

# MÔ HÌNH ĐỊA CHẤT CẢI TIẾN CHO TẦNG MÓNG NỨT NẸ TRONG VÙNG MỎ HẢI SƯ ĐEN, BỂ CỬU LONG

NGUYỄN QUỐC QUÂN

Tổng công ty Thăm dò và Khai thác Dầu khí Petro Vietnam, Láng Hạ, Hà Nội

**Tóm tắt:** Việc xây dựng mô hình địa chất cho tầng chứa móng granit nứt nẻ trong bể Cửu Long đóng một vai trò rất quan trọng trong dự báo khai thác và đầu tư xây dựng thiết bị phát triển mỏ. Trong bài báo này, tác giả sử dụng phương pháp xây dựng mô hình địa chất Halo Cải tiến dựa vào các hệ thống đứt gãy và chiều sâu của đối tượng so với bề mặt móng đã được thiết lập, trên cơ sở kế thừa phương pháp Halo truyền thống, nhưng được cải tiến nhằm khắc phục các hạn chế còn tồn tại trong các mô hình địa chất trước đây. Mô hình mới được xây dựng bao gồm 2 loại khe nứt: vĩ mô (macro) và vi mô (micro) bị chi phối bởi kết quả phân tích và phân loại đứt gãy và trường đá móng.

Kết quả phân tích ở vùng nghiên cứu đã giúp phân ra 3 hệ thống đứt gãy và xác định được ranh giới các khối thạch học có các khả năng chứa khác nhau. Hệ thống đứt gãy phương vĩ tuyến, á vĩ tuyến và ranh giới thạch học giữa các khối địa chất là các hệ thống có mức độ chứa tốt nhất, bao gồm 33 đứt gãy và 6 đường ranh giới giữa các khối thạch học. Các hệ thống đứt gãy phương ĐB-TN ( $40-50^\circ$ ,  $60-70^\circ$ ), TB-ĐN ( $300-340^\circ$ ), có mức độ chứa đứng thứ hai, bao gồm 78 đứt gãy. Hệ thống phương  $20-30^\circ$  bao gồm 8 đứt gãy có mức độ chứa thấp nhất hoặc hầu như không có khả năng chứa.

Việc phân tích và phân loại các trường đá trong khối móng Hải Sư Đen được dựa trên tài liệu địa chấn kết hợp với tài liệu giếng khoan cho ta 3 loại trường đá có các mức độ chứa khác nhau: trường đá 1 có mức độ chứa tốt nhất; trường đá 2 có mức độ chứa trung bình và trường đá 3 có mức độ chứa thấp nhất

## I. MỞ ĐẦU

Hải Sư Đen (HSD) là một trong những mỏ dầu khí có triển vọng nhất trong bể Cửu Long. Các kết quả tìm kiếm - thăm dò và khai thác dầu khí trong những năm vừa qua cho thấy đây là mỏ có cấu trúc địa chất và địa tầng phức tạp [1]. Điều này đã gây ra nhiều khó khăn trong việc xác định hình thái, kích thước và khả năng chứa của các vỉa dầu trong mỏ. Việc nghiên cứu đặc điểm kích thước và chất lượng tầng chứa còn đặc biệt khó khăn hơn khi đá chứa lại là tầng đá móng granit nứt nẻ. Vì vậy mà việc xây dựng mô hình địa chất cho tầng chứa móng granit nứt nẻ trong bể Cửu Long đóng một vai trò rất quan trọng trong dự báo khai thác, liên quan đến việc đầu tư xây dựng thiết bị phát triển mỏ. Tuy là vậy, nhưng từ trước đến nay việc xây dựng mô hình địa chất cho đối tượng này ở các mỏ trong bồn trũng còn rất nhiều hạn chế và kết quả thu được đôi khi còn khác xa so với thực tế địa chất của mỏ [3] và vì thế ảnh hưởng không tốt đến hiệu quả đầu tư. Trên thực tế, các hệ thống đứt gãy khác nhau thường tạo ra các đới chứa có chất lượng và quy mô khác nhau, từ cao đến thấp và đôi khi hoàn toàn không có khả năng chứa (các khe nứt hoàn toàn bị lấp đầy bởi các khoáng vật thứ sinh). Các tính chất này chưa được phản ánh trong các mô hình địa chất xây dựng theo phương pháp mô hình Halo truyền thống. Để khắc phục các nhược điểm của mô

hình Halo truyền thông và nâng cao độ tin cậy của kết quả nghiên cứu thì cần thiết phải có những điều chỉnh và xây dựng mô hình địa chất Halo cải tiến.

## II. CƠ SỞ TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH, XỬ LÝ SỐ LIỆU MÔ HÌNH HÓA

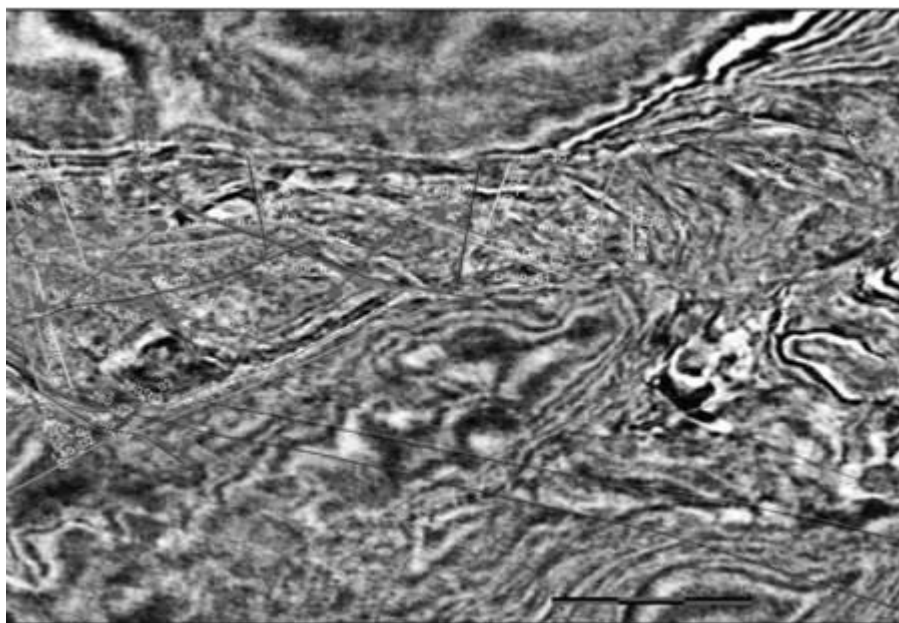
### 1. Cơ sở tài liệu

Tài liệu địa chấn được sử dụng cho việc luận giải các đứt gãy và đỉnh tầng móng trên cấu tạo HSD bao gồm khối tài liệu địa chấn TWT 2009 APSTM 2009 và khối tài liệu độ sâu 2009 APSDM. Cả hai khối tài liệu địa chấn này được xử lý năm 2009 bởi nhà thầu CGG Veritas (Singapore).

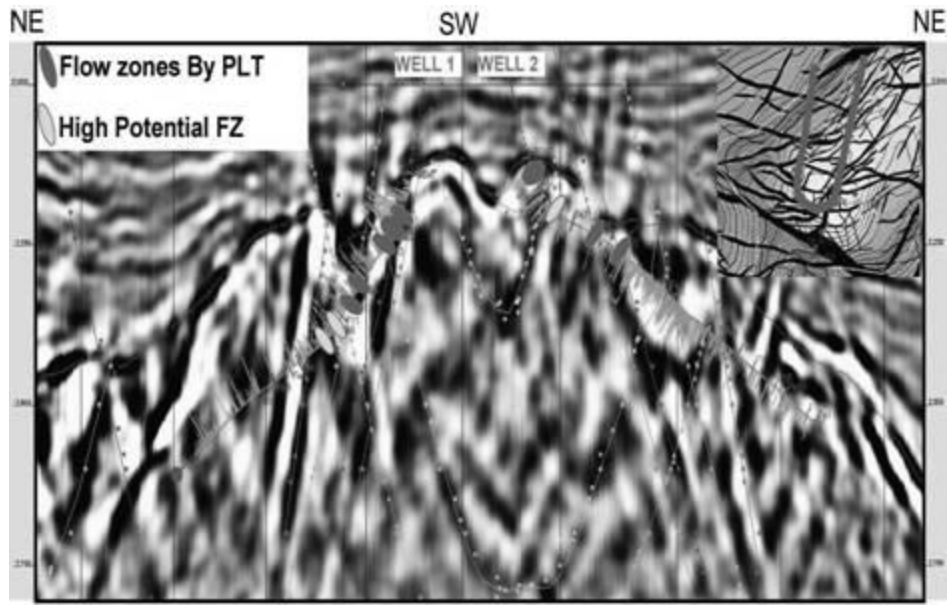
Tài liệu địa chấn giếng khoan bao gồm các tài liệu địa vật lý lỗ khoan truyền thông, các tài liệu điện trở hình ảnh như FMI, các tài liệu năng lượng Stonley, PLT, các số liệu áp suất và dòng chảy trong quá trình thử vỉa, các mẫu sườn và các số liệu phân tích từ các mẫu sườn và mẫu vụn, đặc biệt là các số liệu về thạch học. Các số liệu trên được thu thập, tổng hợp, phân tích và luận giải theo mục đích của nghiên cứu ở các giếng HSD-1X, HSD-2X, HSD-2XST, HSD-3X, HSD-4X, HSD-5X, VD-1X và VD-2X.

### 2. Phương pháp phân tích, xử lý số liệu

**2.1. Phân tích và phân loại hệ thống đứt gãy trong đá móng nứt nẻ:** Các hệ thống đứt gãy trong đá móng được luận giải dựa trên tài liệu địa chấn 3D. Để tăng tính chính xác và chi tiết trong việc luận giải đứt gãy trong đá móng, hàng loạt các mặt cắt theo thời gian, chiều sâu và các nghiên cứu địa chấn đặc biệt đã được sử dụng. Hình 1 cho thấy các đứt gãy được luận giải tại mặt cắt ngang ở độ sâu 3800 m.



Hình 1. Các đứt gãy được luận giải trên mặt cắt ngang ở độ sâu 3800 m.



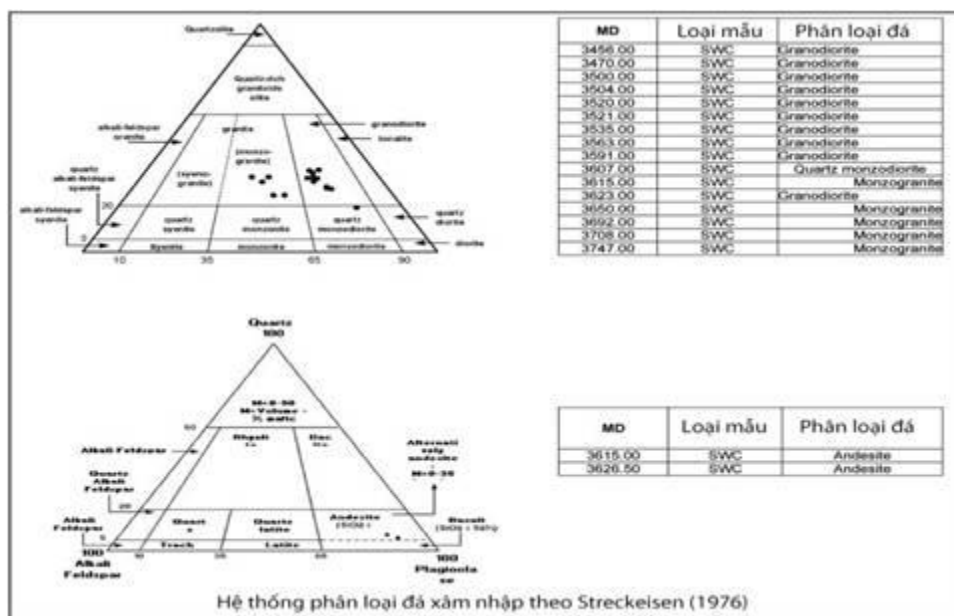
Hình 2. Mặt cắt địa chấn qua 2 giếng khoan thể hiện hệ thống đứt gãy và đới cho dòng theo tài liệu thử vỉa.

Bảng 1. Bảng phân loại đứt gãy trong móng HSD.

Số	Tên đứt gãy	Đường phương	Phương vị góc dốc	Chiều dài (km)			Pha biến dạng	Cơ chế chuyển dịch	Kiểu đứt gãy
				3500 m	38300 m	41030 m			
1	Ng_hSDr <sub>2-2</sub> đ <sub>1</sub> Dđ1	ĐB-TN		đ <sub>v</sub> <sup>1</sup>		đ <sub>v</sub> <sup>3</sup> <sub>1</sub>	D <sub>3</sub> v <sub>2</sub>	Thuận	III
3	Ng_hSDr <sub>2-3</sub> đ <sub>r</sub> đ <sup>3</sup>	ĐB-TN	TB	2 V <sub>2</sub> 1	2 V <sub>3</sub>	2 V <sub>1</sub> 2	D <sub>3</sub> v <sub>2</sub>	Nghịch đảo	III
1 3	Ng_hSD <sub>a12</sub> đ <sub>3</sub>	TB-ĐN	ĐN	2 V <sup>3</sup> 3	3 V <sup>dđ</sup> <sub>2</sub>	3 V <sub>1</sub> 2	D <sub>3</sub> v <sub>2</sub>	Thuận	II
1 <sup>1</sup>	Ng_hSDr <sub>2-2</sub> đ <sub>r</sub> đ <sub>1</sub>	ĐB-TN	ĐN	2 V <sup>1</sup> 2	2 V <sub>3</sub> <sup>1</sup>	2 V <sub>2</sub> 2	D <sub>3</sub> v <sub>2</sub>	Nghịch đảo	II
1 <sup>2</sup>	Ng_hSDr <sub>2-3</sub> đ <sub>r</sub> đ <sub>1</sub>	ĐB-TN	ĐN	3 V <sub>3</sub> 2	1 V <sub>1</sub> 2 2	1 V <sup>d</sup> <sub>2</sub>	D <sub>3</sub> v <sub>2</sub>	Nghịch đảo	II
1 <sup>3</sup>	Ng_hSDr <sub>2-3</sub> đ <sub>r</sub> đ <sub>1</sub> <sup>1</sup>	ĐB-TN	ĐN	3 V <sup>d</sup> <sub>1</sub>	3 V <sup>2</sup> 3 2	3 V <sub>1</sub> 1	D <sub>3</sub> v <sub>2</sub>	Nghịch đảo	II
2 3	Ng_hSDr <sub>2-3</sub> đ <sub>r</sub> đ <sub>2</sub>	Đ-T, á Đ-T	B	2 V <sup>2</sup> 3	3 V <sub>2</sub>	1 v <sub>2</sub> <sup>3</sup>	D <sub>3</sub> v <sub>1</sub>	Thuận	I
2 <sup>1</sup>	Ng_hSDr <sub>2-3</sub> đ <sub>r</sub> đ <sub>3</sub>	Đ-T, á Đ-T	B	2 V <sup>1</sup> 1	2 V <sub>2</sub>	2 V <sub>2</sub> 3	D <sub>3</sub> v <sub>1</sub>	Thuận	I
2 2	Ng_hSDr <sub>2-3</sub> đđ <sub>r</sub> đ <sub>2</sub>	TB-ĐN	ĐB	1 V <sub>2</sub> 3	1 V <sup>2</sup> 3	2 V <sub>2</sub> 3	D <sub>3</sub> v <sub>2</sub>	Thuận	II
2 3	Ng_hSDr <sub>2-3</sub> đ <sub>r</sub> đ <sub>1</sub>	TB-ĐN	TN	1 V <sub>3</sub> 2	1 V <sub>2</sub> 2	1 V <sup>2</sup> 2	D <sub>3</sub> v <sub>2</sub>	Nghịch đảo	II

Ngoài ra, còn sử dụng các phương pháp đối sánh tương tự, phân tích cấu trúc uốn nếp, đứt gãy, khe nứt, bề dày trầm tích, hình thái bề mặt cấu trúc sâu, mặt bất chỉnh hợp, phân tích các tổ hợp thạch kiến tạo để làm rõ tính chất của các đứt gãy chính, đặc biệt các đứt gãy có ảnh hưởng trực tiếp tới lịch sử phát triển kiến tạo của lô. Trên cơ sở đó, các hệ thống đứt gãy được phân chia thành các nhóm có tính chất giống nhau về phương, độ dài và pha hoạt động. Chi tiết về việc phân chia

các hệ thống đứt gãy được thể hiện trong Bảng 1. Bằng cách tổng hợp, đánh giá và đối sánh với kết quả giếng khoan, các đứt gãy được phân chia thành 3 nhóm có tính chất thấm chứa khác nhau. Các đứt gãy loại 1 trong đá móng là các đứt gãy theo phương vĩ tuyến, á vĩ tuyến và các đới tiếp xúc giữa các trường đá khác nhau. Đứt gãy loại 2 là các đứt gãy có phương ĐB-TN (40-70°) và TB-ĐN (300-340°). Đứt gãy loại 3 là các đứt gãy có phương ĐB-TN (20-30°). Vị trí giao cắt giữa các giếng khoan thăm dò với bề mặt các đứt gãy có thể được nhận diện trên các mặt cắt địa chấn (Hình 2).



Hình 3. Phân loại đá móng dựa trên thành phần thạch học phân tích từ mẫu sườn.

**2.2. Phân tích và phân loại trường đá:** Ngoài yếu tố tiên quyết ảnh hưởng đến sự hình thành khe nứt và đứt gãy là các pha phá hủy kiến tạo thì loại đá móng cũng được xem như là một yếu tố thứ hai ảnh hưởng đến sự hình thành và phát triển hệ thống khe nứt trong đá móng [4]. Vì vậy, việc xác định không gian phân bố các loại đá trong móng sẽ góp phần dự đoán được sự thay đổi tính chất vỉa chứa trong móng.

Để phân loại các trường đá móng có thành phần thạch học và các tính chất vật lý khác nhau, một loạt mẫu lõi, mẫu sườn và mẫu vụn đã được thu thập và phân tích bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD) cũng như lát mỏng để xác định các thành phần khoáng vật và loại đá. Đồng thời, các mẫu đá này cũng được so sánh với các mẫu đá granit trên đất liền thuộc các phức hệ khác nhau với mục đích so sánh và xác định các loại đá granit trong móng HSD. Kết quả cho thấy rằng có 3 loại đá chính ở trong móng thuộc vùng HSD là: 1/ Monzogranit, granodiorit thuộc phức hệ Đèo Cả [1, 2, 5], và 2/ Các đai mạch andesit. Việc phân chia các thành tạo magma dựa vào biểu đồ tam giác phân loại đá magma với 3 thành phần khoáng vật chính là thạch anh, plagioclas và felspat kali (Hình 3). Sự khác biệt giữa monzogranit và granodiorit chính là thành phần felspat kali chiếm hàm lượng lớn hơn trong đá monzogranit.

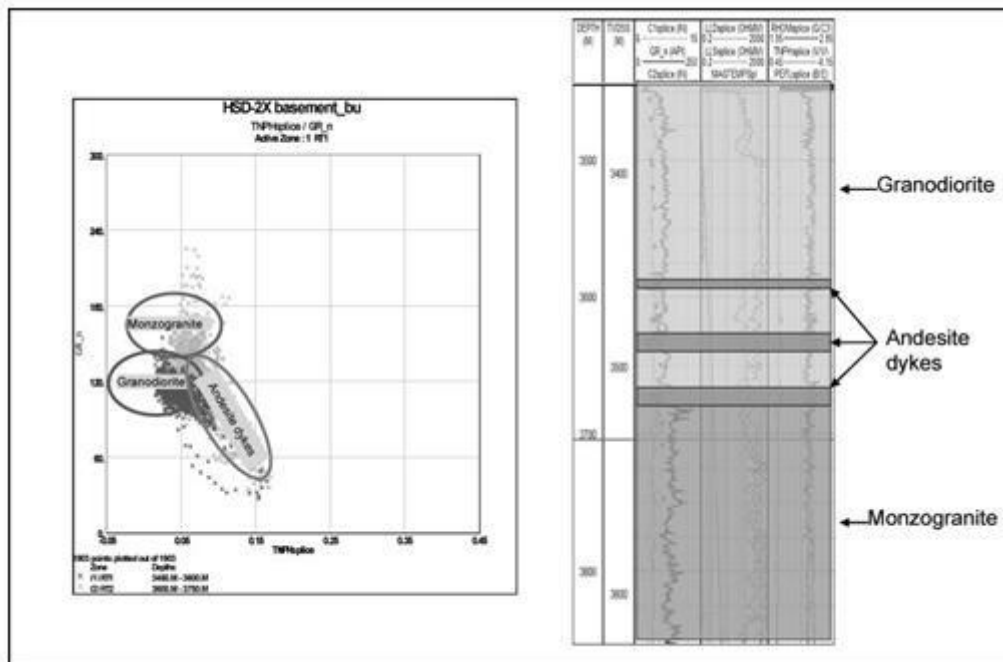
Bên cạnh đó, tài liệu địa vật lý giếng khoan cũng được sử dụng trong việc xác định sự thay đổi thành phần khoáng vật dọc theo giếng khoan trên cơ sở đối sánh với tài liệu mẫu [6]. Hình 4 minh họa sự thay đổi thành phần thạch học dọc theo giếng khoan 2X. Căn cứ vào tài liệu giếng khoan, đá móng ở khu vực HSD được chia ra làm 5 loại khác nhau bao gồm: 1/ Monzogranit có

1/ nhiều nứt nẻ; 2/ Monzogranit có nhiều đai mạch và nứt nẻ; 3/ Monzogranit có ít nứt nẻ; 4/ Monzogranit không nứt nẻ và 5/ Granodiorit.

Trên cơ sở tài liệu giếng khoan liên hệ với sự thay đổi trường sóng địa chấn được luận giải trên mặt cắt theo độ sâu khác nhau, các trường đá khác nhau đã được phân chia. Hình 5 a và b thể hiện sự phân bố các trường đá khác nhau trên cơ sở luận giải sóng địa chấn kết hợp với tài liệu giếng khoan ở mặt cắt theo chiều sâu và theo chiều ngang.

### III. ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ ÁP DỤNG MÔ HÌNH ĐỊA CHẤT CẢI TIẾN

Mô hình Halo truyền thống chỉ quan tâm đến đối tượng đứt gãy và là mô hình đá chứa một độ rỗng. Các thông số rỗng thấm được xây dựng trên mối quan hệ theo chiều sâu đối với mặt móng và khoảng cách đến đứt gãy. Mô hình này đã có một số hạn chế như đã đề cập ở trên. Thực tế cho thấy rằng các giếng khoan vào móng đều có biểu hiện dầu khí khá tốt, mật độ khe nứt khá cao, nhưng kết quả thử vỉa rất khác nhau, thay đổi từ không cho dòng tự nhiên đến lưu lượng khá lớn [6].

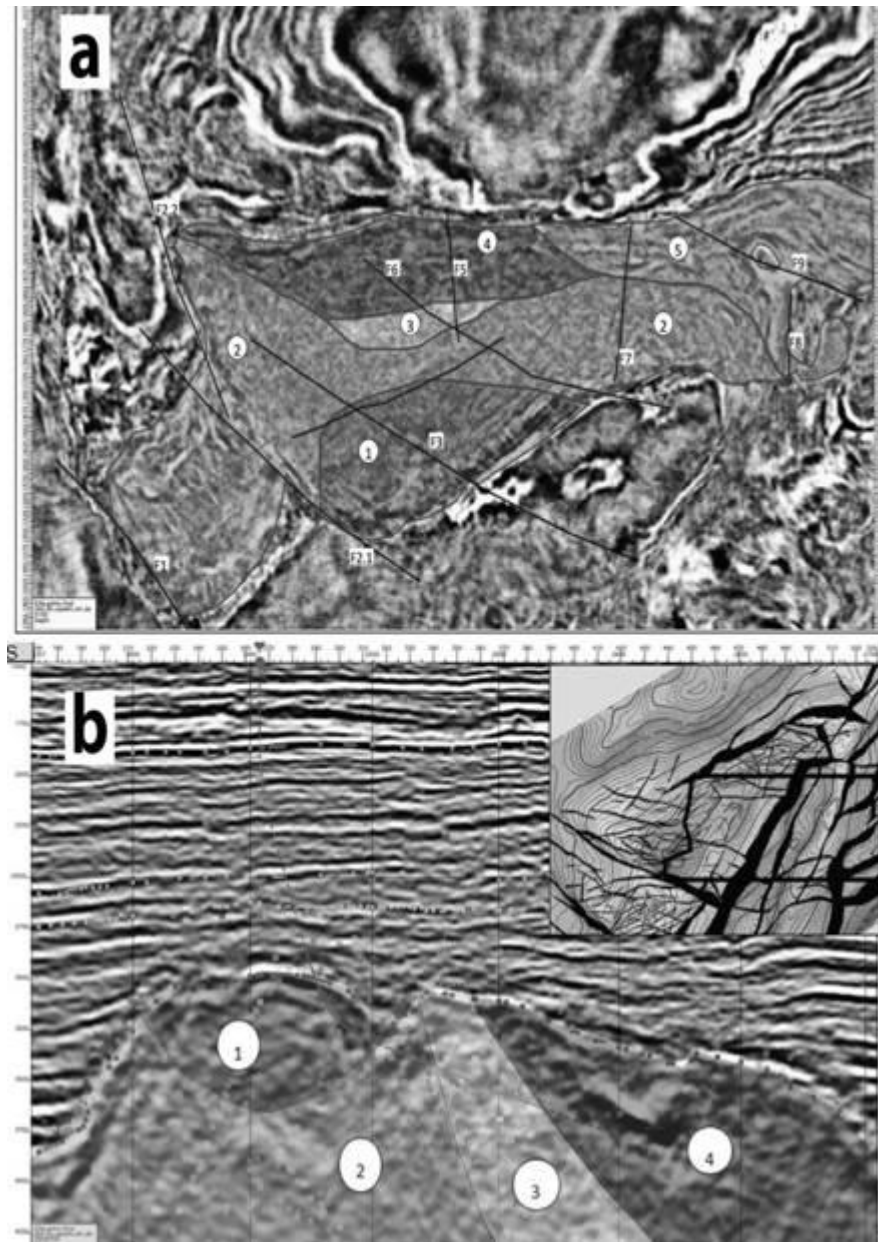


Hình 4. Phân loại đá móng dựa theo tài liệu địa vật lý lỗ khoan.

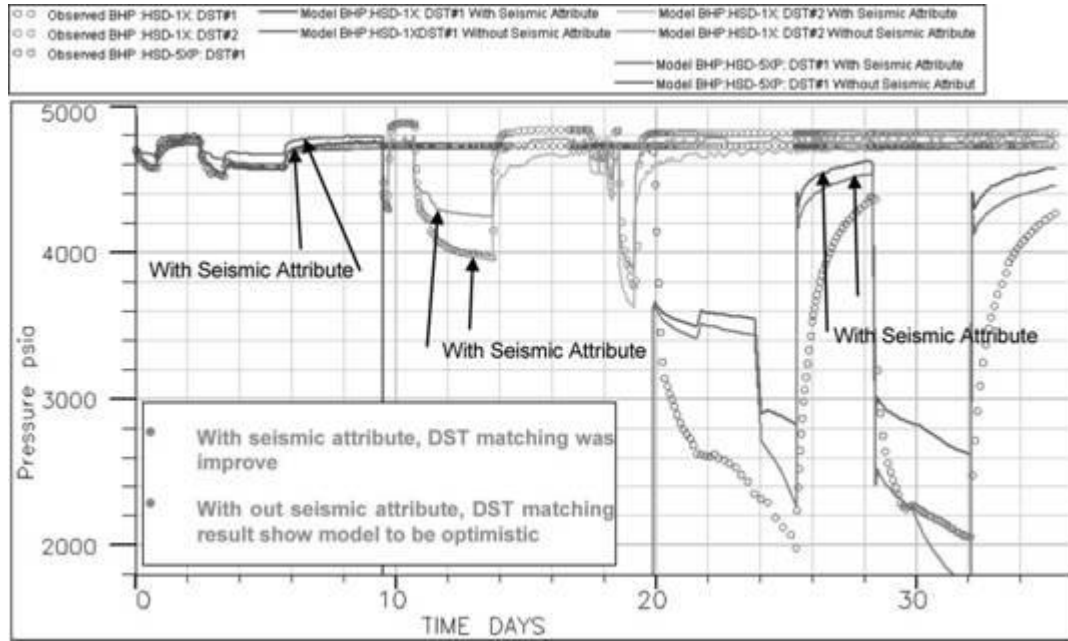
Kết quả đo PLT cho thấy chỉ có những khe nứt có độ mở lớn và được kết nối với mạng lưới khe nứt xung quanh thì mới cho dòng tốt và ổn định. Trên cơ sở này mô hình Halo cải tiến được áp dụng với hai độ rỗng: vĩ mô và vi mô. Hệ thống độ rỗng vĩ mô như các kênh dẫn chất lưu, trong khi hệ thống vi mô chính là mạng lưới nạp chứa và nạp chất lưu vào hệ thống vĩ mô. Các hệ thống đứt gãy khác nhau được phân loại ở trên có mức độ chứa và thấm khác nhau được mô hình hóa là các hệ thống khe nứt vĩ mô. Hay nói cách khác, hệ thống khe nứt vĩ mô được gắn với các hệ thống đứt gãy như được phân chia ở trên, chính là các hệ thống đứt gãy được luận giải từ địa chấn có các giá trị độ rỗng và độ thấm khác nhau dựa vào sự phân loại đứt gãy ở phần trên.

Giá trị độ thấm vĩ mô được định lượng ngoài việc sử dụng sự phân loại các hệ thống đứt gãy còn có việc sử dụng thuộc tính địa chấn dọc theo các đứt gãy để hiệu chỉnh mức độ liên thông của các hệ thống đứt gãy phù hợp với các số liệu thu thập được từ các giếng khoan, đặc biệt là các số

liệu động từ thử vỉa . Hình 6 thể hiện sự so sánh áp suất đáy giếng mô phỏng theo mô hình và giá trị thực tế từ thử vỉa. Hình này cho thấy với việc can thiệp của biên độ phản xạ địa chấn thì mô hình được tiệm cận gần với thực tế hơn nhiều so với trường hợp không sử dụng thuộc tính địa chấn trong mô hình.

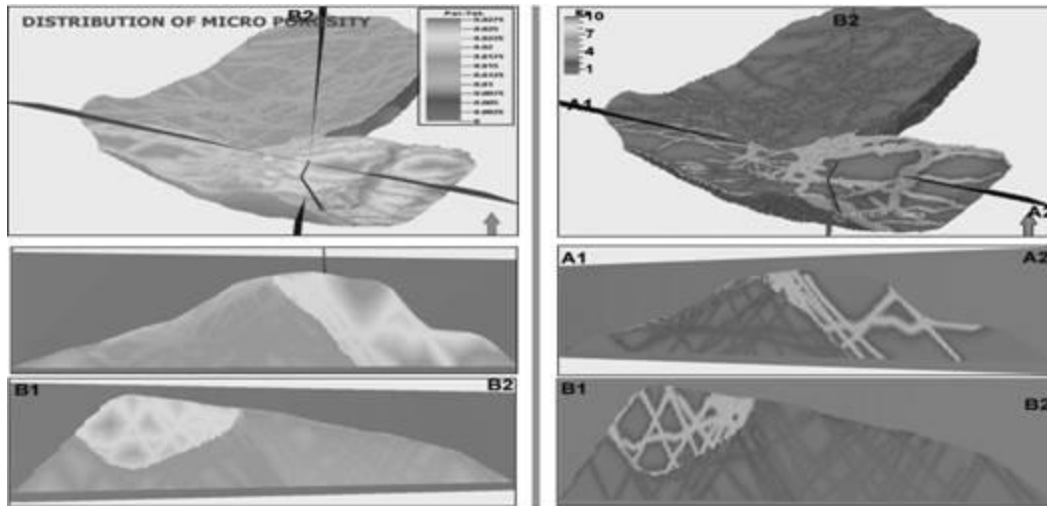


Hình 5. a - Phân bố đá móng dựa vào tài liệu giếng khoan và sự khác biệt trường sóng địa chấn  
b - Mặt cắt thể hiện sự phân bố đá móng dọc theo giếng khoan.



Hình 6. So sánh áp suất đáy giếng mô phỏng theo mô hình và giá trị thực tế từ thử vỉa.

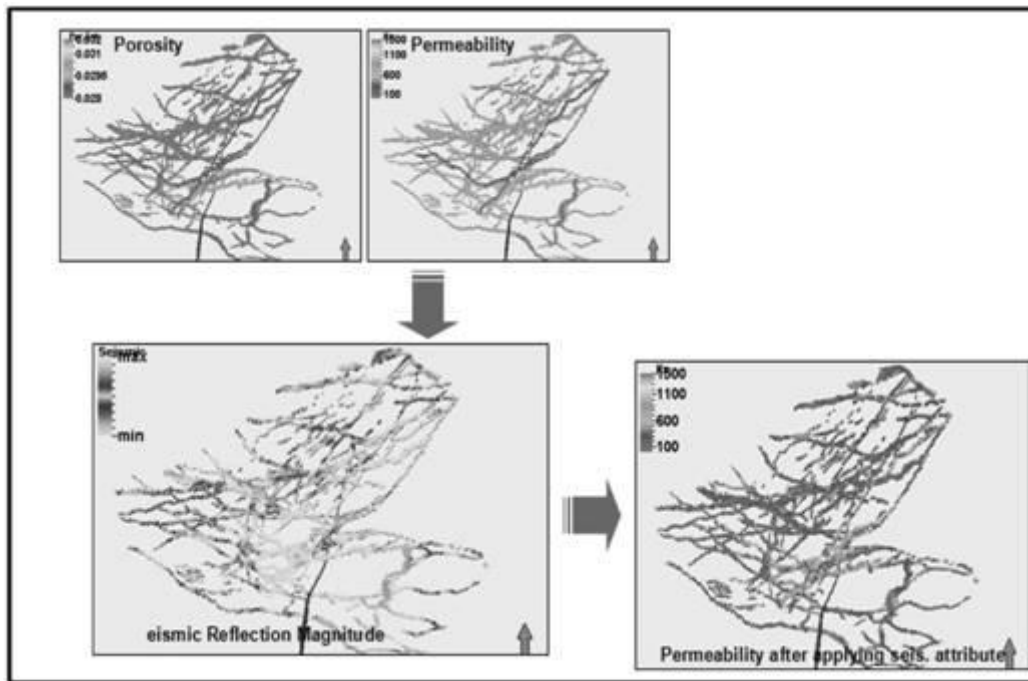
Hệ thống khe nứt vi mô được cho là hệ thống có độ rộng phát triển theo cơ chế mô hình Halo, nghĩa là giá trị độ rộng có quan hệ với chiều sâu từ bề mặt móng và khoảng cách đến đứt gãy. Khác với mô hình Halo truyền thống, trong mô hình Halo cải tiến, giá trị độ rộng của hệ thống khe nứt vi mô còn phụ thuộc vào các trường đá khác nhau đã được phân loại ở trên. Ở đây, với mỗi trường đá khác nhau, mối quan hệ của giá trị độ rộng micro với khoảng cách đến đứt gãy là khác nhau (Hình 7).



Hình 7. Mô hình địa chất cho khe nứt vi mô.

Tóm lại, mô hình địa chất Halo cải tiến đã mô phỏng hai hệ thống vĩ mô và vi mô khác nhau. Hệ thống vĩ mô trong đá móng được gắn với các hệ thống đứt gãy như đã được phân chia ở trên và sử dụng thuộc tính biên độ phản xạ địa chấn trong việc hiệu chỉnh mức độ liên thông của các

hệ thống đứt gãy. Hệ thống vi mô được phân chia theo các loại đá khác nhau. Mỗi loại đá khác nhau có mối quan hệ độ rỗng theo chiều sâu bề mặt móng khác nhau. Kết quả mô hình vĩ mô và vi mô trong đá móng mỏ HSD được thể hiện trong Hình 7 và Hình 8.



Hình 8. Mô hình địa chất cho khe nứt vi mô.

#### IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Các kết quả thu được trong nghiên cứu này đã phân loại được các hệ thống đứt gãy khác nhau sinh thành trong các bối cảnh kiến tạo khác nhau và vì thế sự ảnh hưởng của chúng đến tính chất chứa của đá móng là khác nhau. Ngoài ra, sự phân loại các trường đá cho phép ta phân chia được các tính chất chứa khác nhau ở các trường đá trên cùng một sự tác động của hoạt động kiến tạo. Cùng một hệ thống đứt gãy cắt qua hai trường đá khác nhau cho ta cường độ nứt nẻ và khả năng chứa dầu là khác nhau. Việc phân loại hệ thống đứt gãy và trường đá trong tầng đá chứa móng nứt nẻ của vùng nghiên cứu cho phép ta mô phỏng được tính phân dị cao của tầng chứa trong đá móng này, làm cho chúng ngày càng tiệm cận với đặc tính tự nhiên của chúng và từ đó cho phép chúng ta dự báo khai thác được chính xác hơn so với các phương pháp cũ sử dụng trước đây.

Để phân loại các hệ thống đứt gãy và trường đá trong các tầng đá móng ở bể Cửu Long được chính xác hơn thì việc lấy mẫu sườn hay mẫu lõi cần được thực hiện càng nhiều càng tốt trên từng giếng khoan và trên mọi giếng khoan; việc xử lý các tài liệu địa chấn trong luận giải các hệ thống đứt gãy tầng móng cần được thực hiện phù hợp và đầy đủ hơn.

#### VĂN LIỆU

1. Hoàng Ngọc Đông, 2012. Đặc điểm địa chất kiến tạo phần đông bắc Bồn trũng Cửu Long trong thời kỳ Eocen-Oligocen *Khoa Địa chất*, tr. 124. Đại học M-ĐC, Hà Nội.
2. Huỳnh Trung và Nguyễn Xuân Báo, 1978. Sơ lược về phân chia các thành tạo magma xâm nhập ở Nam Việt Nam. *Bản đồ Địa chất*, 40. Hà Nội



- 3. Nguyễn Hải An and Lê Xuân Lan, 2010.** Combination of underground CO<sub>2</sub> storage and increased oil recovery in Su Tu Den SW fractured basement reservoir, Tt Hội nghị Địa chất dầu khí 2010 Petro Vietnam, Hà Nội
- 4. Nguyễn Huy Ngọc et al., 2010,** Role of 3D seismic data in prediction of high potential area within Pre-Tertiary fracture granite basement reservoir in Cuu Long Basin, offshore Vietnam. *In AAPG Intern. Conf and Exhibition. Calgary Alberta.*
- 5. Nguyễn Huy Ngọc, Nguyễn Quốc Quân, Hoàng Ngọc Dũng, Nguyễn Đỗ Ngọc Nhị, 2010.** Ứng dụng giải ngược địa chấn để nghiên cứu đá chứa móng granit nứt nẻ trước Đệ Tam tại mỏ Hải Sư Đen Tt HNKH-Cn Quốc tế Dầu khí Việt Nam 2010. *Tăng tốc phát triển 1: 495-511. Petro Vietnam, Hà Nội.*
- 6. Thăng Long JOC, 2010.** Block evaluation Report, p. 153. *Thăng Long JOC, Hồ Chí Minh*