

ĐẶC ĐIỂM SINH ĐỊA TẦNG VÀ MÔI TRƯỜNG TRẦM TÍCH OLIGOCENE MUỘN - MIOCENE SỚM KHU VỰC ĐÔNG NAM BỂ NAM CÔN SƠN

Nguyễn Văn Sửu, Nguyễn Thị Thắm, Mai Hoàng Đảm, Phạm Thị Duyên, Nguyễn Thanh Tuyền

Viện Dầu khí Việt Nam (VPI), Thành phố Hồ Chí Minh, 71320, Việt Nam

TỪ KHÓA

Sinh địa tầng, môi trường trầm tích, vi hóa thạch, Oligocene muộn - Miocene sớm, bể Nam Côn Sơn.

TÓM TẮT

Kết quả nghiên cứu này dựa trên việc tích hợp dữ liệu vi hóa thạch (trùng lỗ, tảo vôi, bào tử phấn hoa) và tài liệu địa vật lý giếng khoan từ 7 giếng thông qua phần mềm StrataBugs nhằm làm rõ đặc điểm sinh địa tầng và môi trường trầm tích giai đoạn Oligocene muộn - Miocene sớm tại khu vực Đông Nam bể Nam Côn Sơn. Dựa trên các vi hóa thạch chỉ thị, ranh giới nóc của các tập trầm tích Oligocene muộn và Miocene sớm đã được phân định rõ. Sự thiếu vắng đồng thời của đối trùng lỗ M1a và đối tảo vôi CNM1 xác nhận sự hiện diện của mặt bất chỉnh hợp khu vực giữa hệ tầng Cau và hệ tầng Dừa.

Kết quả cho thấy sự tiến hóa môi trường trầm tích rõ rệt: từ hồ nước ngọt - đồng bằng ven biển trong Oligocene muộn, chuyển sang biển nông thềm trong - thềm giữa vào Miocene sớm. Nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học tin cậy để chuẩn hóa minh giải sinh địa tầng và mô hình hóa môi trường trầm tích, góp phần khắc phục những hạn chế do sự khan hiếm vi hóa thạch chỉ thị và điều kiện địa chất phức tạp tại khu vực.

1. Giới thiệu

Bể Nam Côn Sơn có cấu trúc địa chất phức tạp và tiềm năng dầu khí lớn tại thềm lục địa Việt Nam. Các thành tạo trầm tích Oligocene muộn - Miocene sớm giữ vai trò quan trọng trong hệ thống dầu khí (đá mẹ, đá chứa và đá chắn) của bể [1]. Vì vậy, việc thiết lập chính xác khung địa tầng và môi trường trầm tích là yếu tố quan trọng để nâng cao hiệu quả minh giải địa chất và dự báo triển vọng dầu khí.

Việc xác định tuổi và liên kết địa tầng trầm tích Oligocene muộn - Miocene sớm tại khu vực này vẫn gặp nhiều thách thức. Nguyên nhân chủ yếu xuất phát từ sự biến đổi tướng trầm tích nhanh chóng, ảnh hưởng của các pha kiến tạo và mức độ bảo tồn vi hóa thạch kém. Các nghiên cứu sinh địa tầng trước đây [2 - 4] thường chỉ tập trung vào một nhóm vi hóa thạch đơn lẻ. Điều này dẫn đến những hạn chế nhất định trong việc xác lập các ranh giới địa tầng theo tiêu chuẩn quốc tế, điển hình như hệ thống phân đối trùng lỗ [5, 6] hay tảo vôi [7, 8]. Mặc dù một số nghiên cứu gần

đây [9] đã chi tiết hóa khung sinh địa tầng Miocene sớm tại khu vực Đông Nam bể Nam Côn Sơn dựa trên vi hóa thạch biển (trùng lỗ và tảo vôi), nhưng kết quả này cần được đối sánh và tích hợp với dữ liệu bào tử phấn hoa nhằm đảm bảo tính toàn diện, đặc biệt tại những khoảng địa tầng vắng mặt các chỉ thị nêu trên.

Bên cạnh đó, ranh giới Oligocene - Miocene tại khu vực thường phản ánh sự chuyển đổi môi trường rõ rệt giữa lục địa, chuyển tiếp và biển nông [1]. Sự chuyển đổi này dẫn đến sự vắng mặt của trùng lỗ và tảo vôi trong các tập trầm tích Oligocene, gây khó khăn cho việc định tuổi và phân tích môi trường nếu chỉ đơn thuần sử dụng vi hóa thạch biển. Trong khi đó, bào tử phấn hoa - nhóm chỉ thị đặc trưng cho môi trường lục địa và chuyển tiếp [10] - vẫn chưa được tích hợp với các dữ liệu vi hóa thạch biển sẵn có.

Nhằm khắc phục những hạn chế trên, nghiên cứu này áp dụng phương pháp tích hợp nhiều nhóm vi hóa thạch gồm trùng lỗ, tảo vôi và bào tử phấn hoa. Trên cơ sở kế thừa dữ liệu từ các kết quả đã công bố trong khu vực Đông Nam bể Nam Côn Sơn [9],

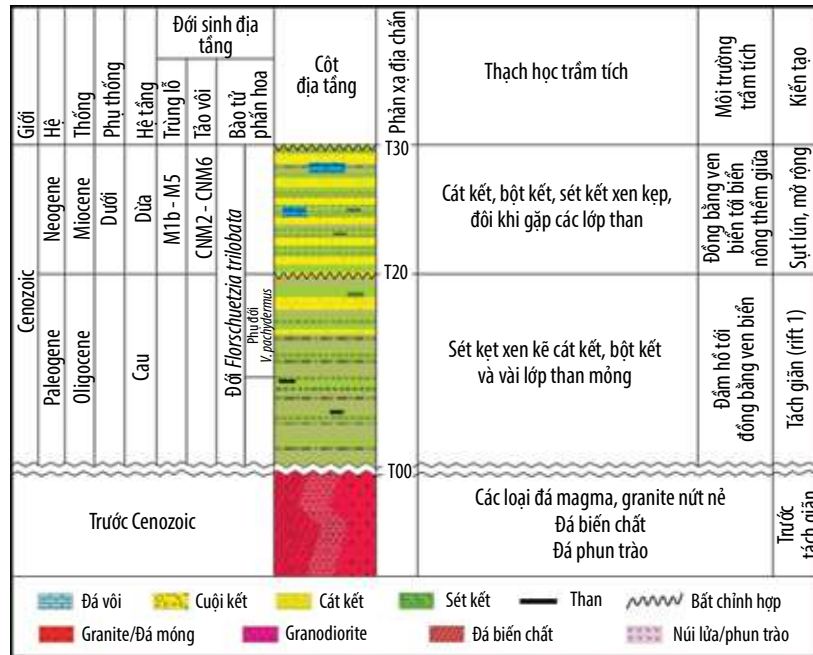
Tác giả liên hệ: Email: sunv@vpi.pvn.vn

Ngày nhận bài: 11/1/2026; Ngày sửa chữa sau phản biện: 11/1 - 2/2/2026; Ngày duyệt đăng: 26/2/2026

Copyright © 2026. Đây là bài báo truy cập mở theo Giấy phép CC BY-NC-ND

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).





Hình 1. Cột địa tầng tổng hợp giai đoạn Oligocene - Miocene sớm bể Nam Côn Sơn [1, 9].

nghiên cứu bổ sung và hệ thống hóa dữ liệu phức hệ bào tử phần hoa cho giai đoạn Oligocene muộn - Miocene sớm. Việc kết hợp các nhóm vi hóa thạch có đặc tính sinh thái khác nhau không chỉ giúp chuẩn hóa các ranh giới địa tầng, mà còn làm sáng tỏ lịch sử tiến hóa môi trường từ lục địa sang biển. Qua đó, nghiên cứu xây dựng hệ cơ sở dữ liệu sinh địa tầng hoàn chỉnh, làm nguồn tài liệu khoa học có độ tin cậy phục vụ cho công tác thăm dò dầu khí tại khu vực.

2. Đặc điểm địa tầng

Trong khu vực nghiên cứu, các thành tạo trầm tích Oligocene - Miocene sớm được chia thành 2 hệ tầng chính: hệ tầng Cau và hệ tầng Dừa [1] (Hình 1). Hệ tầng Cau (Oligocene) có thành phần thạch học chủ yếu gồm sét kết xen kẽ với cát kết, bột kết và các lớp sét than, than mỏng. Tập trầm tích này được thành tạo trong môi trường từ đầm hồ tới đồng bằng ven biển [1, 11]. Do chịu ảnh hưởng của điều kiện môi trường nước ngọt đến nước lợ, các vi hóa thạch biển (trùng lỗ, tảo vôi) hầu như vắng mặt; thay vào đó là sự chiếm ưu thế của phức hệ bào tử phần hoa. Hệ tầng Dừa (Miocene sớm) nằm bất chỉnh hợp trên hệ tầng Cau. Thành phần thạch học của hệ tầng này đặc trưng bởi sự xen kẽ giữa cát kết hạt mịn đến trung bình, sét kết và bột kết. Môi trường trầm tích dịch chuyển rõ rệt từ đồng bằng ven biển sang biển nông [1, 9, 12]. Quá trình biển tiến đã tạo điều kiện thuận lợi cho sự xuất hiện và phát triển của trùng lỗ và tảo vôi. Các nhóm vi hóa thạch này đóng vai trò là những chỉ thị quan trọng để thiết lập khung sinh địa tầng chi tiết cho trầm tích Miocene sớm.

3. Cơ sở dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

3.1. Cơ sở dữ liệu

Nghiên cứu sử dụng dữ liệu từ 7 giếng khoan thăm dò (T1, L1, H1, D1, R1, R3 và K1) tại khu vực Đông Nam bể Nam Côn Sơn. Nguồn dữ liệu cụ thể như sau:

- Đối với 5 giếng khoan (T1, L1, H1, R1 và K1): Kết quả phân tích trùng lỗ và tảo vôi trong trầm tích Miocene sớm được kế thừa từ nghiên cứu trước đây [9]. Đồng thời, nghiên cứu tiến hành phân tích bổ sung trùng lỗ, tảo vôi cho trầm tích Oligocene muộn và phân tích mới bào tử phần hoa cho toàn bộ giai đoạn Oligocene muộn - Miocene sớm.

- Đối với 2 giếng D1 và R3: Toàn bộ dữ liệu cả 3 nhóm hóa thạch cho giai đoạn Oligocene muộn - Miocene sớm đều được phân tích mới.

Tổng cộng có 590 mẫu (gồm 553 mẫu vụn, 29 mẫu sừng và 8 mẫu lõi) được thu thập trong khoảng độ sâu 2.200 - 5.800 m. Chi tiết về số lượng mẫu kế thừa và mẫu phân tích mới tương ứng với từng chỉ tiêu phân tích tại các giếng được tổng hợp tại Bảng 1. Mật độ mẫu thường dao động từ 10 - 20 m/mẫu, nhằm đảm bảo độ phân giải cần thiết cho minh giải sinh địa tầng và phân tích môi trường trầm tích. Tuy nhiên, tại một số khoảng địa tầng, mật độ mẫu thưa hơn (khoảng 40 - 60 m/mẫu). Ngoài ra, đường cong gamma (GR) từ các giếng khoan cũng được sử dụng nhằm hỗ trợ đối sánh thạch học và chuẩn hóa các ranh giới địa tầng.

Bảng 1. Thống kê số lượng mẫu và các chỉ tiêu phân tích vi hóa thạch tại 7 giếng khoan nghiên cứu

Giếng khoan	Khoảng độ sâu (mMD)	Trùng lỗ		Tảo vôi		Bào tử phần hoa
		Phân tích mới	Kế thừa [9]	Phân tích mới	Kế thừa [9]	
T1	2.270 - 3.915	10	40	10	40	50
L1	2.760 - 3.535	15	0	30	0	18
H1	2.900 - 4.510	15	87	15	87	82
D1	2.200 - 4.600	20	146	20	158	174
R1	2.300 - 3.815	5	40	5	40	53
R3	2.345 - 3.630	44	0	44	0	54
K1	3.575 - 5.800	10	50	10	54	61

Bảng 2. Các sự kiện sinh địa tầng giai đoạn Oligocene muộn - Miocene sớm tại khu vực nghiên cứu

Sự kiện sinh địa tầng	Nhóm vi hóa thạch	Ranh giới sinh địa tầng
FO <i>Orbulina suturalis</i>	Trùng lỗ	Nóc đối M5
FO <i>Globigerinoides obliquus</i>	Trùng lỗ	Đáy đối M1b
FO <i>Trilobatus trilobus</i>	Trùng lỗ	Đáy đối M1a
LO <i>Helicosphaera ampliaperta</i>	Tảo vôi	Nóc đối CNM6
LO <i>Sphenolithus belemnus</i>	Tảo vôi	Nóc đối CNM5
FO <i>Sphenolithus heteromorphus</i>	Tảo vôi	Đáy đối CNM5
FO <i>Sphenolithus belemnus</i>	Tảo vôi	
FO <i>Helicosphaera ampliaperta</i>	Tảo vôi	Đáy đối CNM4
FO <i>Sphenolithus disbelemnus</i>	Tảo vôi	Đáy đối CNM2
LO <i>Sporotrapoidites</i> spp.	Bào tử phần hoa	Nóc Miocene sớm
LO <i>Cribroperidinium</i> spp.	Bào tử phần hoa	Nóc Miocene sớm
FO <i>Arenga</i> spp.	Bào tử phần hoa	Đáy Miocene sớm
FO <i>Euglossina minor</i>	Bào tử phần hoa	Đáy Miocene sớm
LO <i>Cicatricosisporites</i> spp.	Bào tử phần hoa	Nóc phụ đối <i>Verrutricolporites pachydermus</i>
LO <i>Verrutricolporites pachydermus</i>	Bào tử phần hoa	
LO <i>Trilobapollis ellipticus</i>	Bào tử phần hoa	
LO <i>Meyeripollis nanharkotensis</i>	Bào tử phần hoa	
FO <i>Verrutricolporites pachydermus</i>	Bào tử phần hoa	Đáy phụ đối <i>Verrutricolporites pachydermus</i>

3.2. Phương pháp nghiên cứu

3.2.1. Chuẩn bị mẫu

Quy trình gia công mẫu được thực hiện chuyên biệt cho từng nhóm vi hóa thạch:

- Đối với trùng lỗ: Khoảng 30 g mẫu trầm tích được ngâm trong dung dịch H_2O_2 (30%) trong 24 giờ để phân rã vật chất hữu cơ. Sau đó, mẫu được rửa qua hệ thống rây có kích thước mắt lưới 125 μm và 63 μm . Phần cặn trên rây được thu hồi và sấy khô ở nhiệt độ 80°C [9, 13].

- Đối với tảo vôi: Khoảng 0,5 g mẫu trầm tích được hòa với nước cất để tạo huyền phù. Huyền phù này được phết mỏng lên phiến kính (25 x 75 mm), sấy khô nhanh trên bếp gia nhiệt ở 60°C và cố định lamên (22 x 22 mm) bằng keo Canada balsam [9, 14].

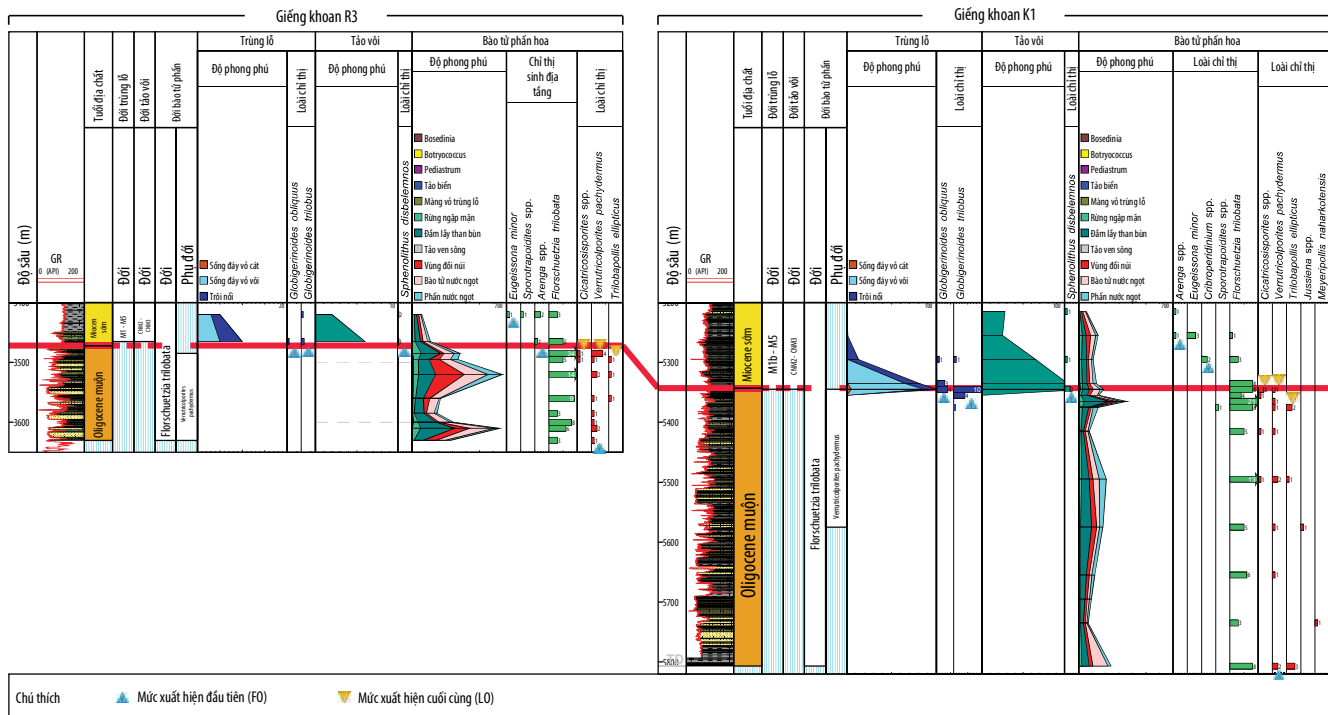
- Đối với bào tử phần hoa: Khoảng 15 g mẫu trầm tích được xử lý để loại bỏ khoáng vật carbonate và silicate bằng dung dịch acid HCl và HF. Tiếp theo, mẫu được tuyển nổi trong dung dịch tỷ trọng $ZnBr_2$ để thu vật liệu hữu cơ. Phần hữu cơ này được lọc qua rây 5 μm , sau đó trải lên tiêu bản, sấy khô và cố định lamên bằng keo Canada balsam [15].

3.2.2. Định danh hóa thạch

Trùng lỗ được định danh dưới kính hiển vi soi nổi Zeiss Stereo Discovery.V20 (độ phóng đại 20 - 100x); trong khi đó, tảo vôi được phân tích bằng kính hiển vi phân cực Zeiss Axio Imager.A2m (độ phóng đại 400 - 1.000x). Đối với bào tử phần hoa, hóa thạch được định danh dưới kính hiển vi sinh học Leica DM4000 (độ phóng đại 100 - 1.000x). Hệ thống phân loại vi hóa thạch dựa theo các tài

Bảng 3. Độ sâu ranh giới nóc các tập trầm tích Oligocene muộn - Miocene sớm tại các giếng khoan nghiên cứu

Giếng khoan	Độ sâu nóc Oligocene muộn (mMD)	Độ sâu nóc Miocene sớm (mMD)
T1	3.689	2.324
L1	3.450	2.825
H1	4.442	3.087
D1	4.205	2.252
R1	3.460	2.373
R3	3.472	2.383
K1	5.343	3.652



Hình 2. Biểu đồ phân bố hóa thạch bào tử phần hoa và phân đối sinh địa tầng trầm tích Oligocene muộn tại các giếng khoan R3 và K1.

liệu tiêu chuẩn quốc tế: trùng lỗ [16 - 22], tảo vôi [23, 24] và bào tử phần hoa [25 - 27].

3.2.3. Tích hợp dữ liệu và minh giải

Dữ liệu vi hóa thạch được tích hợp và trình bày trên biểu đồ sinh địa tầng bằng phần mềm StrataBugs 3.0. Việc xác định tuổi địa chất và phân đối sinh địa tầng được thực hiện dựa trên các sự kiện sinh địa tầng chính: mức xuất hiện đầu tiên (First Occurrence, FO), mức xuất hiện cuối cùng (Last Occurrence, LO) và mức xuất hiện phổ biến cuối cùng (Last Common Occurrence, LCO) của các loài chỉ thị (Bảng 2). Quá trình này tuân thủ theo hệ thống phân đối chuẩn đối với trùng lỗ trôi nổi [6], tảo vôi [8] và bào tử phần hoa [25 - 27]. Song song với việc định tuổi, môi trường trầm tích được luận giải thông qua sự phân bố của các nhóm vi hóa thạch. Cụ thể, nghiên cứu sử dụng tỷ lệ trùng lỗ trôi nổi/trùng lỗ sống đáy và sự biến đổi của các nhóm trùng lỗ sống đáy để xác định sự

thay đổi mực nước biển [9]. Đồng thời, sự biến đổi của các nhóm sinh thái bào tử phần hoa được sử dụng làm chỉ thị để nhận diện các điều kiện môi trường từ lục địa đến chuyển tiếp [25 - 27]. Sự kết hợp này cho phép khôi phục lịch sử tiến hóa môi trường trầm tích một cách hệ thống và có độ tin cậy cao.

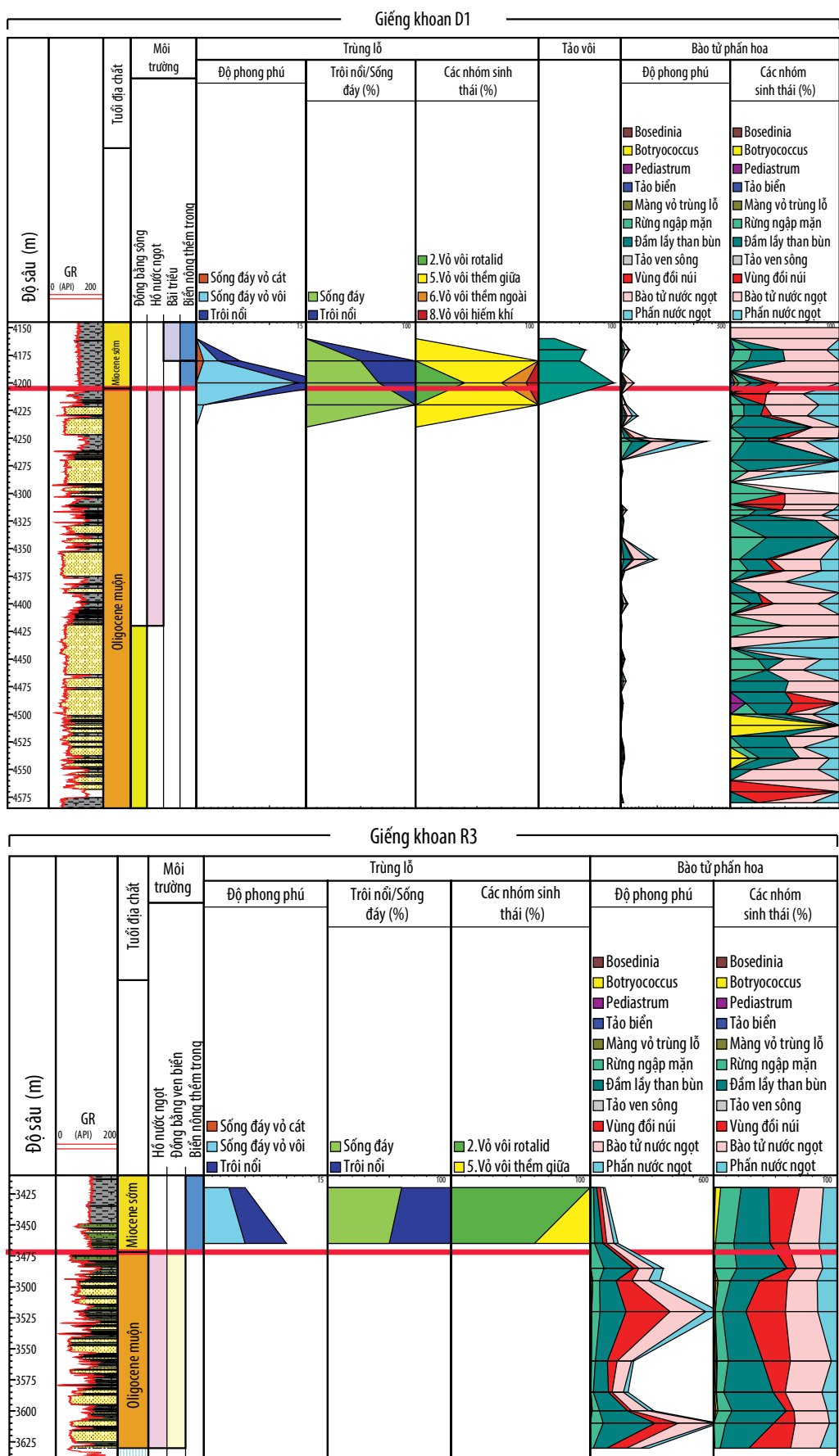
4. Kết quả nghiên cứu

Trên cơ sở minh giải dữ liệu vi hóa thạch, nghiên cứu đã xác định được ranh giới nóc của các tập trầm tích Oligocene muộn và Miocene sớm tại khu vực nghiên cứu. Độ sâu ranh giới cụ thể tại từng giếng khoan được tổng hợp trong Bảng 3.

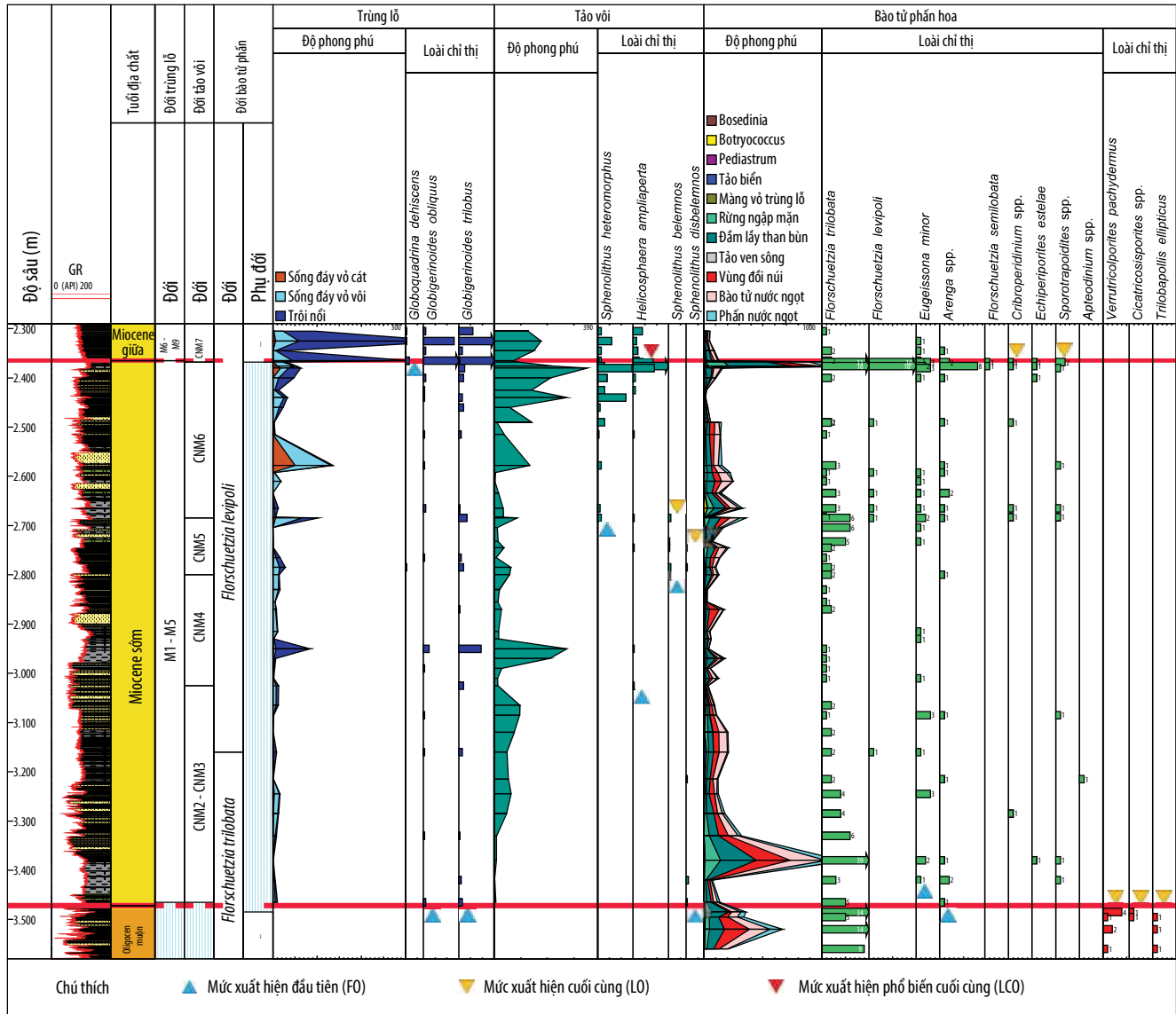
4.1. Đặc điểm sinh địa tầng Oligocene muộn

4.1.1. Đặc điểm phức hệ hóa thạch

Trong tập trầm tích Oligocene muộn, các nhóm vi hóa thạch



Hình 3. Biểu đồ phân bố các nhóm sinh thái bào tử phần hoa và môi trường trầm tích Oligocene muộn tại các giếng khoan D1 và R3.



Hình 4. Biểu đồ phân bố các nhóm vi hóa thạch và phân đới sinh địa tầng trầm tích Miocene sớm tại giếng khoan D1.

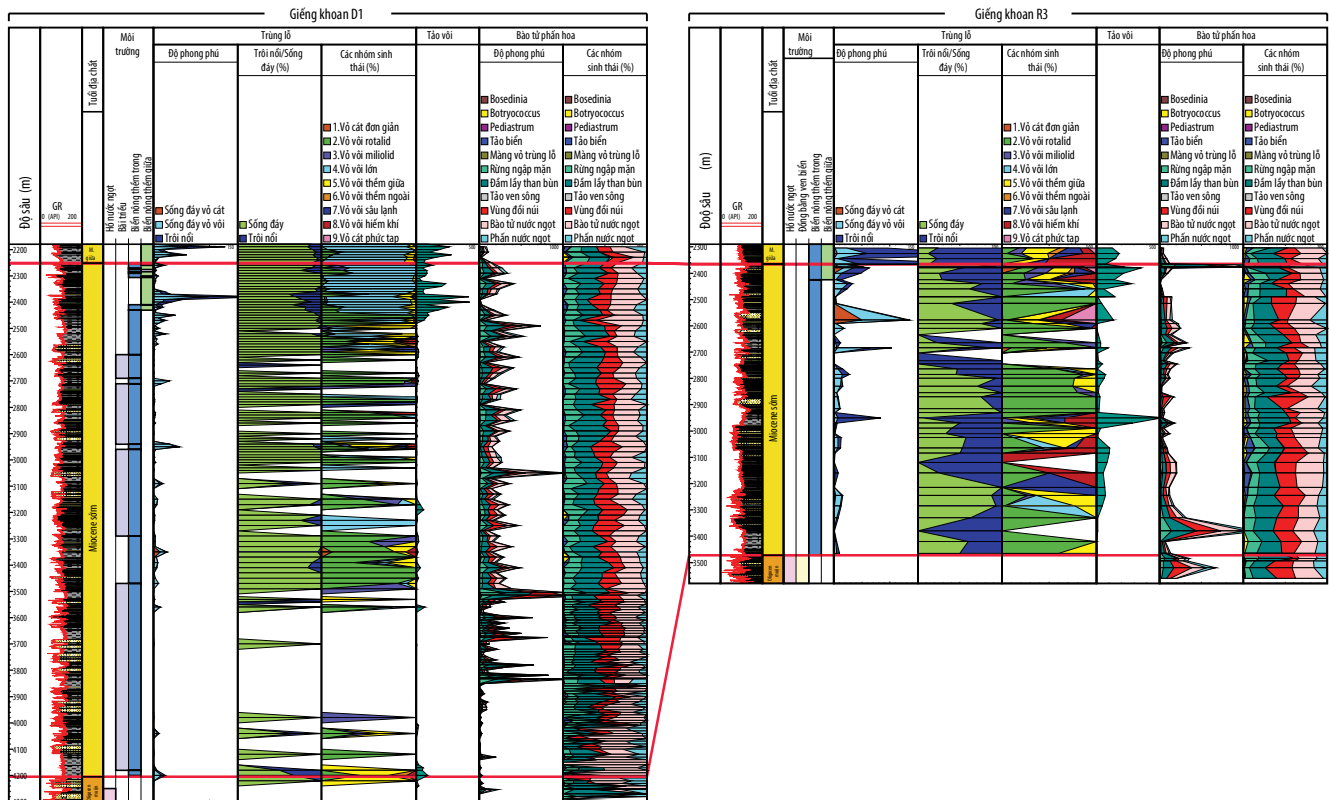
biến xuất hiện rất ít hoặc hoàn toàn vắng mặt. Cụ thể, trùng lỗ chỉ xuất hiện rải rác (dưới 10 cá thể/mẫu) tại phần trên cùng của tập trầm tích ở các giếng T1 và K1. Đồng thời, tảo vôi hoàn toàn vắng mặt trong toàn bộ các mẫu thuộc khoảng địa tầng này.

Ngược lại, bào tử phần hoa rất phát triển trong giai đoạn Oligocene muộn, đóng vai trò là chỉ thị chính để minh giải sinh địa tầng (Hình 2). Phức hệ này xuất hiện phổ biến ở các giếng T1, L1, H1, D1 (dao động 20 - 100 cá thể/mẫu) và phong phú ở các giếng R1, R3, K1 (200 - 650 cá thể/mẫu). Về thành phần, các loài lục địa và rừng ngập mặn chiếm ưu thế tuyệt đối. Các loài chỉ thị quan trọng cho tuổi Oligocene muộn gồm: *Cicatricosisporites* spp., *Verrutricolporites pachydermus*, *Trilobapollis ellipticus* và *Meyeripollis nanharkotensis*. Bên cạnh đó, loài *Florschuetzia trilobata* hiện diện liên tục trong toàn bộ mặt cắt, điển hình

tại các giếng R1, R3 và K1. Dựa theo hệ thống phân đới bào tử phần hoa chuẩn, ranh giới nóc Oligocene muộn được xác định tại mức LO của các loài *Cicatricosisporites* spp., *Verrutricolporites pachydermus* và *Trilobapollis ellipticus*. Khoảng địa tầng này tương đương với phần dưới của đới *Florschuetzia trilobata* và phụ đới *Verrutricolporites pachydermus*. Sự vắng mặt của các loài Miocene sớm đặc trưng như *Eugeissona minor*, *Arenga* spp. và *Florschuetzia levipoli* khẳng định thêm độ tin cậy của kết quả định tuổi này (Hình 2).

4.1.2. Đặc điểm sinh thái

Sự chiếm ưu thế của các nhóm bào tử phần hoa nguồn gốc môi trường lục địa và ven biển phản ánh rõ nét bối cảnh cổ sinh thái trong giai đoạn Oligocene muộn (Hình 3). Tại phần dưới



Hình 5. Biểu đồ phân bố các nhóm sinh thái và môi trường trầm tích Miocene sớm tại giếng khoan D1 và R3.

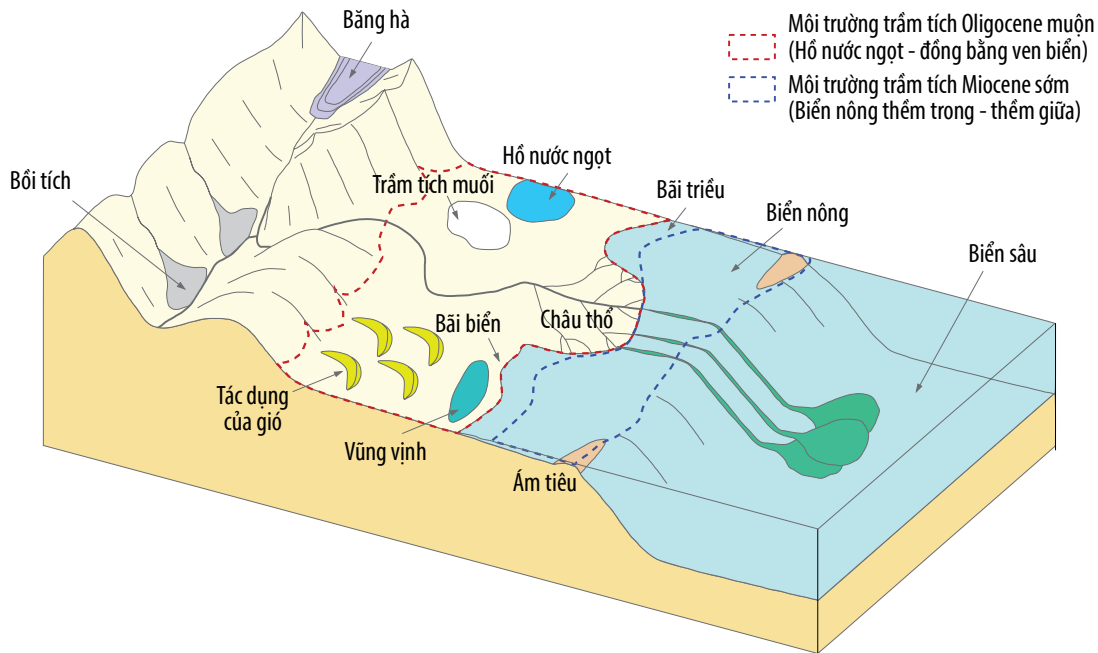
của mặt cắt, thành phần phức hệ chủ yếu gồm các loài nhóm phấn hoa và bào tử nước ngọt, chiếm 45 - 90% tổng số lượng cá thể. Các chi điển hình gồm *Gleichenioidites*, *Lygodiumsporites*, *Osmundacitites*, *Polypodiaceasporites* và *Triletes*. Nhóm rừng ngập mặn chiếm khoảng 5 - 20% với các đại diện như *Acrostichum aureum*, *Nypa* và *Florschuetzia levipoli*. Ngược lại, nhóm tảo nước ngọt (*Botryococcus*, *Bosedinia*, *Pediastrum*) và nhóm phấn hoa vùng đồi núi xuất hiện với tỷ lệ rất thấp, thậm chí vắng mặt hoàn toàn.

Ở phần trên của mặt cắt, dữ liệu ghi nhận sự gia tăng tỷ lệ của nhóm đầm lầy than bùn ven sông (chiếm 30 - 75%) với các chi, loài tiêu biểu như: *Magnastriatites howardii*, *Stenochlaena palustris*, *Crassoretitriletes*, *Palmae* và *Barringtonia*. Kế tiếp là nhóm phấn hoa nước ngọt (*Casuarina cainozoicus*, *Magnoliapollis*, *Tricolpollenites*, *Tricolporopollenites*, *Trilobapollis*) và bào tử nước ngọt (*Cyathiidites*, *Gleichenioidites*, *Lygodiumsporites*, *Osmundacitites*, *Triletes*), tỷ lệ đạt khoảng 10 - 30% cho mỗi nhóm. Ngoài ra, mặt cắt cũng ghi nhận tỷ lệ nhỏ nhóm phấn hoa vùng đồi núi (*Piceapollenites*, *Pinuspollenites*, *Tsugapollenites*, *Podocarpidites*), chiếm khoảng 5 - 15%; trong khi đó, các chỉ thị ảnh hưởng của biển như tảo roi biển và màng vỏ trùng lỗ gần như vắng mặt (0 - 3%).

4.2. Đặc điểm sinh địa tầng Miocene sớm

4.2.1. Đặc điểm phức hệ hóa thạch

Chuyển sang Miocene sớm, thành phần vi hóa thạch có sự biến đổi mạnh. Trùng lỗ và tảo vôi bắt đầu xuất hiện, dù độ phong phú còn hạn chế (Hình 4). Số lượng cá thể của cả 2 nhóm vi hóa thạch biển này đều có xu hướng tăng dần từ đáy lên nóc tập trầm tích. Ở phần dưới mặt cắt, các vi hóa thạch biển rất nghèo hoặc vắng mặt cục bộ, trong khi đó, phần trên ghi nhận sự tăng nhanh về số lượng. Tại các giếng như H1, R1, R3 và K1, số lượng trùng lỗ đạt trên 200 cá thể/mẫu và tảo vôi tăng lên 5.000 - 6.000 cá thể/mẫu. Phức hệ trùng lỗ trôi nổi giai đoạn này được đặc trưng bởi các đại diện điển hình như *Trilobatus trilobus*, *T. sacculifer*, *Globigerinoides obliquus* và *G. subquadratus*. Trong khi đó, tảo vôi chiếm ưu thế với các loài kích thước nhỏ thuộc các giống *Reticulofenestra* và *Sphenolithus*. Việc áp dụng hệ thống phân đới chuẩn tiếp tục khẳng định sự hiện diện của các đới trùng lỗ M1b - M5 và đới tảo vôi CNM2 - CNM6, đồng thời xác nhận sự vắng mặt của các đới đáy Miocene sớm (M1a và CNM1) tại khu vực nghiên cứu. Cụ thể, đáy của tập trầm tích Miocene sớm (tương ứng đáy đới M1b và CNM2) được xác định dựa trên mức FO của các loài trùng lỗ *Trilobatus trilobus*, *Globigerinoides obliquus* và tảo vôi *Sphenolithus disbelemnos*. Ở phần trên cùng, nóc của giai đoạn



Hình 6. Mô hình các môi trường trầm tích [31].

này (tương ứng nóc CNM6) được đánh dấu bởi mức LCO của tảo vôi *Helicosphaera ampliaperta*.

Ngược lại, độ phong phú của nhóm bào tử phấn hoa nguồn gốc lục địa có xu hướng giảm dần và được thay thế bởi sự phát triển của nhóm vi tảo roi biển (Hình 4). Mặc dù suy giảm, số lượng cá thể bào tử phấn hoa vẫn duy trì ở mức trung bình tới cao (dao động từ 30 - 400 cá thể/mẫu). Các loài phổ biến gồm: *Florschuetzia trilobata*, *Florschuetzia semilobata*, *Zonocostites ramonae* và *Spinizonocolpites echinatus*. Dựa theo hệ thống phân đối bào tử phấn hoa, khoảng địa tầng Miocene sớm được xác định nằm trên mức LO của *Cicatricosisporites* spp., *Verrutricolporites pachydermus* và *Trilobapollis ellipticus*. Ngoài ra, sự hiện diện liên tục của *Florschuetzia trilobata* và sự xuất hiện của *Sporotrapoidites* spp., *Cribroperidinium* spp., *Eugeissona minor*, *Arenga* spp. và *Florschuetzia levipoli* cung cấp cơ sở để định tuổi Miocene sớm tại các giếng khoan nghiên cứu. Ranh giới nóc của tập trầm tích Miocene sớm tương ứng với mức LO của các loài *Sporotrapoidites* spp. và *Cribroperidinium* spp.

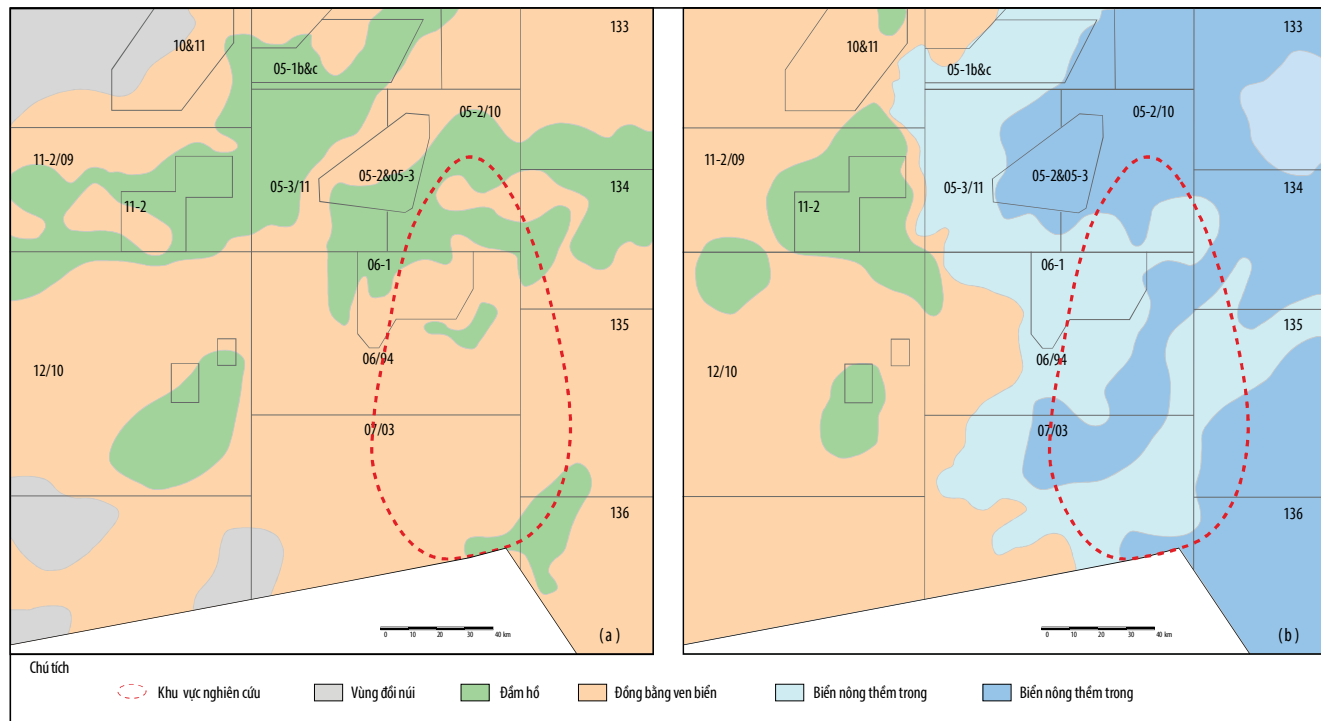
4.2.2. Đặc điểm sinh thái

Tỷ lệ trùng lỗ trôi nổi/trùng lỗ sống đáy biến động lớn giữa các giếng khoan (Hình 5). Tại các giếng L1 và D1, nhóm trùng lỗ sống đáy chủ yếu chiếm 80 - 100%, trong khi tại các giếng T1, H1, R1 và K1, nhóm trùng lỗ trôi nổi chiếm ưu thế đạt 25 - 95%. Tại phần trên cùng của mặt cắt, tỷ lệ trùng lỗ trôi nổi/trùng lỗ sống đáy gia tăng rõ rệt, đạt 60 - 95% tại giếng K1. Về thành phần, ở

phần thấp và giữa của tập trầm tích, trùng lỗ sống đáy chủ yếu gồm các dạng vỏ vôi rotaliid, vỏ vôi miliolid và các loài vỏ vôi thuộc đới thêm giữa (35 - 65%). Ở phần nóc, thành phần trùng lỗ sống đáy có sự khác biệt: các giếng H1, R1, K1 ghi nhận sự pha trộn giữa nhóm vỏ vôi thêm giữa (20 - 50%) và vỏ vôi miliolid (15 - 45%). Riêng tại giếng T1, L1 và D1, nhóm trùng lỗ sống đáy kích thước lớn chiếm ưu thế (40 - 95%). Tỷ lệ các nhóm trùng lỗ sống đáy vỏ vôi thêm ngoài, vỏ vôi nước sâu lạnh và vỏ cát phức tạp luôn duy trì ở mức thấp trong toàn bộ mặt cắt.

Đối với nhóm bào tử phấn hoa, tỷ lệ các nhóm sinh thái thể hiện tính ổn định cao xuyên suốt mặt cắt Miocene sớm (Hình 5). Phức hệ được đặc trưng bởi sự chiếm ưu thế của các nhóm rừng ngập mặn, đầm lầy than bùn ven sông, cùng phấn hoa và bào tử nước ngọt với tổng tỷ lệ dao động từ 45 - 60%, đi kèm sự hiện diện ổn định của nhóm phấn hoa vùng đồi núi (5 - 15%). Đồng thời, mặt cắt cũng ghi nhận sự xuất hiện của nhóm tảo roi biển với tỷ lệ nhỏ (5 - 10%); trong khi đó, nhóm màng vỏ trùng lỗ hầu như vắng mặt trong toàn bộ tập trầm tích.

Trên cơ sở kế thừa kết quả nghiên cứu ở khu vực Đông Nam bể Nam Côn Sơn [9] và dữ liệu mới từ 2 giếng D1, R3, nghiên cứu này đã phân chia các đới trùng lỗ M1b - M5 và đới tảo vôi CNM2 - CNM6 cho mặt cắt Miocene sớm. Tuy nhiên, việc xác định ranh giới tập trầm tích Oligocene muộn và Miocene sớm nếu chỉ dựa đơn thuần vào đáy đới trùng lỗ M1b và đới tảo vôi CNM2 sẽ thiếu tính thuyết phục. Việc tích hợp bào tử phấn hoa - nhóm hóa thạch chỉ thị có giá trị cho môi trường từ lục địa đến chuyển



Hình 7. Sơ đồ môi trường trầm tích khu vực Đông Nam bể Nam Côn Sơn: (a) Giai đoạn Oligocene muộn; (b) Giai đoạn Miocene sớm (tổng hợp từ [32] và nghiên cứu này).

tiếp [10] đã làm sáng tỏ ranh giới này. Kết quả ghi nhận sự xuất hiện phổ biến của phức hệ bào tử phần hoa Oligocene muộn với các loài chỉ thị như *Cicatricosisporites* spp., *Verrutricolporites pachydermus* và *Trilobapollis ellipticus* ngay bên dưới mức FO của các trùng lỗ *Trilobatus trilobus*, *Globigerinoides obliquus* và tảo vôi *Sphenolithus disbelemnus*. Ranh giới nóc của phụ đới bào tử phần hoa *Verrutricolporites pachydermus* xuất hiện đồng thời với ranh giới đáy của các đới trùng lỗ M1b và tảo vôi CNM2, thiết lập một mốc sinh địa tầng tin cậy. Sự kết hợp này không chỉ nâng cao độ chính xác trong việc xác định ranh giới Oligocene muộn - Miocene sớm mà còn khắc phục triệt để những hạn chế của các nghiên cứu vi hóa thạch đơn lẻ trước đây.

Nghiên cứu cũng ghi nhận sự vắng mặt của các đới sinh địa tầng thuộc giai đoạn đầu Miocene sớm gồm đới trùng lỗ M1a và đới tảo vôi CNM1. Sự xuất hiện trực tiếp của đới trùng lỗ M1b và đới tảo vôi CNM2 ngay trên nóc phụ đới bào tử phần hoa *Verrutricolporites pachydermus* khẳng định sự tồn tại của một khoảng gián đoạn địa tầng. Kết quả này tương đồng với các quan sát trước đây trong khu vực [1, 11, 28], cho thấy ranh giới giữa hệ tầng Cau và hệ tầng Dừa là một mặt bất chỉnh hợp. Khoảng gián đoạn này là hệ quả trực tiếp của pha nghịch đảo kiến tạo cuối Oligocene, gây hiện tượng nâng lên dẫn đến xói mòn hoặc gián đoạn trầm tích do mực nước biển tương đối hạ thấp trước khi diễn ra đợt biển tiến vào Miocene sớm [29, 30].

Việc xác định ranh giới giữa trầm tích Miocene sớm và Miocene giữa tại khu vực nghiên cứu thường gặp khó khăn do sự thiếu vắng các loài vi hóa thạch chỉ thị tiêu chuẩn theo hệ thống phân đới trùng lỗ [5, 6] và tảo vôi [7, 8]. Tuy nhiên, mức LCO của tảo vôi *Helicosphaera ampliaperta* (đánh dấu nóc đới CNM6) là mốc địa tầng có độ tin cậy cao [9]. Đặc biệt, mốc này trùng khớp với mức LO của bào tử phần hoa *Sporotrapoidites* spp. và *Cribrroperidinium* spp. - là những chỉ thị quan trọng cho nóc trầm tích Miocene sớm [25 - 27]. Sự trùng khớp này không chỉ giúp củng cố độ tin cậy của ranh giới địa tầng nêu trên mà còn tạo cơ sở vững chắc để liên kết địa tầng giữa các giếng khoan.

Để định vị không gian cổ địa lý của khu vực nghiên cứu, một mô hình về các môi trường trầm tích từ lục địa ra biển được sử dụng làm cơ sở tham chiếu (Hình 6). Dựa theo mô hình này dữ liệu sinh địa tầng giúp khôi phục lịch sử tiến hóa môi trường trầm tích tại khu vực nghiên cứu một cách rõ ràng (Hình 7). Trong Oligocene muộn, sự chiếm ưu thế của nhóm bào tử phần hoa nguồn gốc lục địa và đầm lầy, kết hợp với sự vắng mặt của các vi hóa thạch biển (tảo roi biển, trùng lỗ, tảo vôi), phản ánh môi trường trầm tích thuộc đới hồ nước ngọt, đầm lầy than bùn và đồng bằng ven biển. Nhận định này phù hợp với đặc điểm thành phần thạch học của trầm tích chứa than và sét than của hệ tầng Cau, đồng thời tương đồng với các luận giải môi trường đã được công bố trước đây tại khu vực bể Nam Côn Sơn [1, 11]. Trong Miocene sớm, sự suy giảm

của các nhóm phần hoa lục địa cùng với sự xuất hiện của các nhóm vi hóa thạch biển đánh dấu một sự thay đổi cổ địa lý quan trọng, chuyển từ giai đoạn trầm tích lục địa sang thời kỳ biển tiến. Ở phần dưới của tập trầm tích Miocene sớm, mật độ vi hóa thạch và tỷ lệ trùng lỗ trôi nổi/trùng lỗ sống đáy đều ở mức thấp. Sự chiếm ưu thế của nhóm trùng lỗ sống đáy vỏ vôi dạng rotaliid và miliolid tại đây phản ánh môi trường biển nông thềm trong. Lên phía trên, mật độ vi hóa thạch và tỷ lệ trùng lỗ trôi nổi/trùng lỗ sống đáy tăng rõ rệt. Kết hợp với sự phát triển của nhóm trùng lỗ sống đáy vỏ vôi dạng miliolid và vỏ vôi thềm giữa, đặc điểm này phản ánh một quá trình biển tiến nhanh, làm môi trường dịch chuyển sang biển nông thềm giữa.

5. Kết luận

Trên cơ sở tích hợp dữ liệu các nhóm vi hóa thạch, nghiên cứu rút ra các kết luận sau:

- Ranh giới Oligocene muộn - Miocene sớm được xác định với độ tin cậy cao thông qua sự kết hợp giữa nóc phụ đới bào tử phần hoa *Verrutricolporites pachydermus*, đáy đới trùng lỗ trôi nổi M1b và đáy đới tảo vôi CNM2. Nóc trầm tích Miocene sớm được chuẩn hóa dựa trên sự trùng khớp giữa mức LCO của tảo vôi *Helicosphaera ampliaperta* và mức LO của phần hoa *Sporotrapoidites* spp. và *Cribroperidinium* spp.

- Sự thiếu vắng đới trùng lỗ M1a và đới tảo vôi CNM1 phản ánh một khoảng gián đoạn địa tầng, qua đó xác nhận sự hiện diện của mặt bất chỉnh hợp khu vực giữa hệ tầng Cau và hệ tầng Dừa. Đây là hệ quả trực tiếp của pha nghịch đảo kiến tạo cuối Oligocene, gây hiện tượng nâng lên và xói mòn trên diện rộng.

- Lịch sử tiến hóa môi trường trầm tích ghi nhận sự chuyển dịch rõ nét: từ hồ nước ngọt, đầm lầy than bùn và đồng bằng ven biển (Oligocene muộn) sang biển nông thềm trong và tiến dần ra thềm giữa (Miocene sớm).

- Phương pháp tích hợp nhiều nhóm vi hóa thạch đã cho thấy tính ưu việt trong việc chuẩn hóa địa tầng tại các khoảng độ sâu khan hiếm vi hóa thạch chỉ thị. Kết quả này cung cấp cơ sở dữ liệu sinh địa tầng tin cậy, phục vụ hiệu quả công tác minh giải và liên kết địa tầng trong thăm dò dầu khí tại khu vực.

Tài liệu tham khảo

[1] Nguyễn Giao và Nguyễn Trọng Tín, "Bể trầm tích Nam Côn Sơn và tài nguyên dầu khí", *Địa chất và tài nguyên dầu khí Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2019, trang 391 - 440.

[2] Nguyen Thi Tham and Nguyen Van Su, "Neogene

calcareous nannofossils from the Nam Con Son basin, offshore Vietnam", *Journal of Nannoplankton Research*, Volume 36, Issue 2, pp. 151 - 160, 2016. DOI: 10.58998/jnr2240.

[3] Cao Đăng Hoàng Yến, Nguyễn Thị Thu Hiền và Nguyễn Thị Thắm, "Sử dụng các thông số trong phân tích foraminifera để đánh giá sự thay đổi của tổ hợp hóa thạch và xác định môi trường giếng khoan bể Nam Côn Sơn", *Tạp chí Dầu khí*, Số 4, trang 37 - 44, 2017.

[4] Pham Thi Duyen, Ta Thi Hoa, Mai Hoang Dam, and Nguyen Thi Tham, "Stratigraphic significance of larger benthic foraminifera in Miocene carbonates from Nam Con Son basin, Vietnam", *Stratigraphy and Geological Correlation*, Volume 31, pp. 676 - 699, 2023. DOI: 10.1134/S0869593823060035.

[5] Walter H. Blow, "Late Middle Eocene to recent planktonic foraminiferal biostratigraphy", *Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils*, Volume 1, pp. 199 - 421, 1969. DOI: 10.1163/9789004616455_018.

[6] 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*, Volume 104, Issue 1 - 3, pp. 111- 142, 2011. DOI: 10.1016/j.earscirev.2010.09.003.

[7] E. Martini, "Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation", *Proceedings of the Second Planktonic Conference, Roma, 1970*.

[8] Jan Backman, Isabella Raffi, Domenico Rio, Eliana Fornaciari, and Heiko Pälike, "Biozonation and biochronology of Miocene through Pleistocene calcareous nannofossils from low and middle latitudes", *Newsletters on Stratigraphy*, Volume 45, Issue 3, pp. 221 - 244, 2012. DOI: 10.1127/0078-0421/2012/0022.

[9] Nguyen Van Su, Nguyen Tan Trieu, Mai Hoang Dam, Nguyen Thi Tham và Bui Thi Ngoc Phuong, "Biostratigraphy and petrography of Miocene sediments in the southeastern Nam Con Son basin, Vietnam", *Marine Micropaleontology*, Volume 201, 2025. DOI: 10.1016/j.marmicro.2025.102521.

[10] Robert J. Morley, *Origin and evolution of tropical rain forests*. Wiley, 2000.

[11] Robert J. Morley, Tony Swiecicki, and Pham Thi Thuy Dung, "A sequence stratigraphic framework for the Sunda region, based on integration of biostratigraphic, lithological and seismic data from Nam Con Son basin, Vietnam", *Proceedings of the*

Indonesian Petroleum Association: 35th Annual Convention and Exhibition 2011.

[12] Bui Viet Dung, Hoang Anh Tuan, Nguyen Van Kieu, Ha Quang Man, Nguyen Thi Thanh Thuy, and Pham Thi Dieu Huyen, "Depositional environment and reservoir quality of Miocene sediments in the central part of the Nam Con Son basin, Southern Vietnam shelf", *Marine and Petroleum Geology*, Volume 97, pp. 672 - 689, 2018. DOI: 10.1016/j.marpetgeo.2018.05.004.

[13] Ian J. Slipper, "Micropalaeontological techniques", *Encyclopedia of Geology*, pp. 470 - 475, 2005. DOI: 10.1016/B012-369396-9/00105-2.

[14] Paul R. Bown and Jeremy R. Young, "Techniques", *Calcareous nannofossil biostratigraphy*. Chapman and Hall, 1998, pp. 16 - 28.

[15] D. Phipps and Geoffrey Playford, "Laboratory techniques for extraction of palynomorphs from sediments", *Department of Geology, University of Queensland*, Volume 11, Issue 1, pp. 1-23, 1984.

[16] James P. Kennett and M.S. Srinivasan, *Neogene planktonic foraminifera: A phylogenetic atlas*. Hutchinson Ross, 1983.

[17] Hans M. Bolli and John B. Saunders, "Oligocene and Holocene low-latitude planktic foraminifera", *Plankton stratigraphy*. Cambridge University Press, 1985, pp. 155 - 262.

[18] Hans M. Bolli, Jean-Pierre Beckmann, and John B. Saunders, *Benthic foraminiferal biostratigraphy of the South Caribbean region*. Cambridge University Press, 2010. DOI: 10.1017/CB09780511564406.

[19] Robert Wynn Jones, *The challenger foraminifera*, Oxford University Press, 1994.

[20] Jean-Pierre Debenay, *A guide to 1,000 foraminifera from Southwestern Pacific: New Caledonia*. Muséum National d'Histoire Naturelle, 2013.

[21] Ann Holbourn, Andrew S. Henderson, and Norman MacLeod, *Atlas of benthic foraminifera*. Wiley, 2013. DOI: 10.1002/9781118452493.

[22] Paul Bown, Brian Huber, Bridget Wade, and Jeremy Young, "Pforams@mikrotax - Introduction". [Online]. Available: <https://www.mikrotax.org/pforams>.

[23] Jeremy R. Young, "Neogene", *Calcareous nannofossil biostratigraphy*. Chapman and Hall, 1998, pp. 225 - 265.

[24] Jeremy R. Young, Paul R. Bown, and Jaqueline A. Lees, "Nannotax3 - Introduction". [Online]. Available: <https://www.mikrotax.org/Nannotax3>.

[25] J.H. Germeraad, C.A. Hopping, and J. Muller, "Palynology of Tertiary sediments from tropical areas", *Review of Palaeobotany and Palynology*, Volume 6, Issue 3 - 4, 1968. DOI: 10.1016/0034-6667(68)90051-1.

[26] Robert J. Morley, "Palynology of Tertiary and Quaternary sediments in Southeast Asia", *6th Annual Convention Proceedings*, Volume 1, pp. 255 - 276, 1977.

[27] Robert J. Morley, "Tertiary stratigraphic palynology in Southeast Asia: current status and new directions", *Bulletin of the Geological Society of Malaysia*, Volume 28, pp. 1 - 36, 1991.

[28] Stephen J. Matthews, Alan J. Fraser, Shane Lowe, Simon P. Todd, and Frank J. Peel, "Structure, stratigraphy and petroleum geology of the SE Nam Con Son Basin, offshore Vietnam", *Geological Society, London, Special Publications*, Volume 126, pp. 89 - 106, 1997. DOI: 10.1144/GSL.SP.1997.126.01.07.

[29] Dieter Franke, Dimitri Savva, Manuel Pubellier, Stephan Steuer, Benoit Mouly, Jean-Luc Auxietre, Florian Meresse, and Nicolas Chamot-Rooke, "The final rifting evolution in the South China Sea", *Marine and Petroleum Geology*, Volume 58, Part B, pp. 704 - 720, 2014. DOI: 10.1016/j.marpetgeo.2013.11.020..

[30] Nguyen Quang Tuan and Tran Van Tri, "Seismic interpretation of the Nam Con Son basin and its implication for the tectonic evolution", *Indonesian Journal on Geoscience*, Volume 3, Issue 2, pp. 127 - 137, 2016. DOI: 10.17014/ijog.3.2.127-137.

[31] Steven Earle, "Physical geology", 2019. [Online]. Available: <https://opentextbc.ca/physicalgeology2ed/chapter/6-3-depositional-environments-and-sedimentary-basins/>.

[32] Viện Dầu khí Việt Nam, *Nghiên cứu, đánh giá cập nhật tiềm năng dầu khí của các bể trầm tích Cenozoic trên thềm lục địa Việt Nam phục vụ cho kế hoạch, quy hoạch tìm kiếm thăm dò của PETROVIETNAM giai đoạn 2020 - 2030 và định hướng sau năm 2030*, 2022.

BIOSTRATIGRAPHY AND DEPOSITIONAL ENVIRONMENTS OF THE LATE OLIGOCENE - EARLY MIOCENE IN THE SOUTHEASTERN NAM CON SON BASIN

Nguyen Van Su, Nguyen Thi Tham, Mai Hoang Dam, Pham Thi Duyen, Nguyen Thanh Tuyen

Vietnam Petroleum Institute (VPI), Ha Noi, 11312, Vietnam

KEY WORDS

Biostratigraphy,
paleoenvironment,
microfossils, Late
Oligocene - Early
Miocene, Nam Con Son
basin

ABSTRACT

This study integrates microfossil data (foraminifera, calcareous nannofossils, and palynomorphs) with well-log data from seven wells using StrataBugs software to characterize the biostratigraphy and depositional environments of the Late Oligocene - Early Miocene successions in the southeastern Nam Con Son basin. Based on key biostratigraphic markers, the top boundaries of the Late Oligocene and Early Miocene were clearly delineated. The concurrent absence of the M1a foraminiferal zone and the CNM1 calcareous nannofossil zone confirms the presence of a regional unconformity between the Cau and Dua formations.

The results reveal a distinct evolution of depositional environments, from freshwater lacustrine and coastal plain in the Late Oligocene to inner- and middle- neritic settings during the Early Miocene. This study provides a reliable scientific basis for standardizing biostratigraphic interpretation and depositional environment modeling, helping overcome the limitations imposed by the scarcity of diagnostic microfossils and the geological complexity of the study area.

Corresponding author: Email: sunv@vpi.pvn.vn

Received: 11/1/2026; Revised: 11/1 - 2/2/2026; Accepted date: 26/2/2026

This is an Open Access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)
