

# MÔ HÌNH ĐỊA CHẤT 3D TRÊN CƠ SỞ XÁC ĐỊNH CÁC ĐƠN VỊ DÒNG CHẢY CHO HỆ TẦNG SẢN PHẨM TUỔI MIOCEN SỚM, MỎ BẠCH HỔ

TS. Nguyễn Xuân Trung<sup>1</sup>

PGS.TS. Lê Hải An<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tổng công ty Thăm dò và Khai thác Dầu khí

<sup>2</sup>Đại học Mở - Địa chất

## Tóm tắt

Những năm gần đây, mô hình địa chất 3D đã trở thành công cụ quan trọng hỗ trợ chính xác hóa trữ lượng dầu khí tại chỗ của tầng chứa dầu khí, phục vụ cho việc mô phỏng dòng chảy chất lưu nhiều pha trong vỉa chứa, cung cấp thông tin cho công tác quản lý và phát triển mỏ. Tuy nhiên, trên thực tế, đặc trưng địa chất của các mỏ dầu khí nói chung rất phức tạp và bất đồng nhất, do đó việc xây dựng mô hình địa chất 3D gặp nhiều khó khăn. Để xây dựng mô hình địa chất của tầng chứa chính xác và chi tiết hơn, cần xác định các đơn vị dòng chảy, tương trầm tích và xây dựng quan hệ độ rỗng - độ thấm... Bài báo giới thiệu một số kết quả về mô hình địa chất 3D dựa trên xác định các đơn vị dòng chảy cho hệ tầng sản phẩm tuổi Miocen sớm tại mỏ Bạch Hổ.

## 1. Mở đầu

Ngoài đối tượng khai thác chính là các thân dầu trong đá móng granite nứt nẻ, mỏ Bạch Hổ còn có các thân dầu trong trầm tích tuổi Miocen sớm và Oligocen. Các đối tượng này đang được các nhà nghiên cứu đánh giá lại nhằm nâng cao hệ số thu hồi dầu và khai thác tận thu.

Để nghiên cứu và đánh giá lại tiềm năng dầu khí trong trầm tích Miocen sớm, ngoài các phương pháp thông thường đang được tiến hành, việc áp dụng phương pháp xây dựng mô hình địa chất 3D là cần thiết. Tuy nhiên đến nay, mô hình địa chất 3D của hệ tầng sản phẩm Miocen sớm, mỏ Bạch Hổ vẫn chưa được xây dựng hoàn chỉnh. Do đó, nhóm tác giả đã tập trung xây dựng mô hình địa chất 3D của hệ tầng sản phẩm này. Việc phân chia vỉa chứa dầu khí thành các đơn vị dòng chảy cho phép xây dựng mô hình độ thấm và xác định các đặc điểm địa chất - địa vật lý liên quan đến dòng chảy của các tầng chứa dầu khí tuổi Miocen sớm.

## 2. Xác định đơn vị dòng chảy

Trong những năm gần đây, lý thuyết về đơn vị dòng chảy (Hydraulic Flow Unit - HU) được nhiều nhà khoa học phát triển và đưa vào ứng dụng trong tìm kiếm, thăm dò và khai thác dầu khí để dự báo độ thấm từ tài liệu địa vật lý giếng khoan, lựa chọn số lượng mẫu lõi trụ tối thiểu cần thiết phải phân tích các tham số tầng chứa đặc biệt phục vụ cho dự báo nhiều tham số địa vật lý và địa hóa khác từ

tài liệu địa vật lý giếng khoan. Xây dựng mô hình địa chất tĩnh cũng như mô hình động của tầng chứa đạt nhiều kết quả khả quan chứng tỏ tính khoa học và thực tiễn của lý thuyết về đơn vị dòng chảy [1, 5 - 11].

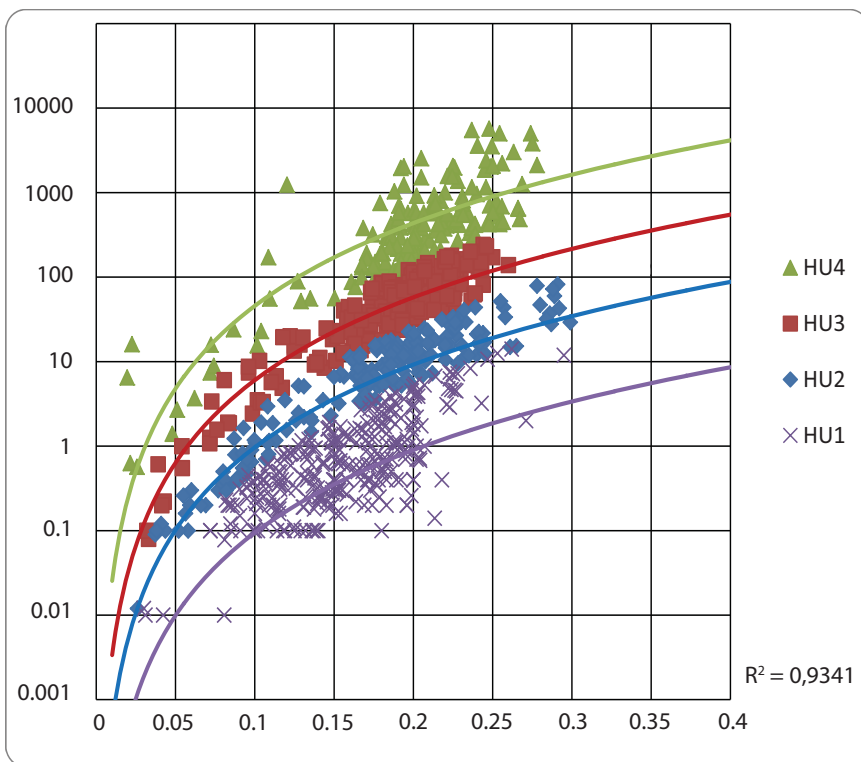
Trong các nghiên cứu trước đây, nhóm tác giả đã xây dựng cơ sở lý thuyết của các phương pháp và kết quả xác định các đơn vị dòng chảy cho hệ tầng sản phẩm Miocen sớm [3]; sử dụng phương pháp phân tích nhóm dựa trên thuật toán Ward - phương pháp tiếp cận không sử dụng đồ thị để xác định số các nhóm mẫu [3, 7]. Để xác định số lượng của đơn vị dòng chảy, phương pháp biểu đồ tần suất tích lũy được kết hợp cùng với phương pháp thống kê sử dụng thuật toán Ward. Với ưu điểm sự phân tán của các mẫu trong các nhóm được giảm tối đa, thuật toán Ward được chọn để ứng dụng để xác định các đơn vị dòng chảy. Nhóm tác giả đã lựa chọn mô hình 4HU để tính toán độ nhạy của mô hình độ thấm và xây dựng mô hình địa chất 3D cho hệ tầng sản phẩm Miocen sớm.

Mô hình độ thấm cho từng HU được tính toán theo công thức [1]:

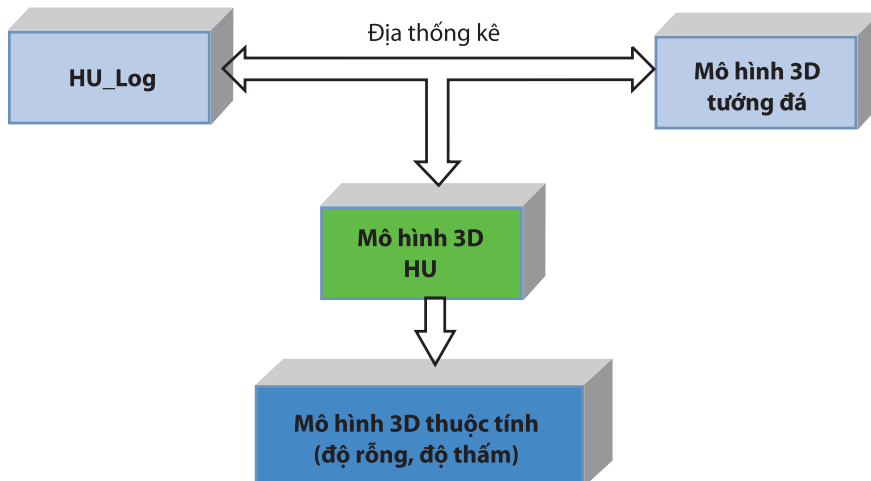
$$K = 1014,24FZI_{ib}^2 \frac{\Phi^3}{(1-\Phi)^2} \quad (1)$$

Theo nghiên cứu của J.O.Amaefule và nnk [6], chỉ số của vùng chảy FZI (flow zone indicator) được xác định từ phương trình Kozeny-Carman có ý nghĩa là tham số duy nhất mà kết hợp được các thuộc tính địa chất của kiến trúc hạt và khoáng vật để phân biệt các tướng kiến trúc lỗ

rỗng khác nhau (các đơn vị dòng chảy) [1]. Giá trị FZI càng cao thì tính chất của tầng chứa (rỗng - thấm) càng tốt. Với các giá trị FZI trung bình cho từng HU của từng mô hình, độ thấm được tính theo công thức (1). Kết quả độ thấm tính toán được khi so sánh với kết quả đo ghi trên mẫu lõi ở các giếng thăm dò cho thấy độ chính xác tăng lên đáng kể so với chỉ sử dụng một quan hệ hồi quy thông thường. Hệ số tương quan giữa độ thấm tính theo mô hình HU và mẫu lõi  $R^2 = 0,934$  (mô hình 4 HU). Hình 1 biểu diễn crossplot độ rỗng - độ thấm của mô hình 4HU và Bảng 1 trình bày các giá trị FZI trung bình đại diện cho từng HU.



Hình 1. Crossplot độ rỗng - độ thấm mô hình 4HU hệ tầng sản phẩm Miocen sớm



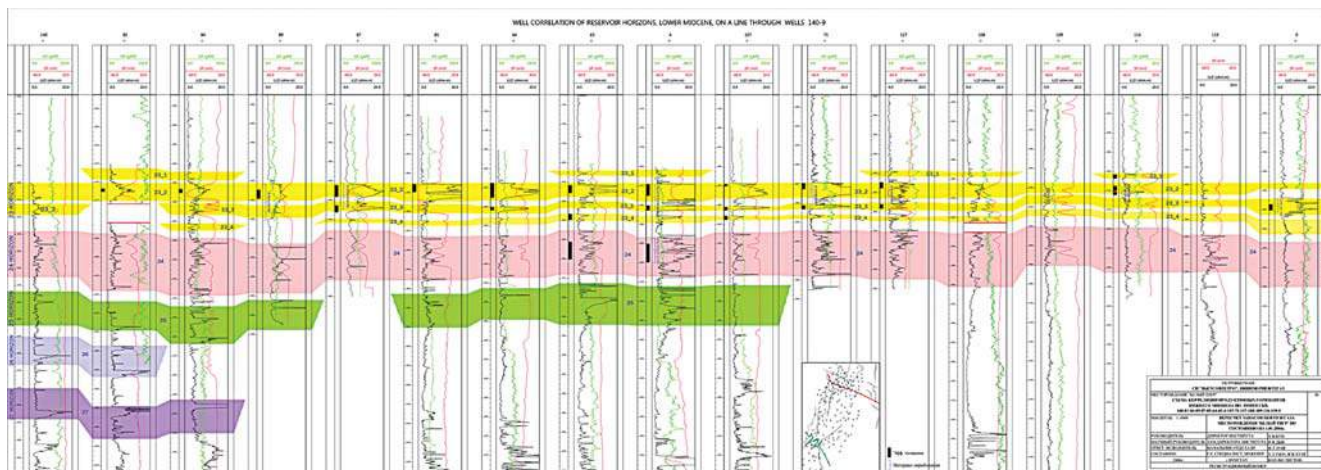
Hình 2. Sơ đồ khối xây dựng mô hình địa chất 3D hệ tầng sản phẩm Miocen sớm, mỏ Bạch Hổ

### 3. Xây dựng mô hình địa chất theo đơn vị dòng chảy

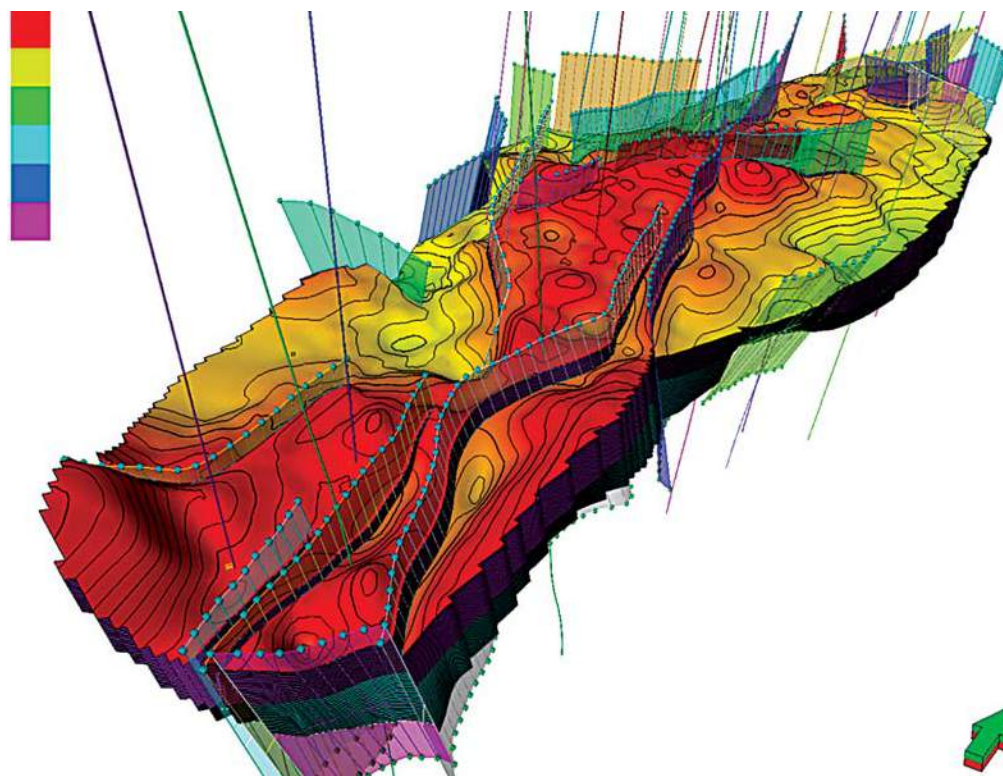
Để xây dựng mô hình địa chất 3D của tầng chứa, phải tuân theo một quy trình chuẩn gồm các bước chính sau: (1) Dữ liệu đầu vào; (2) Xây dựng mô hình cấu trúc; (3) Chuyển đổi tỷ lệ (upscale) từ tỷ lệ tài liệu vào tỷ lệ mô hình; (4) Phân tích số liệu; (5) Xây dựng mô hình tương; (6) Xây dựng mô hình thông số (độ rỗng, độ thấm, độ bão hòa) [4]. Trong nghiên cứu này, để áp dụng phương pháp tiếp cận mới trên cơ sở của đơn vị dòng chảy, bước 6 được thực hiện thành 2 giai đoạn: (6a) xây dựng mô hình 3D đơn vị dòng chảy và (6b) xây dựng mô hình thông số.

Hình 2 trình bày sơ đồ khối tối giản sử dụng trong xây dựng mô hình địa chất 3D hệ tầng sản phẩm Miocen sớm, mỏ Bạch Hổ. Mô hình thông số rỗng - thấm của hệ tầng sản phẩm này sẽ được xây dựng theo đơn vị dòng chảy xác định từ mẫu lõi và mô hình 3D của HU, như đã trình bày ở trên. Số HU được xác định là 4 và tính chất tầng chứa (rỗng - thấm) tốt dần từ HU1 đến HU4.

Trong hệ tầng chứa sản phẩm Miocen sớm, các tầng sản phẩm từ trên xuống lần lượt là 23 - 27. Theo kết quả nghiên cứu thuộc tính địa chấn cũng như các nghiên cứu về môi trường trầm tích, các thân dầu có dạng kênh rạch chủ yếu tập trung trong các tầng sản phẩm từ 25, 26 đến 27 và ở vòm Nam của mỏ (Hình 3). Trong hệ tầng sản phẩm Miocen sớm, các thân dầu được phát hiện chủ yếu trong các tầng sản phẩm 23, 24 và là đối tượng nghiên cứu chính nên không sử dụng phương pháp mô hình hóa ngẫu nhiên định hướng đối tượng (stochastic/object based) mà sử dụng phương pháp mô hình hóa ngẫu nhiên theo điểm (stochastic/pixel). Khi xây dựng mô hình phân bố tương trong Petrel, các tác giả đã sử dụng thuật toán Sequence Indicator Simulation (SIS). Ưu điểm của thuật toán này là có phương pháp tính toán tương tự với Sequence Gaussian Simulation (được sử dụng rộng rãi khi mô hình



Hình 3. Mặt cắt liên kết các thân dầu trong Miocen sớm (vòm Bắc)



Hình 4. Mô hình cấu trúc hệ tầng sản phẩm Miocen sớm (60 lớp)

hóa cho dạng dữ liệu liên tục (continuous data) như các đường cong địa vật lý giếng khoan, địa chấn) nhưng tốc độ tính toán nhanh hơn nhiều do làm việc trên dữ liệu rời rạc (discrete data) [12].

**3.1. Mô hình 3D cấu trúc**

Dựa trên các kết quả minh giải lại địa chấn các tầng SH-5 - bất chỉnh hợp nóc Miocen sớm, SH-6 - bất chỉnh hợp trong Miocen sớm, tương ứng với nóc tầng sản phẩm 24 và SH-7 - bất chỉnh hợp nóc Oligocen muộn cùng với hệ thống hóa lại các đứt gãy, mô hình 3D cấu trúc cho hệ tầng sản phẩm Miocen sớm đã được xây dựng trên 60 lớp (Hình 4) làm cơ sở cho tất cả các mô hình 3D sau này. Bảng

2 thể hiện các thông số sử dụng để xây dựng mô hình cấu trúc hệ tầng sản phẩm Miocen sớm.

**3.2. Mô hình 3D đơn vị dòng chảy**

Về bản chất, HU tương đồng với tướng đá. Một tướng đá có thể có nhiều HU hay 1 HU có thể bao gồm nhiều tướng đá khác nhau. Do vậy mà mô hình đơn vị dòng chảy cũng xây dựng tương tự mô hình phân bố tướng đá. Hình 5 trình bày kết quả mô hình 3D HU của hệ tầng sản phẩm Miocen sớm. HU0 - vùng không chứa có màu xám, HU1 - màu

xanh, HU2 - màu vàng, HU3 - da cam và HU4 có tính chất tầng chứa tốt nhất - màu đỏ. Mô hình 3D HU theo mặt cắt liên kết giếng khoan ở vòm Bắc (Hình 6) cho thấy sự tương đồng cao giữa vỉa chứa là HU có tính chất rỗng - thấm tương đối tốt (HU2) và tốt (HU3 và HU4) với các khoảng thử vỉa trong các giếng.

**3.3. Mô hình 3D độ rỗng**

Đường cong độ rỗng hở cho toàn bộ hệ tầng sản phẩm Miocen sớm (từ SH-5 đến SH-7) được minh giải và sử dụng để xây dựng mô hình độ rỗng. Khác với mô hình HU, mô hình độ rỗng phải sử dụng module mô hình hóa thuộc tính vật lý thạch học để xây dựng. Thuật toán được

Lựa chọn là Gaussian Random Function Simulation và cũng dùng mô hình phân bố tương đá để giới hạn [12]. Mô hình 3D độ rỗng hệ tầng sản phẩm Miocen sớm thể hiện trong Hình 7 với giá trị độ rỗng chiếm ưu thế từ 16 - 26%.

**3.4. Mô hình 3D độ thấm**

Mô hình độ thấm được xây dựng, trong đó độ thấm được xác định theo giá trị độ rỗng hở và loại HU trong từng khối theo công thức (1). Hình 8 trình bày mô hình 3D độ thấm theo HU của hệ tầng sản phẩm Miocen sớm. Những vùng không chứa có màu xám, độ thấm biến đổi từ 0,1 - 2.000mD theo thang logarit và có màu biến đổi tăng dần từ tím tới đỏ. Khu vực có giá trị độ thấm cao thường liên quan đến những chỗ có giá trị HU3 và HU4, tập trung chủ yếu ở vòm Bắc và Trung tâm.

**4. Đánh giá đặc tính rỗng - thấm từ kết quả mô hình địa chất 3D**

Từ các kết quả mô hình địa chất 3D thu được, bao gồm cả mô hình tương đá, mô hình HU, mô hình độ rỗng và mô hình độ thấm của hệ tầng sản phẩm Miocen sớm, có thể thấy rằng ở các tầng sản phẩm, chất lượng tầng chứa và phân bố thay đổi không nhiều và chủ yếu tập trung các vỉa có chất lượng tốt ở một số khu vực nhất định.

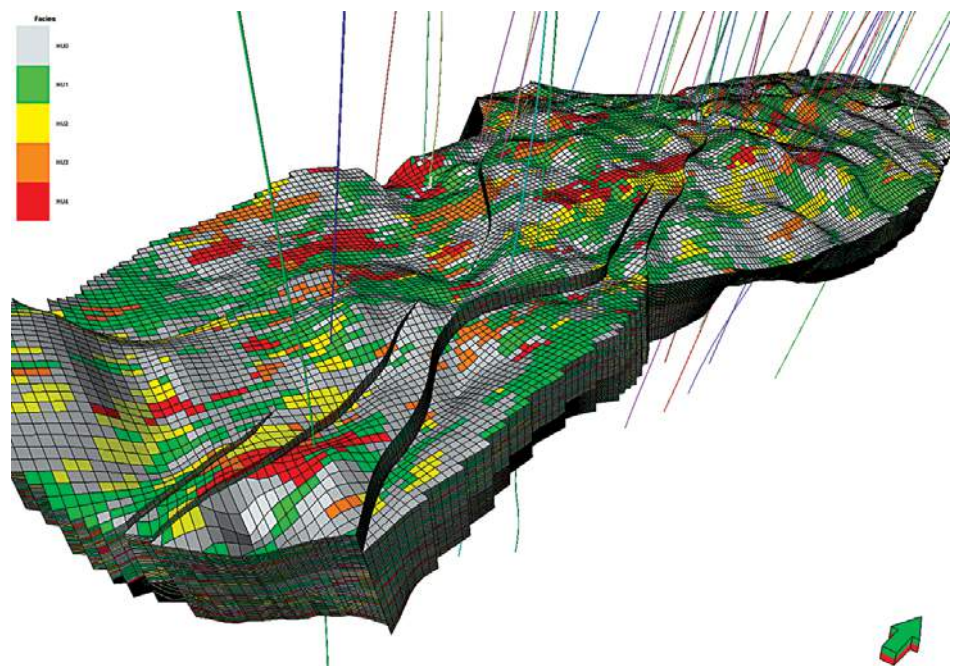
Tầng sản phẩm 23-1 chủ yếu tập trung ở phần cao nhất ở khu vực trung tâm mỏ Bạch Hổ. Theo mô hình đơn vị dòng chảy thì tầng sản phẩm này có một số thân dầu có diện tích nhỏ. Các thân dầu có chất lượng đá chứa từ trung bình tới tốt, HU2, HU3 và HU4 chiếm ưu thế. Độ thấm thay đổi 10 - 500mD, độ rỗng thay đổi từ 15 - 27%.

Tầng sản phẩm 23-2 có ở vòm Bắc và vòm trung tâm của mỏ, có diện tích tương đối lớn. Chất lượng đá chứa trung bình, phần lớn là HU2. Độ thấm thay đổi từ 3 - 80mD và độ rỗng thay đổi từ 18 - 25%.

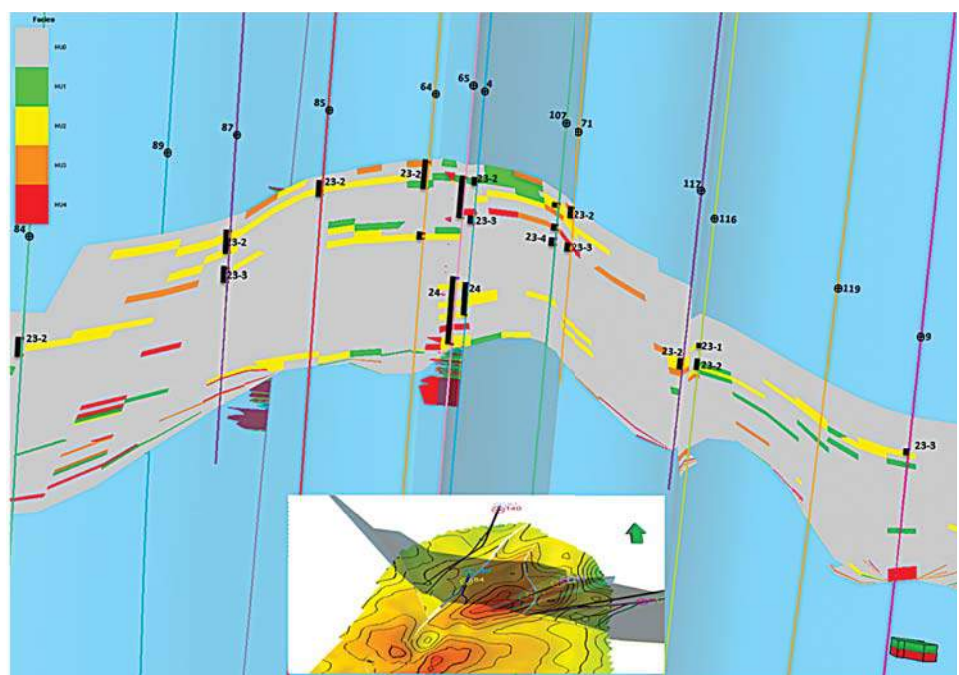
Tầng sản phẩm 23-3 phân bố rải rác ở vòm Bắc và trung của mỏ. Các thân dầu này có diện tích nhỏ. Các thân

**Bảng 1.** Giá trị  $FZI_{tb}$  cho mô hình 4HU

$FZI_{tb}$	HU1	HU2	HU3	HU4
Mô hình 4HU	0,25	0,8	2	5,5



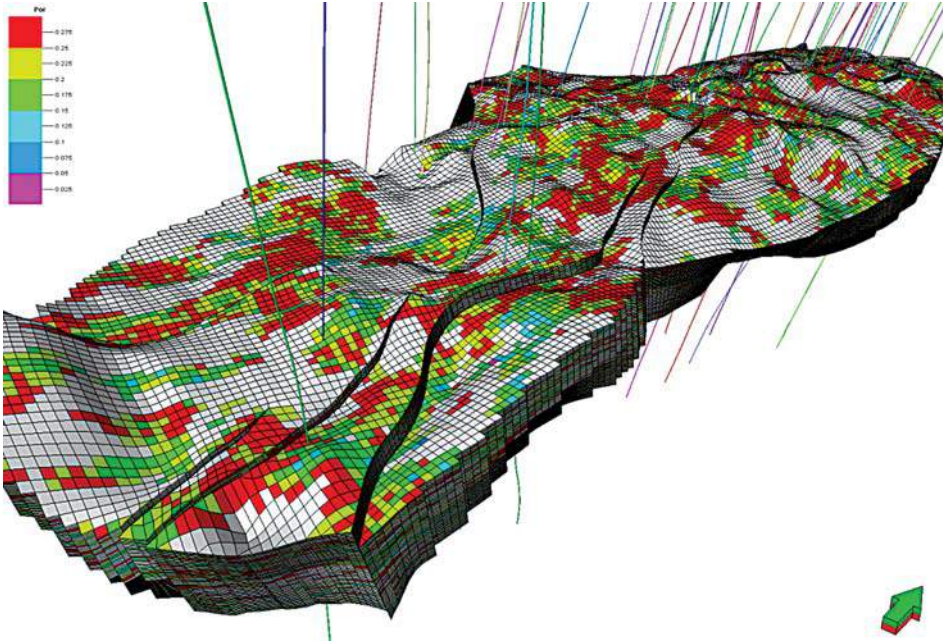
**Hình 5.** Mô hình HU hệ tầng sản phẩm Miocen sớm



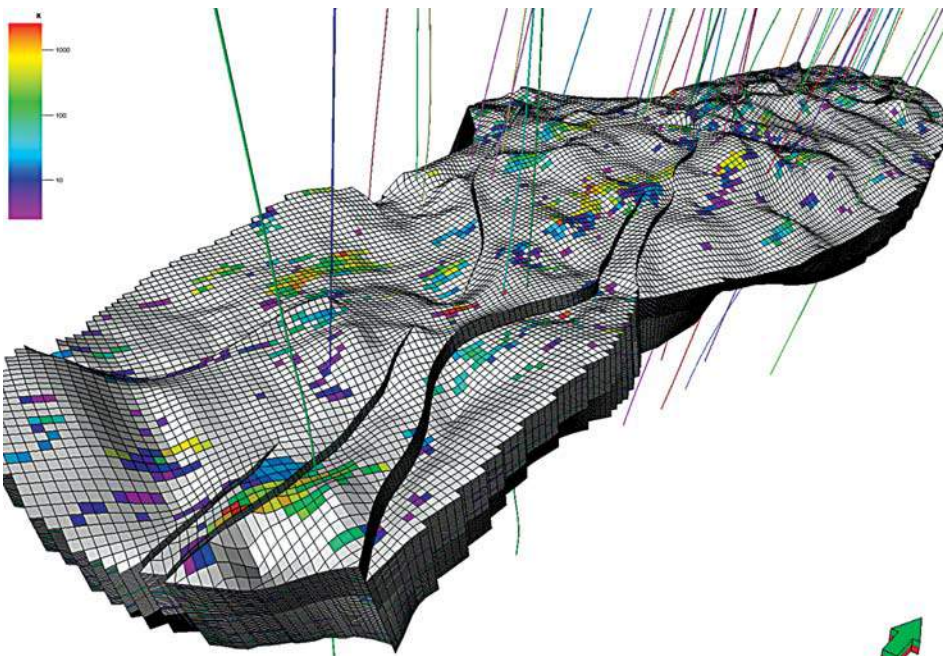
**Hình 6.** Phân bố đơn vị dòng chảy trên mặt cắt liên kết giếng khoan ở vòm Bắc

**Bảng 2.** Thông số mô hình cấu trúc hệ tầng sản phẩm Miocen sớm

Đới (Zone)	Hàng	Cột	Chiều dày <sub>tb</sub> (m)	Lớp	Tổng số khối
Tầng 23, 24	228	96	70	30	656.640
Tầng 25, 26, 27	228	96	120	30	656.640
Toàn mô hình	228	96		60	1.313.280



**Hình 7.** Mô hình độ rỗng hệ tầng sản phẩm Miocen sớm



**Hình 8.** Mô hình độ thấm theo HU hệ tầng sản phẩm Miocen sớm

dầu nói chung có chất lượng đá chứa tốt, chủ yếu là HU3, HU4. Độ thấm thay đổi từ 10 - 1.000mD. Độ rỗng thay đổi 18 - 27%.

Tầng sản phẩm 23-4 chỉ cho sản phẩm ở vòm Bắc của mỏ Bạch Hổ, có diện tích nhỏ. Tầng chứa có tính chất rỗng

trong tầng 23 và 24 đã chỉ ra một số khu vực có tính chất rỗng - thấm tốt ở cánh sụt phía Tây của mỏ ở vòm trung tâm và vòm Bắc. Cuối tháng 6/2011, GK50 đã cho dòng dầu có lưu lượng cao ở Tây Bắc của mỏ, thuộc vỉa 23-2 và 23-3, tại đúng khu vực mà mô hình HU đã chỉ ra.

- thấm tốt, tập trung HU2 đến HU4. Độ thấm thay đổi 10 - 1.000mD. Độ rỗng thay đổi từ 18 - 27%.

Tầng sản phẩm 24, bao gồm các thân dầu có diện tích nhỏ và phân bố ở nhiều nơi trong vòm Bắc và Trung tâm. Độ thấm (theo HU) ở các thân dầu vòm Trung tâm (5 - 50mD) nhỏ hơn so với ở vòm Bắc (10 - 500mD). Độ rỗng thay đổi từ 15 - 22%.

**5. Kết luận**

Qua nghiên cứu này, nhóm tác giả rút ra một số kết luận:

- Những kết quả thu được cho thấy đặc điểm của hệ tầng sản phẩm tuổi Miocen sớm mỏ Bạch Hổ là phức tạp, có tính bất đồng nhất cao và có thể chia thành 4 đơn vị dòng chảy HU khác nhau để xây dựng mô hình địa chất 3D...

- Các mô hình 3D cấu trúc, mô hình 3D phân bố tương đá, mô hình 3D HU, mô hình 3D độ rỗng, và mô hình 3D độ thấm của hệ tầng sản phẩm Miocen sớm được xây dựng bằng phương pháp mô hình hóa địa thống kê giới hạn trong phần nhô cao của mỏ theo phân bố các thân cát được xác định từ các thuộc tính địa chấn và theo chiều sâu giới hạn bởi hai tầng phân xạ SH-5 và SH-7.

- Mô hình phân bố các vỉa chứa sản phẩm theo HU

- Việc xây dựng mô hình địa chất dựa trên việc xác định các đơn vị dòng chảy (HU) từ mẫu lõi và mô hình HU địa thống kê mang lại hiệu quả tốt hơn cho công tác quản lý và phát triển mỏ trong tương lai.

#### Tài liệu tham khảo

1. Lê Hải An. *Xác định phân bố thủy lực từ tài liệu địa vật lý giếng khoan sử dụng mạng nơ-ron phục vụ đánh giá tầng chứa dầu khí*. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất. 2006; 14: p. 4 - 8.
2. Lê Hải An, Hà Quang Mẫn, Nguyễn Xuân Trung. *Xác định các đơn vị dòng chảy tầng sản phẩm X, tuổi Miocen sớm, mỏ Bạch Hổ*. Tạp chí Dầu khí. 2007; 7: p. 23 - 27.
3. Lê Hải An, Nguyễn Xuân Trung. *Mô hình xác định độ thấm theo đơn vị dòng chảy cho hệ tầng sản phẩm tuổi Miocen sớm, mỏ Bạch Hổ*. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất. 2010; 29: p. 1 - 5.
4. Trần Nam Thắng, Phạm Thanh Liêm, Lê Hải An. *Mô hình địa chất 3D cho đối tượng đá vôi nứt nẻ tuổi Creta, Bể Maracaibo, Venezuela*. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất. 2011; 33: p. 21 - 27.
5. M.Abbaszadeh, H.Fujii, F.Fujimoto. *Permeability prediction by hydraulic flow units - theory and applications*. SPE 30158. 1995.
6. J.O.Amaefule, M.Altunbay, D.Tiab, D.G.Kersey, D.K.Keelan. *Enhanced reservoir descriptions: using core and log data to identify Hydraulic (flow) Units and predict permeability in uncored intervals/wells*. Society of Petroleum Engineers. 26436. 1993.
7. Le Hai An. *Innovative neural network approaches for petrophysical parameter prediction*. Unpublished Ph.D thesis, Heriot-Watt University. 2004.
8. P.W.M.Corbett, Y.Ellabadi, K.Mohamed, A.Pososyaev. *Global hydraulic elements - elementary petrophysics for reduced reservoir modeling*. European Association of Geoscientists and Engineers 65<sup>th</sup> Conference, Paper F-26 EAGE meeting, Stavanger. June 2 - 5, 2003.
9. W.J.Ebanks. *Flow unit concept - integrated approach for engineering projects*. Abstract presented June 8, during the roundtable sessions at the 1987 American Association of Petroleum Geologists Annual Convention. 1987.
10. D.K.Potter, Le Hai An, P.W.M.Corbett, C.McCann, S.Assefa, T.Astin, J.Sothcott, B.Bennett, S.Larter, L.Lager. *Genetic petrophysics approach to core analysis - application to shoreface sandstone reservoirs*. Proceedings of the 2003 International Symposium of the Society of Core Analysts, Paper SCA2003-35. 2003: p. 421 - 433.
11. Dimitry Svirsky, Andrey Ryazanov, Michael Pankov, Patrick W.M.Corbett, Andrey Posysoev. *Hydraulic flow units resolve reservoir description challenges in a Siberian oil field*. Society of Petroleum Engineers. 87056. 2004.
12. Schlumberger Information Solution. *Property modeling course*. Petrel. 2007.

## Hydraulic flow unit based 3D geological model of early Miocene reservoirs in Bach Ho field

Nguyen Xuan Trung<sup>1</sup>, Le Hai An<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Petrovietnam Exploration Production Corporation

<sup>2</sup>Hanoi University of Mining and Geology

#### Summary

**In recent years, 3D geological model has become one of the indispensable tools to help evaluate the petroleum potential of a field, simulate the spatial distribution of reservoirs, accurately calculate oil and gas reserves in place of the reservoir, and allow multiphase fluid flow simulations, thus providing information to facilitate field management and development activities. However, the geological characteristics of oil and gas fields are generally very complex and heterogeneous, that is why building 3D geological model of reservoirs is really difficult. To construct the geological model of the layer in details with high accuracy, it is important to identify the flow units associated with sedimentary rocks and create proper porosity - permeability relationships. This paper presents a summary of the results of the 3D geological model based on identification and modeling of flow units for the early Miocene reservoirs in Bach Ho field.**