

Journal of Mining and Earth Sciences

Website: <https://jmes.humg.edu.vn>

Integration of geological and geophysical data for predicting the sedimentary environment of Oligocene formations in the Northeastern Cuu Long Basin



Bien Song Trinh^{1,*}, Quy Ngoc Dang¹, Duc Anh Nguyen¹, Son Thieu Bui¹, Dang Hai Pham¹, Bang Thanh Hoang¹, Tam Minh Nguyen¹, Man Quang Ha¹, Trung Le Nguyen¹, Thanh Van Nguyen¹, Dung Viet Bui²

¹ Petrovietnam Exploration production corporation - Integrated Technical Center, Hanoi, Vietnam

² Vietnam Petroleum Institute, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history:

Received 25th Aug. 2024

Revised 17th Dec. 2024

Accepted 3rd Jan. 2025

Keywords:

Cuu Long Basin,
Lithology and INPEFA,
Oligocene,
Paleontology,
Sedimentary environment,
Welllogs.

This study focuses on the synthesis and analysis of an extensive array of geological and geophysical data to deepen understanding of the depositional environments of Oligocene formations in the northeastern Cuu Long Basin, a region of significant interest for hydrocarbon exploration. Major oil and gas fields, including Su Tu Vang and Ruby, are central to ongoing and future exploration efforts, underscoring the importance of accurately delineating sedimentary distribution patterns within both structural and stratigraphic traps. Our approach integrates multiple datasets such as paleontological, lithological, well-log, and seismic data which enable us to classify the Oligocene sediments into three primary depositional environments: fluvial plain, marginal lacustrine, and lacustrine. Each environment is associated with specific sedimentary facies that influence key reservoir properties, including hydrocarbon trapping potential, fluid dynamics, and overall reservoir quality. Understanding these facies is essential for evaluating hydrocarbon-bearing intervals and optimizing field development strategies. In addition, a detailed spatial and temporal analysis of the sedimentary units F, E, D Lower, and D Upper was conducted, revealing evolutionary changes in depositional conditions over time. These insights provide crucial information about the stratigraphic framework and depositional history of the northeastern Cuu Long Basin, contributing to more precise geological models that enhance exploration targeting and production efficiency. Ultimately, this study underscores the value of integrating geological and geophysical approaches to optimize drilling locations, improve hydrocarbon recovery, and advance reservoir management in the Cuu Long Basin. The comprehensive methodology and insights gained from this research provide a valuable foundation for applying these integrated approaches to similar basins, thereby improving the accuracy of geological models and the efficiency of hydrocarbon recovery efforts.

Copyright © 2025 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

*Corresponding author

E - mail: BienTS@pvpep.com.vn

DOI: 10.46326/JMES.2025.66(1).10



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <https://tapchi.humg.edu.vn>

Tổng hợp tài liệu địa chất và địa vật lý dự báo môi trường trầm tích các thành tạo tuổi Oligocene khu vực Đông Bắc bể Cửu Long

Trịnh Sóng Biển^{1,*}, Đặng Ngọc Quý¹, Nguyễn Anh Đức¹, Bùi Thiệu Sơn¹, Phạm Hải Đăng¹, Hoàng Thanh Bằng¹, Nguyễn Minh Tâm¹, Hà Quang Mẫn¹, Nguyễn Lê Trung¹, Nguyễn Văn Thanh¹, Bùi Việt Dũng²

¹ Tổng Công ty Thăm dò Khai thác dầu khí - CN Trung Tâm Kỹ Thuật, Hà Nội, Việt Nam

² Viện Dầu Khí Việt Nam - Trung tâm Nghiên cứu Tìm kiếm Thăm dò và Khai thác, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 25/08/2024

Sửa xong 17/12/2024

Chấp nhận đăng 3/1/2025

Từ khóa:

Bể Cửu Long,

Cổ sinh,

Địa vật lý giếng khoan,

IMPEFA,

Môi trường trầm tích,

Oligocene,

Thạch học.

Nghiên cứu này tập trung tổng hợp và phân tích tài liệu địa chất và địa vật lý nhằm dự báo chi tiết hơn về tướng và môi trường trầm tích của các thành tạo tuổi Oligocene tại khu vực Đông Bắc bể Cửu Long, một vùng có ý nghĩa quan trọng trong công tác tìm kiếm, thăm dò và khai thác dầu khí. Một số mỏ dầu khí lớn như Sư Tử Vàng, Ruby đang là trọng tâm của các hoạt động thăm dò hiện tại và tương lai, nhấn mạnh tầm quan trọng của việc nghiên cứu xác định mô hình phân bố tướng và môi trường đặc biệt nhằm mở rộng tìm kiếm các bẫy chứa dầu khí cả truyền thống và phi cấu tạo. Phương pháp nghiên cứu tiếp cận của bài báo là tổng hợp nhiều loại dữ liệu như dữ liệu cổ sinh, thạch học, địa vật lý giếng khoan và địa chấn cho phép phân chia trầm tích Oligocene thành ba môi trường trầm tích chính: đồng bằng sông (fluvial plain), hồ ven biển (marginal lacustrine) và hồ (lacustrine). Các môi trường này được xác định dựa trên sự khác biệt về các đặc điểm thạch học và điều kiện lắng đọng, giúp minh họa rõ nét hơn về các đặc điểm trầm tích và tiềm năng chứa dầu khí của từng môi trường. Hiểu được các địa tầng trầm tích này cũng là yếu tố quan trọng để đánh giá các khoảng chứa dầu khí và tối ưu hóa các chiến lược phát triển mỏ. Ngoài ra, phân tích chi tiết về sự phân bố không gian và thời gian của các tập trầm tích F, E, D Lower và D Upper đã được thực hiện, làm sáng tỏ những thay đổi về tướng và môi trường trong điều kiện lắng đọng. Những thông tin này cung cấp dữ liệu thiết yếu về khung địa tầng và lịch sử trầm tích của khu vực Đông Bắc bể Cửu Long, đóng góp vào việc xây dựng các mô hình địa chất chính xác hơn. Nghiên cứu này cũng chỉ ra tính hiệu quả của việc tích hợp giữa phương pháp địa chất và địa vật lý để tối ưu hóa vị trí giếng khoan, nâng cao khả năng thu hồi dầu khí và cải thiện quản lý mỏ ở bể Cửu Long. Phương pháp tiếp cận tích hợp giữa tài liệu địa chất và địa vật lý trong nghiên cứu này không chỉ hữu ích cho khu vực bể Cửu Long mà còn có thể áp dụng cho các bể trầm tích khác có điều kiện địa chất tương tự.

© 2025 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

*Tác giả liên hệ

E - mail: BienTS@pvep.com.vn

DOI: 10.46326/JMES.2025.66(1).10

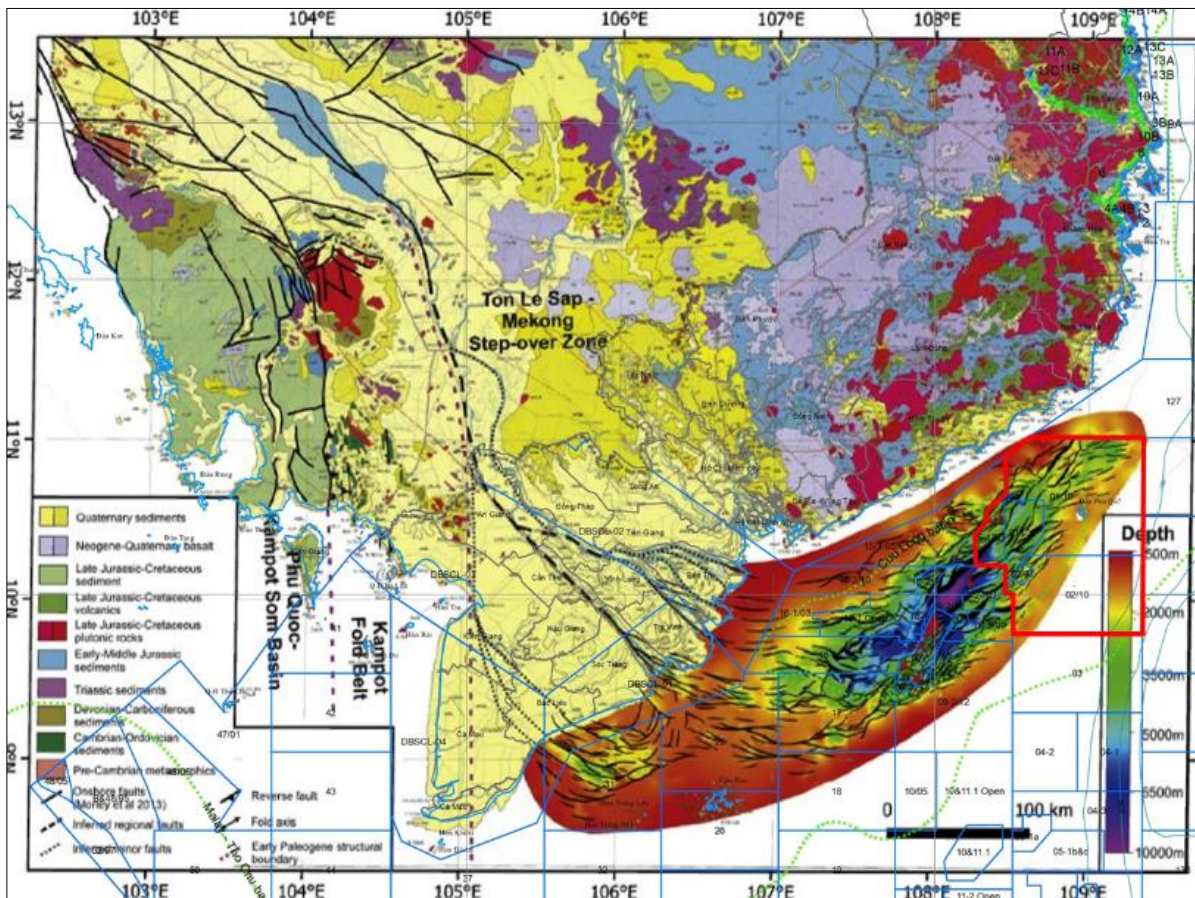
1. Giới thiệu chung

Gần đây, các tài liệu địa chất và địa vật lý mới đã hỗ trợ các nhà thầu tại bể Cửu Long trong việc xác định được các đối tượng địa chất và tiềm năng dầu khí trong trầm tích Oligocene, bao gồm các tập F, E, D và C (Schmidt và nnk., 2019), (Điền, 2007), (Nguyễn, 2007), (Ngô và nnk., 2007), (Nguyen, 2015). Tuy nhiên, việc nắm bắt quy luật phân bố của các bể chứa mới vẫn là thách thức lớn, đòi hỏi nghiên cứu chi tiết về tướng và môi trường trầm tích trên toàn bể. Khu vực Đông Bắc bể Cửu Long, nơi có các mỏ lớn như Sư Tử Trắng, Ruby và Lạc Đà Vàng, được coi là vùng tiềm năng cao. Hiểu rõ đặc điểm phân bố không gian và thời gian của trầm tích Oligocene đóng vai trò quan trọng trong việc tối ưu hóa hoạt động khai thác và quản lý mỏ. Ngoài ra, khu vực này vẫn còn nhiều cấu tạo địa chất triển vọng, bao gồm cả bể cấu trúc và phi cấu trúc, chưa được nghiên cứu đầy đủ.

Một số nghiên cứu về địa chất, địa vật lý và phân tích tướng đá đã được thực hiện trong khu vực, tuy nhiên, các nghiên cứu này còn rời rạc và thiếu sự nhất quán trong phân loại trầm tích, chưa khai thác tối đa dữ liệu từ các giếng khoan mới. Mục tiêu của nghiên cứu này là tổng hợp và cập nhật toàn bộ dữ liệu, xây dựng một bức tranh đồng bộ về tướng và môi trường trầm tích Oligocene cho khu vực Đông Bắc bể Cửu Long. Điều này nhằm đảm bảo tính nhất quán và toàn diện, đồng thời cung cấp thông tin quan trọng cho hoạt động thăm dò và khai thác.

2. Đặc điểm địa chất khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu nằm ở phía Đông Bắc bể Cửu Long, ngoài khơi thềm lục địa Việt Nam, có đặc điểm địa tầng và lịch sử địa chất điển hình của bể (Hình 1). Địa tầng khu vực này bao gồm móng trước Đệ Tam và các trầm tích Kainozoi từ Eocen đến hiện tại, được chia thành 6 hệ tầng chính:



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu trên bản đồ kiến tạo khu vực (khu vực nghiên cứu được khoanh màu đỏ) (Schmidt và nnk., 2019).

Trà Cú, Trà Tân, Bạch Hổ, Côn Sơn, Đồng Nai và Biển Đông.

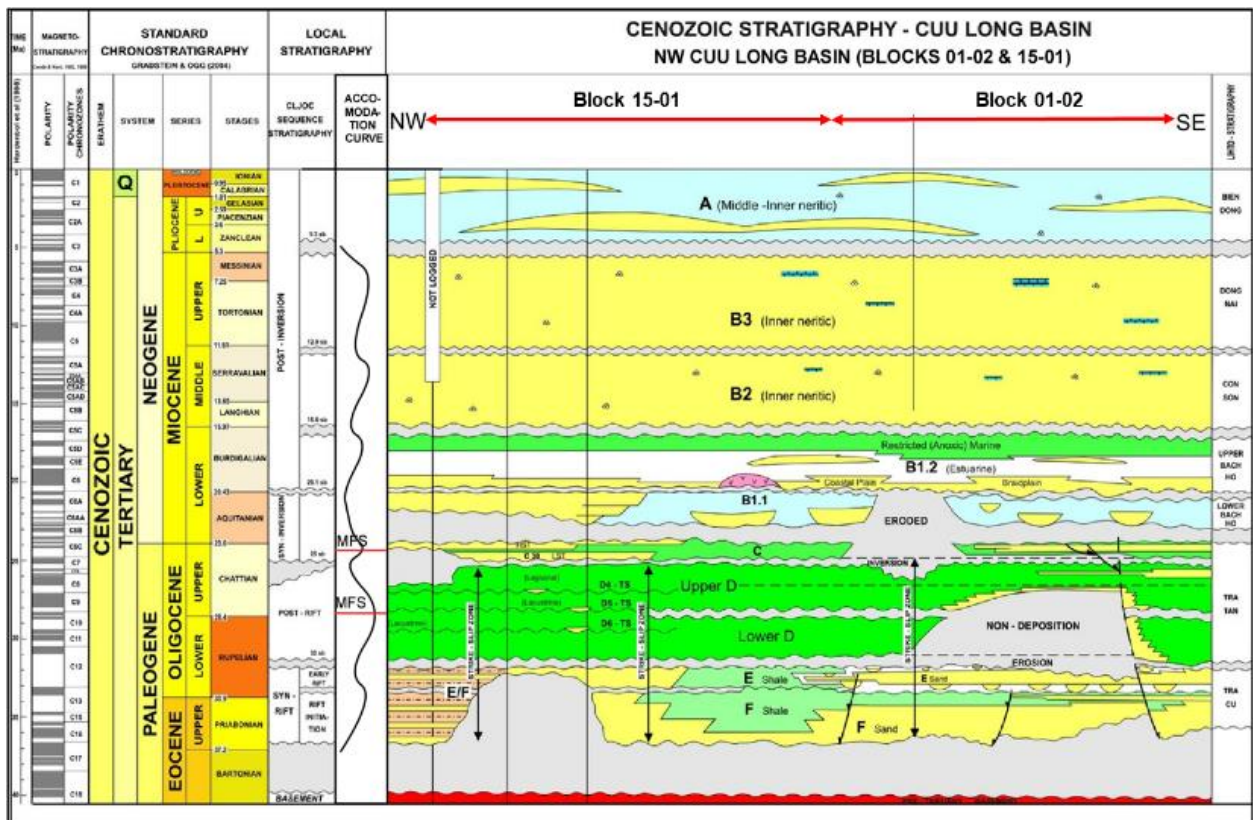
Trầm tích Oligocene trong khu vực bao gồm các tập F, E, D và C, được phân chia chi tiết trên mặt cắt địa chấn. Nghiên cứu về tướng và môi trường trầm tích tập trung vào các mặt ranh giới trong các tập D và C, giúp làm rõ quy luật trầm tích Oligocene (Vu, 2017) (Hình 2).

Về kiến trúc, khu vực nghiên cứu trải dài qua sáu đơn vị cấu trúc chính, bao gồm các đới nâng và trũng lớn như đới nâng Hải Sư Đen – Hồ Đen và Đới nâng Côn Sơn (Hình 3). Lịch sử tiến hóa kiến tạo của khu vực được chia thành ba giai đoạn: trước tách giãn (pre-rift), đồng tách giãn (syn-rift) trong Eocen - Oligocene và sau tách giãn (post-rift). Giai đoạn đồng tách giãn đã định hình các cấu trúc chính của bể, với những đứt gãy quan trọng theo hướng Tây Bắc - Đông Nam. Vào cuối Oligocene, khu vực nghiên cứu trải qua nhiều pha nén ép và tách giãn, dẫn đến sự phát triển của các cấu trúc địa chất phức tạp, tạo điều kiện tích tụ và bảo tồn tiềm năng dầu khí trong trầm tích Oligocene (Hình 4).

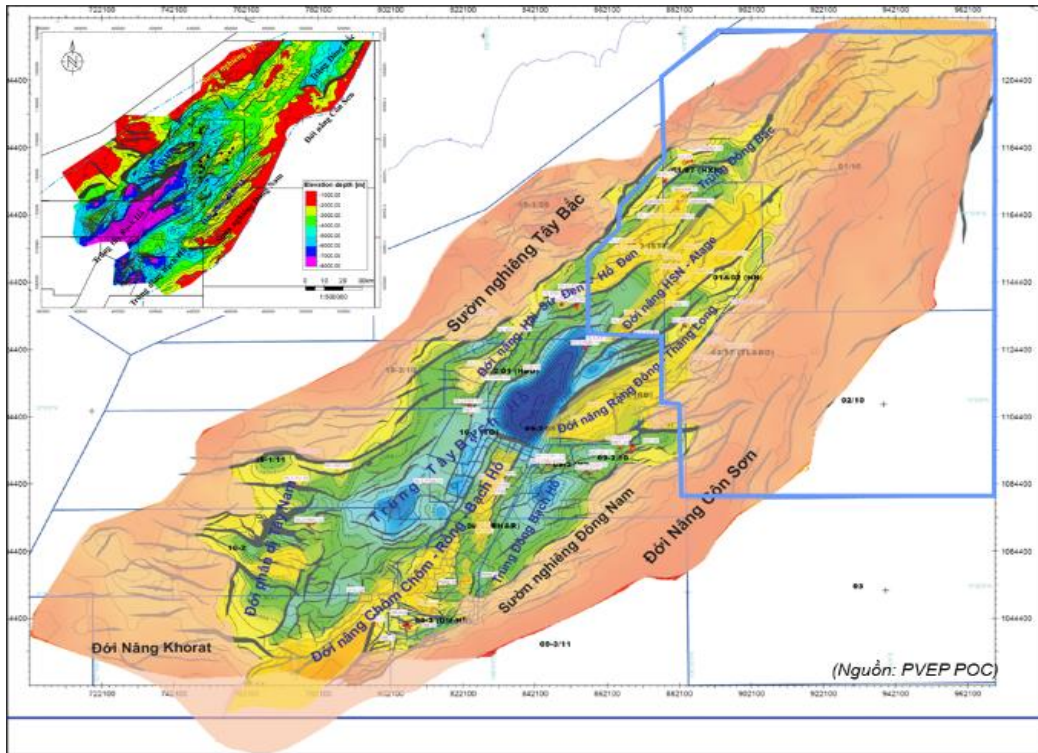
3. Các phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu môi trường trầm tích chủ yếu dựa vào mẫu lõi hoặc dữ liệu từ các mặt cắt lộ địa trên thực địa, vì chúng cung cấp thông tin trực tiếp và chi tiết về các tướng và môi trường lắng đọng trầm tích. Tuy nhiên, khi chỉ có dữ liệu địa vật lý giếng khoan, việc xác định chính xác các tướng và môi trường trầm tích gặp khó khăn do tính đa nghiệm của kết quả minh giải (Ezeh và nnk., 2016), (Dung và nnk., 2018; Nguyễn, 2018). Trong trường hợp này, việc bổ sung dữ liệu hình ảnh thành giếng khoan, chẳng hạn như từ công cụ Formation MicroImager (FMI), có thể nâng cao đáng kể độ tin cậy của kết quả (Schlumberger, 1989).

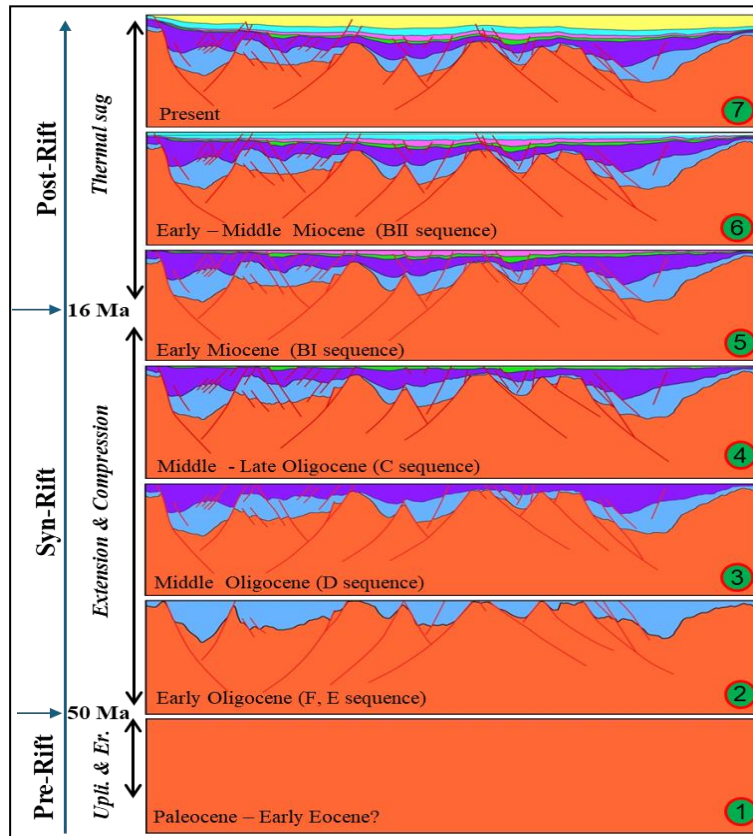
Trong nghiên cứu này, quá trình minh giải môi trường trầm tích được thực hiện theo các bước trong Hình 5, thông qua việc phân tích các tài liệu như cổ sinh, địa vật lý giếng khoan, dữ liệu FMI và địa chấn (Nguyen & Le, 2021). Các cấu trúc trầm tích và hướng dòng chảy cổ có thể được minh giải từ hình ảnh FMI (Serra, 1989). Việc xác định các xu hướng phân lớp thẳng đứng dựa trên giá trị và hình dạng của các đường cong như mật độ



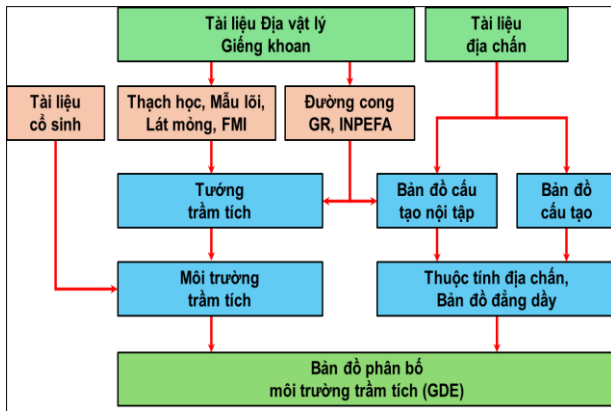
Hình 2. Khung địa tầng – trầm tích khu vực Đông Bắc bể Cửu Long.



Hình 3. Sơ đồ phân vùng cấu trúc bề Cữu Long (Nguyễn, 2007).



Hình 4. Mặt cắt phục hồi lịch sử phát triển địa chất qua các thời kỳ.



Hình 5. Các bước chính tổng hợp số liệu địa chất và địa vật lý minh giải môi trường trầm tích.

(RHOB), độ rỗng neutron (NPHI) và gamma ray (GR) cũng rất quan trọng (Crain & Ganz, 1986).

Ngoài ra, nghiên cứu này còn áp dụng các phương pháp phân tích tài liệu địa chấn như phân tích thuộc tính địa chấn và địa chấn địa tầng để dự báo môi trường trầm tích tại các khu vực không có giếng khoan (Tran, 2019). Cách tiếp cận tổng hợp này cho phép minh giải chi tiết và chính xác hơn về phân bố môi trường trầm tích trong khu vực nghiên cứu.

Trong phạm vi nghiên cứu này, tài liệu được lựa chọn trong khu vực nghiên cứu bao gồm tổng cộng 192 giếng khoan qua tầng Oligocen, với các dữ liệu như địa vật lý giếng khoan, phân tích mẫu lõi, thạch học, cổ sinh, mudlog, và các báo cáo kết thúc giếng khoan. Hầu hết khu vực đã có tài liệu khảo sát địa chấn 2D, tuy nhiên, chất lượng tài liệu không đồng đều và phần lớn đã lỗi thời. Một số khu vực có tiềm năng dầu khí cao đã được khảo sát địa chấn 3D, đáp ứng yêu cầu phân tích cấu trúc và môi trường trầm tích. Ngoài ra, nghiên cứu còn sử dụng các bản đồ cấu trúc Oligocen của vùng Đông Bắc bể Cửu Long.

Dưới đây là tóm tắt một số phương pháp nghiên cứu chính:

Phương pháp phân tích cổ sinh

Phân tích dữ liệu cổ sinh là phương pháp quan trọng để xác định môi trường trầm tích thông qua việc thu thập và phân tích các hóa thạch vi mô như bào tử, phấn hoa, foraminifera, và nannofossils (Vu, 2017). Những hóa thạch này cung cấp thông tin về điều kiện môi trường, như độ sâu mực nước, độ mặn và nhiệt độ trong quá trình lắng đọng trầm tích (Nguyen & Le, 2021). Dữ liệu cổ sinh thường được thu thập từ mẫu lõi

khoan, nơi các trầm tích được bảo tồn qua thời gian (Le, 2016). Mẫu được phân tích dưới kính hiển vi để nhận diện các loài cổ sinh vật dựa trên đặc điểm hình thái học, giúp suy luận về môi trường trầm tích, như sự hiện diện của foraminifera nước mặn chỉ ra môi trường biển nông (Nguyen, 2015). Dữ liệu cổ sinh không chỉ giúp xác định môi trường mà còn hỗ trợ định tuổi tương đối của các lớp địa tầng thông qua biostratigraphy (Bui, 2018). Tuy nhiên, phương pháp này có hạn chế do bảo tồn hóa thạch có thể kém và môi trường thay đổi theo thời gian, do đó cần kết hợp với các dữ liệu khác để đảm bảo độ chính xác (Nguyen & Le, 2021).

Phương pháp thạch học

Phương pháp thạch học sử dụng mẫu lõi để xác định tương đá, đóng vai trò quan trọng trong nghiên cứu môi trường trầm tích. Mẫu lõi được thu thập từ các giếng khoan và được bảo quản kỹ lưỡng (Bui, 2018; Nguyen, 2015). Trước khi phân tích, mẫu có thể được đo gamma, chụp X-quang hoặc đánh bóng để làm rõ các đặc điểm cấu trúc và thành phần (Asquith và nnk., 2004). Phân tích trầm tích học giúp nhận diện các đặc điểm như phân lớp, nghiêng lớp và dấu hiệu hình thành từ quá trình trầm tích. Thành phần khoáng vật giúp xác định loại trầm tích và nguồn gốc của chúng, cung cấp thông tin về điều kiện lắng đọng (Rider và Kennedy, 2011). Tuy nhiên, việc sử dụng mẫu lõi gặp thách thức về tính đại diện và cấu trúc trầm tích, do đó cần kết hợp với dữ liệu địa vật lý để cung cấp cái nhìn toàn diện hơn về môi trường trầm tích (Tran và Nguyen, 2019).

Phương pháp địa vật lý giếng khoan

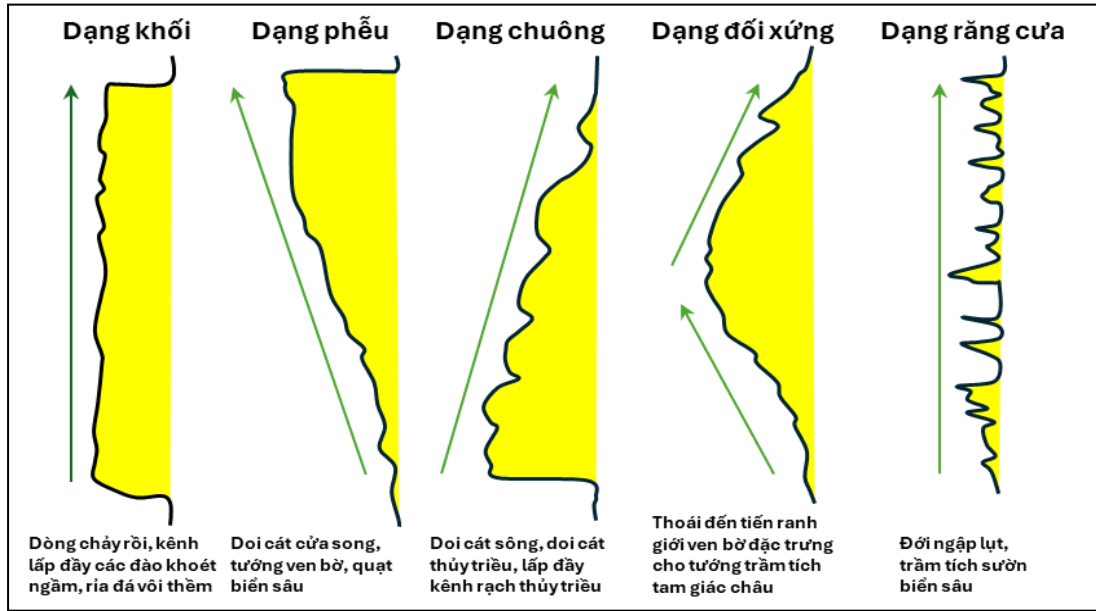
Việc sử dụng đường cong địa vật lý giếng khoan là thiết yếu trong trường hợp thiếu tài liệu mẫu lõi. Hai phương pháp chính được sử dụng gồm: đường cong gamma ray (GR) và đường cong INPEFA (Tixier và nnk., 1959).

Minh giải môi trường trầm tích dựa vào hình dạng đường cong GR: Đường cong GR đo mức độ phóng xạ tự nhiên trong đá. Giá trị GR cao thường chỉ ra môi trường lắng đọng năng lượng thấp như biển sâu, trong khi giá trị GR thấp chỉ ra môi trường năng lượng cao như sông ngòi. Hình dạng đường cong cho thấy sự chuyển đổi giữa các môi trường lắng đọng (Rider và Kennedy, 2011; Crain & Ganz, 1986) (Hình 6).

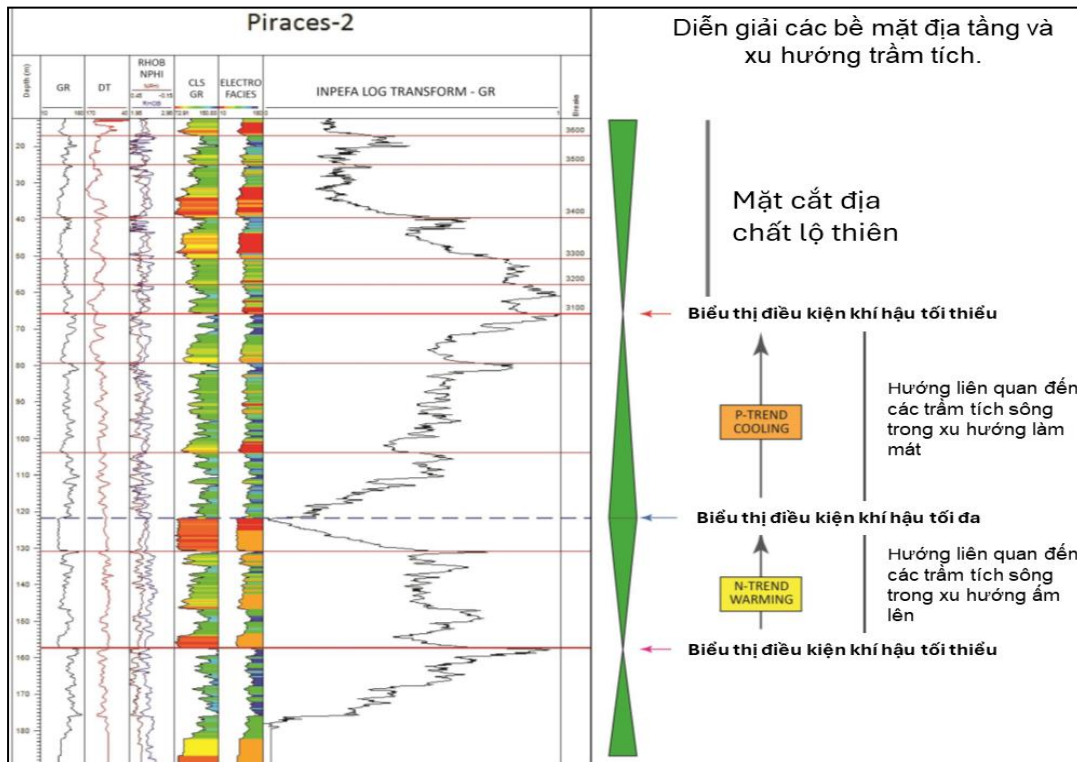
Phân tích trầm tích theo đường cong INPEFA: INPEFA là phương pháp phân tích tiên tiến, phát

hiện các gián đoạn trong dữ liệu log giếng khoan (CycloLog, 2011). Thuật toán dự đoán tạo ra đường cong INPEFA, phản ánh sự thay đổi các nhịp và chu kỳ trầm tích. Kết hợp phân tích GR và

INPEFA cung cấp cái nhìn toàn diện về môi trường trầm tích, giúp nâng cao độ chính xác trong tái tạo và mô hình hóa các sự kiện địa chất trong quá khứ (Schlumberger, 1989) (Hình 7).



Hình 6. Các hình dạng cơ bản của đường GR tương ứng với các tương và môi trường trầm tích khác nhau (Cant, 1992; Radwan, 2021).



Hình 7. Ví dụ minh họa sử dụng đường INPEFA để minh giải chi tiết hơn về phân tập trầm tích. (Cyclolog, 2011).

4. Kết quả và thảo luận

Dựa trên kết quả nghiên cứu địa chất tổng hợp, môi trường lắng đọng trầm tích của khu vực nghiên cứu có thể chia thành ba môi trường chính, mỗi môi trường bao gồm nhiều tướng trầm tích riêng biệt (Bảng 1). Sự kết hợp của các tướng này giúp xác định rõ môi trường lắng đọng tại từng giếng khoan trong từng thời kỳ. Các tập trầm tích thời kỳ Oligocen được hình thành và phân bố trong giai đoạn tách giãn của bể, vì vậy chúng chịu ảnh hưởng trực tiếp từ các hoạt động kiến tạo chính. Ngoài ra, các yếu tố địa phương như nguồn cung cấp vật liệu và địa hình cổ tại từng khu vực cũng đóng vai trò quan trọng trong phân bố tướng và môi trường trầm tích.

Tập F/E: trong giai đoạn đầu của Kainozoi, khi bể Cửu Long bắt đầu quá trình tách giãn, không gian chứa trầm tích còn hạn chế, nguồn cung cấp vật liệu chủ yếu là các hạt vụn thô. Điều này dẫn đến sự hình thành các tập trầm tích đặc trưng cho môi trường lũ tích và đồng bằng bồi tích sông, với các lớp cát dày, độ mài tròn kém, và phân loại hạt không đồng nhất.

Tập D: khi quá trình mở rộng bể tiếp tục, môi trường lắng đọng chuyển dần sang các hồ nước ngọt, tạo ra các lớp sét dày xen kẽ với các lớp cát mỏng. Các lớp cát này có thể hình thành do các sự kiện mực nước hồ hạ thấp đột ngột hoặc sự gia tăng đột biến về nguồn cung cấp vật liệu.

Tập C: vào giai đoạn cuối của tập D và đầu tập C, quá trình tách giãn kết thúc và bể bắt đầu lấp đầy. Môi trường lắng đọng chuyển từ hồ sang đồng bằng bồi tích sông, với sự xuất hiện của các thân cát tương đối sạch, có xu hướng thô hơn về phía trên. Đến cuối tập C, môi trường đồng bằng bồi tích sông chiếm ưu thế, với các lớp cát dày đặc trưng cho các kênh, sông uốn khúc hoặc các sông phân nhánh.

Môi trường trầm tích từ tài liệu cổ sinh

Trong nghiên cứu này, tài liệu cổ sinh là công cụ chính để minh giải môi trường trầm tích từ các giếng khoan. Mẫu phân tích dựa trên bào tử và phấn hoa, giúp xác định môi trường lắng đọng. Kết quả phân tích cho thấy: Tập C là hồ nước ngọt có ảnh hưởng nước lợ, Tập D là vùng vịnh nước lợ hoặc hồ nước ngọt và Tập E-F là đồng bằng sông. Hình 8a mô tả kết quả phân tích môi trường theo tài liệu cổ sinh của một giếng khoan, đối sánh với tài liệu mẫu lõi. Từ trái qua phải chỉ ra liên kết chi tiết giữa tài liệu ĐVLGK (đường cong GR và Vcl), minh giải thạch học (Lithology) và đối sánh với tài liệu phân tích cổ sinh. Kết quả sơ bộ có thể chỉ ra môi trường trầm tích là môi trường sông.

Môi trường trầm tích từ tài liệu mẫu lõi

Mẫu lõi từ các giếng khoan trong khu vực nghiên cứu đã được sử dụng để minh giải và xác định tướng trầm tích. Tuy nhiên, do số lượng mẫu lõi hạn chế nên kết quả minh giải từ tài liệu này sẽ được dùng để đối sánh với phân tích từ tài liệu địa vật lý giếng khoan (ĐVLGK). Trên Hình 8a, kết quả

Bảng 1. Tổng hợp tướng và môi trường trầm tích có so sánh với đặc trưng hình dạng đường cong GR trong khu vực nghiên cứu.

Môi trường trầm tích	Đặc trưng chung	Môi trường theo Cổ sinh	Thạch học và độ chọn lọc	Tổ hợp tướng môi trường	Hình dạng đường cong GR
Sông/ thuộc sông	Cát kết chiếm ưu thế	Sông Đồng bằng ven hồ	Cát kết arkos, lithic arkos, mảnh đá giàu thành phần felspar,	Sông uốn khúc/ sông bện	Dạng chuông/ dạng khối
	Ranh giới tướng thay đổi từ từ	Đầm Hồ nước ngọt có ảnh hưởng bởi nước mặn (nước lợ)	Cát kết arkos, lithic arkos, mảnh đá giàu thành phần felspar, litherenite. Độ chọn lọc từ kém đến trung bình	Cạnh cát khía/ đê vỡ (crevasse-splay)	Dạng phễu
		Đầm Hồ nước ngọt	Cát hạt mịn tới bột	Đồng bằng ngập lụt/ đê	Dạng răng cưa
Ven hồ/ ria hồ	Cát, sét xen kẽ	Đầm Hồ nước ngọt Đầm Hồ nước ngọt có ảnh hưởng bởi nước mặn (nước lợ)	Cát kết arkos, lithic arkos, mảnh đá giàu thành phần felspar, litherenite. Độ chọn lọc từ trung bình đến tốt	Đoi cát/ đê cát/ đoi cát ven bờ	Dạng phễu
	Ranh giới tướng thay đổi đột ngột và từ từ	Vùng, vịnh	Cát kết lithic arkos, mảnh đá giàu thành phần felspar, . Độ chọn lọc từ trung bình đến tốt	Các dòng sông phân nhánh	Dạng chuông
		Đầm Hồ	Sét, bột	Vùng/ vịnh	Giá trị GR cao
Đầm Hồ	Trầm tích hạt mịn ưu thế	Đầm Hồ Đầm Hồ nước ngọt có ảnh hưởng bởi nước mặn (nước lợ)	Cát kết arkos, lithic arkos, lithic grauvac. Độ chọn lọc từ trung bình đến rất tốt	Quạt ngầm/ vùng ngập nước	Dạng chuông/ dạng khối
	Ranh giới tướng thay đổi đột ngột	Đầm Hồ nước ngọt Vùng, vịnh	Sét, bột	Bùn đầm hồ	Giá trị GR cao

phân tích mẫu lõi bên phải, cho thấy có xuất hiện hai tập cát xen kẽ với hai tập sét. Dựa vào mô tả mẫu lõi như màu sắc, sự biến đổi độ hạt theo chiều thẳng đứng và các biểu hiện về tướng,... cũng chỉ ra đặc trưng ở đây là môi trường trầm tích sông.

Môi trường trầm tích từ tài liệu ĐVLGK

Phân tích từ ĐVLGK cung cấp dữ liệu liên tục và đồng đều, giúp xác định 5 dạng đường cong GR chính cho tướng trầm tích. Kết quả từ ĐVLGK được đối chiếu với thạch học, cổ sinh, và mẫu lõi (nếu có) để đảm bảo độ chính xác. Hình 8b minh họa sự kết hợp này trong phân tích một giếng khoan. Từ đường cong GR (màu xanh lá cây bên phải), mình giải được các hình dạng cơ bản theo lý thuyết (Hình 6) đặc trưng cho từng tướng trầm tích và để mình chứng rõ hơn ở các khoảng này sẽ được đối sánh lại với mẫu lõi hoặc mẫu lát mỏng nếu giếng khoan đó có phân tích từ đó nâng cao độ tin cậy của kết quả mình giải đọc giếng khoan.

Trên cơ sở tổng hợp các kết quả phân tích thạch học, cổ sinh địa tầng, mẫu lõi và hình dạng đường GR, các tướng và tổ hợp tướng chính cùng môi trường trầm tích đã được phân loại dọc theo các giếng khoan trong khu vực nghiên cứu. Hình 9

thể hiện kết quả liên kết giếng khoan dựa trên tướng và môi trường trầm tích của mỏ Ruby.

Trên cơ sở tổng hợp các kết quả phân tích thạch học, cổ sinh địa tầng, mẫu lõi và hình dạng đường GR, các tướng và tổ hợp tướng chính cùng môi trường trầm tích đã được phân loại dọc theo các giếng khoan trong khu vực nghiên cứu. Hình 9 thể hiện mặt cắt liên kết qua một số giếng khoan dựa trên kết quả minh giải tướng và môi trường trầm tích.

Môi trường trầm tích tập F:

Phân bố: Tập F chủ yếu phân bố tại bán địa hào với chiều dày trầm tích từ 400 đến 2000 m.

Môi trường trầm tích: Chủ yếu là đồng bằng sông và chuyển sang môi trường ven hồ.

Môi trường trầm tích tập E:

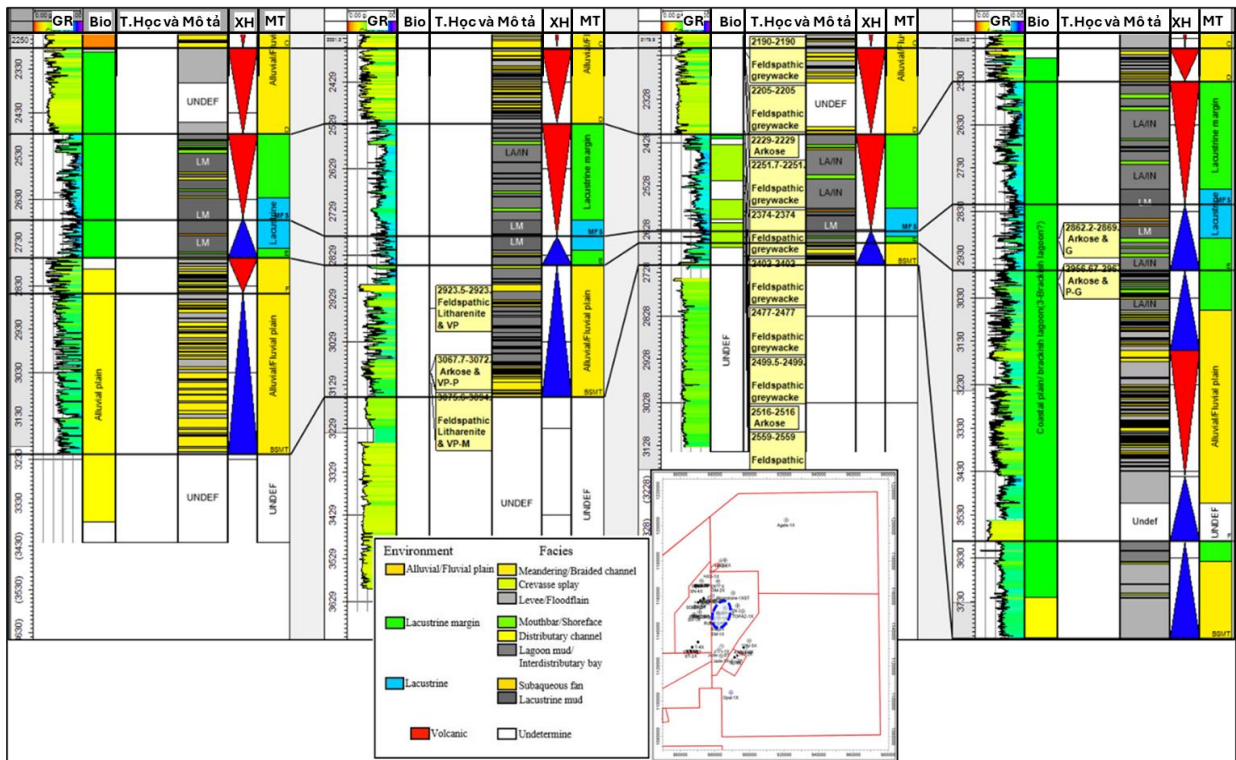
Phân bố: Xuất hiện rộng rãi, trầm tích dày từ 400 đến 2800 m.

Môi trường trầm tích: Đồng bằng sông là chủ đạo và chuyển dần sang ven hồ.

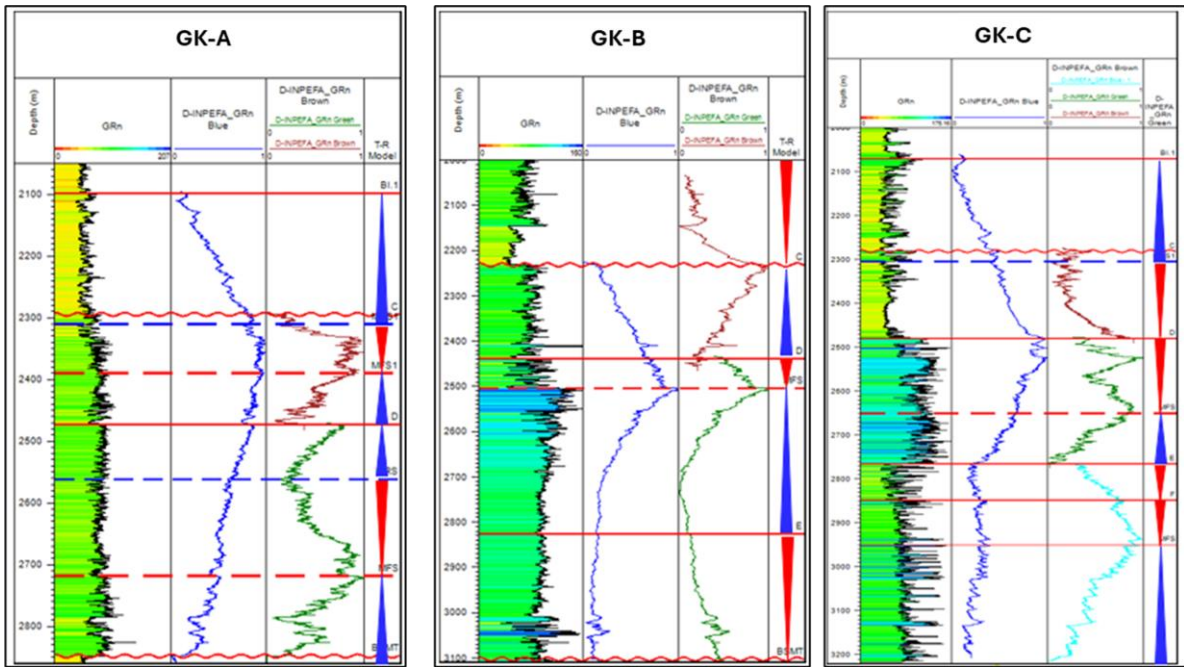
Môi trường trầm tích tập D dưới:

Phân bố: Rộng rãi, dày từ 400 đến 2000m. Phát hiện ở hầu hết các giếng trong nghiên cứu.

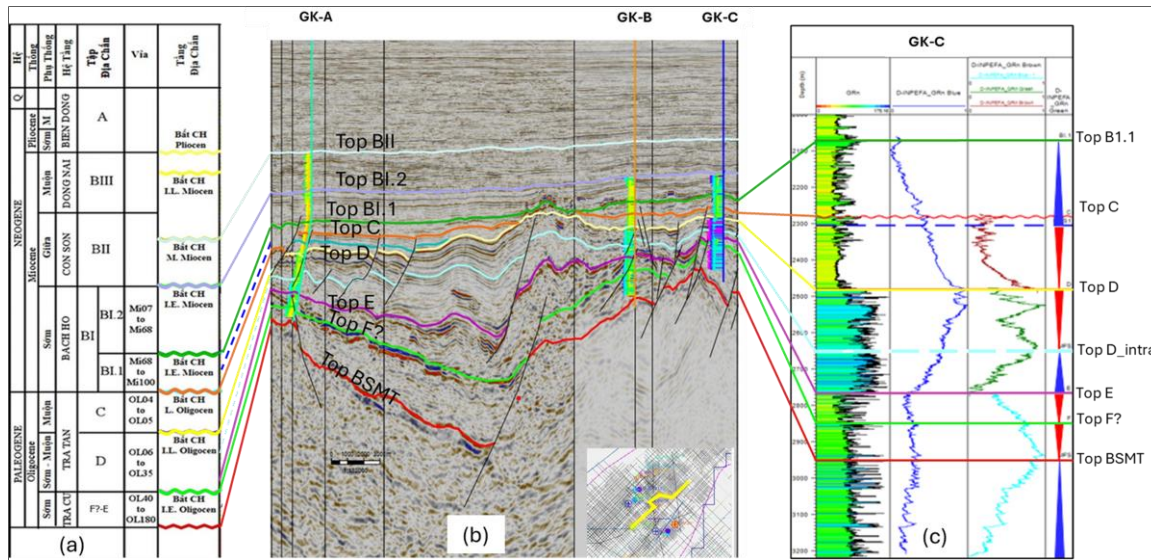
Môi trường trầm tích: Xen kẽ giữa hồ và ven hồ.



Hình 9. Ví dụ kết quả liên kết giữa các giếng khoan dựa vào đặc điểm tướng và môi trường trầm tích dọc các giếng khoan khu vực nghiên cứu.



Hình 10. Phân tích các tập trầm tích nội tập tại các giếng khoan GK-A, GK-B và GK-C trong khu vực nghiên cứu.



Hình 11. Liên kết giữa giếng khoan và mặt cắt địa chấn trong khu vực nghiên cứu: a) Cột địa tầng tổng hợp; b) Mặt cắt địa chấn qua 3 giếng khoan; c) Kết quả phân chia chi tiết nội tập trầm tích tại giếng khoan.

Môi trường trầm tích tập D trên:
 Phân bố: Xuất hiện ở các giếng và phía Đông Bắc vùng nghiên cứu, dày từ 200 đến 1000 m. Ghi nhận ở hầu hết các giếng.
 Môi trường trầm tích: Đồng bằng sông, hồ và ven hồ đều hiện diện.

Trong nghiên cứu này, các đường cong INPEFA (Hình 10) đã được sử dụng để phân tích chi tiết hơn về chu kỳ phân tập trong trầm tích Oligocen, kết hợp với địa chấn 3D để xác định các ranh giới quan trọng như Top D-intra và Top F. Hình 11 tổng hợp liên kết giữa giếng khoan, mặt

cát địa chấn và cột địa tầng tổng hợp. Ranh giới môi trường trầm tích được phác thảo tương đối, dựa trên các đường đẳng dày phản ánh thay đổi địa hình đáy trầm tích. Trên Hình 12 thể hiện kết quả bản đồ tương môi trường trầm tích của tập D, dựa trên mô hình trầm tích khái niệm (Hình 12a), kết hợp với kết quả phân tích tương và môi trường trầm tích dọc các giếng khoan (Hình 9) và các bản đồ đẳng dày của các tập và nội tập (Hình 12b). Từ đó, các sơ đồ phân bố môi trường trầm tích của các tập đã được xây dựng như Hình 12c.

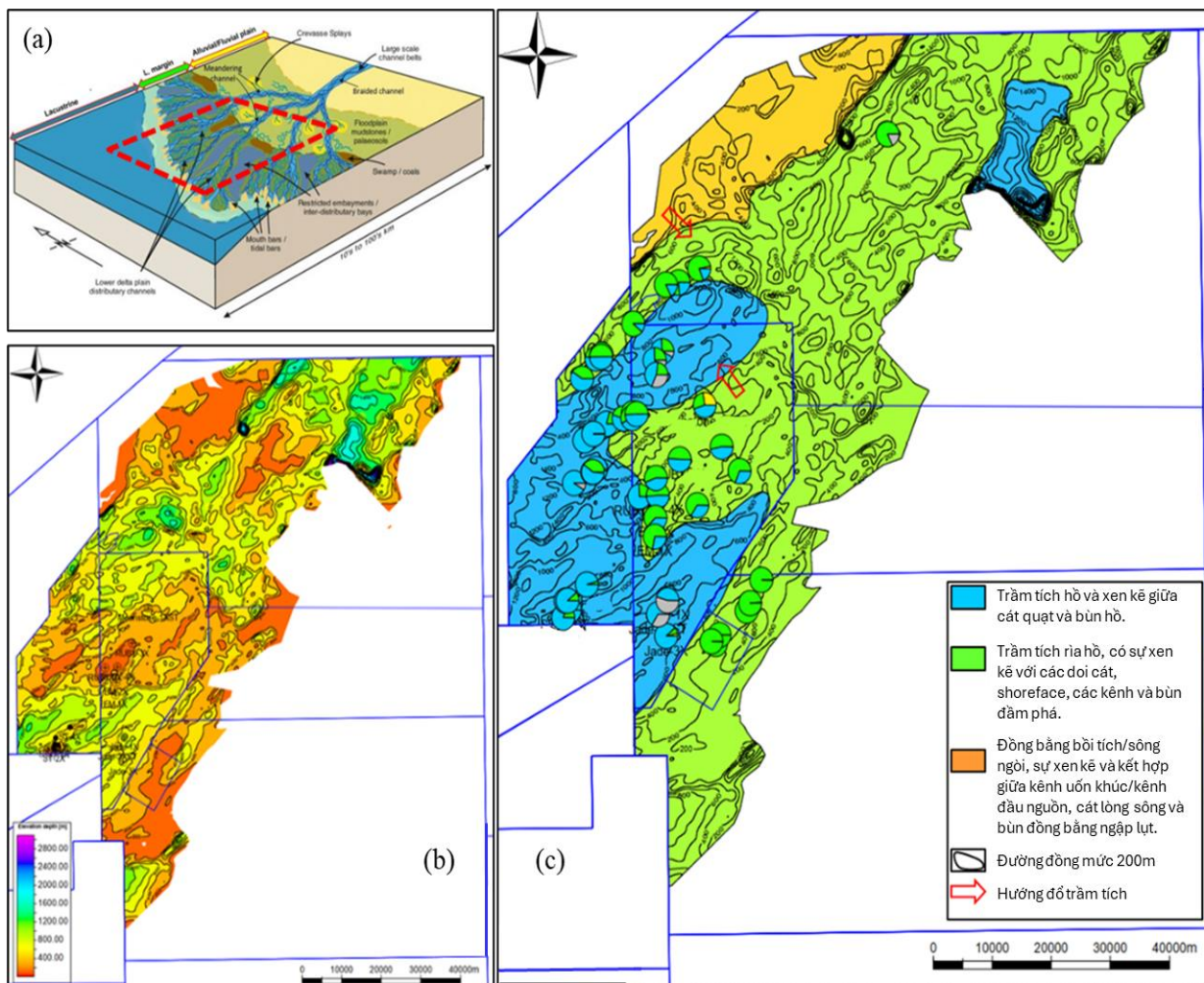
5. Kết luận

Nghiên cứu đã tổng hợp và phân tích chi tiết các tài liệu địa chất, địa vật lý nhằm dự báo môi

trường trầm tích của các thành tạo tuổi Oligocene tại khu vực Đông Bắc bể Cửu Long. Kết quả cho thấy trầm tích Oligocene được phân chia thành ba môi trường chính: đồng bằng sông, ven hồ và hồ, với các tướng trầm tích đặc trưng.

Sự phân bố không gian và thời gian của các tập trầm tích F, E, D dưới, và D trên đã được minh giải rõ ràng, giúp hiểu biết sâu sắc hơn về quá trình lắng đọng trầm tích trong giai đoạn Oligocene. Việc kết hợp các phương pháp phân tích cổ sinh, thạch học, địa vật lý giếng khoan và địa chấn đã mang lại cái nhìn toàn diện về môi trường trầm tích khu vực nghiên cứu.

Những kết quả này không chỉ góp phần hoàn thiện mô hình địa chất mà còn cung cấp thông tin quan trọng cho công tác thăm dò và khai thác dầu



Hình 12. Tổng hợp kết quả xây dựng bản đồ tương và môi trường trầm tích: a) Mô hình trầm tích khái niệm trong khu vực nghiên cứu; b) bản đồ đẳng dày và c) kết quả bản đồ tương môi trường trầm tích tập D dưới.

khí trong tương lai, giúp tối ưu hóa vị trí khoan và nâng cao hiệu quả khai thác. Nghiên cứu cũng mở ra hướng ứng dụng các phương pháp địa chất và địa vật lý để nghiên cứu môi trường trầm tích ở các khu vực khác trong bể Cửu Long và các bể trầm tích tương tự.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Tổng công ty Thăm dò Khai thác dầu khí - PVEP đã tài trợ đề tài theo quyết định số 1579/QĐ-TĐKT. Đồng thời, nhóm cũng gửi lời cảm ơn đến các chuyên gia của đề tài đã đóng góp nhiều ý kiến quý báu trong quá trình thực hiện nghiên cứu này.

Đóng góp của các tác giả

Trịnh Sóng Biển - lên ý tưởng, xem xét và chỉnh sửa bài báo; Hoàng Thanh Bằng, Nguyễn Minh Tâm - minh giải và phân tích thuộc tính địa chấn; Hà Quang Mẫn - minh giải môi trường trầm tích dọc giếng khoan; Nguyễn Lê Trung - thành lập bản đồ tương và môi trường trầm tích; Nguyễn Văn Thanh - tổng hợp tài liệu và minh giải địa chất khu vực; Đặng Ngọc Quý, Nguyễn Anh Đức, Bùi Thiều Sơn, Phạm Hải Đăng, Bùi Việt Dũng - chỉnh sửa bài báo.

Tài liệu tham khảo

- Asquith, G. B., Krygowski, D., & Gibson, C. R. (2004). Basic well log analysis, Vol. 16, pp. 305-371. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists.
- Bui, H. T., & Phan, Q. D. (2018). Depositional environments and reservoir characteristics of the Oligocene formations in the Cuu Long Basin. *Petroleum Geoscience*, 24(4), 389-401.
- Cant, D. (1992). Part I subsurface facies analysis. *Facies Models-response to sea level change*, 27-46.
- Crain, E. R., & Ganz, C. I. (1986). *The Log Analysis Handbook: Quantitative log analysis methods*. PennWell.
<https://books.google.com.vn/books?id=blIZAQAIAAJ>
- CycloLog. (2011). INPEFA® Curve Explanation. *CycloLog*.

- Điền, P. T. (2007). *Các Bồn trầm tích trước Kainozoi và tài nguyên dầu khí*. Tập đoàn Dầu khí Quốc gia Việt Nam.
- Dung, B. V., Tuan, H. A., Van Kieu, N., Man, H. Q., Thuy, N. T. T., & Huyen, P. T. D. (2018). 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*, 97, 672-689.
- Ezeh, S., Mode, A., Ozumba, B., & Yelwa, N. A. (2016). Sedimentology and ichnology of Neogene Coastal Swamp deposits in the Niger Delta Basin, Nigeria. *Geologos*, 22, 191-200. <https://doi.org/10.1515/logos-2016-0020>.
- Le, T. D., & Pham, K. D. (2016). Tectonic controls on sedimentary facies distribution in the Cuu Long Basin. *Marine and Petroleum Geology*, 73, 45-62.
- Ngô, T. S., Lê, V. T., Cù, M. H., & Trần, V. T. (2007). Kiến tạo Việt Nam trong khung cấu trúc Đông Nam Á. In H. Nguyễn & V. Đ. Nguyễn (Eds.), *Địa chất và tài nguyên dầu khí Việt Nam* (pp. 69-110). Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- Nguyễn, H. (2007). *Geology and Petroleum Resources of Vietnam*.
- Nguyen, Q. H., & Le, T. V. (2021). Geochemical characterization and source rock evaluation of Oligocene sediments in the Cuu Long Basin. *Marine and Petroleum Geology*, 127, 104895.
- Nguyễn V. K., B. V. D., Nguyễn, T. H., Phạm, H. T., Nguyễn, H. G., Phạm, V. A. (2018). Đặc điểm tương và môi trường trầm tích Oligocene muộn khu vực Tây Bắc lô 09-3/12, bể Cửu Long.
- Nguyen, V. T., & Tran, Q. H. (2015). Structural evolution of the Cuu Long Basin and its implications for hydrocarbon exploration. *Journal of Asian Earth Sciences*, 105, 143-160.
- Radwan, A. E. (2021). Modeling the Depositional Environment of the Sandstone Reservoir in the Middle Miocene Sidri Member, Badri Field, Gulf of Suez Basin, Egypt: Integration of Gamma-Ray Log Patterns and Petrographic Characteristics of Lithology. *Natural Resources Research*, 30(1), 431-449. <https://doi.org/10.1007/s11053-020-09757-6>.

- Rider, M. H., & Kennedy, M. (2011). The Geological Interpretation of Well Logs. *Rider-French Consulting*.
- Schlumberger. (1989). Log Interpretation Principles/Applications. Schlumberger Educational Services.
- Schmidt, W. J., Hoang, B. H., Handschy, J. W., Hai, V. T., Cuong, T. X., & Tung, N. T. (2019). Tectonic evolution and regional setting of the Cuu Long Basin, Vietnam. *Tectonophysics*, 757, 36-57. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tecto.2019.03.001>.
- Serra, O. (1989). Formation Microscanner Image Interpretation. *Schlumberger Educational Services, Houston, TX*.
- Tixier, M. P., Alger, R. P., & Doh, C. A. (1959). Sonic logging. *Transactions of the AIME*, 216(01), 106-114.
- Tran, D. N., & Nguyen, M. H. (2019). Seismic interpretation and sequence stratigraphy of the Oligocene deposits in the Northeastern Cuu Long Basin. *Interpretation*, 7(3), SH31-SH49.
- Vu, T. M., & Nguyen, V. C. (2017). Stratigraphic framework and petroleum potential of the Oligocene sequences in the Cuu Long Basin. *AAPG Bulletin*, 101(12), 2413-2437.