

PHÂN BỐ CỦA TRÙNG LỖ BÁM ĐÁY LỚN TRONG TRẦM TÍCH ĐÁ VÔI MIOCENE KHU VỰC TRUNG TÂM VÀ ĐÔNG NAM BỂ NAM CÔN SƠN

Phạm Thị Duyên, Mai Hoàng Đảm, Tạ Thị Hòa, Nguyễn Văn Sử, Nguyễn Thị Thắm

Viện Dầu khí Việt Nam

Email: duyenpt@vpi.pvn.vn

<https://doi.org/10.47800/PVJ.2022.11-02>

Tóm tắt

Các nghiên cứu về sinh địa tầng trong trầm tích đá vôi nước nông thường ít tìm thấy các hóa đá trùng lỗ trôi nổi, tảo vôi và bào tử phấn. Trong khi đó, hóa đá trùng lỗ bám đáy kích thước lớn (LBF) có ý nghĩa định tầng rất cao được tìm thấy khá phong phú. Nghiên cứu LBF trên cơ sở phân tích cấu trúc bên trong của hóa đá dưới kính hiển vi phân cực để xác định chính xác tên giống hoặc loài.

Kết quả nghiên cứu tại khu vực Trung tâm và Đông Nam bể Nam Côn Sơn cho thấy, các nhóm hóa đá LBF xuất hiện phổ biến trong trầm tích Miocene và đặc biệt phong phú trong trầm tích Miocene giữa. Tại trầm tích Miocene dưới (Te5 - Tf1 dưới), hóa đá LBF xuất hiện rải rác và bắt đầu phong phú vào Tf1 dưới. Tại trầm tích Miocene giữa (Tf1 giữa - Tf3), hóa đá xuất hiện phong phú, đa dạng ở tất cả các giống, loài và đánh dấu bằng sự kết thúc của giống *Miogypsina*, các phụ giống *Miogypsinoides*, *Katacycloclypeus* và hầu hết các loài của các giống *Lepidocyclina* và *Cycloclypeus*. Trong trầm tích Miocene trên (Tg), tổ hợp hóa đá LBF ít đa dạng, phổ biến là nhóm *Amphistegina* và *Operculina*. Một số loài của *Lepidocyclina* có giá trị định tầng còn tồn tại và phát triển chủ yếu ở các khối xây carbonate trầm tích ở phía Đông Nam bể Nam Côn Sơn. Tổ hợp các hóa đá LBF cùng với tổ hợp trùng múi nhỏ, trùng bánh xe nhỏ, trùng lỗ trôi nổi và các hóa đá sinh vật khác như san hô, huệ biển, hai mảnh có thể giúp xác định các đới lắng đọng đá vôi, trầm tích chứa vôi tại các giếng khoan trong khu vực nghiên cứu, từ vùng vịnh nước lợ, các đới thềm quanh rạn ám tiêu đến biển sâu. Sự hiện diện của LBF trong trầm tích đá vôi là chìa khóa để xác định tuổi, minh giải địa tầng, môi trường lắng đọng trầm tích và liên kết địa tầng.

Từ khóa: Đá vôi, trùng lỗ bám đáy lớn, đới Letter Stages, sinh địa tầng, bể Nam Côn Sơn.

1. Giới thiệu

Trùng lỗ bám đáy lớn (LBF hay LF) là trùng lỗ sống bám đáy có kích thước lớn (chủ yếu từ khoảng 1 - 60 mm), cấu tạo bên trong phức tạp và sống trong điều kiện môi trường liên quan đến các thành tạo đá vôi nước nông. LBF là sinh vật rất nhạy bén với sự biến đổi về điều kiện môi trường sống như ánh sáng, nhiệt độ, năng lượng môi trường, dinh dưỡng. Đặc biệt, hóa đá của LBF có giá trị rất lớn trong việc xác định địa tầng thành tạo đá vôi, đôi khi là nhóm duy nhất có khả năng định tầng như: *Fusulinids* và *Schwagerinids* trong Paleozoic muộn, *Nummulitids* trong Paleogene, *Lepidocyclinids* và *Miogypsinids* trong Paleogene muộn - Neogene [1 - 3]. Trong sinh địa tầng, đối với trầm tích đá vôi nước nông,

nơi mà các hóa đá trùng lỗ trôi nổi, tảo vôi và bào tử phấn ít được tìm thấy, sự xuất hiện của LBF là chìa khóa để minh giải địa tầng, môi trường lắng đọng và liên kết địa tầng.

Sự phát triển, tiến hóa và tuyệt chủng của các giống loài LBF trong trầm tích Đệ Tam được nhiều tác giả quan tâm nghiên cứu. Sự phân bố theo địa tầng được Leupold và Vlerk [4], Adam [5], Chaproniere [6], BouDagher-Fadel và Banner [7], BouDagher-Fadel [1, 2], Matsumaru [8, 9], Lunt và Allan [10] nghiên cứu, xây dựng và cập nhật thang phân đới "Letter Stages". Sự phân bố này được áp dụng ở các trầm tích Đệ Tam thuộc khu vực Ấn Độ Dương - Thái Bình Dương và hiện nay cũng được sử dụng để phân đới LBF cho nhiều khu vực khác. Trong đó, kỷ Đệ Tam được chia thành 7 phần theo thứ tự từ "a" đến "g" tương ứng như sau: Paleocene (Ta1): Ta1(a) và Ta1(b), Eocene sớm (Ta2), Eocene giữa (Ta3), Eocene muộn (Tb), Oligocene sớm (Tc - Td), Oligocene muộn (Te1 - Te4), Miocene sớm



Ngày nhận bài: 20/9/2022. Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 20/9 - 17/10/2022.

Ngày bài báo được duyệt đăng: 28/10/2022.

(Te5 - Tf1 dưới), Miocene giữa (Tf1 giữa - Tf3), Miocene muộn (Tg). Thềm lục địa Việt Nam nằm trong khu vực Ấn Độ Dương - Thái Bình Dương, vì vậy sự phát triển và tiến hóa của LBF tuân theo dòng tiến hóa chung của khu vực. Tuy nhiên, LBF mang tính địa phương khá cao và sự phát triển của LBF tùy thuộc vào khả năng thích hợp về điều kiện môi trường sống ở từng khu vực như mực nước biển, nhiệt độ, ánh sáng, khí hậu, nguồn dinh dưỡng [1 - 3, 7], do vậy cũng có quy luật phát triển đặc thù cho thềm lục địa Việt Nam, đặc biệt là gắn liền với sự phát triển của Biển Đông.

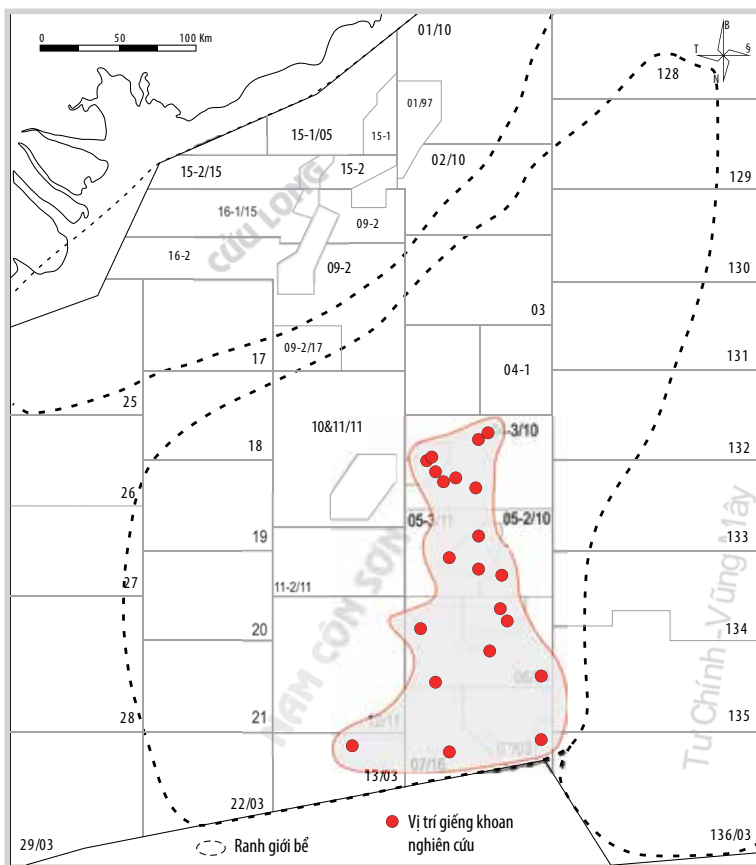
Trong bể trầm tích Nam Côn Sơn, đá vôi tuổi Miocene được hình thành và phát triển chủ yếu trong thời kỳ Miocene giữa và Miocene muộn. Trong thời kỳ Miocene sớm, các thành tạo đá vôi với bề dày mỏng (1 - 3 m) phân bố rải rác chủ yếu ở Lô 04, 05, 10 và 11. Ngoài ra, còn có các tập cát vôi, sét vôi xen kẹp dạng các đá vôi shoal/mound thuộc đới biển nông thềm trong và ven bờ được tìm thấy ở phần rìa phía Đông (các Lô 05, 06) và phía Nam (Lô 07/03, 13/03) của bể. Thời kỳ Miocene giữa, thành tạo đá vôi phân bố khá rộng và đa dạng tại các khu vực tiêu biểu: (1) Trung tâm bể phát triển các dạng khối xây tại rìa thềm như ở các cấu tạo Ứng Trắng, Đại Hùng, Sao Vàng và đá vôi thềm tìm thấy ở cấu tạo Thanh Long. Ngoài ra, trầm tích vôi có thành phần sét vôi, cát vôi xen kẹp thuộc đới sườn, biển sâu cũng được phát hiện tại các cấu tạo Hải Thạch, Kim Cương Tây, Mộc Tinh; (2) khu vực Tây Nam, trầm tích vôi chủ

yếu là các thành tạo cát vôi xen kẹp gần bờ như Hướng Dương Bắc, Hòn Khoai và dạng đá vôi thềm hoặc rìa thềm tại cấu tạo Tường Vi; (3) khu vực phía Đông, các thành tạo đá vôi phát triển mạnh các dạng khối xây thềm độc lập được bao quanh bởi các đới biển sâu tại Hoa Hồng, Hoa Đào High, Lan Đỏ và dạng sét vôi xen kẹp thuộc đới sườn/biển sâu tại Cá Rồng Đỏ. Thời kỳ Miocene muộn, ở khu vực phía Đông Bắc, do ảnh hưởng của biển tiến nên các khối đá vôi ngừng phát triển; trong khi đó, ở khu vực Đông Nam, các thành tạo đá vôi dạng khối xây vẫn tiếp tục phát triển ở những đới cao tương tự như Miocene giữa. Các dạng đá vôi khối xây thềm độc lập được bao quanh bởi đới nước sâu tại các cấu tạo Lan Đỏ, Hoa Đào, Tường Vi. Các thành tạo đá vôi dạng xen kẹp đới ven bờ rất ít gặp ở khu vực này và chỉ tìm thấy trong khu vực cấu tạo Hòn Khoai. Khu vực Trung tâm và Đông Nam bể Nam Côn Sơn (Lô 04, 05, 06, 07 và một phần Lô 13) tập trung chủ yếu các thành tạo carbonate của bể và gắn liền với quá trình phát triển của Biển Đông trong giai đoạn từ Miocene đến nay [11, 12].

Nghiên cứu chi tiết dưới dạng các lát mỏng về LBF ở bể Nam Côn Sơn được Viện Dầu khí Việt Nam thực hiện từ năm 2014 đến nay, tập trung chủ yếu ở một số cấu tạo thuộc Lô 04, 05, 06, 07, 12 và 13 đã xác định được nhiều giống loài đặc trưng trong đá vôi tuổi Miocene sớm đến Miocene muộn. Trong bài báo này, nhóm tác giả đã lựa chọn 21 giếng khoan thuộc khu vực Trung tâm và Đông Nam của bể Nam Côn Sơn để thực hiện nghiên cứu (Hình 1).

2. Phương pháp nghiên cứu

Tất cả các hóa đá tìm thấy trong mẫu được nhận dạng và phân loại theo từng nhóm dưới kính hiển vi soi nổi. Trong đó, các dạng thuộc nhóm LBF được tách riêng để nghiên cứu. Trong phân tích LBF thường thực hiện nhận dạng đến loài bằng việc mô tả đặc điểm cấu trúc bên trong của hóa đá nên cần phải tiến hành gia công lát mỏng cắt qua các phòng phôi của hóa đá. Mẫu sẽ được quan sát, mô tả cấu trúc bên trong của hóa đá dưới kính hiển vi phân cực để xác định tên loài hóa đá.



Hình 1. Sơ đồ khu vực nghiên cứu (PVN, 2019).

Phân tích xác định giống loài hóa đá trên cơ sở: (1) các đặc trưng bên ngoài gồm khung xương của sinh vật (vỏ) và hình dạng; (2) các đặc điểm bên trong gồm có các loại phòng, hình dạng phòng, cách sắp xếp phòng (phòng phôi, phòng phụ cơ bản PAC, phòng phụ AACI, phòng phụ AACII, phòng giai đoạn phôi, phòng giai đoạn non); (3) các tham số: kích thước phòng phôi, số lượng phòng (phôi), số vòng cuộn, góc lệch, số đo cung phòng phôi.

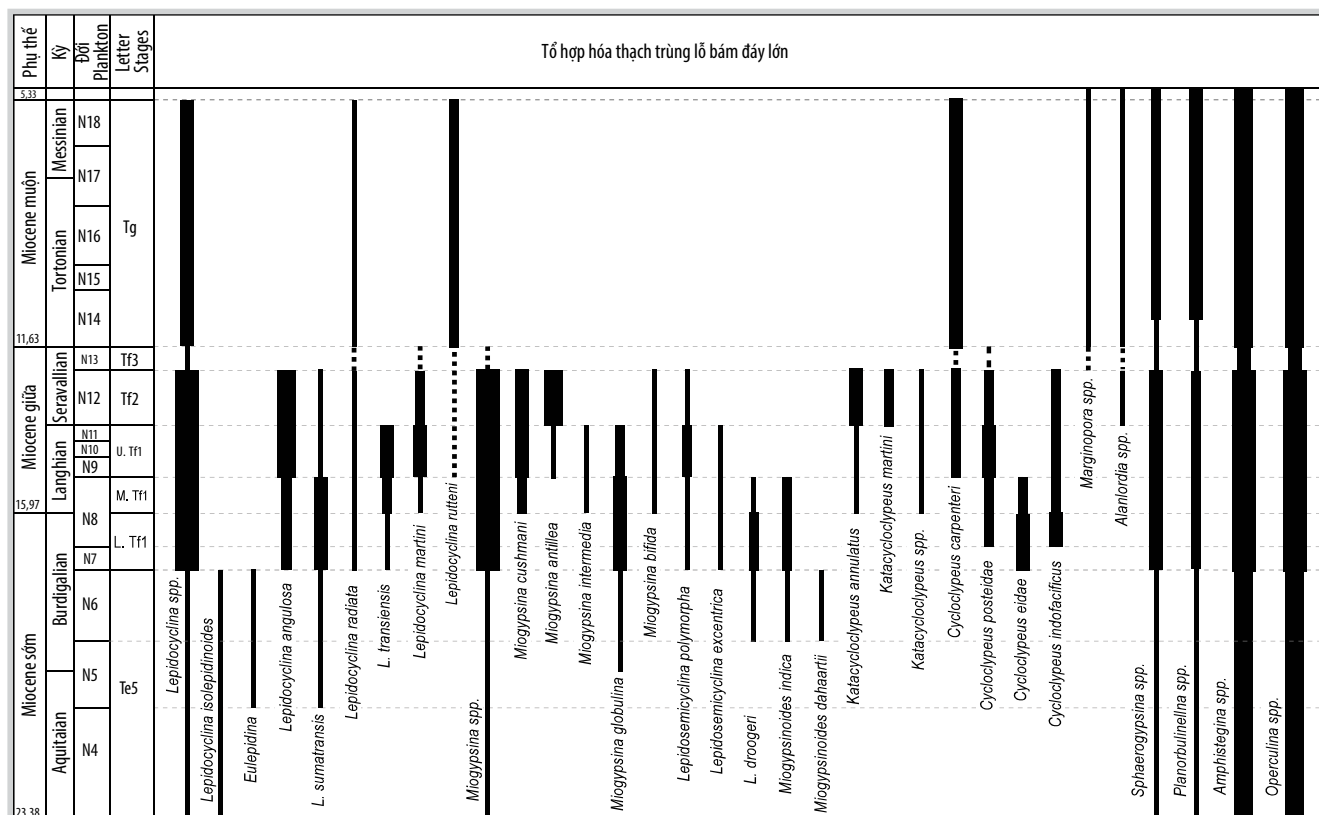
Mỗi giống sẽ có các tham số nghiên cứu khác nhau. Các hóa đá được phân tích và nhận dạng dựa trên sự đối sánh với các nghiên cứu của Adam [5], Adam và Frame [13], Drooger [14], Banner và Samuel [15], BouDagher-Fadel và các cộng sự [1, 2, 16 - 19], Matsumaru [8, 9], Lunt và Allan [10], Raju [20], Renema [21, 22], Singh và Raju [23, 24], Hok [25], Vessem [26].

Tại khu vực nghiên cứu nói chung và thềm lục địa Việt Nam nói riêng, LBF có giá trị định tầng quan trọng được nghiên cứu chi tiết dưới dạng lát mỏng bao gồm các loài thuộc các giống và phụ giống: *Lepidocyclina*, *Eulepidina*, *Miogypsina*, *Miogypsinoides*, *Lepidosemicyclina*, *Cycloclypeus* và *Katacycloclypeus*. Bên cạnh đó, một số hóa đá có đời phân bố địa tầng kéo dài cũng được nghiên cứu lát mỏng như các giống: *Alanlordia*, *Amphistegina*, *Planorbulinella*, *Operculina*, *Marginopora* và *Sphaerogypsina*.

3. Kết quả

Từ kết quả nghiên cứu, tổng cộng có 13 giống và phụ giống với 23 loài LBF được nhận dạng chi tiết. Hóa đá xác định được chủ yếu thuộc các giống *Cycloclypeus*, *Miogypsina* và *Lepidocyclina*, ngoài ra còn có các phụ giống *Katacycloclypeus* và *Lepidosemicyclina*, ít phổ biến hơn là *Miogypsinoides* và *Eulepidina* có giá trị định tầng rất tốt trong các trầm tích chứa vôi. Các giống *Amphistegina* và *Operculina* xuất hiện rất phổ biến nhưng không có giá trị định tầng cao nên ít được nghiên cứu trong lát mỏng. Các giống *Alanlordia*, *Planorbulinella*, *Marginopora* và *Sphaerogypsina* cũng xuất hiện rải rác ở một số giếng khoan.

Tại các giếng khoan nghiên cứu, trên cơ sở phân chia địa tầng bởi các nhóm hóa đá định tầng như trùng lỗ trôi nổi, tảo vôi và bào tử phấn [27], kết hợp với liên kết tài liệu địa chấn các giếng khoan [12], các hóa đá LBF được thống kê chi tiết về phân bố địa tầng và đối sánh với nghiên cứu từ các khu vực lân cận như: Malaysia (Borneo, Sabah), Phillipine, Indonesia (Java, Sulawesi) trong khu vực Ấn Độ Dương - Thái Bình Dương [1 - 3, 7 - 10, 15 - 20, 28, 29], từ đó xây dựng nên bảng phân bố địa tầng LBF theo thang "Letter Stages" riêng cho khu vực nghiên cứu (Hình 2).



Hình 2. Sự phân bố hóa đá LBF Miocene tại khu vực Trung tâm và Đông Nam bể Nam Côn Sơn.

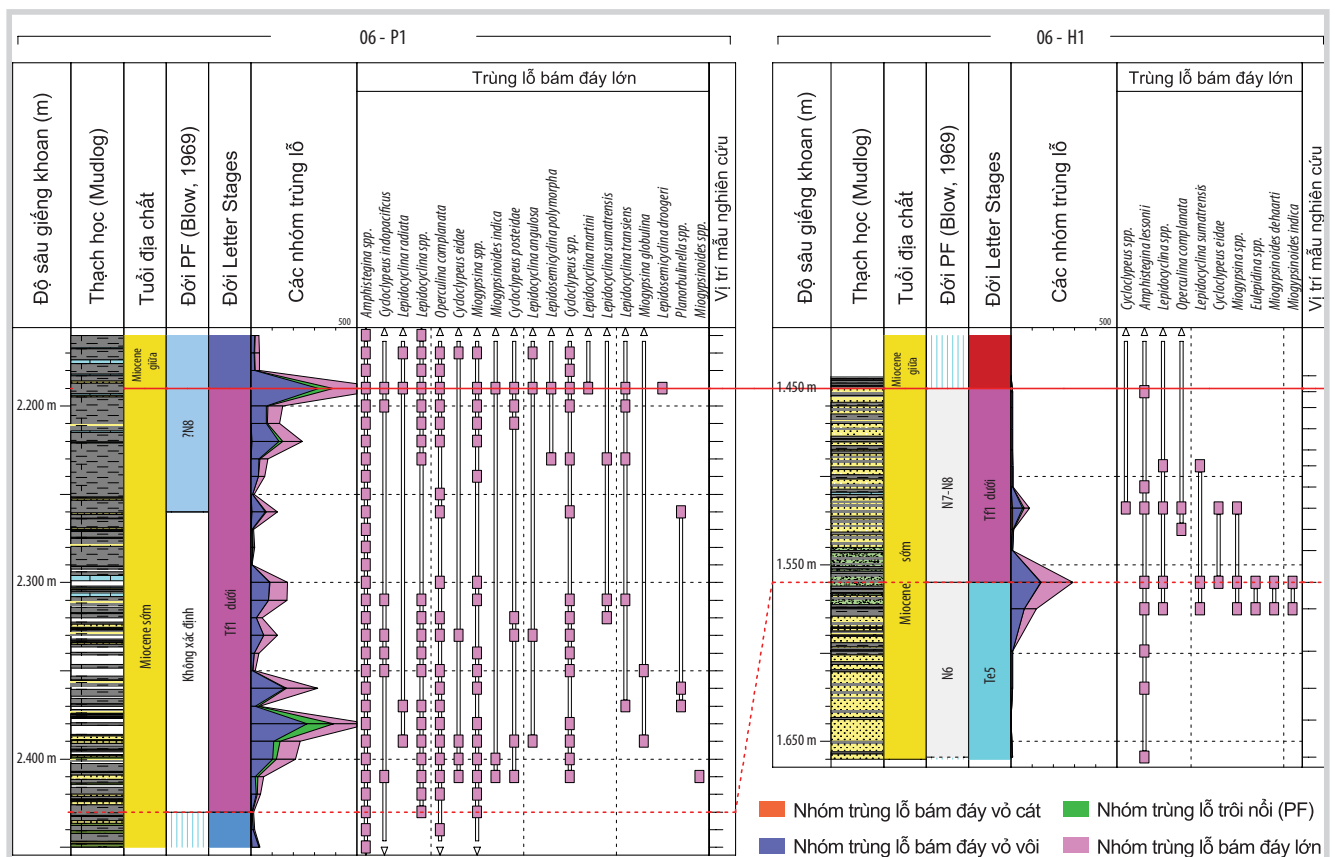
3.1. Phân bố địa tầng của hóa đá LBF trong trầm tích đá vôi Miocene

Kết quả nghiên cứu hóa đá LBF trong 21 giếng khoan thuộc khu vực Trung tâm và Đông Nam bể Nam Côn Sơn cho thấy, LBF bắt đầu xuất hiện từ Miocene sớm trong các trầm tích đá vôi và cát kết chứa vôi xen kẹp mỏng, đặc trưng bởi các giống và phụ giống như: *Cycloclypeus*, *Lepidocyclina*, *Eulepidina*, *Miogypsina*, *Lepidosemicyclina*, *Miogypsinoidea*, *Sphaerogypsina*, *Planorbulinella*, *Operculina* và *Amphistegina*, tuy nhiên tính phong phú còn hạn chế. Đến thời kỳ Miocene giữa, các thành tạo đá vôi phát triển rộng rãi cung cấp môi trường sống thuận lợi, dẫn đến LBF phát triển rất phong phú và đa dạng với sự xuất hiện của nhiều giống và phụ giống gồm: *Lepidocyclina*, *Lepidosemicyclina*, *Miogypsinoidea*, *Miogypsina*, *Cycloclypeus*, *Katacycloclypeus*, *Alanlordia*, *Planorbulinella*, *Marginopora*, *Amphistegina* và *Operculina*, phân bố rộng khắp trong khu vực nghiên cứu. Trong thời kỳ Miocene muộn, các thành tạo đá vôi chỉ còn phát triển ở khu vực Đông Nam bể Nam Côn Sơn, LBF suy giảm mạnh về số lượng và sự đa dạng, chỉ còn lại các giống như: *Amphistegina*, *Operculina*, *Lepidocyclina*, *Cycloclypeus*, *Sphaerogypsina*, *Marginopora* và *Planorbulinella*, trong đó

Amphistegina và *Operculina* phát triển khá phổ biến, các giống loài khác xuất hiện với số lượng rất hạn chế (Hình 2).

3.1.1. Trầm tích Miocene dưới (Te5 - Tf1 dưới)

Trầm tích Miocene dưới trong khu vực nghiên cứu cũng như toàn bể Nam Côn Sơn chủ yếu thành tạo trong giai đoạn kiến tạo khá bình ổn với các đặc trưng địa chấn là các sóng phản xạ song song hoặc á song song, độ liên tục của phản xạ trung bình, biên độ trung bình đến cao. Giai đoạn này biển bắt đầu tiến vào khu vực bể Nam Côn Sơn và tăng dần rõ rệt từ phía rìa Bắc - Tây Bắc, Nam - Tây Nam hướng vào Trung tâm và về phía Đông của bể Nam Côn Sơn [11, 12, 30]. Các thành tạo trầm tích vôi trong khu vực nghiên cứu chủ yếu là các dạng xen kẹp giữa các trầm tích sét kết, bột kết và cát kết. Riêng tại khu vực cụm cấu tạo Đại Hùng, trầm tích vôi phát triển dạng patch reef [11, 12]. Tổ hợp hóa đá LBF tìm thấy trong các tập đá vôi khá thưa thớt và kém đa dạng, chủ yếu thuộc các giống: *Sphaerogypsina*, *Planorbulinella*, *Amphistegina*, *Operculina*, *Miogypsina* (*Lepidosemicyclina*, *Miogypsinoidea*, *Miogypsina*), *Lepidocyclina* (*Lepidocyclina*, *Eulepidina*) và *Cycloclypeus* trong các thành tạo đá vôi xen kẹp thuộc các giếng khoan trong các Lô 05, 06, 07 và 13.



Hình 3. Sự phân bố địa tầng và hiện diện của các hóa đá LBF trong Tf1 dưới tại giếng khoan 06-P1 và 06-H1.

Sự xuất hiện của nhóm LBF trong tuổi Miocene sớm được chia thành 2 phần: phần dưới (đới Te5) với LBF xuất hiện rải rác, không đa dạng; phần trên (đới Tf1 dưới), LBF xuất hiện phổ biến và đa dạng hơn.

Đới Te5: Tổ hợp hóa đá LBF khá nghèo, đặc trưng bởi *Eulepidina*, *Lepidocyclina isolepidinoides*, *Miogypsinoidea dehaartii* và xuất hiện rải rác ở một số giếng khoan thuộc Lô 05, 06, 07 và 13. Nóc đới Te5 xác định bởi sự kết thúc của tổ hợp hóa đá này. Ngoài ra, trong đới Te5 còn xuất hiện một số hóa đá khác đi kèm như: *Lepidosemicyclina droogeri*, *Lepidocyclina sumatrensis*, *Miogypsina globulina*, *Miogypsinoidea indica*, *Amphistegina* spp. và *Operculina* spp. Bên cạnh đó, *Sphaerogypsina* spp. và *Planorbulinella* spp. cũng xuất hiện thưa thớt. Một số hóa đá thuộc giống *Lepidocyclina* và *Miogypsina* được tìm thấy trong đới này với số lượng rất ít và chưa xác định được tên loài do sự bảo tồn rất kém.

Đới Tf1 dưới: Tổ hợp hóa đá LBF phát triển phong phú với số lượng và sự đa dạng gia tăng so với đới Te5. Một số loài đã xuất hiện từ đới Te5 gồm: *Lepidocyclina sumatrensis*, *Lepidosemicyclina droogeri*, *Miogypsina globulina*, *Miogypsinoidea indica*, *Amphistegina* spp., *Operculina* spp., *Sphaerogypsina* spp. và *Planorbulinella* spp. Bên cạnh đó, một số loài mới xuất hiện như *Lepidocyclina transiens*, *Lepidocyclina angulosa*, *Lepidocyclina radiata*, *Lepidosemicyclina excentrica*, *Lepidosemicyclina polymorpha*, *Cycloclypeus eidae*, *Cycloclypeus posteidae* và *Cycloclypeus indopacificus*. Nóc Tf1 dưới được đánh dấu bởi sự xuất hiện đầu tiên (FO) của các hóa đá đới Tf1 giữa (Hình 3).

3.1.2. Trầm tích Miocene giữa (Tf1 giữa - Tf3)

Trong thời kỳ Miocene giữa, biển tiến sâu vào toàn bộ khu vực nghiên cứu cũng như toàn bể Nam Côn Sơn, các thành tạo carbonate phát triển rộng khắp với nhiều dạng khác nhau [11]. Khí hậu toàn cầu ấm áp trong giai đoạn này cũng tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của nhóm LBF trong khu vực [1 - 3, 12]. Các giống loài LBF tìm thấy trong trầm tích Miocene giữa tại khu vực nghiên cứu rất phong phú về số lượng, đa dạng cao về giống loài và bắt gặp ở các giếng khoan, đặc biệt là sự xuất hiện của phụ giống *Katacycloclypeus*, 1 phụ giống tách ra từ *Cycloclypeus* đặc trưng cho trầm tích Miocene giữa ở khu vực Ấn Độ Dương - Thái Bình Dương. Sự phân bố của hóa đá LBF trong giai đoạn này chia thành 4 đới: Tf1 giữa, Tf1 trên, Tf2 và Tf3 (Hình 4).

Đới Tf1 giữa: Tổ hợp hóa đá LBF xuất hiện rất phong phú và đa dạng, đặc biệt giống *Lepidocyclina* và *Miogypsina*.

Đới này ghi nhận sự xuất hiện của các loài LBF mới như: *Lepidocyclina martini*, *Miogypsina cushmani*, *Miogypsina intermedia*, *Lepidosemicyclina bifida* và đặc biệt là sự xuất hiện của phụ giống *Katacycloclypeus* với đại diện loài *Katacycloclypeus annulatus*. Một số giống loài đã xuất hiện trong Tf1 dưới, tiếp tục phát triển phong phú hơn trong Tf1 giữa như: *Lepidocyclina angulosa*, *Lepidocyclina sumatrensis*, *Lepidocyclina transiens*, *Lepidocyclina radiata*, *Miogypsina globulina*, *Lepidosemicyclina polymorpha*, *Lepidosemicyclina excentrica*, *Cycloclypeus eidae*, *Cycloclypeus posteidae*, *Cycloclypeus indopacificus*, *Sphaerogypsina* spp., *Planorbulinella* spp., *Amphistegina* spp. và *Operculina* spp. do điều kiện khí hậu toàn cầu ấm áp cùng với sự phát triển của các thành tạo đá vôi do biển tiến sâu hơn vào khu vực nghiên cứu. Nóc Tf1 giữa xác định bởi sự kết thúc của đới hóa đá *Lepidosemicyclina droogeri*, *Miogypsinoidea indica* và *Cycloclypeus eidae*.

Đới Tf1 trên: Hóa đá LBF thời kỳ này tiếp tục phát triển phong phú và đa dạng, đặc trưng bởi sự xuất hiện đầu tiên của các loài định tầng trong các giếng khoan như: *Miogypsina antillea* và *Cycloclypeus carpenteri*. Bên cạnh đó, tổ hợp LBF có giá trị định tầng tốt thường gặp gồm: *Lepidocyclina angulosa*, *Lepidocyclina sumatrensis*, *Lepidocyclina transiens*, *Lepidocyclina radiata*, *Miogypsina globulina*, *Miogypsina cushmani*, *Miogypsina intermedia*, *Lepidosemicyclina polymorpha*, *Lepidosemicyclina excentrica*, *Katacycloclypeus annulatus*, *Cycloclypeus posteidae* và *Cycloclypeus indopacificus*. Các hóa đá khác được ghi nhận bao gồm: *Sphaerogypsina* spp., *Planorbulinella* spp., *Amphistegina* spp. và *Operculina* spp. Nóc đới Tf1 trên được xác định bởi sự hiện diện sau cùng của hóa đá *Lepidocyclina transiens*, *Lepidosemicyclina excentrica*, *Miogypsina intermedia* và *Miogypsina globulina*.

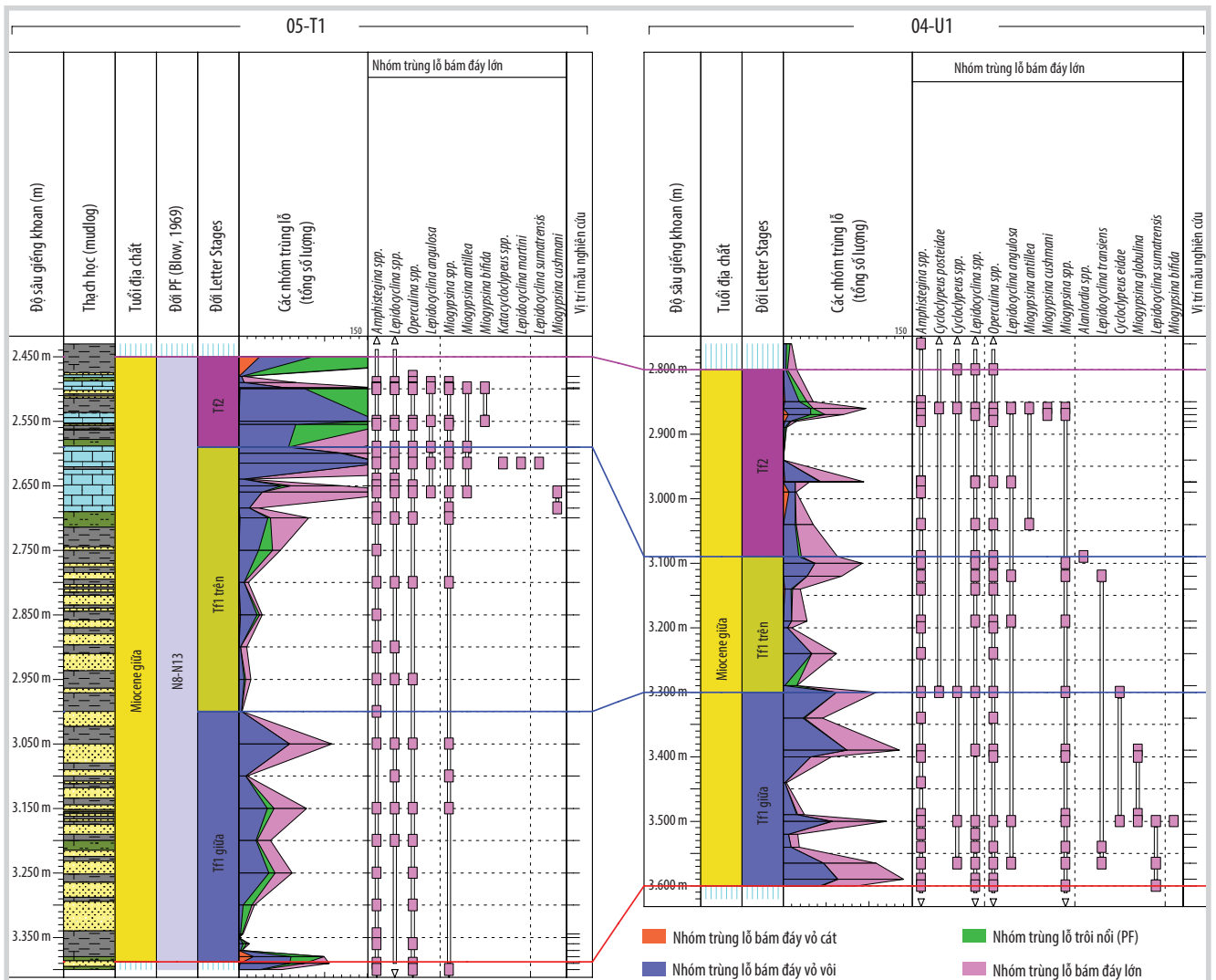
Đới Tf2: Phát triển rộng khắp và xác định tại các giếng khoan phân tích trong khu vực nghiên cứu. Đới này được ghi nhận bởi sự phát triển cực kỳ phong phú và đa dạng các giống loài, điển hình như: *Lepidocyclina angulosa*, *Lepidocyclina martini*, *Miogypsina cushmani*, *Miogypsina antillea*, *Katacycloclypeus annulatus*, *Cycloclypeus carpenteri*, *Cycloclypeus indopacificus*, *Cycloclypeus posteidae*, *Sphaerogypsina*, *Planorbulinella*, *Amphistegina* và *Operculina*. Các hóa đá khác xuất hiện ở mức phổ biến như: *Lepidocyclina sumatrensis*, *Lepidocyclina radiata*, *Lepidosemicyclina bifida* và *Lepidosemicyclina polymorpha*. Bên cạnh đó, đới Tf2 còn ghi nhận sự hiện diện của hóa đá *Katacycloclypeus martini* và sự xuất hiện đầu tiên của *Alanlordia* tại một số giếng khoan, đây là minh chứng để phân biệt đới Tf2 so với các đới khác. Tại nóc đới Tf2, hầu

hết các hóa đá LBF đều vắng mặt, chỉ còn lại một số nhóm như: *Amphistegina* và *Operculina* nhưng số lượng cũng suy giảm rất đáng kể, các nhóm *Miogypsina*, *Lepidocyclina*, *Cycloclypeus*, *Sphaerogypsina*, *Planorbulinella* xuất hiện rất thưa thớt dạng đơn lẻ vài cá thể trong các mẫu phân tích. Tuy nhiên, không thể xác định được đơn vị loài do sự bảo tồn kém.

Đới Tf3: Đới này có khoảng địa tầng phân bố tương đối ngắn, mật độ mẫu phân tích thưa nên ít gặp trong các giếng khoan phân tích. Kết quả phân tích tại các giếng khoan cho thấy sự suy giảm mạnh về số lượng và tính đa dạng do sự vắng mặt đồng loạt của các hóa đá LBF trong đới Tf3. Một số cá thể LBF được tìm thấy trong đới, tuy nhiên rất hiếm như: *Lepidocyclina* spp., *Miogypsina* spp., *Cycloclypeus* spp. tại các giếng khoan Lô 04-3, 05-1. Các hóa đá khác như: *Cycloclypeus carpentari*, *Amphistegina* và *Operculina* cũng xuất hiện rất thưa. Điều này có thể do khí hậu toàn cầu lạnh hơn vào giai đoạn này, gây bất lợi cho

sự phát triển của LBF và dẫn đến sự suy vong trên toàn thế giới [1 - 3, 12]. Mặt khác, tại bể Nam Côn Sơn mực nước biển vào thời kỳ này hạ thấp, bể nâng lên và bị bóc mòn ở nhiều nơi [11, 30].

Trong thời kỳ Miocene giữa, biển đã tiến sâu vào khu vực nghiên cứu, hình thành 2 đới môi trường rõ rệt: phía Tây và Nam thuộc Lô 04-3 (Ứng Trắng, Đại Bàng), Lô 05-1 (Đại Hùng, Sao Vàng), Lô 06/94 (Hương Dương Bắc, Hoa Hồng, Hoa Đào High) và Lô 13/3 (Hòn Khoai) nằm trong đới môi trường biển nông thềm trong, đặc trưng bởi các hóa đá *Ammonia* spp., *Eponides* spp., *Amphistegina* spp., *Elphidium* spp., *Lepidocyclina* spp., *Miogypsina* spp., *Ostracod* spp.; phía Đông nằm hoàn toàn trong đới biển sâu, đặc trưng bởi các hóa đá trùng lỗ trôi nổi như: *Globigerinoides trilobus*, *Globigerinoides obliquus*, *Globoquadrina altispira*... và phát triển các khối xây đá vôi thềm độc lập.



Hình 4. Sự phân bố địa tầng và sự đa dạng của các giống loài LBF trong Miocene giữa tại giếng khoan 05-T1 và 04-U1.

3.1.3. Trầm tích Miocene trên (đới Tg)

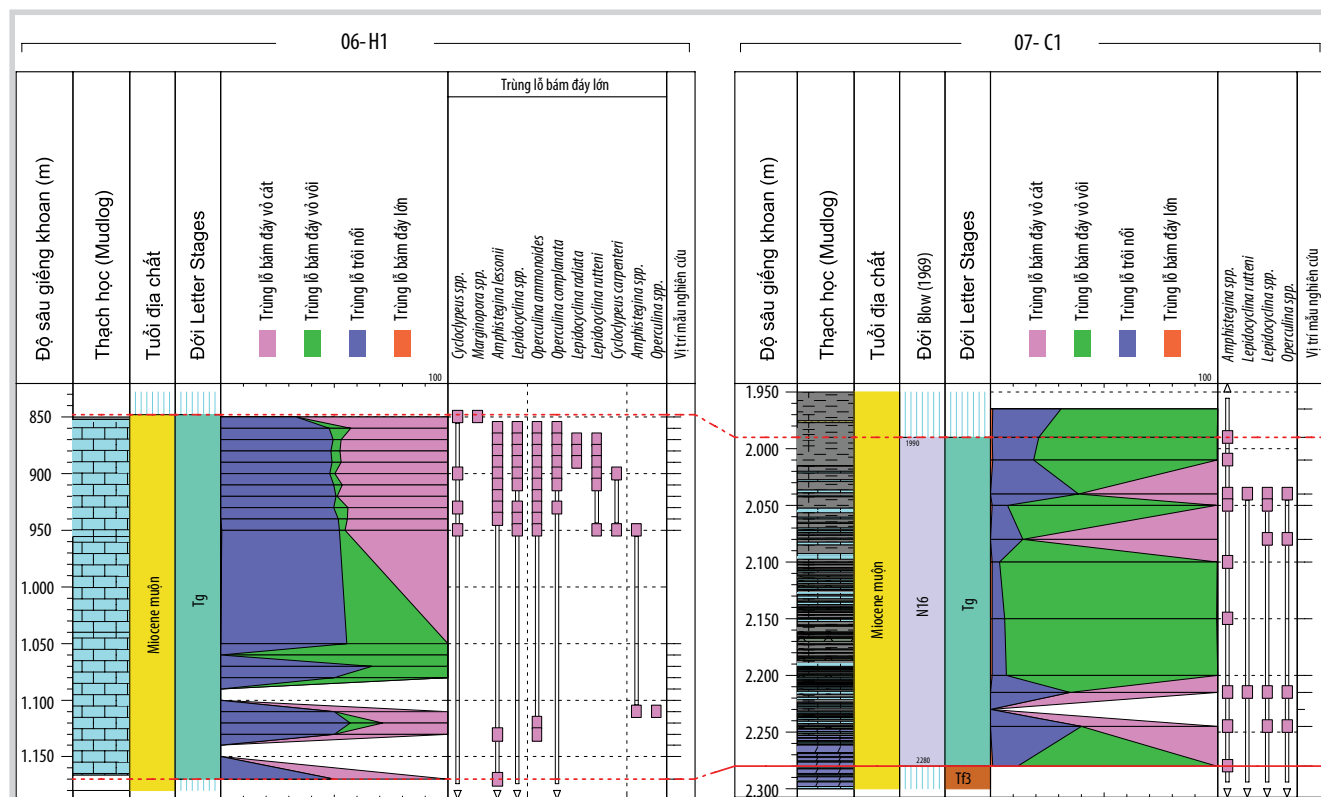
Trong thời kỳ Miocene muộn, quá trình biến tiến tiếp tục diễn ra tại khu vực phía Bắc bể Nam Côn Sơn cũng như khu vực nghiên cứu. Đây là nguyên nhân chính khiến các thành tạo đá vôi ở phía Bắc ngừng phát triển. Trong khi đó, các khối xây đá vôi vẫn tiếp tục phát triển trên các đới cao ở khu vực phía Nam với các đặc điểm tương tự như trong trầm tích Miocene giữa [11]. Tổ hợp hóa đá LBF vào thời kỳ này tại các giếng khoan nghiên cứu không phong phú, ít đa dạng, chủ yếu là thuộc nhóm *Amphistegina* và *Operculina*. Các nhóm khác như *Lepidocyclina* (*Lepidocyclina rutteni*, *Lepidocyclina radiata*), *Cycloclypeus* (*Cycloclypeus carpenteri*), *Sphearogypsina* và *Planorbulinella* ít phổ biến hơn. Ngoài ra, thời kỳ này còn có sự xuất hiện của hóa đá *Marginopora* với số lượng ít (Hình 5). Đáng chú ý, *Lepidocyclina* trong thời kỳ này có đặc điểm cấu tạo nhân rất đặc biệt, *Lepidocyclina radiata* có cấu trúc nhân dạng *Multilepidina*, *Lepidocyclina rutteni* có cấu trúc nhân *Trybliolepidina* rất lớn (> 500 μm) với hệ số sinh khối A > 70%). Kết thúc thời kỳ Miocene muộn, các hóa đá LBF nhóm *Lepidocyclina* vắng mặt trong khu vực nghiên cứu cũng như trên toàn thế giới. Các trầm tích giai đoạn này, trong phạm vi nghiên cứu, đặc trưng bởi môi trường biển sâu bao trùm gần như toàn bộ khu vực [12].

Phía Bắc hoàn toàn chìm trong đới biển sâu, một số giếng khoan nghiên cứu nằm trên phạm vi các khối turbidite. Hóa đá trùng lỗ đặc trưng được tìm thấy là: *Bolivina* spp., *Karreriella* spp., *Uvigerina* spp., *Glomospira* spp., *Globigerinoides trilobus*, *Globorotalia pachyderma*, *Globorotalia obesa*, *Globigerinoides sacculifer*, *Globigerina seminulina*, *Globigerina bulloides*, *Globigerinoides immaturus*...

Phía Tây Nam nằm trong đới môi trường biển thềm, phổ biến các trầm tích đá vôi thềm nước nông với diện phân bố rất rộng, chứa chủ yếu các hóa đá trùng lỗ: *Globigerinoides trilobus*, *Ammonia* spp., *Eponides* spp., *Cristellaria* spp., *Sigmoidella* spp., *Textularia* spp.

Về phía Tây, một phần Lô 13/3 nằm trong đới môi trường biển nông ven bờ, đặc trưng bởi các hóa đá trùng lỗ *Ammonia* spp., *Eponides* spp., *Elphidium* spp., *Quenqueculina* spp., *Cristellaria* spp., *Amphistegina* spp., *Operculina* spp.

Phía Đông Nam thuộc khu vực biển sâu (cấu tạo Cá Rồng Đỏ), bắt gặp chủ yếu các hóa đá trùng lỗ *Bulimina* spp., *Uvigerina* spp., *Globocassidulina* spp., rất phong phú trùng lỗ trôi nổi: *Orbulina universa*, *Globigerinoides trilobus*, *Globigerinoides immaturus*, *Globigerinoides saculifer*, *Globigerina bulloides*, *Globoquadrina altispira* và



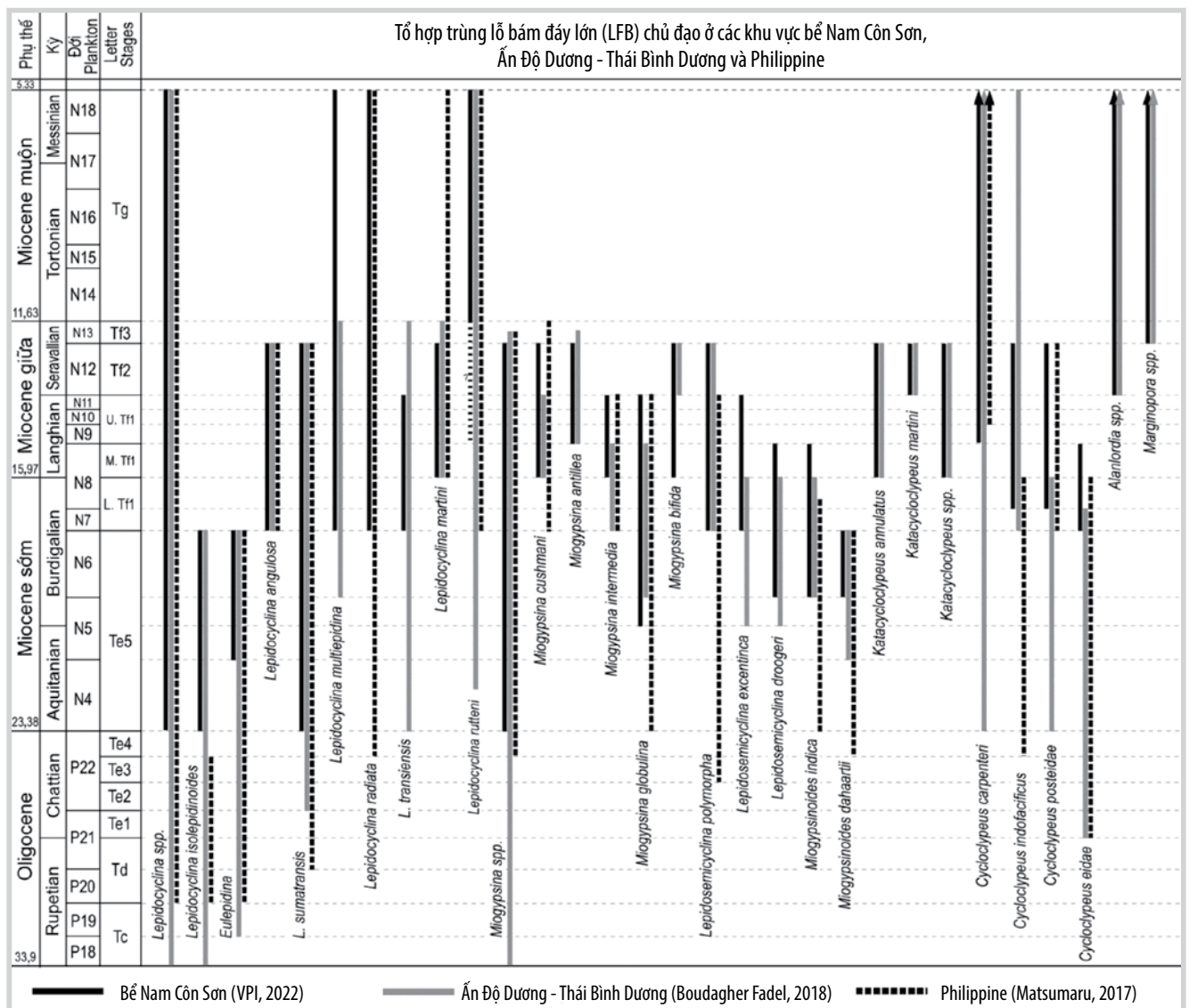
Hình 5. Sự phân bố địa tầng và xuất hiện của hóa đá LBF trong thời kỳ Miocene muộn (Tg) tại giếng khoan 06-H1 và 07-C1.

phát triển các khối xây đá vôi thêm độc lập tại các giếng khoan thuộc Lô 06-1, 06/94 chứa phổ biến các hóa đá san hô, huệ biển và một số LBF.

Các loài LBF Neogene ở các khu vực cách biệt về mặt địa lý phát triển trong môi trường tương tự thì trải qua quá trình tiến hóa tương tự nhưng theo các dòng song song riêng biệt [1, 2]. Do đó, sự tiến hóa của LBF trong khu vực Trung tâm và Đông Nam bể Nam Côn Sơn tuân theo các dòng tiến hóa chính của khu vực Ấn Độ Dương - Thái Bình Dương nhưng khác nhau ở cấp độ loài. Dòng tiến hóa này được kiểm soát bởi môi trường sống ở từng địa phương như mực nước biển, nhiệt độ, ánh sáng, khí hậu và nguồn dinh dưỡng [1 - 3, 14], do vậy cũng có quy luật phát triển đặc thù cho thềm lục địa Việt Nam, gắn liền với sự phát triển của Biển Đông. Trên thực tế, tại khu vực Trung tâm Ấn Độ Dương - Thái Bình Dương, LBF đã được ghi nhận từ

Paleocene ở Indonesia và Philippines [1 - 3, 8 - 10]. Trong giai đoạn khí hậu ấm áp từ Oligocene đến Miocene giữa, LBF phát triển cực kỳ đa dạng và phong phú ở khắp các khu vực của Ấn Độ Dương - Thái Bình Dương, đặc biệt là Đông Nam Á [1 - 3]. LBF chỉ được ghi nhận từ Miocene sớm tại khu vực nghiên cứu nói riêng và thềm lục địa Việt Nam nói chung bởi quá trình biển tiến trong Miocene của Biển Đông. Tuy nhiên, tương tự như các khu vực khác, đại đa số các giống, loài LBF đã bị tuyệt chủng vào cuối Miocene giữa khi pha lạnh toàn cầu xảy ra [1 - 3] và do sự nâng lên và bóc mòn của bể [11, 12]. Một số LBF thuộc giống *Lepidocyclus* còn tồn tại trong Miocene muộn phát triển khá độc lập ở một số khu vực cũng biến mất hoàn toàn vào cuối thời kỳ Miocene.

So với sự phân bố địa tầng của LBF ở các vùng lân cận, phạm vi địa tầng của các giống, loài LBF trong khu vực



Hình 6. Sự phân bố địa tầng của hóa đá LBF trong Miocene tại khu vực Trung tâm và Đông Nam bể Nam Côn Sơn và các khu vực lân cận.

ngiên cứu thể hiện một số khác biệt, bao gồm sự xuất hiện sớm hơn hoặc muộn hơn và sự vắng mặt hoặc gần như vắng mặt của một số giống, loài (Hình 6).

Một số giống loài xuất hiện muộn hơn so với khu vực Ấn Độ Dương - Thái Bình Dương trong cùng thời kỳ như: *Eulepidina*, *Miogypsinoidea dehaartii*, *Lepidosemicyclina excentrica*, *Miogypsina intermedia*, *Cycloclypeus eidae*, *Cycloclypeus posteidae*, *Lepidocyclina rutteni*, *Lepidocyclina martini*. Nhiều loài có đời phân bố dài hơn như: *Miogypsina cushmani*, *Miogypsina globulina*, *Lepidosemicyclina excentrica*, *Lepidosemicyclina droogeri*, *Miogypsinoidea indica*, *Cycloclypeus posteidae*, *Cycloclypeus eidae*. Một số loài có đời phân bố theo ghi nhận hiện tại là kết thúc sớm hơn so với khu vực Ấn Độ Dương - Thái Bình Dương như *Lepidocyclina transiens*, *Lepidocyclina martini*, *Miogypsina antillea*. Đặc biệt, *Lepidocyclina radiata* với cấu tạo nhân dạng *Multilepidina* được tìm thấy trong trầm tích vôi thuộc khối xây thềm độc lập trong Miocene muộn ở phía Đông Nam khu vực nghiên cứu là hóa đá rất đặc thù, chỉ được tìm thấy ở giai đoạn cuối của Miocene giữa tại các khu vực lân cận [1, 2, 10].

Trên thực tế, việc xác định ranh giới và phân tập địa tầng chi tiết tại các giếng khoan nghiên cứu được xác định bởi các nhóm hóa đá định tầng như trùng lỗ trôi nổi, hóa đá tảo vôi và hóa đá bào tử phấn hoa, kết hợp với liên kết tài liệu địa chấn qua các giếng khoan nghiên cứu. Từ đó, sự phân bố địa tầng của LBF tại khu vực Trung tâm và Đông Nam bể Nam Côn Sơn được xác định trên cơ sở thống kê chi tiết sự hiện diện trong các tập trầm tích đá vôi và đá vôi xen kẹp đã nghiên cứu, đồng thời so sánh, đối chiếu với LBF tại các khu vực lân cận. Kết quả nghiên cứu được thực hiện trên cơ sở dữ liệu hóa đá lớn (hơn 700 lát mỏng) và bao quát (từ 21 giếng khoan) mang tính đại diện cao, phản ánh thực tế sự hiện diện của LBF thời kỳ Miocene trong khu vực. Qua đó cho thấy giá trị địa tầng cao của LBF trong các trầm tích đá vôi nước nông, nơi mà các hóa đá định tầng khác được tìm thấy rất ít và có độ tin cậy kém.

Sự xuất hiện và biến mất của một số LBF quan trọng trong Miocene tại khu vực nghiên cứu được tóm tắt trong Bảng 1, trên cơ sở so sánh với các đời trùng lỗ trôi nổi theo Blow [31] và Wade [32]; đời hóa đá LBF "Letter Stages" theo

Bảng 1. Sơ đồ phân bố hóa đá LBF trong Miocene tại khu vực Trung tâm và Đông Nam bể Nam Côn Sơn, so sánh với các đời trùng lỗ trôi nổi, tảo vôi và bào tử phấn hoa

Thời kỳ	Hệ Tầng	Đời trùng lỗ trôi nổi		Đời tảo vôi		Đời Bào tử phấn (VPI)		Đời Letter Stages	Các sự kiện chính của LBF thời kỳ Miocene tại khu vực Trung tâm và Đông Nam bể Nam Côn Sơn							
		Blow, 1969	Wade, 2011	Martini, 1979	Backman, 2012	Đời	Phụ đời		Boudagher-Fadel, 2018	Trong nghiên cứu này						
Miocene muộn	Nam Côn Sơn	N18	M14	NN12	CNM20	Florschuetzia meridionalis	Stenochlaena laurifolia	Tg	khả phong phú ở các khối xây phía Đông Nam bể NCS	*Phong phú <i>Amphistegina</i> và <i>Operculina</i> *Hiện diện <i>Cycloclypeus carpenteri</i> , <i>Marginopora</i> , <i>Sphearogypsina</i> và <i>Planorbulinella</i> *LO <i>Lepidocyclina (Multilepidina) radiata</i> , <i>Lepidocyclina (Trybliolepidina) rutteni</i> .						
		N17	M13b	NN11	CNM19 CNM18 CNM17 CNM16											
		N16	M13a	NN10	CNM15 CNM14											
		N15	M12	NN9	CNM13											
		N14	M11	NN8	CNM12 CNM11											
		N13	M10	NN7	CNM10											
		Miocene giữa	Thông - Măng Cẩu	N12	M9						NN6	CNM9 CNM8	F. trilobata	Tf3	Hiếm gặp LBF	*FO <i>K. martini</i> , <i>Alanlordia</i> *LO <i>Miogypsina</i> , <i>Katacycloclypeus</i> và hầu hết các loài của <i>Lepidocyclina</i> , <i>Cycloclypeus</i>
				N11	M8						NN5	CNM7	F. semilobata	Tf1 trên	*FO <i>Miogypsina antillea</i> và <i>Cycloclypeus carpenteri</i> *LO <i>L. transiens</i> , <i>M. excentrica</i> , <i>M. intermedia</i> và <i>M. globulina</i>	
				N10	M7									Tf1 giữa	*FO <i>L. martini</i> , <i>M. cushmani</i> , <i>M. intermedia</i> , <i>M. bifida</i> , <i>Katacycloclypeus</i> *LO <i>M. droogeri</i> , <i>M. indica</i> và <i>C. eidae</i>	
				N9	M6						NN4	CNM6	M. howardi Acme	Tf1 dưới	khả phổ biến	*FO <i>L. transiens</i> , <i>L. angulosa</i> , <i>L. radiata</i> , <i>M. excentrica</i> , <i>M. polymorpha</i> , <i>C. eidae</i> <i>C. posteidae</i> và <i>C. indopacificus</i>
N8	M5			F. trilobata	Te5	xuất hiện thưa thớt	*Hiện diện các hóa đá: <i>Eulepidina</i> , <i>Lepidocyclina isolepidinoides</i> , <i>Miogypsinoidea dehaartii</i> *FO <i>Miogypsinoidea indica</i> , <i>Lepidosemicyclina droogeri</i> , <i>Lepidocyclina sumatrensis</i> , <i>Miogypsina globulina</i>									
N7	M4	NN3	CNM5													
N6	M3	NN2	CNM4 CNM3													
N5	M2		CNM2 CNM1													
Miocene sớm	Dừa	N4	M1	NN1	CNM1											

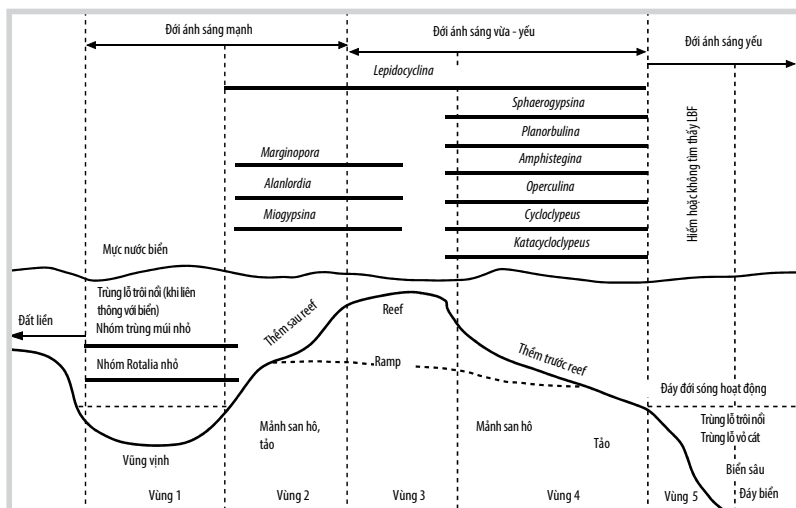
BouDagher-Fadel [2]; đới đảo vôi theo Martini [33] và Backman [34] và đới bào tử phấn hoa theo nghiên cứu của VPI.

3.2. Môi trường thành tạo trầm tích Miocene theo phân bố hóa đá LBF

Trùng lỗ sống bám đáy lớn có môi trường sống gắn liền với các trầm tích chứa vôi, đá vôi nước nông và các rạn ám tiêu (reef) [1 - 3, 35]. Dựa trên các tổ hợp LBF và các hóa đá trùng lỗ sống đáy kích thước nhỏ, hóa đá trùng lỗ trôi nổi và các sinh vật khác sinh sống quanh các ám tiêu (như san hô, huệ biển, hai mảnh...), môi trường lắng đọng trầm tích vôi Miocene tại các giếng khoan trong phạm vi nghiên cứu có thể được phân chia thành các đới chi tiết xung quanh rạn ám tiêu theo mô hình trong Hình 7 [1, 2].

3.2.1. Trầm tích Miocene dưới

Tổ hợp LBF thường gặp là *Lepidocyclina*, *Miogyopsina*, *Cycloclypeus*, *Sphaerogypsina*, *Planorbulina*, *Amphistegina*, *Operculina*, phân bố trong môi trường thềm trước ám tiêu: với LBF thưa thớt trong khi nhóm trùng lỗ trôi nổi xuất hiện tương đối phong phú, bắt gặp tại cấu tạo Cá Rồng Đỏ; khối xây patch reef: hiện diện đa dạng và phong phú LBF, hiếm trùng lỗ trôi nổi và trùng lỗ bám đáy nhỏ, tìm thấy tại các cấu tạo Ứng Trắng, Hải Thạch, Kim Cương Tây, Hoa Đào High, Cá Đục, Cá Rồng Đỏ; thềm sau ám tiêu: thường gặp các hóa đá trùng lỗ sống đáy nhỏ thuộc nhóm *Rotalia* và trùng múi như *Ammonia* spp., *Quinqueloculina* spp., *Pyrgo* spp., *Sismoidella* spp., *Eponides* spp., *Cristellaria* spp., *Elphidium* spp.,... tại cấu tạo Sao Vàng, Đại Nguyệt (vùng 2 - 4, Hình 7 và 8). Đới vũng vịnh chứa các trầm tích vôi xen kẹp, rất phong phú các hóa đá trùng lỗ sống đáy nhỏ nhóm *Rotalia* và trùng múi như: *Pseudorotalia* spp., *Asterorotalia* spp., *Ammonia* spp., *Quinqueloculina* spp., *Pyrgo* spp., *Sismoidella* spp., *Spiroloculia* spp., *Triloculina* spp., *Eponides* spp., *Cristellaria* spp., *Elphidium* spp.... và hóa đá *Ostracod*, không hiện diện LBF và trùng lỗ trôi nổi. Đới lắng đọng này phân bố tại các khu vực cấu tạo Sao Vàng, Hòn Khoai (vùng 1, Hình 8).



Hình 7. Mô hình lắng đọng trầm tích đá vôi Miocene tại khu vực nghiên cứu (dựa trên tổ hợp LBF, trùng lỗ bám đáy nhỏ và trùng lỗ trôi nổi [2]).

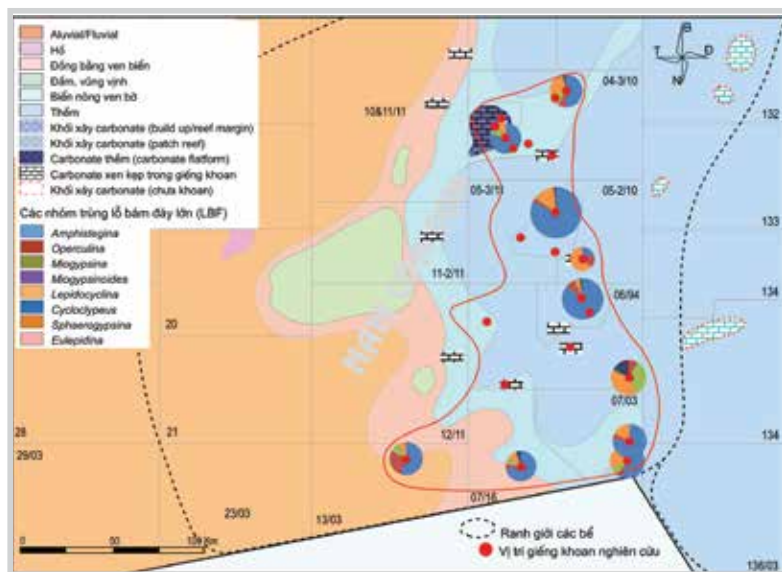
Trong khu vực nghiên cứu, các giếng khoan ở khu vực phía Đông thuộc Lô 05-2, 06-1, 06/94, 07/03 hoàn toàn nằm trong đới thềm biển nông. Riêng đới biển nông gần bờ phát triển thành đới dài và hẹp từ Bắc xuống Nam với các giếng khoan thuộc Lô 04-3, 05-1, 13/3.

3.2.2. Trầm tích Miocene giữa

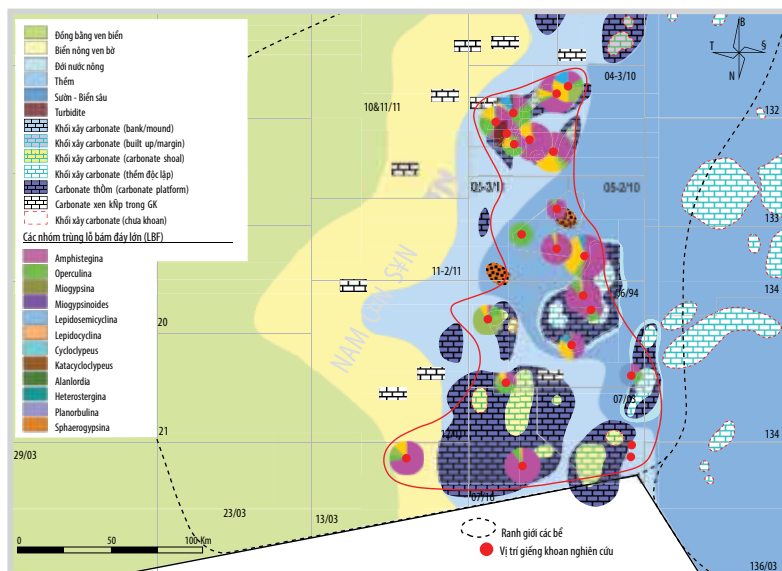
Tổ hợp LBF là *Lepidocyclina*, *Miogyopsina*, *Katacycloclypeus*, *Cycloclypeus*, *Alanlordia*, *Amphistegina*, *Operculina* phân bố trong môi trường thềm từ trước ám tiêu: ở khu vực cấu tạo Hoa Đào High, Cá Đục; khối xây patch reef và khối xây san hô rất đa dạng và phong phú LBF, thường gặp san hô, hai mảnh, huệ biển, một số trùng lỗ sống đáy nhỏ như *Ammonia* spp., *Quinqueloculina* spp., *Elphidium* spp., *Cristellaria* spp., trùng lỗ trôi nổi hầu như vắng mặt, bắt gặp tại các cấu tạo Đại Hùng, Thanh Long, Sao Vàng, Ngọc Thạch, Hướng Dương Bắc, Hoa Hồng, Tường Vi; thềm sau ám tiêu: phong phú các hóa đá trùng lỗ sống đáy nhỏ thuộc nhóm *Rotalia* và trùng múi như *Pseudorotalia* spp., *Ammonia* spp., *Quinqueloculina* spp., *Sismoidella* spp., *Eponides* spp., *Cristellaria* spp., *Elphidium* spp. và các hóa đá LBF như *Miogyopsina*, *Lepidocyclina*, *Amphistegina*, *Operculina* chứa trong các tập vôi xen kẹp cát/bột kết ở cấu tạo Hòn Khoai (vùng 2 - 4, Hình 7 và 9). Một số giếng khoan ghi nhận các trầm tích vôi xen kẹp có chứa các tổ hợp hóa đá trùng lỗ trôi nổi rất phong phú, trùng lỗ sống đáy chủ yếu là dạng nước sâu, không hiện diện LBF, thuộc đới biển sâu (các cấu tạo Sao Vàng, Hải Thạch, Kim Cương Tây, Mộc Tinh, Cá Đục, Cá Rồng Đỏ) (vùng 5, Hình 7 và 9).

3.2.3. Trầm tích Miocene trên

Tổ hợp LBF thường gặp: *Marginopora*, *Sphaerogypsina*, *Planorbulina*, *Lepidocyclina*, *Cycloclypeus*, *Amphistegina*, *Operculina*, phân bố trong các đá vôi môi trường thềm từ trước ám tiêu: cùng với các mảnh vụn san hô và rất ít hóa đá trùng lỗ sống đáy nhỏ và trùng lỗ trôi nổi, tìm thấy trong giếng khoan thuộc cấu tạo Hoa Đào



Hình 8. Sự phân bố của hóa đá LBF trong Miocene dưới.



Hình 9. Sự phân bố của hóa đá LBF trong Miocene giữa.

High, Cá Đục; đới khối xây san hô, đặc trưng bởi tầng đá vôi dày, hóa đá bắt gặp chủ yếu là san hô, huệ biển, sinh vật 2 mảnh, ít LBF và rất hiếm hóa đá khác, bắt gặp tại các cấu tạo Lan Đỏ, Phong Lan, Tường Vi; đới thềm sau ám tiêu: hiện diện các hóa đá trùng lỗ sống đáy nhỏ nước nông như *Ammonia* spp., *Quinqueloculina* spp., *Pyrgo* spp., *Sismoidella* spp., *Eponides* spp., *Cristellaria* spp., *Elphidium* spp.... và các hóa đá LBF *Amphistegina*, *Operculina*, hiếm trùng lỗ trôi nổi tại cấu tạo Hòn Khoai (vùng 2 - 4, Hình 7 và 10). Đới biển sâu được ghi nhận tại một số giếng khoan từ các trầm tích vôi xen kẹp, phong phú trùng lỗ trôi nổi và không hiện diện LBF được xác định tại các giếng khoan của cấu tạo Hải Thạch và Mộc Tinh (vùng 5, Hình 7 và 10).

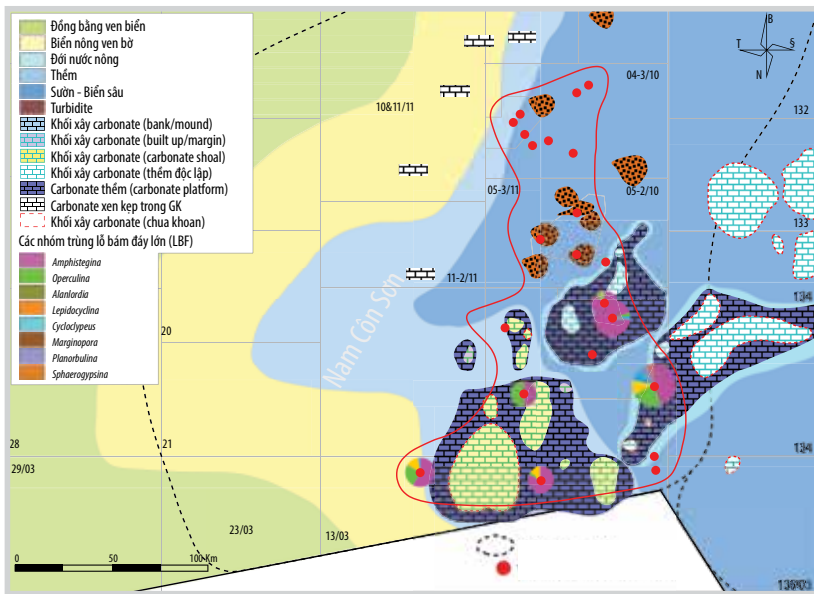
Thực tế cho thấy, việc xác định vị trí lắng đọng carbonate trên cơ sở sử dụng các tổ hợp LBF cùng với các hóa đá trùng lỗ sống đáy nhỏ, trùng lỗ trôi nổi và các sinh vật khác (như san hô, huệ biển, 2 mảnh...)

cho kết quả tương đồng với sự phân bố đá vôi xác định trên mặt cắt địa chấn (Hình 11).

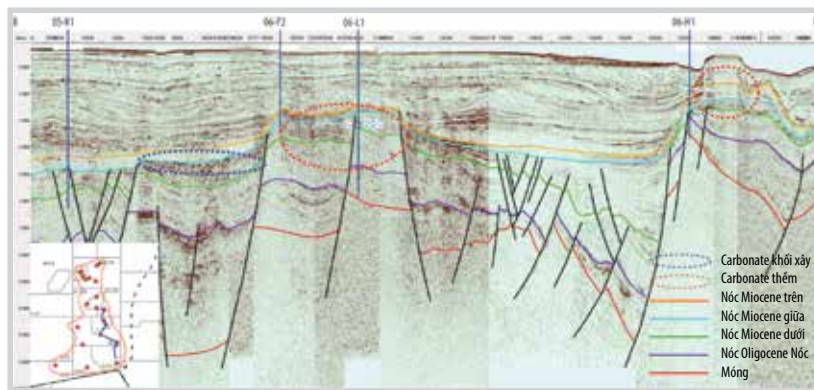
Thông thường, trên mặt cắt địa chấn chỉ có thể nhận diện các thành tạo đá vôi dày dạng khối xây; trầm tích đá vôi dạng xen kẹp và đá vôi thềm rất khó nhận diện. Vì vậy, việc sử dụng tổ hợp LBF cùng với các tổ hợp trùng lỗ trôi nổi và sống đáy nhỏ và các sinh vật sống trong môi trường giàu carbonate giúp việc xác định môi trường lắng đọng trầm tích chi tiết và hiệu quả hơn.

Tóm lại, sự phát triển và tiến hóa của LBF khu vực Trung tâm và Đông Nam bể Nam Côn Sơn tuân theo xu thế tiến hóa chung của LBF ở Ấn Độ Dương - Thái Bình Dương, nhưng cũng mang đặc trưng của khu vực nghiên cứu và bể Nam Côn Sơn, phản ánh qua mức độ phong phú và sự phân bố địa tầng của LBF, sự xuất hiện sớm hoặc muộn hơn, vắng mặt hoặc gần như vắng mặt, hay những đặc trưng riêng biệt ở một số loài. Các hóa đá LBF bắt gặp rải rác trong giai đoạn đầu của thời kỳ Miocene sớm và bắt đầu trở nên phổ biến vào cuối Miocene sớm khi các trầm tích carbonate phát triển rộng do biển tiến sâu vào khu vực. Trong môi trường biển nông và đới khí hậu ấm áp, LBF phát triển cực kỳ đa dạng và phong phú trong Miocene giữa. Vào cuối Miocene giữa, hầu hết LBF đặc biệt là các nhóm ưa môi trường nước nông như: *Miogypsina*, *Katacycloclypeus*, *Lepidocyclina* đều bị tuyệt chủng đột ngột. Thời kỳ này tương ứng với pha lạnh toàn cầu xảy ra vào cuối Serravallian và gây nên sự tuyệt chủng của hầu hết các hóa đá LBF tại khu vực Ấn Độ Dương - Thái Bình Dương [1, 2, 12]. Đây cũng là giai đoạn mực nước biển hạ thấp, toàn bể nâng lên và bị bóc mòn ở nhiều nơi [11]. Sang Miocene muộn, một số giống loài LBF như *Lepidocyclina rutteni*, *Lepidocyclina radiata* và *Cycloclypeus carpenteri* còn lại tiếp tục phát triển. Kết thúc Miocene muộn, giống *Lepidocyclina* biến mất hoàn toàn cùng với sự chấm dứt phát triển của các thành tạo carbonate trong khu vực bởi quá trình lún chìm nhiệt sau tách giãn của biển Đông.

Do vậy, sự phân đới địa tầng của LBF tại khu vực nghiên cứu có ý nghĩa rất lớn đối với



Hình 10. Sự phân bố của hóa đá LBF trong Miocene trên.



Hình 11. Các dạng đá vôi khối xây và đá vôi rìa khối xây (thêm) trên mặt cắt địa chấn qua các giếng khoan 05-K1, 06-P2, 06-L1 và 06-H1, khu vực Đông Nam bể Nam Côn Sơn [12].

việc phân chia và chính xác hóa địa tầng trong khu vực. Ngoài ra, tổ hợp LBF cùng với các tổ hợp hóa đá khác bắt gặp trong giếng khoan nghiên cứu cũng giúp cho việc xác định môi trường lắng đọng trầm tích chính xác và chi tiết hơn.

4. Kết luận

Nghiên cứu được thực hiện trên cơ sở xác định hóa đá của 13 giếng và phụ giếng, với 23 loài LBF cụ thể. Hóa đá bắt gặp phong phú nhất là *Lepidocyclina*, *Miogypsina*; phổ biến là *Cyclocypeus*, *Katacycloypeus*; ít gặp hơn là *Sphaerogypsina*, *Planorbullina*, *Alanlordia*, *Eulepidina*, *Lepidosemicyclina*, *Miogypsinoidea*, *Marginopora*. Hóa đá của 2 giếng rất phổ biến trong các trầm tích carbonate là *Amphistegina* và *Operculina* có đới phân bố địa tầng rộng, không có giá trị định tầng nên ít được đề cập trong nghiên cứu lát mỏng.

Kết quả nghiên cứu sự phân bố theo địa tầng tại khu vực nghiên cứu cho thấy tổ hợp hóa đá LBF xuất hiện rải rác từ thời kỳ Miocene sớm và trở nên rất phong phú trong Miocene giữa. Tuy nhiên vào cuối Miocene giữa, LBF gần như biến mất đồng loạt và chỉ còn một số loài vẫn còn phát triển

trong Miocene muộn, giới hạn trong các khối đá vôi xây thềm độc lập phía Đông Nam khu vực.

Sự phát triển và tiến hóa của LBF tại khu vực nghiên cứu tuân theo xu thế tiến hóa chung của LBF ở Ấn Độ Dương - Thái Bình Dương, nhưng cũng mang đặc trưng riêng cho khu vực, phản ánh qua mức độ phong phú, sự phân bố địa tầng hay những đặc điểm giống, loài.

Cùng với các tổ hợp hóa đá trùng lỗ kích thước nhỏ, trùng lỗ trôi nổi, trùng lỗ vôi cát, tổ hợp hóa đá LBF và các sinh vật khác gặp trong mẫu phân tích góp phần xác định đới lắng đọng của các trầm tích carbonate tại các giếng khoan trong môi trường từ vùng vịnh, các đới thềm quanh ám tiêu đến biển sâu.

Tài liệu tham khảo

- [1] Marcelle K. BouDagher-Fadel, "Evolution and geological significance of larger benthic foraminifera", *Developments in Palaeontology and Stratigraphy*. Elsevier, 2008.
- [2] Marcelle K. BouDagher-Fadel, *Evolution and geological significance of larger benthic foraminifera*. UCL Press, 2018. DOI: 10.2307/j.ctvqhsq3.
- [3] Willem Renema, "Fauna development of larger benthic foraminifera in the Cenozoic of Southeast Asia", *Biogeography, Time and Place: Distributions, Barriers and Islands*. Springer Dordrecht, 2007, pp. 179 - 215. DOI: 10.1007/978-1-4020-6374-9.
- [4] W. Leupold and I.M. van der Vlerk, "The Tertiary", *Leidsche Geologische Mededelingen*, Vol. 5, No. 1, pp. 611 - 648, 1931.
- [5] Charles Geoffrey Adam, "A reconsideration of the East Indian letter classification of the Tertiary", *Bulletin of the British Museum (Natural History) Geology*, Vol. 19, pp. 87 - 137, 1970.
- [6] George C.H. Chaproniere, "The

Neogene larger foraminiferal sequence in the Australian and New Zealand regions and its relevance to the East Indies letter stage classification", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 46, No. (1 - 3), pp. 25 - 35, 1984. DOI: 10.1016/0031-0182(84)90023-3.

[7] Marcelle K. BouDagher-Fadel and Fred T. Banner, "Revision of the stratigraphic significance of the Oligocene - Miocene Letter-Stages", *Revue de Micropaléontologie*, Vol. 42, No. 2, pp. 93 - 97, 1999. DOI: 10.1016/S0035-1598(99)90095-8.

[8] Kuniteru Matsumaru, "A new definition of the Letter Stages in the Philippine archipelago", *Stratigraphy*, Vol. 8, No. 4, pp. 237 - 252, 2011.

[9] Kuniteru Matsumaru, "Larger foraminifera from the Philippine archipelago", *Micropaleontology*, Vol. 63, No. 2 - 4, pp. 77 - 253, 2017.

[10] Peter Lunt and Tony Allan, "A history and application of larger foraminifera in Indonesian biostratigraphy, calibrated to isotopic dating", *GRDC Workshop on Micropalaeontology*, 2004.

[11] Ngô Kiều Oanh, Phùng Thị Lan Phương và nnk, "Nghiên cứu phân bố và đặc điểm của trầm tích tuổi cacbonate Miocene bể Nam Côn Sơn và khả năng chứa dầu khí của chúng", Tập đoàn Dầu khí Việt Nam, 2015.

[12] Phạm Thị Duyên, Vũ Văn Huy, Tạ Thị Hòa, Mai Hoàng Đàm, và Nguyễn Văn Sử, "Nghiên cứu sự phân bố và đặc trưng của nhóm trùng lỗ bực đáy lớn (Larger Benthic Foraminifera - LBF) nhằm chính xác hóa địa tầng và môi trường trầm tích trong trầm tích cacbonate tuổi Miocene tại khu vực Đông Nam bể Nam Côn Sơn", Viện Dầu khí Việt Nam, 2019.

[13] Chalers Geoffrey Adam and P. Frame, "Observations on cycloclypeus (Cycloclypeus) carpenter and cycloclypeus (Katacycloclypeus) Tan (Foraminiferida)", *Bulletin of The British Museum (Natural History) Geology*, Vol. 32, pp. 3 - 17, 1979.

[14] Cornelis Willem Drooger, *Radial foraminifera: Morphometrics and evolution*. Amsterdam by North-Holland, Vol. 41, 1993.

[15] F.T. Banner và M.A. Samuel, "Alanlordia, a new genus of acervuline foraminifera from the Neogene of Indonesia", *Journal of Micropalaeontology*, Vol. 14, pp. 107 - 117, 1995. DOI: 10.1144/jm.14.2.107.

[16] Marcelle K. BouDagher-Fadel and Moyra Wilson, "A revision of some larger foraminifera of the Miocene of

southeast Kalimantan", *Micropaleontology*, Vol. 46, No. 2, pp. 153 - 165, 2000. DOI: 10.2113/46.2.153.

[17] Marcelle K. BouDagher-Fadel and Stephen W. Lokier, "Significant Miocene larger foraminifera from South Central Java", *Revue de Paléobiologie, Genève*, Vol. 24, No.1, pp. 291 - 309, 2005.

[18] Marcelle K. BouDagher-Fadel and G. David Price, "Evolution and paleogeographic distribution of the Lepidocyclinids", *Journal of Foraminiferal Research*, Vol. 40, No. 1, pp. 79 - 108, 2010. DOI: 10.2113/gsjfr.40.1.79.

[19] Marcelle K. BouDagher-Fadel and G. David Price, "The phylogenetic and palaeogeographic evolution of the miogypsinid larger benthic foraminifera", *Journal of the Geological Society*, Vol. 170, pp. 185 - 208, 2013. DOI: 10.1144/jgs2011-149.

[20] D.S.N. Raju, "Study of Indian miogypsinidae", *Utrecht micropaleontological bulletins*, Vol. 9, 1974.

[21] Willem Renema, "The genus planorbulinella (Foraminiferida) in Indonesia", *Scripta Geologica*, Vol. 129, pp. 137 - 146, 2005.

[22] Willem Renema, "Morphological diversity in the foraminiferal genus Marginopora", *PLoS One*, Vol. 13, No. 12, pp. 1 - 24, 2018.

[23] S.D. Singh and D.S.N. Raju, "Morphometric data on topotype assemblage of miogypsina (Lepidosemicyclina) droogeri, foraminifera from Kachchh, Gujarat", *Journal Geological Society of India*, Vol. 88, pp. 55 - 62, 2016. DOI: 10.1007/s12594-016-0458-x.

[24] S.D. Singh and D.S.N. Raju, "Morphometric data on miogypsina (Lepidosemicyclina) bifida, foraminifera from L-III reservoir, Mumbai offshore, India", *Journal Geological Society of India*, Vol. 91, pp. 329 - 333, 2018. DOI: 10.1007/s12594-018-0858-1.

[25] Tan Sin Hok, "On the genus cycloclypeus carpenter", *Wetenschappelijke Mededeelingen*, Vol. 19, pp. 1 - 194, 1932.

[26] E.J. Van Vessem, "Study of lepidocyclinidae from Southeast Asia, particularly from Java and Borneo", *Utrecht Micropaleontological Bulletins*, Vol. 19, 1978.

[27] Viện Dầu khí Việt Nam, "Các báo cáo sinh địa tầng và thạch học các giếng khoan tại khu vực Trung tâm và Đông Nam bể Nam Côn Sơn".

[28] Marcelle K. BouDagher-Fadel, "The stratigraphical relationship between planktonic and

larger benthic foraminifera in Middle Miocene to Lower Pliocene carbonate facies of Sulawesi, Indonesia”, *Micropaleontology*, Vol. 48, No. 2, pp. 153 - 176, 2002. DOI: 10.1661/0026-2803(2002)048[0153:TSRBPA]2.0.CO;2.

[29] Essam F. Sharaf, Marcelle K. BouDagher-Fadel, Toni Simo, and Alan R. Carroll, “Biostratigraphy and strontium isotope dating of Oligocene-Miocene strata, East Java, Indonesia”, *Stratigraphy*, Vol. 2, No. 3, pp. 1 - 19, 2005.

[30] Nguyễn Hiệp, *Địa chất và tài nguyên dầu khí Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2007.

[31] W.H. Blow, “Late Middle Eocene to recent planktonic foraminiferal biostratigraphy”, *Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils, Geneva*, Vol. 1, pp. 199 - 422, 1969.

[32] Bridget S. Wade, Paul N. Pearson, William A. Berggren, and Heiko Pälike, “Review and revision of Cenozoic tropical planktonic foraminiferal biostratigraphy

and calibration to the geomagnetic polarity and astronomical time scale”, *Earth-Science Reviews*, Vol. 104, No. 1 - 3, pp. 111 - 142, 2011. DOI: 10.1016/j.earscirev.2010.09.003.

[33] E. Martini, “Standard tertiary and quaternary calcareous nannoplankton zonation”, *Proceedings of the Second Planktonic Conference*, Vol. 2, pp. 739 - 785, 1971.

[34] Jan Backman, Isabella Raffi, Domenico Rio, Eliana Fornaciari, and Heiko Pälike, “Biozonation and biochronology of Miocene through Pleistocene calcareous nanofossils from low and middle latitudes”, *Newsletters on Stratigraphy*, Vol. 45, No. 3, pp. 221 - 244, 2012. DOI: 10.1127/0078-0421/2012/0022.

[35] Vibor Novak and Willem Renema, “Ecological tolerances of Miocene larger benthic foraminifera from Indonesia”, *Journal of Asian Earth Sciences*, Vol. 151, pp. 301 - 323, 2018. DOI: 10.1016/j.jseaes.2017.11.007.

DISTRIBUTION OF LARGER BENTHIC FORAMINIFERA FROM MIOCENE CARBONATES IN THE CENTER AND SOUTHEAST OF THE NAM CON SON BASIN

Pham Thi Duyen, Mai Hoang Dam, Ta Thi Hoa, Nguyen Van Su, Nguyen Thi Tham

Vietnam Petroleum Institute

Email: duyenpt@vpi.pvn.vn

Summary

In biostratigraphical studies, the planktonic foraminifera, nanofossils, and palynomorphs are recorded rarely in shallow water limestones. Meanwhile, larger benthic foraminifera (LBF) have an important role in defining the stratigraphic range and the depositional environment of carbonate formations is recorded abundantly. The precise identification of LBF's taxonomy depends on the recognition of its internal structures using polarised microscopes.

Results from the study in the Central and South-eastern Nam Con Son basin show that LBF occurred frequently in the Miocene and, especially, became extremely dominant in the Middle Miocene. In the Early Miocene (Te5 - lower Tf1), they appeared sparsely in the Te5 but became abundant in the lower Tf1. In the Middle Miocene (middle Tf1 - Tf3), they were predominant and diverse in many genera and species, marked by the disappearance of *Miogypsina*, *Miogypsinoidea*, *Katacycloclipeus*, and most of the species of *Lepidocyclina* and *Cycloclipeus* at the top of the sub-epoch. In the Late Miocene (Tg), LBF was not varied, mainly *Amphistegina* and *Operculina*. However, some significant species of the genus *Lepidocyclina* were extant and dwelled on the isolated carbonate platforms in the Southeast area of the basin. The association of larger benthic foraminifera with small miliolids and rotalids, planktonic foraminifera, coral, and/or algae, crinoids, bivalves, etc., may implicate the palaeoenvironmental zone of the carbonate deposits in the wells of the studied region, ranging from the lagoon, shelves surrounding reef to relatively deep, open marine conditions. The occurrence of LBF in carbonate deposits is the key to defining the age, identifying the stratigraphy and depositional environment, and correlating the carbonates.

Key words: Carbonate, larger benthic foraminifera, Letter Stages, biostratigraphy, Nam Con Son basin.