Oligocene ở các khu vực thuộc đới nghịch đảo Bạch Long Vĩ cũng như nhiều khu vực khác mặc dù thu nổ, xử lý tài liệu địa chấn 2D đã áp dụng quy trình công nghệ số và các chương trình xử lý khá hiện đại tại thời điểm đó;

- Chưa khắc phục được ảnh hưởng hấp thụ sóng của đối tượng carbonate khu vực Lô 104;

- Việc xử lý và minh giải tài liệu địa chấn rất khó khăn do sự khác biệt tham số thu nổ giữa các khảo sát có điều kiện địa chất gần giống nhau;

- Các thuộc tính địa chấn đặc biệt còn rất hạn chế trong minh giải, phân tích dự báo thạch học.

2.3. Giai đoạn 2001 - 2010

Giai đoạn này thu nổ được 5.000 km địa chấn 2D và khoảng 3.000 km² địa chấn 3D tập trung vào các khu vực lò có cấu tạo triển vọng như Hạ Mai, Hàm Rồng, Yên Tử, Hồng Long, Hoàng Long,

Địa Long, Hắc Long, Quả Mít Vàng. Trong giai đoạn này đã áp dụng nhiều công nghệ tiên tiến cụ thể như sau:

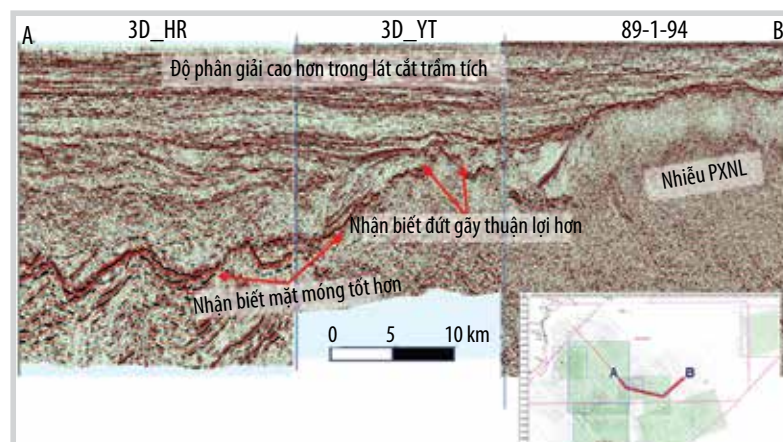
- Thu nổ địa chấn với cáp dài (chủ yếu trên 6.000 m, giai đoạn trước chủ yếu cáp < 6.000 m) với số lượng máy thu lớn đã làm tăng khoảng cách điểm nổ - máy thu, tăng chiều sâu đo ghi và chất lượng tín hiệu nên giảm đáng kể các loại sóng nhiễu, sóng phản xạ một lần nên chất lượng tài liệu tốt hơn. Đồng thời làm rõ các ranh giới phản xạ có góc nghiêng lớn (các mặt đứt gãy, các sườn dốc...) cũng như hình thái cấu trúc mặt móng và cấu trúc trong móng ở nhiều khu vực, đặc biệt là tại khu vực Hàm Rồng và Yên Tử với phát hiện dầu trong móng đá vôi nứt nẻ và karst hóa.

- Công nghệ thu nổ địa chấn 3D với 6 - 8 cáp địa chấn ghi số cũng được sử dụng đã làm giảm đáng kể thời gian thu nổ, tiết kiệm được chi phí đồng thời tài liệu có chất lượng tốt hơn (Hình 2).

Kết quả minh giải tài liệu địa chấn 2D/3D cũ và mới đã giúp chính xác hóa cấu trúc địa chất và ranh giới bể trầm tích Đệ Tam. Cụ thể ranh giới phía Tây và Tây Bắc bể (theo bản đồ cấu tạo bề mặt móng trước Cenozoic) và ranh giới phía Đông và Đông Bắc (thềm Hạ Long (Quảng Ninh)). Các tài liệu địa chấn mới thu nổ giúp khẳng định khu vực Bạch Long Vĩ là đơn vị cấu trúc bậc I của bể Sông Hồng [3] và làm sáng tỏ phân bố và lịch sử phát triển của các hệ thống đứt gãy Sông Lô cũng như chính xác hóa đối nghịch đảo Miocene Tây Bắc bể Sông Hồng... [3]. Kết quả này có ý nghĩa hết sức quan trọng trong việc đánh giá tiến hóa cấu trúc và triển vọng dầu khí của khu vực.

Trong giai đoạn này tài liệu địa chấn cũng cho phép xây dựng các bản đồ chi tiết làm cơ sở đánh giá hệ thống dầu khí, tính toán tiềm năng làm cơ sở đặt các giếng khoan thăm dò dầu khí [3]. Với chất lượng tài liệu tốt việc xử lý và minh giải thuộc tính địa chấn đã góp phần trong việc phát hiện các thân chứa khí và condensate trong lát cắt Miocene giữa cấu tạo Hồng Long (2000), Bạch Long (2006), Hoàng Long (2009), Hắc Long (2009) và Địa Long (2010).

Các tài liệu địa chấn 3D kết hợp với tài liệu giếng khoan cũng cho phép minh giải địa tầng phân tập, xác định các miền hệ thống trầm tích



Hình 3. Mặt cắt địa chấn qua các thời kỳ, chất lượng tài liệu được cải thiện nhờ tiến bộ của công nghệ thu nổ và xử lý.

và dự báo môi trường trầm tích, từ đó đánh giá được tiềm năng sinh, chứa, chắn dầu khí với độ tin cậy. Các kết quả được khẳng định sau khi khoan các giếng khoan trên cấu tạo Yên Tử (2003), Hàm Rồng (2006).

Công tác khảo sát địa chấn giai đoạn này còn tồn tại như sau:

- Khảo sát địa chấn 3D do nhiều nhà thầu dầu khí thực hiện với diện tích, tiêu chí, thông số thu nổ và đối tượng khác nhau tạo nên các cube tài liệu rời rạc, gây khó khăn trong liên kết cấu trúc địa chất cũng như đánh giá tiềm năng dầu khí;

- Do lát cắt địa chất phức tạp nên nhiều khu vực độ phân giải tài liệu còn hạn chế, đặc biệt là phần lát cắt dưới sâu (khu vực địa hào Kiến An, Thủy Nguyên), khu vực thuộc đối nghịch đảo gây khó khăn cho công tác minh giải;

- Còn thiếu các khảo sát địa chấn khu vực phục vụ nghiên cứu điều tra cơ bản và liên kết khu vực ngoài khơi Bắc bể Sông Hồng với khu vực đất liền và các bể lân cận.

2.4. Giai đoạn từ năm 2011 đến nay

Giai đoạn từ 2011 đến nay, khối lượng thu nổ địa chấn 3D đạt gần 2.500 km², giảm so với giai đoạn 2000 - 2010 nhưng trong giai đoạn này chương trình nghiên cứu điều tra cơ bản các bể trầm tích [4 - 6] đã thu nổ thêm 2.500 km tuyến 2D (khảo sát khu vực PVN-12 và PVN-15) nhằm liên kết khu vực vịnh Bắc Bộ với toàn bể Sông Hồng và các bể lân cận. Công nghệ thu nổ và xử lý trong giai đoạn này có thể tóm lược như sau:

- Chiều sâu ghi sóng địa chấn 2D (PVN-12, PVN-15) đạt tới 12 giây (trước đây thường áp dụng 6 - 8 giây) và chiều dài cáp đạt tới 8.100 m cho phép tăng cường khả năng ghi sóng với thời gian ghi dài hơn;

- Cáp cứng đã thay thế cáp mềm cho phép giảm nhiễu trên mặt và nhiễu ngẫu nhiên, nâng cao độ ổn định trong quá trình thu nổ. Công nghệ thu nổ và xử lý địa chấn bằng thông rộng đã được áp dụng thử nghiệm trong dự án khảo sát PVN-15 [6] đã nâng cao độ phân giải và chiều sâu nghiên cứu của tài

liệu địa chấn, góp phần chính xác hóa các hệ thống đứt gãy cả bên trong móng cũng như xây dựng các bản đồ cấu trúc mặt móng, ranh giới U600, U500, U400 và U300;

- Hệ thống trạm máy tính trên tàu có năng lực xử lý lớn, tài liệu địa chấn được xử lý nhanh tại chỗ, giúp phát hiện và xử lý kịp thời giảm thiểu các vấn đề phát sinh nên công tác giám sát chất lượng hiệu quả và thời gian thu nổ được rút ngắn;

- Ngoài các phương pháp xử lý truyền thống (PSDM, CBM, HF-CBM, APSDM, TRI...), các phương pháp xử lý lọc nhiễu hiệu quả trước khi lọc tiên đoán trong miền TAU-P như Deghost, SRMA, SRME đã được áp dụng phổ biến để loại trừ nhiễu sóng mặt và nhiễu phản xạ nhiễu lần.

Kết quả công tác khảo sát địa chấn giai đoạn này không chỉ góp phần quan trọng trong nghiên cứu điều tra cơ bản và liên kết khu vực mà còn giúp chính xác hóa cấu trúc địa chất, đánh giá tiềm năng dầu khí:

- Việc phối hợp minh giải địa chấn truyền thống với phân tích địa tầng phân tập và địa chấn thạch học cũng như áp dụng rộng rãi phân tích thuộc tính địa chấn đã cho phép xác định các đối tượng địa chất khá hiệu quả như hệ thống đứt gãy có biên độ nhỏ (trong khu vực trũng Hạ Mai, Hàm Rồng, TPA), các bẫy địa tầng kết hợp cấu trúc khu vực Kỳ Lân... cung cấp thông tin bổ sung như xác định đặc tính lưu thể trong các vỉa chứa, dự báo dị thường áp suất... góp phần làm giảm rủi ro trong tìm kiếm thăm dò.

- Các nghiên cứu thuộc tính địa chấn liên quan đến các thay đổi về trường sóng, biên độ, tần số... cùng các

minh giải thông thường đã cho phép dự báo thành phần thạch học của lát cắt, khả năng tồn tại và tính chất của đá chứa và các vấn đề địa chất khác (Hình 3).

Tuy nhiên, công tác khảo sát địa chấn tại khu vực đến nay vẫn còn hạn chế như sau:

- Các khảo sát địa chấn 3D vẫn được thực hiện rời rạc trên từng khu vực nhỏ với thông số khác nhau theo tiêu chí của từng nhà thầu;

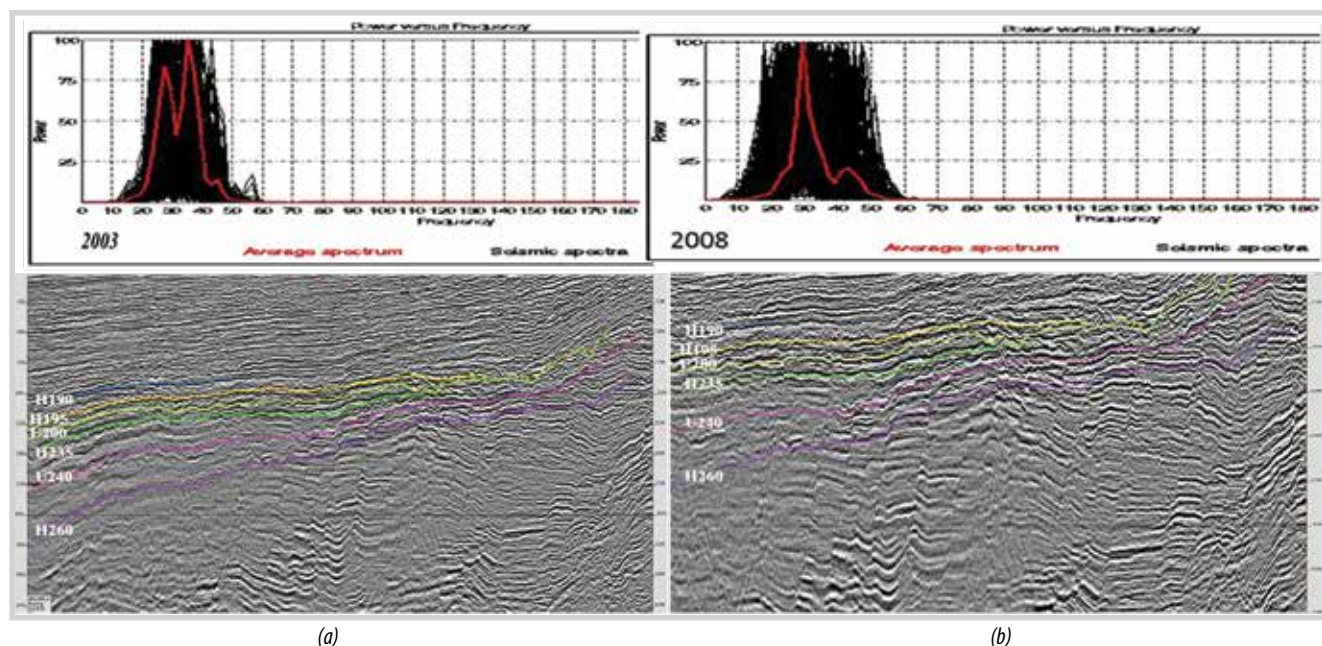
- Liên kết địa chấn giữa trũng Hạ Mai và các khu vực lân cận các lô thuộc vịnh Bắc Bộ với toàn bể Sông Hồng vẫn chưa thể thực hiện do tài liệu địa chấn còn thưa, chất lượng tài liệu xấu và thiếu các thông tin khu vực lân cận [5 - 7];

- Do hạn chế về độ phân giải và chất lượng của tài liệu địa chấn trong phần lát cắt sâu nên các phân tích thuộc tính địa chấn đối tượng sâu không hiệu quả;

- Các tài liệu địa chấn 3D tuy đã được xử lý lại nhiều lần nhưng việc phân tích thuộc tính địa chấn đặc biệt để nhận dạng và phân biệt móng carbonate với trầm tích biến chất cũng như đánh giá chất lượng đá chứa vẫn rất khó khăn (như trường hợp giếng Cát Bà, Quả Mít Vàng năm 2011).

3. Đề xuất công tác thăm dò địa chấn tiếp theo

Khu vực Bắc vịnh Bắc Bộ đã phát hiện dầu và khí (Hàm Rồng, Bạch Long, Hắc Long, Địa Long, Cát Bà, Hàm Rồng Nam, Hàm Rồng Đông, Kỳ Lân...) trong các đối tượng móng carbonate và đá cát kết tuổi từ Oligocene - Miocene muộn. Tuy nhiên, các phát hiện có kích thước nhỏ,



chất lượng đá chứa trung bình - kém, phần lát cắt trầm tích vữa chứa mỏng, xen kẹp, độ rỗng - thấm thấp, còn đá chứa móng carbonate hang hốc, nứt nẻ có sự phân bố phức tạp, khó dự đoán. Do đó, để dự báo sự phân bố và chất lượng đá chứa phải tài liệu địa chấn chất lượng cao. Để làm được điều này thời gian tới cần triển khai các nhiệm vụ sau:

- Xử lý lại tài liệu địa chấn có chất lượng kém, nghiên cứu đồng bộ và ghép nối cho phép đánh giá tổng thể cấu trúc và hệ thống dầu khí toàn khu vực;

- Xem xét triển khai thu nổ địa chấn 3D trên diện tích rộng với công nghệ tiên tiến, nâng cao chất lượng tài liệu để có thể làm rõ các đối tượng đã có, tìm kiếm các đối tượng mới trên khu vực triển vọng như phía Đông cấu tạo Kỳ Lân, ven rìa trũng TPA... xem xét tìm kiếm các bể địa tầng tuổi Oligocene và Miocene ở các khu vực đối nghịch đảo Miocene Lô 103-107 và các đối tượng móng carbonate hang hốc, nứt nẻ trong khu vực Lô 104.

4. Kết luận và kiến nghị

Công tác khảo sát địa chấn khu vực vịnh Bắc Bộ đã trải qua 4 giai đoạn trong hơn 40 năm phát triển với khối lượng 25.000 km địa chấn 2D và 6.500 km² địa chấn 3D.

Việc áp dụng các công nghệ thu nổ và xử lý địa chấn tiên tiến, đặc biệt là công nghệ băng thông rộng, đã cải thiện độ sâu nghiên cứu, độ phân giải tài liệu địa chấn, góp phần nâng cao chất lượng công tác minh giải cấu trúc địa chất, đặc điểm địa chất và xác định hệ thống dầu khí trong khu vực.

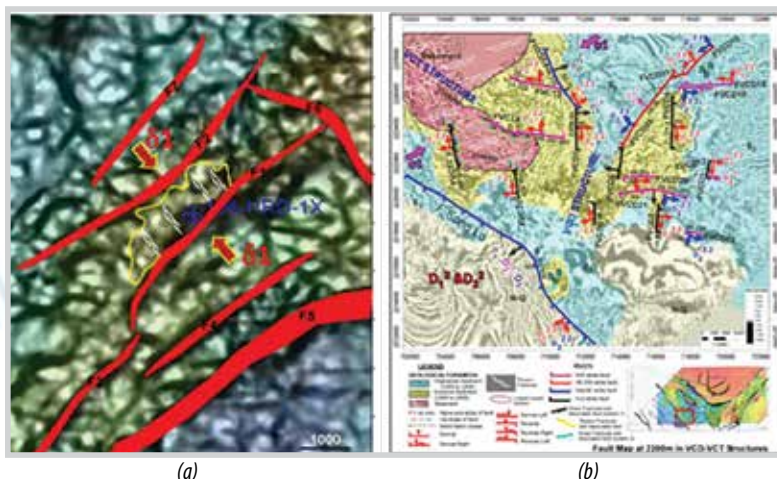
Kết quả minh giải địa chấn đã góp phần quan trọng trong việc:

- + Chính xác hóa vị trí cặp đứt gãy tạo bể Sông Chảy - Sông Lô, các hệ thống đứt gãy trong và phát triển lên trên mặt móng ở nhiều khu vực, khoanh định được các đới nghịch đảo Miocene và làm rõ được hình thái cấu trúc mặt móng, ranh giới U600, U500, U400 và U300;

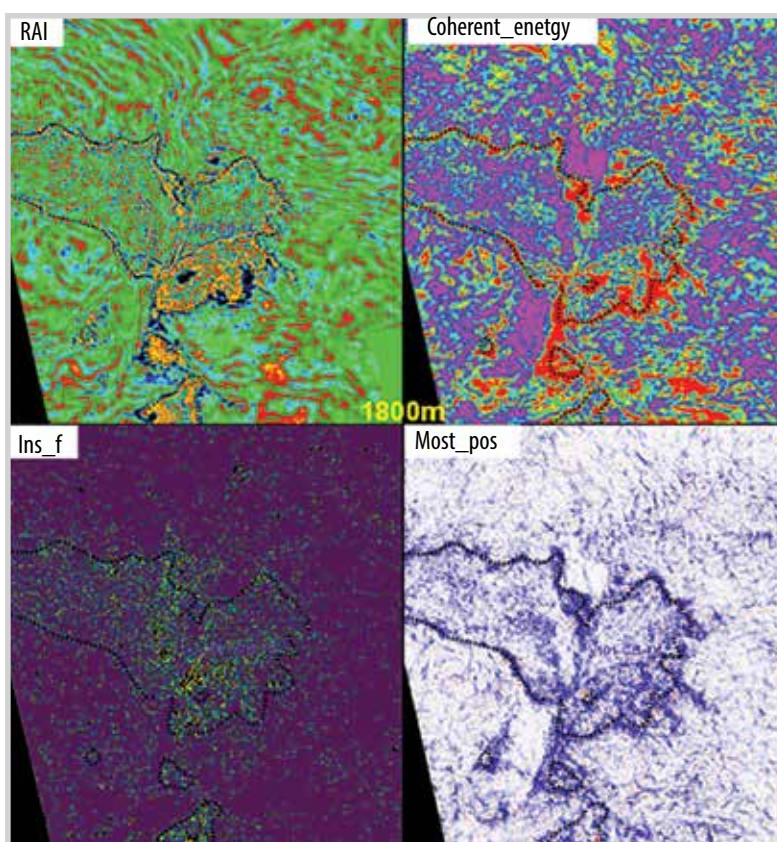
- + Phân chia các tập trầm tích, xác định sự biến đổi môi trường trầm tích, đặc biệt dự

báo sự phát triển của đầm hồ trong lát cắt Oligocene - Miocene khu vực Đông Bắc, trũng Trung tâm;

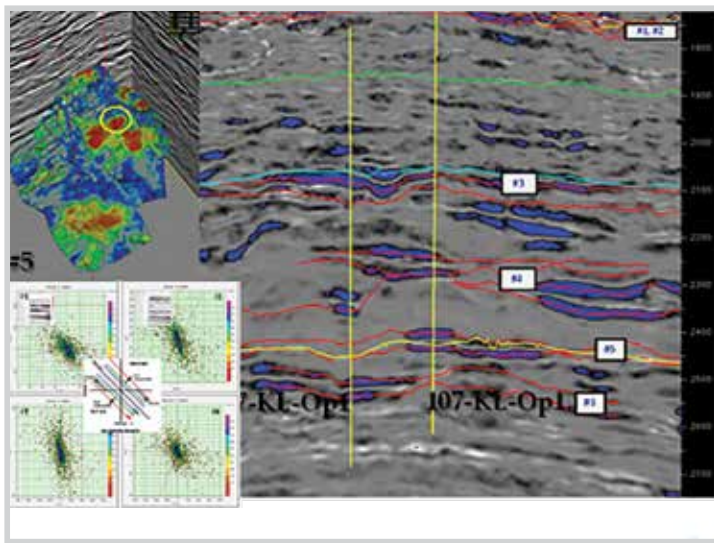
- + Cung cấp thông tin bổ sung đánh giá khả năng tồn tại và tính chất của đá chứa và các vấn đề địa chất khác như: dự báo phân bố và môi trường trầm tích; dự báo thành phần thạch học, đặc điểm tính chất thấm chứa; dự báo tầng chứa tiềm năng thông qua việc khai thác tính năng các thuộc tính địa chấn, từ đó đề xuất vị trí giếng khoan góp phần giảm thiểu rủi ro trong tìm kiếm thăm dò khu vực phía Bắc bể Sông Hồng.



Hình 5. Kết quả phân tích thuộc tính địa chấn (a) kết hợp với minh giải về trường ứng suất (b) được sử dụng để dự đoán đứt gãy và nứt nẻ trong móng khu vực Hàm Rồng.



Hình 6. Mặt cắt thuộc tính địa chấn RAI, Coherent energy, Instantaneous frequency và Amplitude curvature tại độ sâu 1.800 m khu vực cấu tạo Cát Bà, Lô 101-100/04 (phản xạ có biên độ mạnh được dự báo là đá carbonate).



Hình 7. Kết quả của nghiên cứu AVO khu vực Kỳ Lân: đánh giá khả năng phát hiện các vỉa cát chứa khí dựa trên biểu hiện AVO để đề xuất vị trí giếng khoan KL-1X.

Trong thời gian tới, cần có các nghiên cứu ghép nối, xử lý lại cũng như lựa chọn diện tích thu nổ địa chấn 3D theo công nghệ mới để có thể nghiên cứu đánh giá tổng thể tiềm năng dầu khí toàn khu vực, tìm kiếm các đối tượng mới cho công tác tìm kiếm thăm dò.

Tài liệu tham khảo

[1] Viện Dầu khí Việt Nam, "Tổng kết công tác tìm kiếm thăm dò dầu khí tại Việt Nam đến năm 2000", 2002.

[2] Vietnam Petroleum Institute and GEUS, "Petroleum systems in the northern part of the Song Hong basin, Gulf of Tonkin - Vietnam", 1996 - 1999.

[3] Viện Dầu khí Việt Nam, "Tổng kết công tác tìm kiếm thăm dò dầu khí giai đoạn 2000 - 2010", 2013.

[4] Viện Dầu khí Việt Nam, "Minh giải tài liệu địa chấn 2D dự án điều tra cơ bản khảo sát địa chấn 2D liên kết các bể trầm tích trên thềm lục địa Việt Nam (Dự án PVN-12)", 2016.

[5] Viện Dầu khí Việt Nam, "Tổng kết công tác tìm kiếm thăm dò trong nước giai đoạn 2011 - 2015", 2017.

[6] Viện Dầu khí Việt Nam, "Minh giải tài liệu địa chấn 2D - Dự án điều tra cơ bản khảo sát địa chấn 2D liên kết các bể trầm tích trên thềm lục địa Việt Nam (dự án PVN-15)", 2019.

[7] Viện Dầu khí Việt Nam và GEUS, "Định hướng công tác tìm kiếm thăm dò khu vực phía Bắc bể Sông Hồng trên cơ sở nghiên cứu tổng hợp các tài liệu cập nhật", 2019.

[8] Viện Dầu khí Việt Nam, "Đánh giá tiềm năng dầu khí trên vùng biển và thềm lục địa Việt Nam", 2014.

RESULTS OF SEISMIC SURVEYS OFFSHORE THE NORTHERN PART OF BAC BO GULF

**Nguyen Thu Huyen, Nguyen Trung Hieu, Nguyen Danh Lam, Hoang Thi Thanh Ha
Nguyen Anh Tuan, Tran Ngoc Minh, Nguyen Hoang Son, Vu Quang Huy**

Vietnam Petroleum Institute

Email: huyennt@vpi.pvn.vn

Summary

About 25,000 km of 2D and 6,500 km² of 3D seismic data have been acquired on the northern part of Bac Bo Gulf. The results of seismic activities help to accurately identify the geological structure and characteristics of the Miocene reservoir and the buried carbonate basement, cavities and fractures which distribute in the inverse zone of blocks 102, 104, and 106, and assess their oil and gas potential. In addition, these seismic data allow the identification of non-structural and stratigraphic traps in the areas considered to be rich in potential, such as the neighbouring areas of Ham Rong and Ky Lan structures as well as other areas of blocks 103&107, and 101 & 100/4.

Because of the limitation of the legacy 2D/3D seismic data, it is necessary to continue to deploy new seismic acquisition on a larger area and apply new technologies to improve the efficiency of oil and gas exploration activities in particular and geological studies in general.

Key words: Seismic survey, acquisition, processing, interpretation, seismic resolution, seismic attributes, Bac Bo Gulf.

ĐẶC ĐIỂM ĐỊA MẠO THỜI KỲ PLIOCENE KHU VỰC TÂY NAM TRƯNG SÂU BIỂN ĐÔNG

Đặng Văn Bát¹, Tống Duy Cường², Ngô Thị Kim Chi³

¹Tổng hội Địa chất Việt Nam

²Viện Dầu khí Việt Nam

³Đại học Mỏ - Địa chất

Email: ngothikimchi@humg.edu.vn

<https://doi.org/10.47800/PVJ.2021.05-02>

Tóm tắt

Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu đặc điểm địa mạo thời kỳ Pliocene khu vực Tây Nam trung sâu Biển Đông thông qua việc lập bản đồ địa mạo tỷ lệ 1:250.000 theo nguyên tắc các bề mặt đồng nguồn gốc. Nghiên cứu cho thấy địa hình khu vực này trong các giai đoạn Pliocene sớm, Pliocene giữa và Pliocene muộn phản ánh rõ cấu trúc của vỏ trái đất bao gồm thêm lục địa, sườn lục địa, đáy biển sâu và đới tách giãn. Các đơn vị địa mạo trong các thời kỳ Pliocene có số lượng khác nhau bao gồm các đơn vị chính là địa hình lục địa cổ còn sót lại và địa hình đáy biển. Trong địa hình đáy biển gồm các bề mặt nằm ngang, bề mặt đồng bằng và bề mặt sườn dốc. Các đơn vị địa mạo trong thời kỳ Pliocene muộn đều mang tính kế thừa của các giai đoạn Pliocene sớm, Pliocene giữa. Tính kế thừa thể hiện rõ nhất ở các núi ngầm đỉnh phẳng, các núi địa lũy tồn tại suốt trong Pliocene. Vào thời kỳ Pliocene sớm và giữa, khối lục địa cổ còn chiếm vị trí nhất định ở góc Tây Bắc khu vực nghiên cứu. Sang đến Pliocene muộn, khối lục địa cổ lớn không còn tồn tại, khu vực bị chế ngự bởi chế độ biển. Như vậy, Pliocene sớm và giữa là thời kỳ biển bắt đầu xâm nhập vào thềm lục địa Việt Nam. Thời kỳ Pliocene muộn, khu vực nghiên cứu bị ngập sâu dưới đáy biển.

Từ khóa: Địa mạo, Pliocene, Tây Nam trung sâu Biển Đông.

1. Giới thiệu

Các thành tạo địa chất Pliocene - Đệ Tứ phân bố rộng rãi ở thềm lục địa Việt Nam cũng như ở các khu vực trung sâu Biển Đông, trong đó có vùng biển Tây Nam và được gộp chung vào 1 phân vị địa tầng của hệ tầng Biển Đông [1] và không được phân chia chi tiết.

Việc nghiên cứu địa mạo ở khu vực Tây Nam trung sâu Biển Đông trong thời gian qua đã cho thấy bức tranh tổng thể về địa hình khu vực [2, 3], song việc nghiên cứu cổ địa mạo trong các giai đoạn Cenozoic còn rất khiêm tốn.

Gần đây, với mục đích nghiên cứu các tiền đề và dấu hiệu tìm kiếm khoáng sản rắn, việc phân chia chi tiết các phân vị địa tầng trong Pliocene và nghiên cứu đặc điểm cổ địa mạo trong các giai đoạn đó trở nên cấp thiết.

Nhóm tác giả đã dựa trên cơ sở tài liệu của đợt khảo sát thực địa bằng tàu khảo sát dầu khí 105 trong năm 2019. Đây là chuyến khảo sát đầu tiên của Việt Nam để thu thập các tài liệu địa chất, địa vật lý ở vùng trung nước sâu Tây Nam Biển Đông. Trên cơ sở các tài liệu địa chất nông phân giải cao đo được, kết hợp với các tài liệu địa vật lý khác, Viện Dầu khí Việt Nam lần đầu tiên đã xây dựng được các bề mặt bất chỉnh hợp Pliocene dưới, giữa và trên. Những bề mặt bất chỉnh hợp này là cơ sở địa hình quan trọng để nhóm tác giả xây dựng bản đồ cổ địa mạo. Có thể nói, đây là công trình đầu tiên nghiên cứu về đặc điểm cổ địa mạo Pliocene khu vực, phục vụ cho việc định hướng tìm kiếm các khoáng sản rắn sắt, mangan...

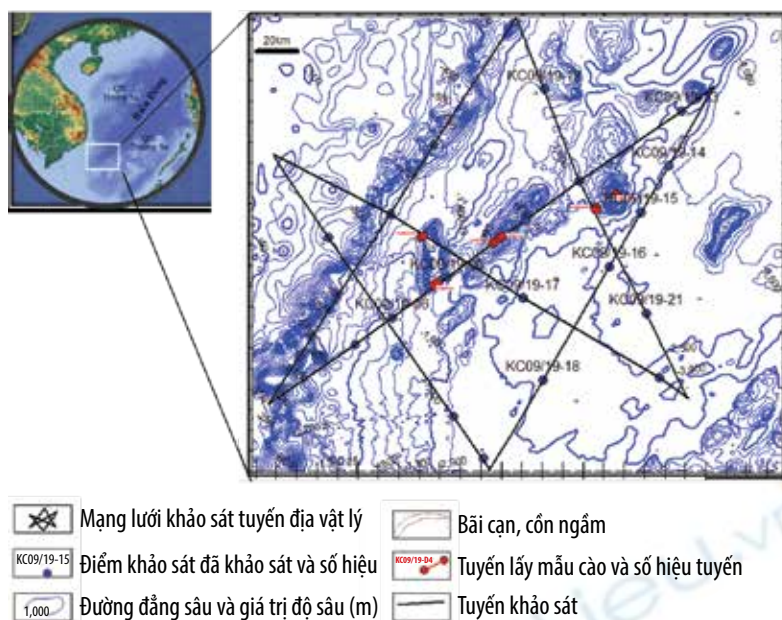
2. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp khảo sát thực địa: Công tác khảo sát thực địa được nhóm tác giả thực hiện với mục đích thu thập các tài liệu thực tế về địa chất, địa mạo. Nhóm tác giả đã tiến hành đo địa chấn nông đa kênh thu nổ cắt qua khu vực nghiên cứu 6 tuyến, ~ 2.000 km và thu thập mẫu (Hình 1).

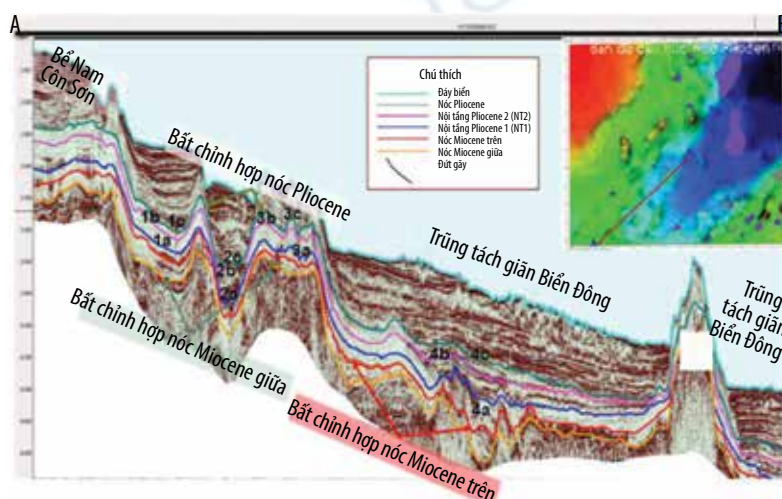


Ngày nhận bài: 13/3/2021. Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 13/3 - 25/5/2021.

Ngày bài báo được duyệt đăng: 25/5/2021.

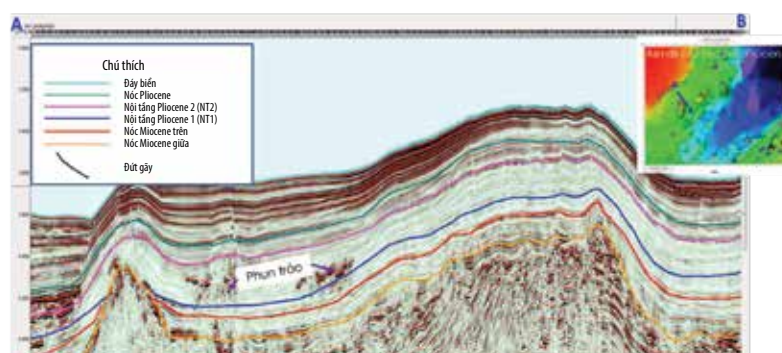


Hình 1. Vị trí vùng nghiên cứu và sơ đồ tài liệu thực tế.



1a: Bể mặt đồng bằng lượn sóng tích tụ; 1b: Bể mặt đồng bằng lượn sóng tích tụ; 1c: Bể mặt nằm ngang, mài mòn; 2a: Bể mặt nằm ngang mài mòn sụt bậc, trên các độ sâu khác nhau; 2b: Bể mặt đồng bằng sụt bậc vận chuyển - tích tụ; 2c: Bể mặt bán địa hào trên những độ sâu khác nhau; 3a: Bể mặt sườn dốc vận chuyển trên các dãy núi ngầm Tây Bắc; 3b: Bể mặt sườn dốc kiến tạo; 3c: Bể mặt sườn dốc mài mòn của các dãy núi ngầm Tây Bắc; 4a: Bể mặt đồng bằng lượn sóng tích tụ trùng sâu tách giãn; 4b: Bể mặt đồng bằng lượn sóng tích tụ trùng sâu tách giãn; 4c: Bể mặt đồng bằng lượn sóng tích tụ trùng sâu tách giãn

Hình 2. Đặc trưng địa chấn khu vực Tây Nam trùng sâu Biển Đông.



Hình 3. Đặc trưng phân lớp địa chấn trong Miocene trên và Pliocene.

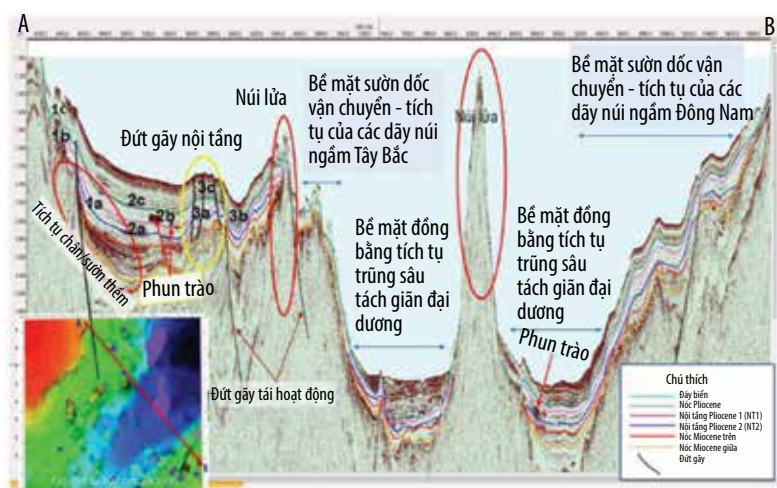
- Phương pháp địa vật lý: Với số tuyến địa vật lý ít, trên diện tích rộng, các nhà địa vật lý ở Viện Dầu khí Việt Nam (VPI) đã liên kết các mặt ranh giới nóc các tập chính dựa trên 2 giếng khoan của các nhà thầu ở phần rìa nông phía Tây của trùng Biển Đông. Bên cạnh đó, các giếng khoan trong khu vực ở bể Nam Côn Sơn và Tư Chính - Vũng Mây cũng được sử dụng để có cơ sở vững chắc hơn trong việc liên kết và minh giải. Nhờ vậy, các bề mặt nóc Miocene giữa và trên đã được VPI và các nhà thầu dầu khí xác định và minh giải trong các dự án nghiên cứu trước [4, 5]. Riêng các thành tạo Pliocene trong các dự án dầu khí thường được gộp chung với Đệ Tứ và không chia chi tiết. Với yêu cầu của đề tài này, các bề mặt ranh giới trong Pliocene phải được phân chia và thành lập các bề mặt cấu trúc cho Pliocene dưới, giữa và trên. Để thực hiện minh giải các tầng Pliocene, nhóm tác giả đã phân tích sự khác biệt về đặc trưng phản xạ sóng địa chấn (tướng địa chấn) từ đó tiến hành minh giải và liên kết rộng trong vùng.

Trong lát cắt địa chấn đại diện cho địa tầng Pliocene, tướng địa chấn chủ đạo là các phản xạ song song phân lớp mỏng, biên độ trung bình đến yếu, thể hiện môi trường trầm tích biển sâu. Từ phân tích chi tiết, tập địa chấn đại diện có thể được phân chia thành 3 phân tập (Hình 2 và 3) với đặc trưng sau:

+ Phân tập Pliocene trên: Phân tập này được quan sát bởi các phản xạ sóng biên độ trung bình đến tương đối cao, liên tục, tính phân lớp ổn định (Hình 3).

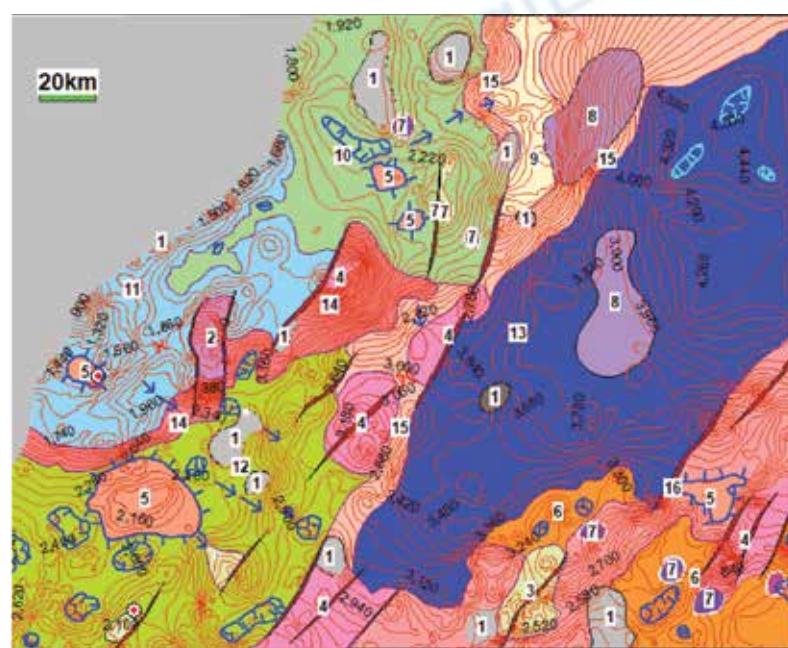
+ Phân tập Pliocene giữa: Phân tập này vẫn quan sát thấy mức độ ổn định và liên tục tương đối cao của phản xạ địa chấn, tuy nhiên biên độ địa chấn nhỏ hơn đáng kể so với phân tập trên (Hình 3).

+ Phân tập Pliocene dưới: Phân tập này nằm dưới cùng của tập địa chấn đại diện Pliocene. Các phản xạ phân lớp mỏng liên tục vẫn còn quan sát thấy khá phổ biến trong phân tập này, tuy nhiên bên cạnh đó còn có thể gặp 1 số phản xạ dạng hỗn độn phân bố



1a: Bể mặt sườn dốc kiến tạo, sườn lục địa; 1b: Bể mặt đồng bằng lượn sóng tích tụ; 1c: Bể mặt đồng bằng nghiêng thoải tích tụ dạng lòng chảo rìa lục địa; 2a: Bể mặt đồng bằng lượn sóng tích tụ; 2b: Bể mặt đồng bằng lượn sóng phân bậc; 2c: Bể mặt đồng bằng nghiêng thoải tích tụ dạng lòng chảo rìa lục địa; 3a: Bể mặt nằm ngang mài mòn; 3b: Bể mặt nằm ngang mài mòn sụt bậc, trên các độ sâu khác nhau; 3c: Bể mặt nằm ngang mài mòn sụt bậc, trên các độ sâu khác nhau.

Hình 4. Mặt cắt tiêu biểu Tây Bắc - Đông Nam phía Bắc khu vực nghiên cứu.



1. Địa hình lục địa cổ
 1. Địa hình lục địa cổ
2. Địa hình đáy biển
 - a. Các bể mặt nằm ngang lượn sóng
 2. Bể mặt mài mòn địa lũy trên các độ sâu khác nhau
 3. Bể mặt bán địa hào trên các độ sâu khác nhau
 4. Bể mặt nằm ngang mài mòn sụt bậc, trên các độ sâu khác nhau
 5. Bể mặt nằm ngang mài mòn. Độ sâu 2.100 - 2.400 m
 6. Bể mặt lòng chảo tích tụ. Độ sâu 2.800 - 3.360 m
 7. Bể mặt phun trào cổ trên các độ sâu khác nhau
 8. Bể mặt phun trào trẻ trên các độ sâu khác nhau
 - b. Các bể mặt đồng bằng
 9. Bể mặt đồng bằng phân dị trũng giữa núi ngấm. Độ sâu 2.700 - 2.800 m
 10. Bể mặt đồng bằng nghiêng thoải tích tụ dạng lòng chảo rìa lục địa. Độ sâu 1.500 - 2.200 m
 11. Bể mặt đồng bằng lượn sóng tích tụ. Độ sâu 1.700 - 1.900 m
 12. Bể mặt đồng bằng lượn sóng tích tụ với những lòng chảo. Độ sâu 2.200 - 3.000 m
 13. Bể mặt đồng bằng lượn sóng tích tụ trũng sâu tách giãn. Độ sâu 3.000 m đến trên 4.000 m
 - c. Bể mặt sườn dốc
 14. Bể mặt sườn dốc kiến tạo. Độ sâu 1.600 - 2.700 m
 15. Bể mặt sườn dốc vận chuyển trên các dãy núi ngấm Tây Bắc. Độ sâu 1.500 - 3.000 m
 16. Bể mặt sườn dốc vận chuyển trên các dãy núi ngấm Đông Nam. Độ sâu 1.500 - 3.500 m

Hình 5. Sơ đồ cơ địa mạo thời kỳ Pliocene sớm.

rải rác ở 1 số nơi, đặc biệt tại chân các đới cao cục bộ và có quan hệ bất chỉnh hợp phủ đáy (downlap) với ranh giới nóc Miocene trên ở bên dưới. Trong khu vực nghiên cứu, các dạng phun trào thể hiện khá rõ nét trên tài liệu địa chấn bởi các dị thường biên độ cao và sự thay đổi tần số theo hướng thấp hơn tại vị trí phát hiện phun trào (Hình 4).

Trên cơ sở phân tích minh giải các tài liệu địa chấn, VPI đã xây dựng bản đồ cấu trúc các bể mặt Pliocene dưới, giữa, trên. Đây là các bản đồ cấu trúc quan trọng để nhóm tác giả sử dụng trong việc thành lập bản đồ địa mạo.

- Phương pháp nghiên cứu địa mạo: Để làm sáng tỏ đặc điểm địa mạo khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông, nhóm tác giả đã áp dụng các phương pháp nghiên cứu địa mạo như phân tích hình thái, trắc lượng - hình thái, kiến trúc - hình thái, phân tích các mức địa mạo và lập bản đồ địa mạo tỷ lệ 1:250.000 theo nguyên tắc các bể mặt đồng nguồn gốc.

Các bản đồ địa mạo đáy biển Việt Nam được thành lập theo nguyên tắc nguồn gốc - hình thái - động lực [6, 7], kiến trúc - hình thái [3]. Các nguyên tắc đó đã khái quát địa hình thành kiểu nguồn gốc - hình thái địa hình hoặc kiểu kiến trúc - hình thái địa hình phù hợp với bản đồ tỷ lệ nhỏ hoặc trung bình mang tính khái quát đặc điểm địa mạo khu vực. Song với mục tiêu xác lập các tiến đề địa mạo để tìm kiếm khoáng sản, việc xác định các nguồn gốc bể mặt nằm ngang dưới đáy biển, cụ thể hơn là các núi ngấm đỉnh phẳng mà trong văn liệu địa mạo gọi là Gaiot (Guyot) có ý nghĩa quan trọng trong việc định hướng cho công tác tìm kiếm khoáng sản.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Đặc điểm địa mạo thời kỳ Pliocene sớm

Trên bản đồ địa mạo thời kỳ Pliocene sớm (Hình 5) gồm các đơn vị như sau:

- Địa hình lục địa cổ

Địa hình lục địa cổ là phần địa hình lục

địa đã được hình thành trước Pliocene. Trong khu vực nghiên cứu nó được tồn tại dưới dạng các mảnh sót.

(1) Mảnh sót lục địa cổ: Mảnh sót của lục địa cổ được thể hiện bằng những vùng vắng mặt trầm tích. Ở khu vực nghiên cứu, mảnh sót lục địa cổ có diện tích lớn ở góc phía Tây Bắc với diện tích khoảng gần 1.200 km². Mảnh sót lục địa ở Tây Bắc tiếp giáp với địa hình đáy biển bởi đường điểm nằm ở độ sâu 1.600 - 1.700 m.

- Địa hình đáy biển

+ Các bề mặt nằm ngang, lượn sóng

(2) Bề mặt mài mòn địa lũy trên các độ sâu khác nhau: Bề mặt mài mòn địa lũy lớn nhất nằm ở phía Tây vùng nghiên cứu. Bề mặt bằng phẳng với diện tích khoảng 158 km², ở độ sâu 900 m. Bề mặt được giới hạn bởi 2 đứt gãy song song phương Bắc Nam, cách nhau khoảng 11 km, làm cho bề mặt mang tính địa lũy (Hình 5).

(3) Bề mặt bán địa hào trên các độ sâu khác nhau: Vào thời kỳ Pliocene sớm, hoạt động của đứt gãy cũng tạo nên các bề mặt bán địa hào trên những độ sâu khác nhau. Bề mặt bán địa hào dễ nhận thấy ở phía Đông Nam. Bề mặt được nổi cao ở độ sâu 800 - 840 m, có hình thái không đều, lượn sóng đến độ sâu 1.200 m. Từ độ sâu này, các đường đẳng sâu đan dày, sát nhau bao quanh bề mặt, tạo thành 1 sườn tương đối dốc (> 5°) đến tận độ sâu 2.800 m. Ngoài ra, trong khu vực còn gặp các bề mặt bán địa hào nằm rải rác khắp nơi.

(4) Bề mặt nằm ngang mài mòn sụt bậc, trên các độ sâu khác nhau: Bề mặt nằm ngang mài mòn sụt bậc thứ nhất nằm ở độ sâu 1.500 - 1.700 m, phân bố ở góc Đông Nam khu vực nghiên cứu với diện tích 20 km². Bề mặt này về bản chất là 1 yên ngựa lớn, thoải của 2 đường đẳng sâu 1.500 m đối ngược nhau. Ngoài ra, bề mặt này còn gặp ở trung tâm phía Nam vùng nghiên cứu, trên độ sâu 2.700 - 3.000 m, với diện tích khoảng 773 km². Bề mặt được khống chế bởi 3 đứt gãy chạy song song theo phương Đông Bắc - Tây Nam. Đứt gãy ở giữa đơn vị địa hình này đã chia bề mặt địa hình thành 2 khối: khối phía Đông Nam - địa hình sụt bậc, khối phía Tây Bắc - địa hình phân dị lượn sóng (Hình 5).

(5) Bề mặt nằm ngang mài mòn, độ sâu 2.100 - 2.400 m: Nằm rải rác ở phía Bắc, phía Tây Nam và Đông Nam vùng nghiên cứu. Ở góc Đông Nam vùng nghiên cứu tồn tại 2 bề mặt với diện tích khá lớn. Trên các bề mặt này cũng gặp trường núi lửa cổ. Bề mặt ranh giới của đơn vị địa hình bao quanh và khép kín trường núi lửa này.

(6) Bề mặt lòng chảo tích tụ, độ sâu 2.800 - 3.360 m: Là

các bề mặt tích tụ nhỏ nằm ở độ sâu > 3.000 m phân bố ở phía Đông Nam khu vực nghiên cứu.

(7) Bề mặt phun trào cổ trên các độ sâu khác nhau: Phân bố rải rác ở khu vực nghiên cứu. Ở góc Đông Nam, có 3 khối phun trào, trong đó 2 khối hình tròn và 1 khối hình chữ nhật. Diện tích mỗi khối khoảng vài chục km². Phần trung tâm cũng gặp 3 khối phun trào cổ, trong đó 2 khối phân bố ở bề mặt địa hào sâu 1.700 - 1.800 m và 1 khối nằm độc lập bên cạnh mảnh sót lục địa cổ. Góc Tây Nam cũng gặp 1 khối phun trào cổ nằm phủ lên bề mặt 2.300 - 2.400 m.

(8) Bề mặt phun trào trẻ trên các độ sâu khác nhau: Bề mặt phun trào trẻ trên độ sâu > 3.000 m phân bố thành 2 khối có diện tích lớn. Một khối nằm ở trung tâm đới tách giãn có diện tích hơn 900 km² (núi lửa Đình Trung). Một khối phân bố ở rìa Tây Bắc đới tách giãn, nơi chuyển tiếp từ núi ngầm Tây Bắc xuống đồng bằng tách giãn, có diện tích khoảng hơn 1.000 km².

+ Các bề mặt đồng bằng

(9) Bề mặt đồng bằng phân dị trung giữa núi ngầm, độ sâu 2.700 - 2.800 m: Bề mặt phân dị trung giữa núi ngầm, độ sâu 2.700 - 2.800 m lớn nhất của khu vực này nằm ở phía Bắc vùng nghiên cứu, chạy theo phương kinh tuyến, với diện tích khoảng 781 km². Bề mặt có hình thái lượn sóng nằm trên các đường đẳng sâu 2.700 - 2.800 m.

(10) Bề mặt đồng bằng nghiêng thoải tích tụ dạng lòng chảo rìa lục địa, độ sâu 1.500 - 2.200 m: Bề mặt nằm ở trung tâm phía Bắc vùng nghiên cứu, có ranh giới tiếp giáp với lục địa ở độ sâu hiện tại 1.600 - 1.700 m và thấp dần về phía Đông đến lòng chảo sâu 2.220 m. Diện tích của đồng bằng khoảng 7.000 km². Trên bề mặt đồng bằng nổi lên những bề mặt nằm ngang ở độ sâu khoảng 2.220 m. Góc phía Nam của đồng bằng nằm ở độ sâu 1.980 m với địa hình khá bằng phẳng.

(11) Bề mặt đồng bằng lượn sóng tích tụ, độ sâu 1.700 - 1.900 m: Tiếp giáp với rìa lục địa cổ nằm ở phía Tây vùng nghiên cứu, với diện tích khoảng 3.618 km². Tính phân dị lượn sóng của đồng bằng được thể hiện bằng những đường đẳng sâu chạy song song với nhau như đường đẳng sâu từ 1.000 - 1.400 m. Do tính phân dị của đồng bằng, xuất hiện các rãnh xâm thực đổ về phía Đông Bắc và Tây Nam.

(12) Bề mặt đồng bằng lượn sóng tích tụ với những lòng chảo, độ sâu 2.200 - 3.000 m: Bề mặt đồng bằng này nằm ở góc Tây Nam khu vực nghiên cứu có diện tích khoảng 6.730 km², từ độ sâu 2.200 m ở phía Tây Bắc, thấp

dẫn về phía Đông Nam đến độ sâu 3.000 m. Đồng bằng được đặc trưng bởi các đường đẳng sâu song song và khép kín có dạng lòng chảo ở độ sâu 2.400 - 2.500 m, tạo nên các trũng lòng chảo có kích thước nhỏ khoảng trên 100 km². Ngoài các trũng tích tụ, ở đây còn gặp những núi ngầm đỉnh phẳng nổi cao đến độ sâu 2.100 - 2.200 m. Bề mặt đồng bằng bị chia cắt bởi hệ thống đứt gãy ngăn phương Đông Bắc - Tây Nam làm thay đổi độ sâu của địa hình. Hệ thống các canyon cũng xuất hiện làm cho quá trình xói mòn ngầm hoạt động mạnh.

(13) Bề mặt đồng bằng lượn sóng tích tụ trũng sâu tách giãn, độ sâu 3.000 đến trên 4.000 m: Bề mặt này chạy theo phương Đông Bắc - Tây Nam từ độ sâu lớn hơn 3.000 m đến trên 4.000 m. Độ sâu tăng dần từ phía Tây Nam sang Đông Bắc. Địa hình rất thoải, chiếm diện tích lớn, đến 5.500 km². Trên bề mặt đồng bằng, 2 trường basalt trẻ bao phủ có diện tích khá lớn. Chiều rộng của trũng tách giãn khoảng > 100 km.

+ Bề mặt sườn dốc

(14) Bề mặt sườn dốc kiến tạo, độ sâu 1.600 - 2.700 m: Bề mặt nằm ở phía Tây Bắc vùng nghiên cứu chuyển tiếp từ đồng bằng ven rìa lục. Sườn dốc này không liên tục, bao gồm 3 đoạn: Đoạn thứ nhất ở phía Bắc vùng nghiên cứu, bề mặt sườn dốc kiến tạo chạy theo phương kinh tuyến. Sườn nằm từ độ sâu 2.300 - 2.700 m trên khoảng chiều rộng 11 km, độ dốc địa hình đạt 3°. Các đường đẳng sâu nằm sát nhau, chạy song song làm cho sườn dốc đều. Đoạn thứ 2 ở khu vực phía Tây vùng nghiên cứu, sườn dốc được giới hạn phía Tây là đứt gãy Đông Bắc - Tây Nam làm cho địa hình bị sụt bậc từ độ sâu 1.700 - 1.800 m xuống trũng sâu nhỏ khép kín của trũng tích tụ độ sâu 1.900 m. Sườn có bề mặt bằng phẳng ở độ sâu 900 m xuống đến độ sâu 2.500 - 2.600 m. Chiều rộng của sườn chỗ lớn nhất đạt đến 30 km. Các đường đẳng sâu chạy song song và sát nhau làm cho độ dốc của sườn lớn (~ 20°). Đoạn thứ 3 nằm ở phía Tây khu vực nghiên cứu. Ranh giới của sườn ở phía Bắc được giới hạn bởi đường đẳng sâu 1.800 m, ranh giới phía Nam là đường đẳng sâu 2.300 m. Các đường đẳng sâu chạy song song, sát nhau trên khoảng 150 km, làm cho độ dốc của sườn đạt 7°.

(15) Bề mặt sườn dốc vận chuyển trên các dãy núi ngầm Tây Bắc, độ sâu 1.500 - 3.000 m: Đây là sườn dốc của các dãy núi ngầm Tây Bắc, là nơi vận chuyển vật liệu xuống đồng bằng lượn sóng tích tụ tách giãn. Sườn dốc này gồm 2 đoạn và được phân tách nhau bởi bề mặt bán địa hào ở độ sâu 2.700 - 2.900 m. Đoạn phía Bắc chạy từ góc Đông Bắc của tờ bản đồ từ độ sâu 2.800 - 4.320 m.

Các đường đẳng sâu chạy song song, cách đều nhau ở phía Bắc làm cho sườn dốc được mở rộng đến 77 km. Sau đó các đường đẳng sâu đan dày sát vào nhau làm cho sườn bị thu hẹp. Độ dốc ở đây đạt trên 5°. Tại đây có 1 núi lửa trẻ phủ lên trên sườn dốc. Đoạn thứ 2 là 1 sườn hẹp Đông Bắc - Tây Nam bám theo bề mặt địa hào từ độ sâu 2.500 - 2.940 m với độ dốc khoảng 5°. Tiếp theo, sườn dốc này chạy về phía Nam qua yên ngựa ở độ sâu 3.060 m để chuyển sang đoạn sườn dốc tiếp theo, gần như theo phương Bắc - Nam.

(16) Bề mặt sườn dốc vận chuyển trên các dãy núi ngầm Đông Nam, độ sâu 1.500 - 3.500 m: Bề mặt nằm ở góc Đông Nam vùng nghiên cứu. Ở phía Nam các đường đẳng sâu Đông Bắc - Đông Nam chạy song song với nhau, từ độ sâu 2.000 m xuống độ sâu 3.500 m. Ranh giới với các đồng bằng trũng tách giãn là 1 đứt gãy dự đoán theo địa hình theo phương Đông Bắc - Tây Nam. Ở đây cũng gặp các hệ thống đứt gãy Đông Bắc - Tây Nam làm địa hình bị sụt bậc.

3.2. Đặc điểm địa mạo thời kỳ Pliocene giữa

Bản đồ địa mạo thời kỳ Pliocene giữa (Hình 6) bao gồm các đơn vị như sau:

- Địa hình lục địa cổ

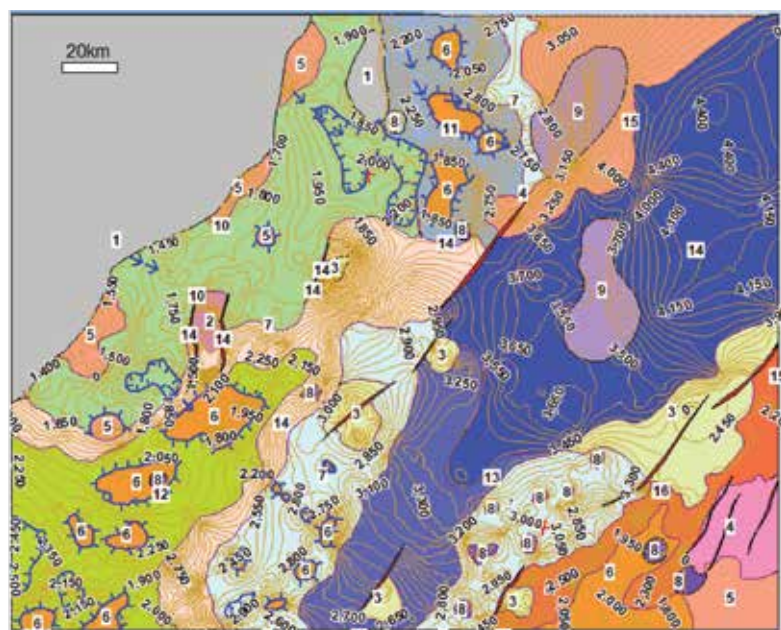
(1) Địa hình lục địa cổ: Địa hình lục địa cổ còn sót trong vùng nghiên cứu tồn tại thành những khối có kích thước khác nhau. Khối lớn nhất, cũng như các thời kỳ trước, nằm góc Tây vùng nghiên cứu, chiếm diện tích khoảng 11.730 km². Ranh giới với đáy biển là 1 đường điểm ở độ sâu từ 1.500 - 1.800 m trên địa hình hiện tại. Ở phía Bắc, cách khối lục địa cổ không xa (khoảng 25 km) cũng tồn tại 1 khối lục địa cổ không lớn (diện tích khoảng 355 km²) chạy theo phương Bắc - Nam. Như vậy, các khối lục địa cổ trong suốt thời kỳ Pliocene đã tồn tại trong khu vực nghiên cứu.

- Địa hình đáy biển

+ Các bề mặt nằm ngang

(2) Bề mặt mài mòn địa lũy, độ sâu 900 - 1.000 m: Bề mặt nằm ở phía Tây vùng nghiên cứu, chạy theo phương kinh tuyến, có chiều dài 20 km, chiều rộng trên dưới 10 km, nằm trên độ sâu 800 - 900 m và được khống chế bởi 2 đứt gãy song song. Đứt gãy làm cho cánh phía Tây bị sụt bậc, địa hình thấp hẳn từ 800 - 900 m xuống đến 1.700 m.

(3) Bề mặt bán địa hào tại độ sâu khác nhau: Vào thời kỳ Pliocene giữa có thể ghi nhận các bề mặt bán địa hào như sau: Bề mặt bán địa hào thứ 1 nằm ở trung tâm vùng nghiên cứu. Bề mặt bán địa hào có diện tích khoảng 403



1. Địa hình lục địa cổ
- 1 Địa hình lục địa cổ
2. Địa hình đáy biển
- a. Các bể mặt nằm ngang
- 2 Bể mặt mài mòn địa lũy. Độ sâu 900 - 1.000 m
- 3 Bể mặt bán địa hào trên độ sâu khác nhau
- 4 Bể mặt nằm ngang mài mòn sụt bậc. Độ sâu 1.700 m
- 5 Bể mặt nằm ngang mài mòn. Độ sâu 1.200 - 1.700 m
- 6 Bể mặt nằm ngang lượn sóng mài mòn. Độ sâu 1.800 - 2.200 m
- 7 Bể mặt lượn sóng mài mòn. Độ sâu 2.800 - 3.000 m
- 8 Bể mặt phun trào cổ trên các độ sâu khác nhau
- 9 Bể mặt phun trào trẻ trên độ sâu > 3.000 m
- b. Các bể mặt đồng bằng phân dị
- 10 Bể mặt đồng bằng lượn sóng tích tụ. Độ sâu 1.800 - 1.900 m
- 11 Bể mặt đồng bằng lượn sóng phân bậc. Độ sâu 1.900 - 2.700 m
- 12 Bể mặt đồng bằng lượn sóng tích tụ. Độ sâu 2.200 - 2.300 m
- 13 Bể mặt đồng bằng sụt bậc vận chuyển - tích tụ. Độ sâu 2.600 - 3.450 m
- 14 Bể mặt đồng bằng tích tụ trung sâu tách giãn đại dương
- c. Các bể mặt nằm nghiêng
- 15 Bể mặt sườn dốc kiến tạo. Độ sâu 2.200 - 2.800 m
- 16 Bể mặt sườn dốc vận chuyển - tích tụ của các dãy núi ngầm Tây Bắc. Độ sâu 2.200 - 2.800 m
- 17 Bể mặt sườn dốc vận chuyển - tích tụ của các dãy núi ngầm Đông Nam. Độ sâu 1.500 - 3.000 m

Hình 6. Sơ đồ cổ địa mạo thời kỳ Pliocene giữa.

km² được khống chế bởi đứt gãy Đông Bắc - Tây Nam. Biên độ dịch chuyển khoảng 650 m. Phía Tây Nam của bể mặt bán địa hào thứ 1 là bể mặt sụt bậc bán địa hào thứ 2 được khống chế bởi đứt gãy Đông Bắc - Tây Nam. Biên độ dịch chuyển của đứt gãy khoảng 400 m. Bể mặt bán địa hào thứ 3 nằm ở phía Tây vùng nghiên cứu. Bể mặt nằm trên độ sâu khoảng 800 m bị đứt gãy theo phương Bắc Đông Bắc - Nam Tây Nam cắt qua làm sụt bậc địa hình xuống đến độ sâu 1.800 - 1.900 m. Biên độ dịch chuyển thẳng đứng của đứt gãy gần đến nghìn mét. Bể mặt địa hào thứ 4 nằm ở gần phía Bắc của bản đồ. Bể mặt bị đứt gãy Đông Bắc - Tây Nam cắt qua, cánh Tây Bắc được nâng lên đến độ sâu khoảng 2.600 m, sau đó từ độ sâu 2.700 m trở xuống địa hình trở nên dốc hơn, hòa nhập với sườn dốc khu vực. Ở cánh Đông Nam, địa hình bị sụt bậc xuống tới độ sâu 3.000 m. Ở góc Đông Nam vùng nghiên cứu, tồn tại 2 đứt gãy Đông Bắc - Tây Nam liên nhau tạo nên bể mặt bán địa lũy có diện tích tương đối lớn - bể mặt thứ 5 - khoảng 1.842 km². Về bản chất, đây cũng là 1 bể mặt nằm ngang bị phá hủy bởi hệ thống đứt gãy làm địa hình bị xé dịch.

(4) Bể mặt nằm ngang mài mòn sụt bậc, độ sâu 1.700 m: Bể mặt phân bố ở góc Đông Nam khu vực nghiên cứu. Bể mặt bị 3 đứt gãy song song theo phương Đông Bắc - Tây Nam cắt qua làm cho bị sụt bậc từ độ sâu 1.500 - 1.700 m xuống 2.000 m. Ba đứt gãy đã làm cho địa hình tạo các thành khối khác nhau. Đứt gãy sát phía Đông làm cho cánh Đông Nam được nâng cao nhất đến độ sâu 600 m với đỉnh tròn nhỏ sườn. Cánh Tây Bắc bị sụt sâu xuống 1.700 - 1.800 m tạo nên bể mặt địa hào lượn sóng - đây là khối bị sụt sâu nhất. Về phía Tây, vượt qua đứt gãy, địa hình lại là 1 đồi ngầm tròn, sườn rất dốc độ cao đến -600 m. Sau đó, vượt qua đứt gãy thứ 3, địa hình lại bị sụt bậc và hạ thấp đến độ sâu 1.800 - 2.000 m để hòa nhập với sườn ngầm của các dãy núi ngầm Đông Nam (Hình 6).

(5) Bể mặt nằm ngang mài mòn, độ sâu 1.200 - 1.700 m: Đây là những bể mặt nằm ở phía Tây vùng trên đồng bằng tích tụ lòng chảo. Phần lớn chúng bám theo rìa lục địa cổ với độ sâu từ 1.200 - 1.700 m. Độ sâu tăng dần từ điểm lục địa Tây Nam, nơi có độ sâu bể mặt khoảng 1.200 m, đến độ sâu 1.500 m và cuối cùng ở góc Đông Bắc, độ sâu khoảng 1.600 m. Các bể mặt đỉnh đều có hình bán tròn. Trên bể mặt đồng bằng cũng gặp 1 vài đỉnh nằm ngang hình tròn trên độ sâu 1.550 m, 1.750 m. Ở góc Đông Nam của vùng nghiên cứu cũng gặp 1 bể mặt ở độ sâu 1.500 m có hình oval chạy theo phương Đông Bắc - Tây Nam.

(6) Bể mặt nằm ngang lượn sóng mài mòn, độ sâu 1.800 - 2.200 m: Bể mặt phân bố ở trên đồng bằng phía Tây Nam bản đồ. Tại đây gặp tới 3 - 4 bể mặt, trong đó bể mặt lớn nhất với diện tích khoảng 480 km². Bể mặt chạy theo phương Đông Bắc - Tây Nam. Phía Tây Nam của bể mặt này cũng tồn tại 1 bể mặt nằm ngang với bể mặt đỉnh trùng với núi lửa cổ nằm ở độ sâu khoảng 1.900 m. Bể mặt chạy gần như theo phương vĩ tuyến với sườn dốc về phía Đông và thoải về phía Tây. Bể mặt được khép kín ở đường đẳng sâu 2.000 m với diện tích khoảng 295 km². Ở phía Bắc của đỉnh này cũng tồn tại 1 vòm tròn, sườn dốc nâng cao đến độ sâu 1.800

- 1.900 m. Giữa chúng là 1 bề mặt nằm ngang ở độ sâu 2.300 m. Tại trung tâm phía Bắc bản đồ cũng gặp ít nhất 3 bề mặt nằm ở độ sâu 1.800 - 2.200 m.

(7) Bề mặt lượn sóng mài mòn, độ sâu 2.800 - 3.000 m: Bề mặt phân bố ở 3 khu vực. Khu vực thứ nhất nằm ở phía Bắc kéo dài theo phương kinh tuyến với độ sâu 2.800 m. Ranh giới phía Tây của bề mặt là 1 sườn dốc đều (3°), chuyển tiếp từ bề mặt sườn dốc núi ngầm 1.900 - 2.000 m xuống. Khu vực thứ 2 phân bố bề mặt này ở trung tâm phía Nam vùng nghiên cứu. Tại đây, bề mặt này gồm nhiều đỉnh nhỏ, vòm tròn khép kín ở độ sâu từ 2.300 m đến 2.800 - 2.900 m tạo nên những đồi núi ngầm. Chúng được sắp xếp thành hàng theo 2 phương: Đông Bắc - Tây Nam và Tây Bắc - Đông Nam. Khu vực thứ 3 phân bố bề mặt lượn sóng mài mòn - xâm thực ở độ sâu 2.300 - 3.000 m gặp ở phía Đông Nam vùng nghiên cứu. Tại đây các đỉnh tròn đa số nằm ở độ sâu 2.700 - 2.800 m đến 3.000 m. Các đỉnh tròn phân bố có xu hướng theo phương Đông Bắc - Tây Nam.

(8) Bề mặt phun trào cổ tại các độ sâu khác nhau: Bề mặt phân bố rải rác ở khu vực nghiên cứu. Ở góc Đông Nam, có 3 khối phun trào, trong đó 2 khối hình tròn và 1 khối hình chữ nhật. Diện tích mỗi khối khoảng vài chục km^2 . Ở phần trung tâm cũng gặp 3 khối phun trào cổ, trong đó 2 khối phân bố ở bề mặt địa hào sâu 1.700 - 1.800 m và 1 khối nằm độc lập bên cạnh mảnh sót lục địa cổ. Góc Tây Nam vùng nghiên cứu cũng gặp 1 khối phun trào cổ nằm phủ lên bề mặt 2.300 - 2.400 m.

(9) Bề mặt phun trào trẻ trên độ sâu > 3.000 m: Bề mặt phân bố thành 2 khối có diện tích lớn. Một khối nằm ở trung tâm đối tách giãn có diện tích hơn 900 km^2 . Đây là núi lửa Đỉnh Trung cổ. Bề mặt bằng phẳng của núi lửa được giới hạn bằng đường đẳng sâu 3.600 - 3.650 m chiếm nửa diện tích phía Tây. Phía Đông là 1 sườn dốc đều (độ dốc $> 15^\circ$) từ 3.650 m xuống đến độ sâu 3.800 m. Các đường đẳng sâu phương kinh tuyến làm cho núi lửa cũng chạy theo phương này. Một khối phân bố ở rìa Tây Bắc đối tách giãn, nơi chuyển tiếp từ núi ngầm Tây Bắc xuống đồng bằng tách giãn có diện tích khoảng hơn 1.000 km^2 .

+ Các bề mặt đồng bằng phân dị

(10) Bề mặt đồng bằng lượn sóng tích tụ, độ sâu 1.800 - 1.900 m: Đơn vị địa mạo này nằm phía Tây vùng nghiên cứu, bám sát rìa lục địa cổ ở độ sâu từ 1.800 - 1.900 m có diện tích khoảng 5.200 km^2 . Ranh giới với rìa lục địa là 1 đường điểm uốn cong nằm trên độ sâu từ 1.500 m. Ở đây cũng gặp các bề mặt nằm ngang nhô cao, cao nhất là bề mặt 800 - 900 m và các bề mặt 1.500 - 1.700 m bám theo

rìa lục địa. Phía Bắc đồng bằng gặp những trũng sâu lớn có hình thù méo mó, độ sâu đến trên 2.000 m. Phía Nam bề mặt đồng bằng gặp trũng sâu khép kín ở độ sâu 1.900 m. Hoạt động xâm thực của các dòng ngầm ở đây cũng xảy ra mạnh, điển hình nhất là dòng ngầm lớn ở phía Bắc.

(11) Bề mặt đồng bằng lượn sóng phân bậc, độ sâu 1.900 - 2.700 m: Đơn vị địa hình này nằm ở phía Bắc vùng nghiên cứu, chạy theo phương kinh tuyến. Phía Tây đồng bằng tiếp giáp với tiểu lục địa và đồng bằng lượn sóng tích tụ, độ sâu 1.800 - 1.900 m bởi đường điểm ở độ sâu khoảng 1.900 m. Từ đây, các đường đẳng sâu chạy song song, gần cách đều nhau đến độ sâu 2.200 m làm cho sườn địa hình dốc đều khoảng 4° . Đến độ sâu khoảng 2.300 m địa hình trở nên bằng phẳng, tạo thành 1 bậc tương đối bằng phẳng ở độ sâu 2.300 - 2.350 m.

(12) Bề mặt đồng bằng lượn sóng tích tụ, độ sâu 2.200 - 2.300 m: Bề mặt nằm ở góc Tây Nam vùng nghiên cứu với diện tích khoảng 5.300 km^2 , tính lượn sóng của đồng bằng này phức tạp, được thể hiện bằng những đường đẳng sâu song song, đan dày. Phía Tây Nam đồng bằng gặp các trũng tích tụ khép kín trên độ sâu 2.350 m. Nổi lên trên mặt đồng bằng là những bề mặt bằng phẳng ở độ sâu 2.000 m, 2.200 m. Đồng bằng được giới hạn xung quanh là các sườn của các dãy núi ngầm.

(13) Bề mặt đồng bằng sụt bậc vận chuyển - tích tụ, độ sâu 2.600 - 3.450 m: Bề mặt đồng bằng nằm ở phía Nam khu vực nghiên cứu, chạy theo phương Tây Nam lên Đông Bắc, chuyển tiếp xuống đồng bằng tách giãn. Tính sụt bậc ở đây được thể hiện bằng các đường đẳng sâu từ 2.600 - 3.450 m, song song với nhau theo phương Tây Bắc - Đông Nam và cách khá đều nhau, độ dốc của sườn đạt 3 - 5° . Từ đường đẳng sâu 3.350 m địa hình sụt bậc xuống 1 bề mặt tương đối bằng phẳng đến đường đẳng sâu 3.450 m. Trên bề mặt đồng bằng gặp đứt gãy theo phương Đông Bắc - Tây Nam làm cho các đường đẳng sâu xung quanh đứt gãy cũng bị biến dạng.

(14) Bề mặt đồng bằng tích tụ trũng sâu tách giãn đại dương, độ sâu 3.350 - 4.400 m: Bề mặt chiếm diện tích lớn (khoảng 7.320 km^2) ở phía Đông khu vực nghiên cứu. Được bắt đầu bằng đường đẳng sâu 3.450 m, các đường đẳng sâu chạy song song, cách đều nhau đến đường đẳng sâu 3.650 m. Từ đường đẳng sâu này xuống đến độ sâu 4.400 m, địa hình lại dốc đều, tạo thành 1 sườn thoải với góc dốc $< 1^\circ$. Trên bề mặt đồng bằng, các trường basalt trẻ phủ rộng lớn.

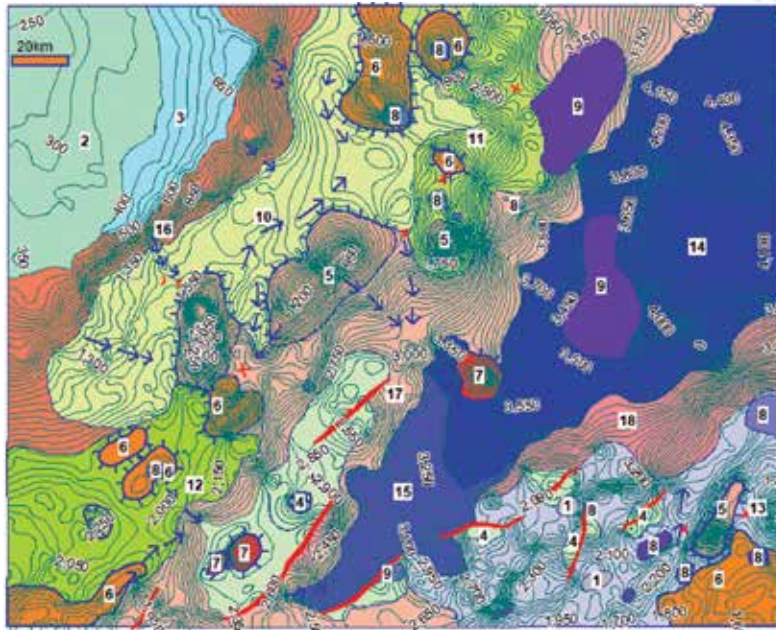
+ Các bề mặt nằm nghiêng

(15) Bề mặt sườn dốc kiến tạo, độ sâu 2.200 - 2.800 m: Các bề mặt phân bố ở phía Tây vùng nghiên cứu, có độ sâu lớn từ 2.200 - 2.800 m. Độ dốc của các sườn tương đối đồng đều, trung bình khoảng 1 - 6°, phương phát triển chung của sườn chủ yếu là Đông Bắc - Tây Nam. Đường diềm chạy xung quanh sườn trên độ sâu khoảng 1.600 - 1.800 m, có nơi xuống đến 2.000 m, bị sụt bậc xuống sườn có độ sâu lớn hơn. Sườn dốc về phía Đông Nam, các dòng vật liệu di chuyển từ đồng bằng xuống đáy đại dương qua hệ thống sườn này. Trên sườn gặp các bề mặt nằm ngang nổi cao đến 1.800 - 2.000 m. Các hoạt động phun trào cổ rai rác gặp trên sườn dốc kiến tạo, tạo thành những trường basalt nhỏ trên những độ sâu khác nhau.

(16) Bề mặt sườn dốc vận chuyển - tích tụ của các dãy núi ngầm Tây Bắc, độ sâu 2.200 - 2.800 m: Bề mặt có địa hình rất phức tạp và chia cắt

nhiều đoạn. Từ Bắc xuống Nam có thể chia thành những đoạn khác nhau. Đoạn lớn nhất, sườn dốc được chuyển từ bề mặt nằm ngang ở độ sâu 2.800 m xuống đến 4.100 m. Sườn dốc đều (độ dốc > 5°) bao quanh lấy khối núi lửa trẻ. Phía Nam khối núi lửa trẻ, sườn dốc hơn. Các đường đẳng sâu từ 3.000 - 4.000 m đan dày nhau như chạy vuông góc đâm vào khối núi lửa trẻ. Đoạn tiếp theo sườn dốc chạy về phía Đông Nam và chia thành 2 nhánh: 1 nhánh uốn cong về phía Tây và 1 nhánh tiếp tục về phía Đông Nam.

(17) Bề mặt sườn dốc vận chuyển - tích tụ của các dãy núi ngầm Đông Nam, độ sâu 1.500 - 3.000 m: Bề mặt sườn dốc của các dãy núi ngầm đổ về phía Tây Bắc, vận chuyển - tích tụ, độ sâu 1.500 - 3.000 m nằm ở góc Đông Nam vùng nghiên cứu với diện tích khoảng 4.400 km². Được bắt đầu bằng những bề mặt nằm ngang ở độ sâu 1.500 - 1.700 m, các bề mặt sườn dốc cắm về phía Đông Bắc bởi những đường đẳng sâu chạy song song thấp dần đến độ sâu 3.000 m. Xen vào những sườn dốc đó là những bề mặt nằm ngang nằm ở độ sâu khác nhau (1.800 - 2.000 m, 2.200 - 2.500 m và 2.800 - 3.000 m). Các hệ thống đứt gãy chạy theo phương Đông Bắc - Tây Nam làm cho các đường đẳng sâu bị xê dịch. Tại đây cũng gặp những trường phun trào cổ.



1. Địa hình lục địa cổ
 - 1 Bề mặt lục địa cổ
2. Địa hình đáy biển
 - a. Bề mặt đồng bằng nằm ngang, hơi nghiêng
 - 2 Bề mặt hơi nghiêng, tích tụ thêm lục địa cổ Pliocene muộn. Độ sâu 200 - 400 m
 - 3 Bề mặt nghiêng, vận chuyển - tích tụ, thêm lục địa. Độ sâu 400 - 700 m
 - 4 Bề mặt bán địa hào trên những độ sâu khác nhau
 - 5 Bề mặt nằm ngang mài mòn. Độ sâu 900 - 1.000 m
 - 6 Bề mặt nằm ngang, mài mòn. Độ sâu 1.500 - 1.750 m
 - 7 Bề mặt nằm ngang - mài mòn. Độ sâu trên 2.500 m
 - 8 Bề mặt phun trào cổ trên các độ sâu khác nhau
 - 9 Bề mặt phun trào trẻ trên các độ sâu khác nhau
 - b. Các bề mặt đồng bằng
 - 10 Bề mặt đồng bằng lượn sóng tích tụ. Độ sâu 1.400 - 2.000 m
 - 11 Bề mặt đồng bằng phân dị của các đồi núi ngầm và các trũng nhỏ. Độ sâu 1.750 - 2.700 m
 - 12 Bề mặt đồng bằng lòng chảo tích tụ. Độ sâu 1.500 - 2.200 m
 - 13 Bề mặt đồng bằng phân dị chia cắt mạnh của các đồi núi ngầm. Độ sâu 2.500 - 3.000 m
 - 14 Bề mặt đồng bằng phân dị tích tụ, trũng sâu tách giãn đại dương. Độ sâu 3.500 - 4.300 m
 - 15 Bề mặt đồng bằng phân bậc tích tụ đuôi trũng sâu tách giãn. Độ sâu 2.500 - 3.300 m
 - c. Các bề mặt nằm nghiêng.
 - 16 Bề mặt sườn dốc kiến tạo, sườn lục địa. Độ sâu 700 - 1.800 m
 - 17 Bề mặt sườn dốc mài mòn của các dãy núi ngầm Tây Bắc. Độ sâu từ 2.100 đến trên 3.000 m
 - 18 Bề mặt sườn dốc mài mòn của các dãy núi ngầm Đông Nam. Độ sâu 2.300 - 3.500 m

Hình 7. Sơ đồ địa mạo thời kỳ Pliocene muộn.

3.3. Đặc điểm địa mạo thời kỳ Pliocene muộn

Bản đồ địa mạo thời kỳ Pliocene muộn (Hình 7) gồm các đơn vị như sau:

- Địa hình lục địa cổ

(1) Bề mặt lục địa cổ: Đây là những lục địa cổ còn sót lại ở các giai đoạn địa chất trước Pliocene. Những lục địa cổ này được phân bố ở góc Đông Nam vùng nghiên cứu bằng những mảnh sót với kích thước không lớn khoảng 52 km² nằm trên độ sâu đáy biển khác nhau: 1.900 m, 3.000 m. Các lục địa cổ này cũng là nơi bắt đầu của các đường đẳng sâu tỏa đi các hướng khác nhau. Các lục địa cổ được cấu tạo bởi đá gốc có tuổi trước Pliocene.

- Địa hình đáy biển
- + Bể mặt đồng bằng nằm ngang, hơi nghiêng

(2) Bể mặt hơi nghiêng, tích tụ trầm lục địa cổ Pliocene muộn, độ sâu 200 - 400 m: Bể mặt nằm ở góc Tây Bắc vùng nghiên cứu, có diện tích khoảng hơn 6.000 km². Trên bản đồ, đồng bằng được thể hiện bằng các đường đẳng sâu 250 m, 300 m, 350 m và 400 m, chạy song song với nhau theo phương kinh tuyến. Khoảng cách của các đường đẳng sâu thưa dần từ Tây sang Đông, làm cho bề mặt đồng bằng hơi nghiêng (độ dốc < 1°) và thoải dần. Ranh giới phía Đông của đường đồng bằng được giới hạn bằng đường đẳng sâu 400 m. Bể mặt này có thể coi là thêm trong của thời kỳ Pliocene muộn.

(3) Bể mặt nghiêng, vận chuyển - tích tụ, trầm lục địa, độ sâu 400 - 700 m: Bể mặt cũng thuộc trầm lục địa cổ Pliocene nằm ở phía Đông của bể mặt hơi nghiêng, tích tụ trầm lục địa cổ Pliocene, độ sâu 200 - 400 m. Đồng bằng được giới hạn bởi các đường đẳng sâu từ 400 - 700 m chạy song song với nhau theo phương kinh tuyến. Khoảng cách của các đường đẳng sâu tương đối đều nhau, cách nhau khoảng 5 km. Điều đó làm cho bề mặt đồng bằng dốc hơn (độ dốc > 1°) so với đồng bằng hơi nghiêng ở phía trong. Phía Đông đồng bằng tồn tại 1 trũng khép kín, kéo dài theo phương Đông Bắc - Tây Nam trên độ sâu 600 m. Đồng bằng được giới hạn ở phía Đông bằng đường điểm sụt bậc xuống sườn lục địa ở độ sâu 700 m. Có thể coi bề mặt này là thêm ngoài của thời kỳ Pliocene muộn.

(4) Bể mặt bán địa hào trên những độ sâu khác nhau: Khác với giai đoạn trước, vào thời kỳ Pliocene muộn, hoạt động đứt gãy đã trở nên yếu hơn nên các bể mặt bán địa hào đã trở nên ít hơn. Có thể ghi nhận các bể mặt đó như sau: Tại khu vực trung tâm phía Nam vùng nghiên cứu tồn tại 2 đứt gãy gần nhau. Đứt gãy thứ nhất nằm ở phía Nam theo phương Đông Bắc - Tây Nam. Biên độ dịch chuyển của đứt gãy đạt đến 400 - 700 m. Đứt gãy thứ 2 nằm ở phía Bắc, cũng theo phương Đông Bắc - Tây Nam. Biên độ dịch chuyển của đứt gãy khoảng 400 - 500 m. Phía Đông Nam khu vực nghiên cứu tồn tại 4 bể mặt địa hào nhỏ. Đứt gãy chạy theo phương Đông Bắc - Tây Nam. Các đường đẳng sâu vuông góc với đứt gãy làm cho địa hình bị sụt bậc từ Tây Nam lên Đông Bắc.

(5) Bể mặt nằm ngang mài mòn, độ sâu 900 - 1.000 m: Các bể mặt này là những bể mặt ngang, lượn sóng nổi lên ở dưới đáy biển, phân bố ở phần trung tâm và góc Đông Nam của tờ bản đồ. Ở phần trung tâm ghi nhận 3 bể mặt nằm ngang nổi lên cao trên các dãy núi ngầm đáy biển. Bể mặt thứ 1 nằm ở phía Tây khu vực nghiên cứu và chạy theo

phương kinh tuyến với diện tích khoảng gần 200 km²; bề mặt đỉnh 900 m gồm 3 chỏm được liên hệ với nhau bởi 2 yên ngựa ở độ sâu khoảng 1.700 m. Bể mặt thứ 2 nằm về phía Đông Bắc bề mặt thứ 1, chạy theo phương Đông Bắc - Tây Nam, trùng với phương cấu trúc chung của vùng; bề mặt đỉnh 900 m, kéo dài gồm 3 chỏm, nối với nhau bởi 1 yên ngựa. Bể mặt thứ 3 nằm ở gần trung tâm của vùng nghiên cứu, phía Nam khối vi lục địa có bề mặt đỉnh hình tròn. Ở phía Đông bề mặt này tồn tại các bể mặt phun trào cổ tạo thành 1 chuỗi chạy liên tiếp nhau theo phương Tây Bắc - Đông Nam. Phía Đông Nam tờ bản đồ, bề mặt 900 m, tồn tại dưới dạng 2 chỏm hình tròn có kích thước không lớn, khoảng 20 km². Hai chỏm này được nối với nhau bởi 1 yên ngựa nằm ở độ sâu 1.400 m.

(6) Bể mặt nằm ngang, mài mòn, độ sâu 1.500 - 1.750 m: Đơn vị địa hình này phân bố rải rác ở khu vực nghiên cứu. Tại trung tâm phía Bắc tờ bản đồ gặp 2 bể mặt nằm ngang, mài mòn, độ sâu 1.500 - 1.700 m. Bể mặt phía Tây chạy theo phương kinh tuyến với diện tích khoảng 780 km², 2 bề mặt đỉnh nổi cao ở độ sâu 1.400 - 1.500 m. Bể mặt phía Nam hình oval chạy theo phương Đông Bắc - Tây Nam, bề mặt đỉnh nằm ở độ sâu 1.400 m. Bể mặt phía Bắc hình tròn ở độ sâu 1.500 m. Hai bề mặt này nối với nhau bằng 1 yên ngựa ở độ sâu 1.500 m. Cũng từ yên ngựa này, 1 rãnh xói ngầm xuất hiện, đổ về phía Đông. Phía Đông Nam của bể mặt tồn tại 1 trường núi lửa cổ bao phủ với diện tích 55 km². Bể mặt phía Đông nằm ở độ sâu khoảng 1.500 m chạy theo phương kinh tuyến. Bể mặt là 1 vòm phun trào cổ. Bao quanh vòm phun trào là các đường đẳng sâu khép kín xuống đến 2.050 m, tạo thành 1 đôi ngầm. Phía Nam khu vực này, tồn tại bề mặt nhỏ, bề mặt đỉnh hình tròn nằm ở độ sâu 1.700 m. Ở phía Tây Nam bản đồ, tồn tại 1 bể mặt nằm ngang hình oval chạy theo phương Đông Bắc - Tây Nam. Bể mặt đỉnh nằm ở độ sâu 1.750 m. Nằm chệch về phía Tây Nam của bể mặt này là bề mặt ở độ sâu 1.700 - 1.750 m của 1 khối phun trào cổ. Các đường đẳng sâu từ 1.800 - 1.900 m khép kín tạo thành 1 núi ngầm theo phương Đông Bắc - Tây Nam. Khu vực góc Đông Nam của tờ bản đồ cũng gặp các bề mặt nằm ngang ở độ sâu 1.500 m.

(7) Bể mặt nằm ngang - mài mòn, độ sâu trên 2.500 m: Ở khu vực nghiên cứu, các bề mặt nằm ngang mài mòn ở độ sâu trên 2.500 m không nhiều. Bể mặt diện tích lớn nhất khoảng 200 km², nằm ở trung tâm vùng nghiên cứu. Bể mặt đỉnh hình tròn, nằm ở độ sâu 2.800 m. Các đường đẳng sâu bao quanh bề mặt đến 3.100 m tạo nên 1 núi ngầm trên ranh giới giữa sườn núi ngầm Tây Bắc với trũng sâu đại dương. Một bề mặt nằm ngang mài mòn nữa nằm