

DỰ BÁO TƯƠNG THẠCH HỌC VÀ MÔI TRƯỜNG TRẦM TÍCH CHO ĐÁ CHỨA CARBONATE PHÍA NAM BỂ SÔNG HỒNG, VIỆT NAM

ThS. Đỗ Thế Hoàng, TS. Nguyễn Hải An, ThS. Trần Huy Du
 Tổng công ty Thăm dò Khai thác Dầu khí
 Email: annh1@pvep.com.vn

Tóm tắt

Việc dự báo tương thạch học và môi trường trầm tích để xác định mối quan hệ thủy động lực cho đá chứa carbonate với đặc trưng địa chất riêng biệt trong suốt quá trình thành tạo cũng như các ảnh hưởng trong quá trình biến đổi thứ sinh là thách thức lớn đối với các nhà địa chất. Nghiên cứu của nhóm tác giả đã dự báo 3 tập trầm tích carbonate trên cơ sở 5 tướng địa chấn điển hình. Kết quả phân tích thạch học lát mỏng kết hợp với tài liệu địa chấn đã dự báo môi trường trầm tích của đá chứa thuộc loại khối xây carbonate rìa thềm; phân loại 6 tướng đá với các loại độ rỗng riêng biệt tương ứng với 5 đơn vị dòng chảy. Trên cơ sở đó, nhóm tác giả đã xây dựng mô hình dự báo độ thấm cho các giếng không được lấy mẫu lõi.

Từ khóa: Carbonate, độ thấm, đơn vị dòng chảy, vỉa chứa, logic mờ.

1. Giới thiệu

Đá carbonate là loại đá trầm tích phổ biến, có ý nghĩa quan trọng trong công nghiệp dầu khí, với hơn 60% trữ lượng dầu và 40% trữ lượng khí trên thế giới được tích tụ trong các mỏ carbonate. Đá carbonate có một số đặc điểm khác biệt về nguồn gốc thành tạo, thành phần khoáng vật, hóa học và sinh khoáng. Trầm tích vụn lục nguyên được tạo thành từ vật liệu phá hủy các đá có trước và được vận chuyển đến môi trường lắng đọng [3, 6], do vậy đặc điểm cấu tạo và kiến trúc của đá trầm tích vụn phản ánh chế độ thủy động lực. Bất kỳ một tầng chứa không đồng nhất nào cũng có thể được mô tả chế độ thủy động lực bằng các đơn vị dòng chảy. Một đơn vị dòng chảy (Hydrolic Unit - HU) được định nghĩa là một khối đại diện cơ bản của đá chứa mà trong đó các đặc tính địa chất và tính chất vật lý thạch học ảnh hưởng đến dòng chảy của chất lưu là không đổi và khác với các đặc tính, tính chất của các khối khác [2]. Không giống như các đá trầm tích vụn lục nguyên khác, trầm tích carbonate được thành tạo chủ yếu từ các chất kết tủa hoặc khung xương sinh vật trong môi trường trầm tích [9]. Vì vậy, trầm tích carbonate có một số các đặc tính rất riêng biệt về môi trường trầm tích, thành phần thạch học và đặc trưng độ rỗng - độ thấm. Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả góp phần làm sáng tỏ bức tranh về môi trường trầm tích, tương thạch học và đặc tính thấm chứa của đá chứa carbonate tại một số mỏ phía Nam bể Sông Hồng, ngoài khơi Việt Nam.

2. Phương pháp nghiên cứu

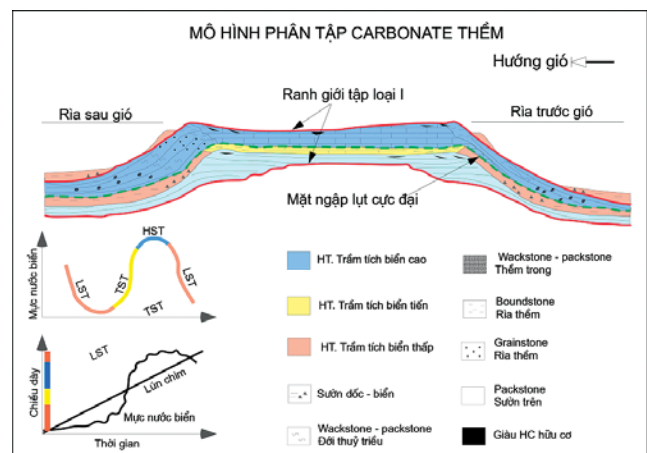
2.1. Mô hình địa tầng phân tập carbonate

Địa tầng phân tập đã trở thành phương pháp hiệu

quả trong nghiên cứu lịch sử phát triển đối với trầm tích carbonate [4]. Rất nhiều công trình đã sử dụng hoặc chấp nhận mô hình địa tầng phân tập đưa ra cho trầm tích hạt vụn (mô hình Exxon) để giải thích sự phát triển của các tập trầm tích carbonate. Sự hình thành của trầm tích carbonate (Hình 1) có sự khác biệt so với trầm tích vụn, được thành tạo tại chỗ ở các khu vực có môi trường biển bờ các quá trình trầm tích hữu cơ và vô cơ [8]. Do có nhiều nguồn gốc và chịu ảnh hưởng của các yếu tố môi trường thành tạo (thay đổi tương đối của mực nước biển), sự biến đổi của đặc tính carbonate diễn ra mạnh và đa dạng [9]. Mặc dù những nguyên tắc cơ bản của địa tầng phân tập có thể áp dụng với trầm tích carbonate, nhưng những khác biệt giữa trầm tích carbonate và trầm tích vụn sẽ dẫn đến mô hình phân tập, vùng hệ thống trầm tích carbonate riêng biệt.

2.2. Các phương pháp địa vật lý giếng khoan

Tài liệu địa vật lý giếng khoan cho phép các nhà địa



Hình 1. Mô hình phân tập của khối carbonate [6]

chất minh giải thành phần thạch học và môi trường trầm tích của các lớp đất đá, liên kết chúng với mặt cắt địa chấn. Từ đó, liên kết tương địa chấn với tính chất đất đá và tương trầm tích. Tài liệu địa vật lý giếng khoan được sử dụng cho nghiên cứu tầng carbonate thường bao gồm một loạt các đường cong biến đổi trường địa vật lý theo chiều sâu như: đường cong gamma (GR); điện thế tự nhiên (PS), điện trở (RT), đường cong siêu âm (DT), đường cong mật độ (RHOB). Việc minh giải đường cong địa vật lý giếng khoan cho phép chính xác hóa địa tầng, xác định đặc điểm môi trường trầm tích. Hiện nay, việc nâng cao hiệu quả phân tích mối quan hệ giữa đặc điểm đường cong địa vật lý giếng khoan với thành phần thạch học và các tham số địa vật lý địa chấn khác rất được quan tâm.

2.3. Các phương pháp thạch học trầm tích

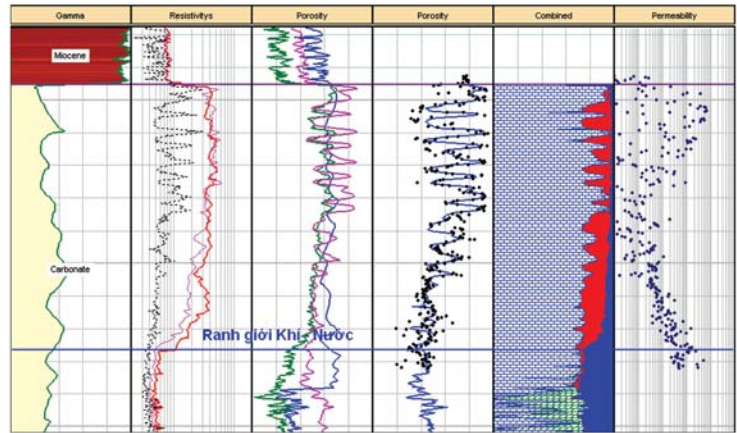
Phương pháp phân tích thạch học lát mỏng được nhóm tác giả sử dụng nhằm xác định thành phần, hàm lượng của khoáng vật tạo đá, đặc điểm kiến trúc như: độ chọn lọc, độ mài tròn, kiểu xi măng, mức độ biến đổi thứ sinh... Việc xác định đặc điểm thành phần, kiến trúc của đá bằng phương pháp này rất quan trọng, do đây là yếu tố định lượng phản ánh nguồn gốc vật liệu cung cấp, điều kiện động lực của quá trình vận chuyển và lắng đọng trầm tích, có ảnh hưởng đến quá trình biến đổi thứ sinh của đá.

2.4. Phương pháp cổ sinh

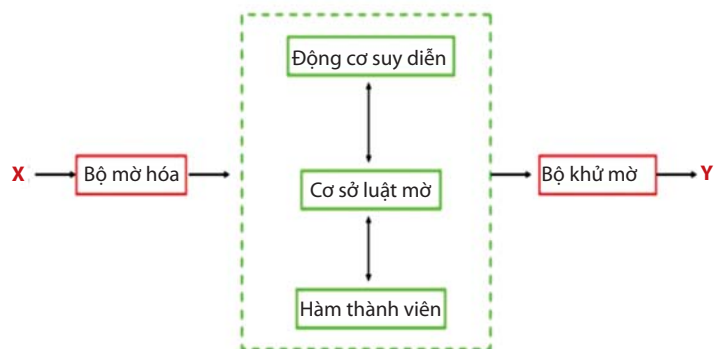
Phương pháp cổ sinh được sử dụng để phân tích các bể trầm tích cũng như các tầng đá carbonate, dùng dải các hóa thạch theo thời gian để liên kết các mặt cắt địa tầng và môi trường cổ nhằm cung cấp các thông tin của địa tầng trầm tích trong tiến trình phát triển địa chất. Đặc biệt, trầm tích carbonate với sự phong phú và bảo tồn gần nguyên vẹn các hóa đá động thực vật, do đó việc luận giải môi trường trầm tích trở nên tin cậy hơn.

2.5. Phương pháp phân nhóm và dự báo

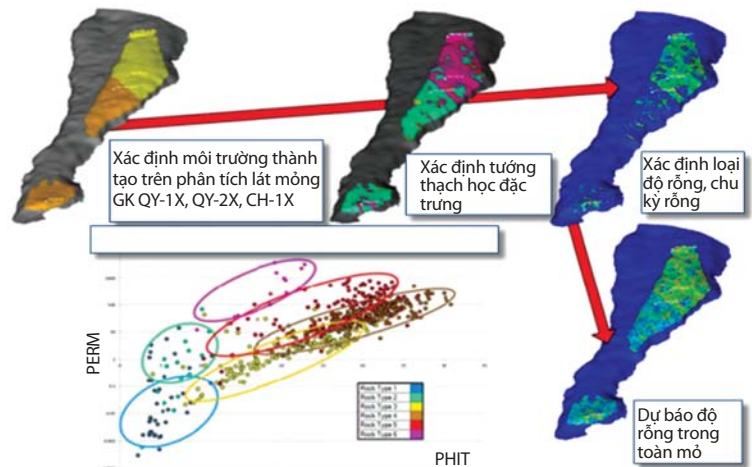
Nhóm tác giả đã áp dụng lý thuyết Logic mờ (Fuzzy logic) của L.A.Zadeh [1] để dự báo các đơn vị dòng chảy trên toàn bộ các giếng khoan. Logic mờ là nền tảng để xây dựng các hệ mờ nhằm giải quyết các vấn đề đặt ra trong thực tế sản xuất. Trong đó, công cụ chủ chốt của Logic mờ là tiền đề hóa và lập luận xấp xỉ với phép suy diễn mờ.



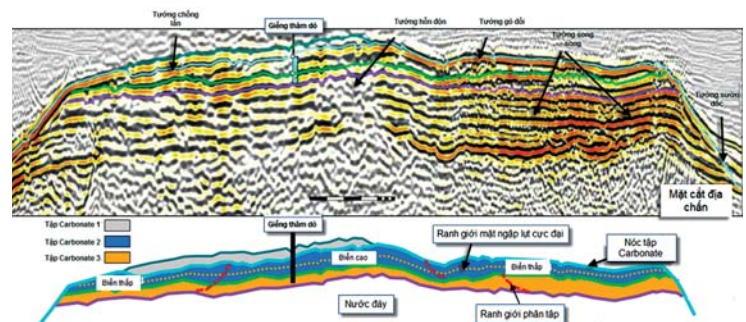
Hình 2. Kết quả minh giải địa vật lý giếng khoan trong khoảng vỉa carbonate, giếng khoan B [5].



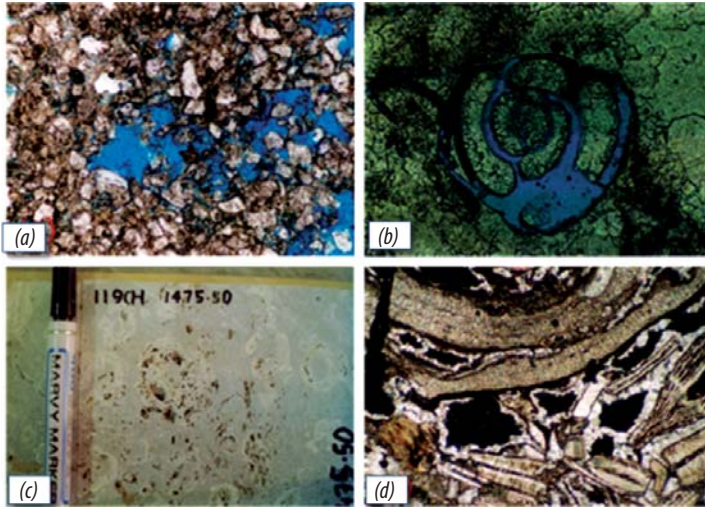
Hình 3. Mô hình hệ suy diễn mờ



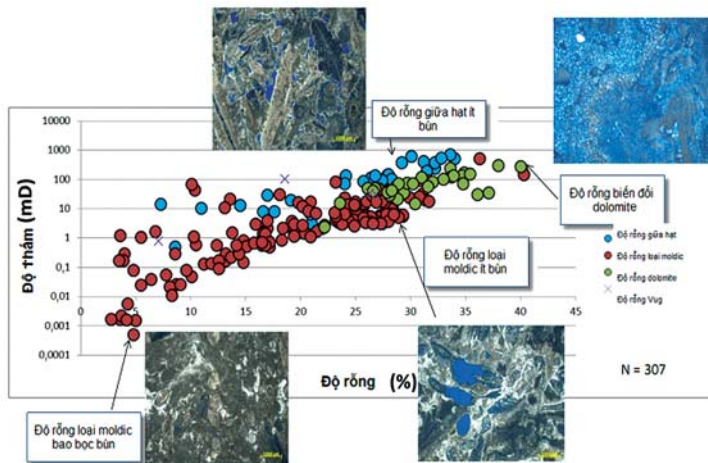
Hình 4. Các bước dự báo tương thạch học và tính chất thấm chứa vỉa carbonate



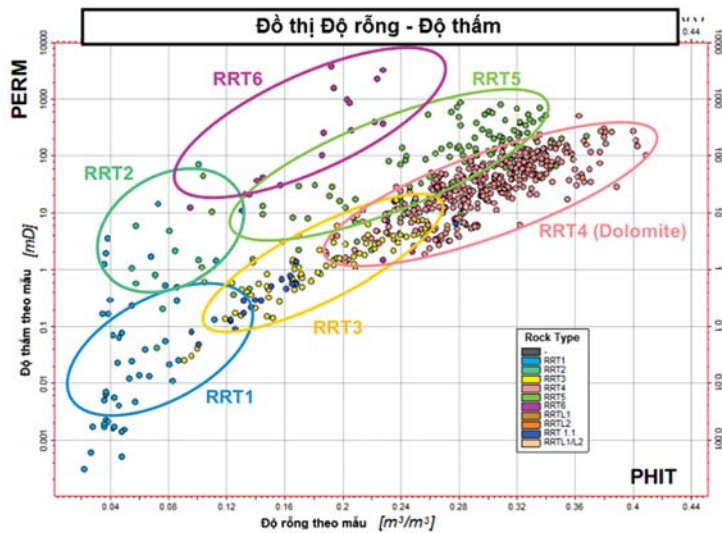
Hình 5. Trích đoạn mặt cắt địa chấn 3D minh họa các dạng tương địa chấn chủ yếu trong trầm tích carbonate tuổi Miocene



Hình 6. Một số kiểu độ rỗng điển hình: (a) giữa hạt, (b) khuôn đúc, (c, d) hang hốc



Hình 7. Đồ thị mối quan hệ rỗng - thấm theo kiểu độ rỗng từ mẫu lõi giếng khoan thăm lượng B



Hình 8. Quan hệ độ rỗng - độ thấm theo tướng đá

3. Ứng dụng thực tế dự báo tướng thạch học và xác định đơn vị dòng chảy

Nhóm tác giả nghiên cứu đặc điểm thạch học và môi trường trầm tích từ tài liệu mẫu lõi, lát mỏng kết hợp phân tích, minh giải

lát cắt địa chất tầng carbonate theo tài liệu địa vật lý giếng khoan tại giếng khoan thăm dò (A) và các giếng khoan thăm lượng (B, C) ở khu vực phía Nam bể Sông Hồng. Tổng hợp, so sánh các kết quả mẫu lõi cơ lý đá và phân tích thạch học để xây dựng quan hệ độ rỗng - độ thấm. Trên cơ sở đó, nhóm tác giả đã sử dụng đặc tính của các đường cong địa vật lý giếng khoan để phân nhóm các loại đá chứa (tướng thạch học) và dự đoán khả năng thấm chứa cho toàn khoảng carbonate trong giếng khoan.

3.1. Đặc điểm và môi trường trầm tích carbonate phía Nam bể Sông Hồng

Theo lát cắt địa chấn, phần dưới cùng là tập carbonate tuổi Langhian được phát hiện tại giếng khoan thăm lượng C với đặc trưng hóa thạch san hô và trùng lỗ benthic nhỏ được hình thành trong môi trường nội thềm có ảnh hưởng của rìa thềm.

Phần giữa là tập carbonate tuổi Serravallian với 2 phân tập: phân tập Serravallian 1 (Serra 1) trầm tích theo chu kỳ trong môi trường sườn mở với đặc trưng tảo đỏ và trùng lỗ benthic lớn, trữ lượng hydrocarbon chủ yếu tập trung trong phân tập carbonate này; phân tập Serravallian 2 (Serra 2) phủ lên trên phân tập Serra 1 với đặc trưng là cát kết glauconite và sét kết môi trường biển sâu.

Phần trên cùng là tập carbonate tuổi Tortonian được nhận biết trên tài liệu địa chấn. Tuy nhiên, thành phần thạch học của tập Tortonian tại giếng khoan thăm lượng C đã chuyển tiếp sang tương sét biển sâu. Để nghiên cứu và giải quyết vấn đề này cần thu thập thêm thông tin, dữ liệu cần thiết từ các nguồn khác.

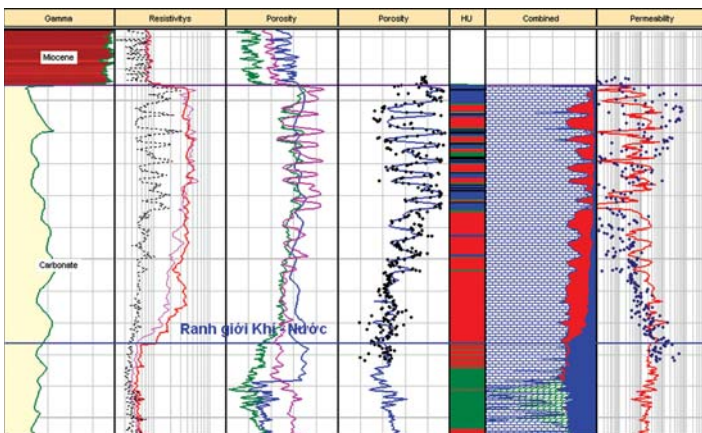
3.2. Xác định thành phần thạch học

Trên cơ sở tổng hợp các kết quả phân tích mẫu cổ sinh, thạch học, địa vật lý giếng khoan, nhóm tác giả xác định thành phần thạch học của carbonate trong khu vực nghiên cứu gồm những sinh vật tạo vôi liên quan tới các đá được xác định:

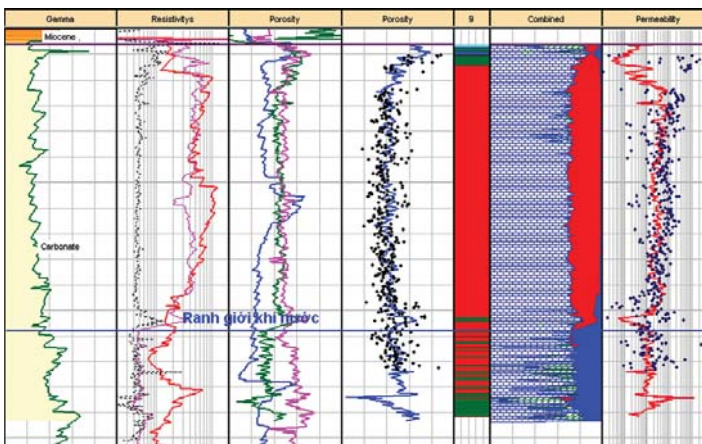
- San hô, trùng lỗ bám đáy, rhodolite - boundstone.
- Tảo đỏ, skeletal, equinoderm packstone - grainstone.
- Tảo đỏ, mollusk, bryozoa grainstone - packstone.

Bảng 1. Tổng hợp các loại tương đá với đặc trưng quan hệ độ rỗng - độ thấm

Ký hiệu	Thạch học	Loại độ rỗng	Biến đổi tạo đá	Phân bố	Liên kết
RRT1	Packstone, Mud-lean Packstones	Khuôn đúc cục bộ và giữa hạt	Xi măng hóa và ít rửa lũa	Phần dưới của Serra 1 giếng khoan B	0,70
RRT2	Packstone, Mud-lean Packstones	Khuôn đúc cục bộ và hang hốc	Xi măng hóa và rửa lũa (sớm và muộn)	Dưới bất chỉnh hợp Serra 2 giếng khoan B, C	0,65
RRT3	Mud-lean Packstones, Grainstones	Khuôn đúc và khuôn đúc cục bộ	Xi măng hóa và rửa lũa hạt vụn	Phần trên của Serra 1 giếng khoan B (>30m dưới mặt bất chỉnh hợp carbonate)	0,85
RRT4	Packstone, Mud-lean Packstones, Grainstones	Giữa tinh thể và khuôn đúc	Dolomite hóa và rửa lũa (muộn?)	Trên ranh giới tập Serra 1	0,87
RRT5	Mud-lean Packstones, Grainstones	Giữa hạt, hang hốc, khuôn đúc	Ít xi măng hóa, rửa lũa (muộn)	Trong khoảng 30m dưới mặt bất chỉnh hợp carbonate	0,75
RRT6	Packstone, Mud-lean Packstones, Grainstones	Hang hốc	Rửa lũa không chọn lọc sớm và muộn	Dưới bề mặt bất chỉnh hợp carbonate	0,65



Hình 9. Kết quả dự báo độ thấm tại giếng khoan thăm lượng B



Hình 10. Kết quả kiểm chứng dự báo độ thấm trên giếng khoan thăm lượng C

- Trùng lỗ và ostracode trôi nổi, tảo đỏ grainstone - wackestone.

3.3. Xác định kiểu độ rỗng

Kết quả phân tích mẫu thạch học lát mỏng đã xác định kiến trúc đá vôi dạng hạt như: rudstone, floatstone và grainstone. Tại 2 mẫu nghiên cứu kiến trúc đá packstone chứa tảo đỏ, trùng lỗ

bám đầy có độ hạt trung bình phổ biến ở cỡ 0,18 - 0,71mm nhưng thay đổi trong khoảng khá rộng 0,062 - 30mm. Khi quan sát xác định phân loại độ rỗng của đá carbonate, có thể nhận biết được phát triển độ rỗng thứ sinh do rửa lũa khung xương sinh vật (moldic porosity) và độ rỗng giữa hạt (Hình 6). Ngoài ra, các loại độ rỗng thứ sinh khác như nứt nẻ và dolomite hóa khá phổ biến và đóng vai trò rất quan trọng đối với trầm tích carbonate.

3.4. Xác định đơn vị thủy động lực (HU)

Kết quả phân tích độ thấm trên mẫu lõi các giếng khoan thăm lượng B và C cho thấy chế độ thủy động lực của đá chứa carbonate tuổi Miocene giữa phụ thuộc chủ yếu vào loại độ rỗng hơn là kiểu kiến trúc và tương đá (Hình 7).

Kết quả phân tích cho thấy 6 kiểu tương đá (ký hiệu từ RRT1 tới RRT6) với thành phần thạch học và kiểu độ rỗng đặc trưng sẽ tương ứng với 5 quan hệ độ rỗng - độ thấm (HU - Hydraulic unit) (Hình 8).

Các quan hệ độ rỗng - độ thấm được định danh từ 1 - 5 theo mức độ chất lượng vỉa từ kém đến rất tốt và mức độ hàm liên kết chấp nhận được (Bảng 1).

3.5. Kết quả dự báo độ thấm tại các giếng thăm dò, thăm lượng

Phương pháp dự báo được sử dụng là Logic mờ (Fuzzy Logic) trên phần mềm Interactive Petrophysics (IP) trên cơ sở các đường cong: GR, RHOB, NPHI, DT. Kết quả dự báo độ thấm cho thấy rất phù hợp với tài liệu mẫu lõi (Hình 9).

Đặc biệt khi dùng hoàn toàn tài liệu của mô hình

dự báo tại giếng khoan B để áp dụng cho giếng khoan C, sau đó đem kết quả so sánh với tài liệu phân tích độ thấm từ mẫu lõi giếng khoan C cho thấy sự phù hợp trên hầu hết tầng chứa (Hình 10). Điều này đã khẳng định tính đúng đắn của phương pháp xác định quan hệ độ rỗng - độ thấm và dự báo độ thấm đã nghiên cứu ứng dụng.

4. Kết luận

Qua nghiên cứu đặc điểm trầm tích, thạch học và dự báo độ thấm cho vỉa carbonate phía Nam bể Sông Hồng, nhóm tác giả rút ra các kết luận sau:

Kết quả nghiên cứu địa chất, địa vật lý kết hợp với phân tích lát mỏng đã xác định được các tập trầm tích trong vỉa carbonate với các đặc trưng về tuổi địa chất và thạch học riêng biệt: Phần dưới cùng là tập carbonate tuổi Langhian, giữa là tập carbonate tuổi Serravallian với 2 phân tập: phân tập Serravallian 1 (Serra 1) và phân tập Serravallian 2 (Serra 2); trên cùng là tập carbonate tuổi Tortonian.

Kết quả phân tích độ thấm trên mẫu lõi giếng khoan thẩm lượng B và kiểm chứng tại giếng khoan thẩm lượng C cho thấy quan hệ độ rỗng - độ thấm của đá chứa carbonate tuổi Miocene giữa phụ thuộc chủ yếu vào loại độ rỗng hơn là kiểu kiến trúc và tướng đá. Các loại độ rỗng moldic, hang hốc (vuggy), biến đổi dolomite có vai trò quyết định đến quan hệ độ rỗng - độ thấm của đá chứa.

Trong vỉa carbonate đã xác định 6 loại tướng đá với kiểu kiến trúc và loại độ rỗng đặc trưng tương ứng với 5 quan hệ độ rỗng - độ thấm. Mô hình dự báo độ thấm cho thấy sự phù hợp với tài liệu mẫu lõi trên hầu hết tầng chứa. Điều này đã khẳng định tính đúng đắn của phương pháp xác định quan hệ độ rỗng - độ thấm và dự báo độ thấm mà nhóm tác giả đã nghiên cứu ứng dụng.

Tài liệu tham khảo

1. L.A.Zadeh. *Fuzzy sets*. Information and Control. 1965; 8: p. 338 - 353.
2. Lê Hải An, *Xác định phân bố thủy lực từ tài liệu ĐVLGK sử dụng mạng nơ-ron phục vụ đánh giá tầng chứa dầu khí*. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất. 2006; 14: trang 4 - 8.
3. Đỗ Bạt, Nguyễn Địch Dỹ, Phan Huy Quỳnh, Phạm Hồng Quế, Nguyễn Quý Hùng, Đỗ Việt Hiếu. *Địa tầng các bể trầm tích Kainozoi Việt Nam*. Địa chất và Tài nguyên Dầu khí Việt Nam. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. 2007: trang 141 - 181.
4. Mai Thanh Tân. Bài giảng "Sự phát triển của phương pháp địa chấn địa tầng trong thăm dò dầu khí". 1999.
5. Mai Thanh Tân. *Công nghệ địa chấn trong nghiên cứu đặc điểm tầng chứa dầu khí*. Tuyển tập Báo cáo Hội nghị Khoa học Kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. 2007: trang 391 - 402.
6. Nguyễn Hiệp (chủ biên). *Địa chất và Tài nguyên Dầu khí Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2007.
7. Vũ Ngọc Diệp, Hoàng Ngọc Đăng, Trần Mạnh Cường, Nguyễn Trọng Tín. *Quá trình phát triển và thái hóa của đá carbonate tuổi Miocene trên đới nâng Tri Tôn phần Nam bể trầm tích Sông Hồng*. Tạp chí Dầu khí. 2011; 7: trang 19 - 28.
8. I.A.McIlreath, N.P.James. *Facies models 12. Carbonate slopes*. Facies models. Geoscience Canada Reprint series 1. 1979: p. 133 - 143.
9. Wolfgang Schlager. *Carbonate sedimentology and sequence stratigraphy*. 2005.

Rock typing and depositional environment prediction for carbonate reservoir in the south of Song Hong basin, Vietnam

Do The Hoang, Nguyen Hai An, Tran Huy Du
Petrovietnam Exploration Production Corporation

Summary

Carbonate reservoirs have distinct geological characteristics compared to clastic reservoirs due to different formation and diagenesis processes. Rock typing and depositional environment prediction to determine porosity-permeability relationships are a challenging problem for geologists. The authors investigated and proposed 03 sequences in the carbonate reservoir, based on 5 main 3D seismic facies. Based on thin section analysis combined with 3D seismic data, the depositional environment of carbonate rock was predicted as platform margin with 6 rock types corresponding with 5 Hydraulic Units (HU). On that basis, the authors have established permeability prediction model for wells from which core samples could not be taken.

Key words: Carbonate, permeability, hydraulic unit (HU), reservoir, Fuzzy logic.