

KẾT QUẢ ĐO ĐỘ THẨM BẰNG NHIỀU PHƯƠNG PHÁP KHÁC NHAU CHO VĨA TURBIDITE MỎ HẢI THẠCH, BỂ NAM CÔN SƠN

Phạm Hoàng Duy, Hoàng Kỳ Sơn, Trần Ngọc Thế Hùng, Trần Vũ Tùng

Công ty Điều hành Dầu khí Biển Đông

Email: duyph@biendongpoc.vn

Tóm tắt

Giá trị độ thấm vỉa và quy luật phân bố của độ thấm là thông số rất quan trọng trong công tác phát triển và quản lý mỏ. Độ thấm có thể được xác định bằng nhiều phương pháp tuy nhiên kết quả thu được có thể có độ chênh lệch cao, nhất là tại những giếng có sản lượng thấp. Bài báo đưa ra kết quả thu được từ 4 phương pháp xác định độ thấm đã được áp dụng cho 4 giếng tại vỉa turbidite (Sand30) của mỏ Hải Thạch, bể Nam Côn Sơn, trong đó có 3 giếng khai thác (HT-C, HT-H và HT-I) và 1 giếng thăm dò (HT-X). Do khả năng cho dòng của các giếng khác nhau nên việc xác định chính xác giá trị độ thấm vỉa và quy luật phân bố độ thấm cho Sand30 là cơ sở quan trọng để khai thác hiệu quả vỉa turbidite này. Đồng thời, các yếu tố có thể dẫn tới sự chênh lệch về giá trị độ thấm giữa 4 phương pháp cũng được nhóm tác giả phân tích chi tiết.

Từ khóa: Độ lưu động, độ rỗng, độ thấm, mẫu lõi, PTA, mỏ Hải Thạch.

1. Giới thiệu

Sand30 là 1 vỉa lớn của mỏ Hải Thạch với trữ lượng tại chỗ ước tính hơn 210 tỷ ft³ khí tiêu chuẩn và hơn 26 triệu thùng condensate. Vỉa turbidite này được phát hiện bởi giếng thăm dò HT-X và được khai thác bởi 3 giếng khai thác là HT-C, HT-H và HT-I. Tài liệu thu được từ 4 giếng khoan trên cho thấy, vỉa Sand30 là một tập cát kết khá tương đồng, hạt mịn đến rất mịn, ở độ sâu khoảng 3.500m, tuổi Miocene giữa, có độ dày từ 25 - 50m tại giếng, độ rỗng trung bình 14 - 17%. Hàm lượng sét trong cát kết quan sát được tại cả 4 giếng là tương đối thấp, thấp hơn 20%, với thành phần chủ yếu là sét chlorite và sét illite từ tài liệu phân tích mẫu lõi.

Trong 3 giếng khai thác, giếng HT-H có khả năng cho dòng tốt, có thể lên tới 15 triệu ft³ khí tiêu chuẩn/ngày. Trong khi đó, giếng HT-C và HT-I khả năng cho dòng thấp hơn nhiều, với lưu lượng ổn định chỉ 2 - 3 triệu ft³ khí tiêu chuẩn/ngày. Do khả năng cho dòng của các giếng khác nhau nên việc xác định chính xác giá trị độ thấm vỉa và quy luật phân bố độ thấm cho Sand30 là rất quan trọng để khai thác hiệu quả vỉa này.

Độ thấm của các giếng tại vỉa Sand30 được xác định bằng 4 phương pháp, bao gồm: (i) xác định độ thấm từ mẫu lõi, (ii) xác định độ thấm từ dữ liệu độ rỗng, (iii) xác

định độ thấm từ dữ liệu đo áp suất trong khi khoan và (iv) xác định độ thấm sử dụng phương pháp phân tích PTA. Kết quả cho thấy giá trị độ thấm được xác định thông qua phân tích PTA thấp hơn rất nhiều so với độ thấm được xác định bằng 3 phương pháp còn lại, tương tự như kết quả của một số nghiên cứu trước đây [1].

2. Kết quả xác định độ thấm từ mẫu lõi

2.1. Độ thấm tuyệt đối

Vỉa Sand30 có 4 giếng, trong đó có 2 giếng lấy mẫu lõi là giếng HT-H (35m) và HT-X (34m). Do mẫu lõi thu được từ 2 giếng này gần như toàn bộ vỉa Sand30 nên các thông số phân tích mẫu lõi có tính đại diện cao. Hàm phân bố giá trị độ thấm của giếng HT-X và HT-H được thể hiện trên Hình 1, với giá trị trung bình lần lượt là 9mD và 24mD.

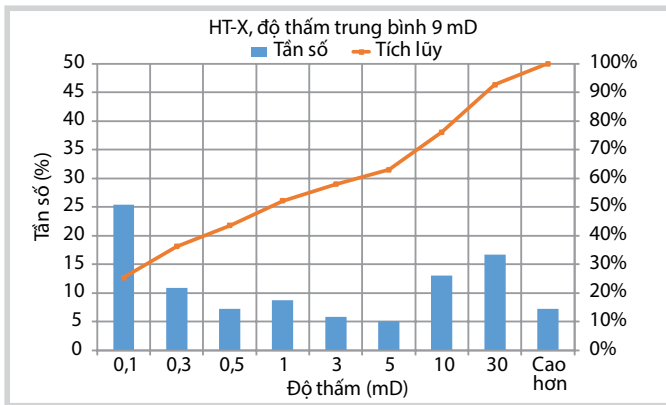
2.2. Độ thấm hữu dụng

Độ thấm hữu dụng đã được đo tại điều kiện nước dư (Hình 2). Từ Hình 2 có thể thấy độ thấm hữu dụng rất gần với độ thấm tuyệt đối. Do đó, có thể thấy độ thấm khí trung bình của vỉa Sand30 tại vị trí giếng HT-X và HT-H là xấp xỉ 9mD và 24mD.

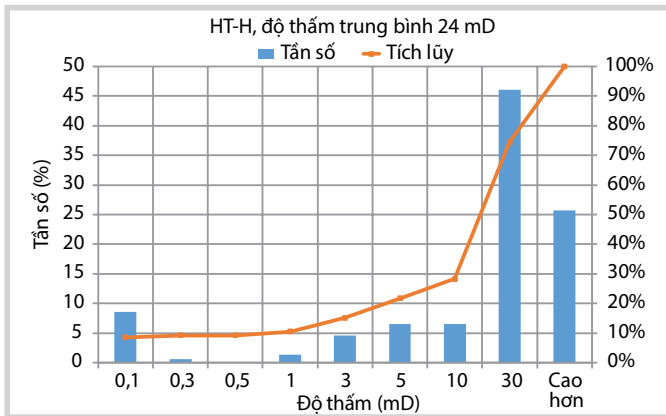
3. Kết quả xác định độ thấm từ dữ liệu độ rỗng

3.1. Phương pháp tính toán

Từ các phân tích địa vật lý giếng khoan, vỉa Sand30 có thể được chia ra làm 2 loại thạch học chính: cát và cát sét

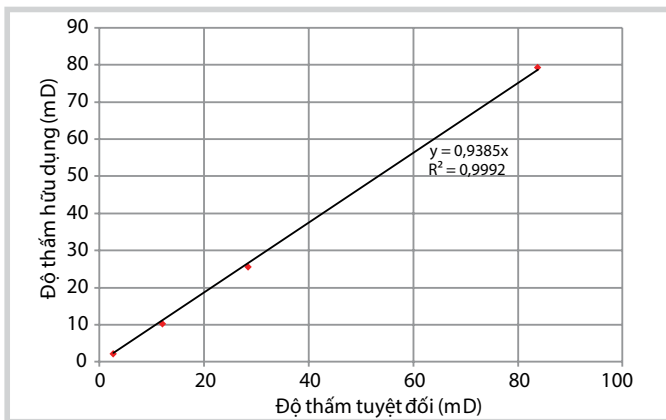


(a)

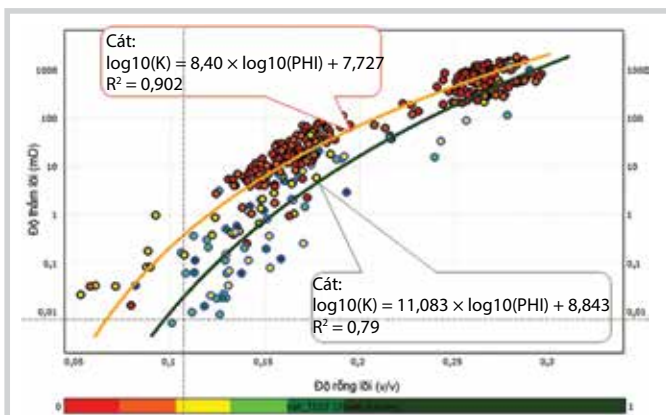


(b)

Hình 1. Độ thấm đo từ mẫu lõi của giếng HT-X (a); Độ thấm đo từ mẫu lõi của giếng HT-H (b)



Hình 2. Đồ thị so sánh độ thấm hữu dụng và độ thấm tuyệt đối



Hình 3. Đồ thị biểu diễn độ thấm và độ rỗng từ mẫu lõi cho 2 loại thạch học cát và cát sét

với ranh giới phân chia là thành phần sét chiếm 20% thể tích. Hai loại thạch học này tuân theo 2 quy luật rỗng - thấm khác nhau (Hình 3).

3.2. Kết quả

Kết quả tính độ thấm từ dữ liệu độ rỗng cho 4 giếng HT-C, HT-H, HT-X và HT-I được thể hiện bằng đường nét liền màu cam trên Hình 4. Các điểm đo màu đỏ trên Hình 4b và 4c là độ thấm đo từ mẫu lõi. Kết quả cho thấy độ thấm tính từ độ rỗng tương đồng với kết quả đo trực tiếp từ mẫu lõi.

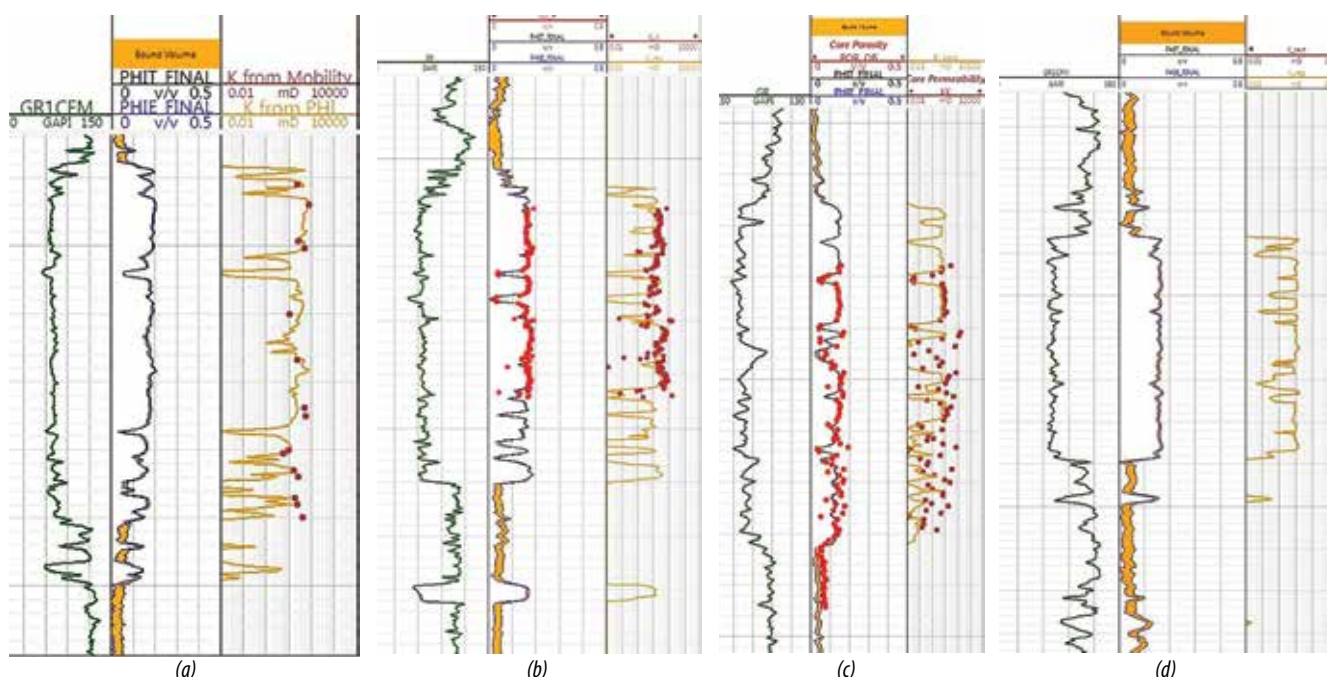
4. Kết quả xác định độ thấm từ dữ liệu đo áp suất vỉa trong khi khoan

Một thông số quan trọng thu được khi đo áp suất vỉa trong khi khoan là độ lưu động. Độ lưu động là tỷ lệ giữa độ thấm và độ nhớt, do đó sẽ tỷ lệ thuận với độ thấm khi độ nhớt không thay đổi nhiều (Hình 5). Mối quan hệ này đã được sử dụng để xác định độ thấm từ dữ liệu đo áp suất vỉa của giếng HT-C, được thể hiện bằng các điểm đo màu đỏ trên Hình 4a. Các kết quả đều tương đồng với độ thấm tính từ quan hệ rỗng - thấm.

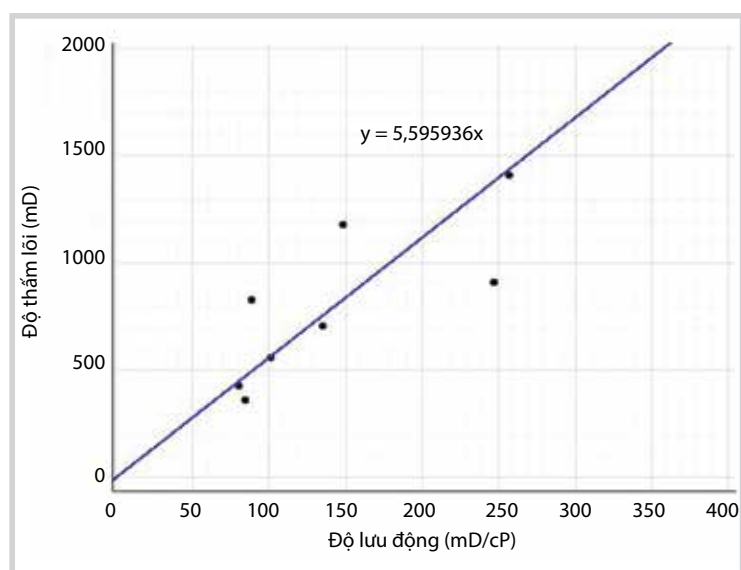
5. Kết quả xác định độ thấm bằng phương pháp phân tích PTA

5.1. Phương pháp phân tích PTA

Ngoài giá trị độ thấm trung bình của vỉa, phương pháp phân tích PTA cung cấp thêm một số thông tin quan trọng như: phân bố của độ thấm xung quanh giếng khoan, hệ số nhiễm bẩn và sự thay đổi của hệ số này theo thời gian, diện tích và hình dạng của khu vực khai thác cũng như sự tồn tại của các đứt gãy trong khu vực này. Phương pháp phân tích PTA truyền thống chỉ tập trung phân tích 1 giai đoạn đóng giếng tiêu biểu và dùng các kết quả thu được từ giai đoạn đó làm thông số đại diện cho giếng. Tuy nhiên đối với các vỉa khí ngưng tụ như mỏ Hải Thạch thì phương pháp này không thể phân tích được độ thấm vỉa và ảnh hưởng của hiện tượng ngưng tụ condensate trong vỉa. Do đó, trong nghiên cứu này việc phân tích PTA được thực hiện trên toàn bộ lịch sử khai thác với nhiều giai đoạn đóng giếng để xác định được độ thấm thực sự của vỉa. Ảnh hưởng của hiện tượng ngưng tụ condensate trong vỉa được thể hiện ở sự thay đổi của hệ số nhiễm bẩn. Ngoài ra, để tăng độ tin cậy của kết quả phân tích, các thông số như hệ số nhiễm bẩn và độ chứa của giếng được xác định bằng các phân tích độc lập trước khi được sử dụng làm đầu vào cho PTA. Các tài liệu phụ



Hình 4. Kết quả độ thấm giếng HT-C (a), giếng HT-H (b), giếng HT-X (c), giếng HT-I (d)



Hình 5. Đồ thị liên hệ độ lưu động và độ thấm

trợ như bản đồ địa chấn và tài liệu FMI/FMS cũng được sử dụng để kiểm chứng sự hợp lý của kết quả PTA [2]. Sơ đồ quy trình cho phân tích PTA được tóm tắt trong Hình 6.

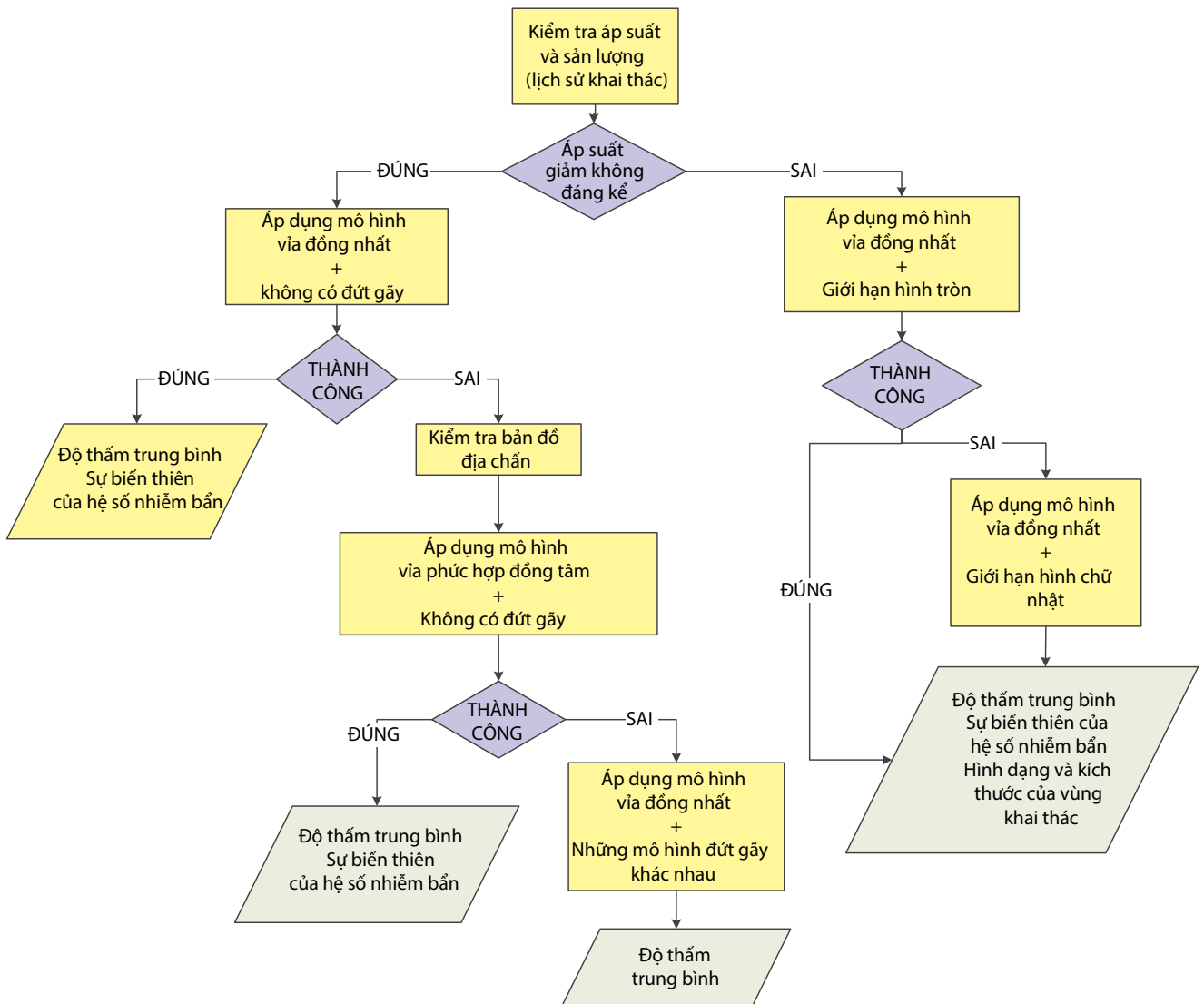
Bước đầu tiên của quy trình phân tích PTA là kiểm tra đồ thị lịch sử khai thác xem áp suất có sụt giảm không. Nếu áp suất giảm ít thì trữ lượng của vỉa là rất lớn so với thời gian khai thác. Do đó có thể thử nghiệm mô hình vỉa đồng nhất và không có đứt gãy. Nếu mô hình này khớp với dữ liệu khai thác thì sẽ thu được giá trị độ thấm trung bình của vỉa. Giá trị độ thấm trung bình của vỉa là không đổi cho tất cả các giai đoạn đóng giếng. Do đó độ biến thiên của hệ số nhiễm bẩn có thể được xác định thông qua việc khớp với lịch sử khai thác. Nếu có hiện tượng ngưng tụ condensate trong vùng cận

đáy giếng, sự biến thiên của hệ số nhiễm bẩn sẽ cho biết thời gian hình thành cũng như mức độ nghiêm trọng của condensate bank.

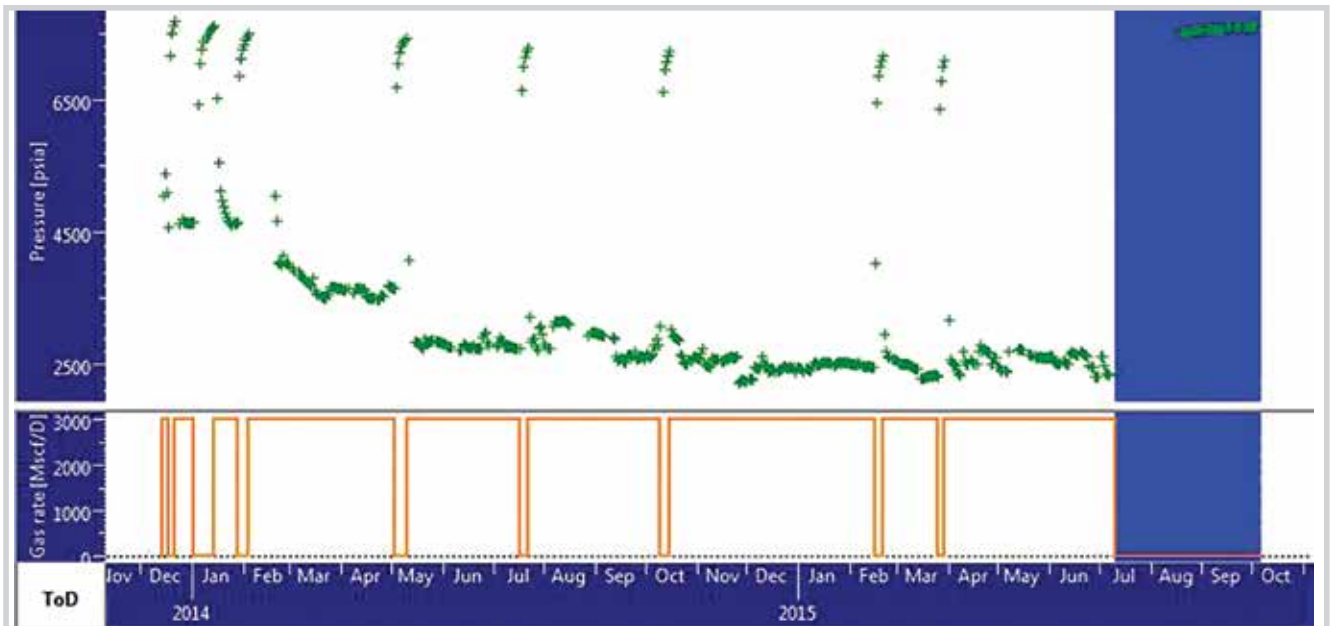
Trong trường hợp mô hình vỉa đồng nhất và không có đứt gãy không khớp với dữ liệu khai thác, các tài liệu phụ trợ như bản đồ địa chấn sẽ được sử dụng để tìm ra mô hình thích hợp. Một trong những mô hình này có thể là mô hình vỉa phức hợp đồng tâm (radial composite), không có đứt gãy. Nếu mô hình này khớp với dữ liệu khai thác thì giá trị độ thấm trung bình trong và ngoài cũng như bán kính vùng quanh giếng sẽ được xác định. Sau đó những giá trị này sẽ được giữ nguyên để xác định sự biến thiên của hệ số nhiễm bẩn.

Trong trường hợp mô hình vỉa phức hợp đồng tâm, không có đứt gãy vẫn không thể khớp với dữ liệu khai thác, các mô hình đứt gãy khác nhau sẽ được thử nghiệm để tìm ra mô hình thích hợp nhất. Mô hình này cũng được kiểm chứng với các tài liệu phụ trợ như bản đồ địa chấn và tài liệu FMI/FMS.

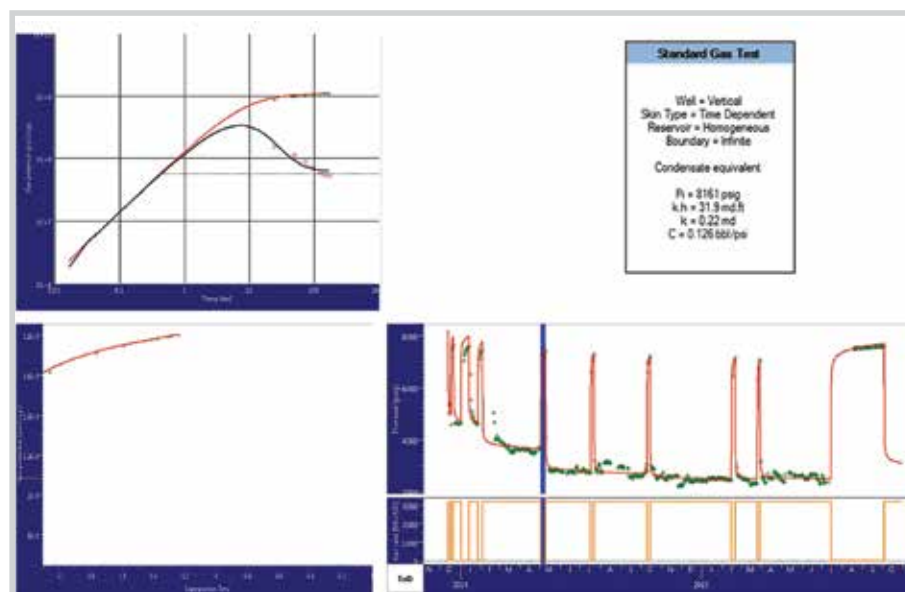
Nếu bước kiểm tra đồ thị lịch sử khai thác chỉ ra áp suất giảm dần trong thời gian khai thác thì mô hình vỉa có giới hạn sẽ được sử dụng. Trong trường hợp này, có 2 sự lựa chọn về mô hình giới hạn là mô hình giới hạn hình tròn và mô hình giới hạn hình chữ nhật. Phân tích được bắt đầu từ mô



Hình 6. Sơ đồ quy trình phân tích PTA



Hình 7. Đồ thị lịch sử khai thác của giếng HT-C



Hình 8. Kết quả khớp dữ liệu khai thác của giếng HT-C sử dụng mô hình vỉa đồng nhất và không có đứt gãy

hình giới hạn đơn giản hơn là giới hạn hình tròn, nếu không thành công thì chuyển sang mô hình còn lại.

Phương pháp phân tích PTA đã được áp dụng cho 4 giếng tại vỉa Sand30. Tuy mỗi giếng đều có động thái khai thác khác nhau nhưng công việc phân tích PTA cho từng giếng đều tuân theo quy trình đã đưa ra ở trên.

5.2. Kết quả cho giếng HT-C

Có thể thấy được trên đồ thị lịch sử khai thác (Hình 7), trong khoảng thời gian 22 tháng, áp suất suy giảm không đáng kể. Do đó có thể thử nghiệm mô hình vỉa đồng nhất và không có đứt gãy.

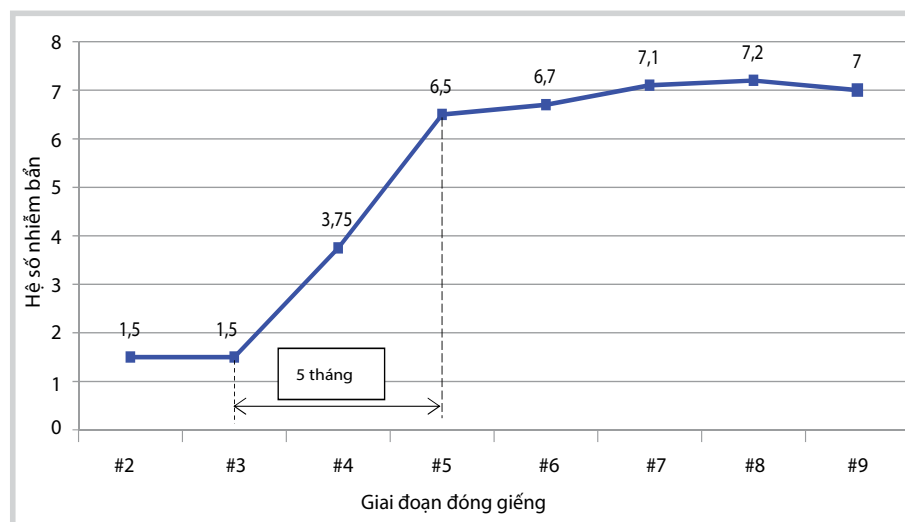
Độ thấm trung bình của vỉa được xác định sau khi mô hình đã khớp với dữ liệu khai thác và có giá trị bằng 0,22mD (Hình 8). Giá trị độ thấm trung bình này thấp hơn rất nhiều so với độ thấm tính từ độ rỗng và độ lưu động ở Hình 4a.

Sự biến thiên của hệ số nhiễm bẩn được thể hiện trong Hình 9. Kết quả cho thấy giếng HT-C bị ảnh hưởng bởi hiện tượng ngưng tụ condensate trong vỉa và 5 tháng là thời gian để hình thành condensate bank.

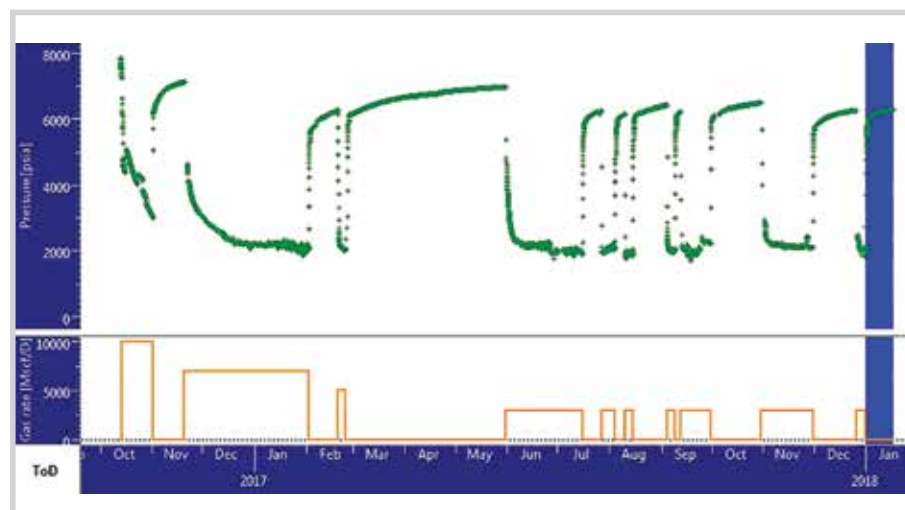
5.3. Kết quả cho giếng HT-I

Áp suất tại giếng HT-I sụt giảm không đáng kể trong khoảng 15 tháng (Hình 10), tương tự giếng HT-C. Tuy nhiên, mô hình vỉa đồng nhất và không có đứt gãy không thể khớp với dữ liệu khai thác (Hình 11).

Do mô hình vỉa đồng nhất và không có đứt gãy không khớp với dữ liệu khai thác, các



Hình 9. Đồ thị biểu diễn sự tăng dần của hệ số nhiễm bẩn của giếng HT-C theo thời gian



Hình 10. Đồ thị lịch sử khai thác của giếng HT-I

tài liệu phụ trợ như bản đồ địa chấn đã được sử dụng để tìm ra mô hình thích hợp. Từ trên bản đồ địa chấn (Hình 12) có thể thấy được một diện tích nhỏ xung quanh giếng có dấu hiệu tốt hơn về thạch học. Vì vậy, mô hình vỉa phức hợp đồng tâm và không có đứt gãy đã được thử nghiệm và khớp với dữ liệu khai thác khá tốt (Hình 13). Kết quả khớp dữ liệu khai thác cho thấy khu vực có thạch học tốt hơn có bán kính khoảng 400ft (122m) và độ thấm trung bình 0,53mD, cao hơn độ thấm tại khu vực còn lại của vỉa là 0,3mD. Sự biến thiên của hệ số nhiễm bẩn được thể hiện trong Hình 14. Kết quả cho thấy giếng HT-I bị ảnh hưởng bởi hiện tượng ngưng tụ condensate trong vỉa và thời gian để hình thành condensate bank cũng là 5 tháng.

5.4. Kết quả cho giếng HT-H

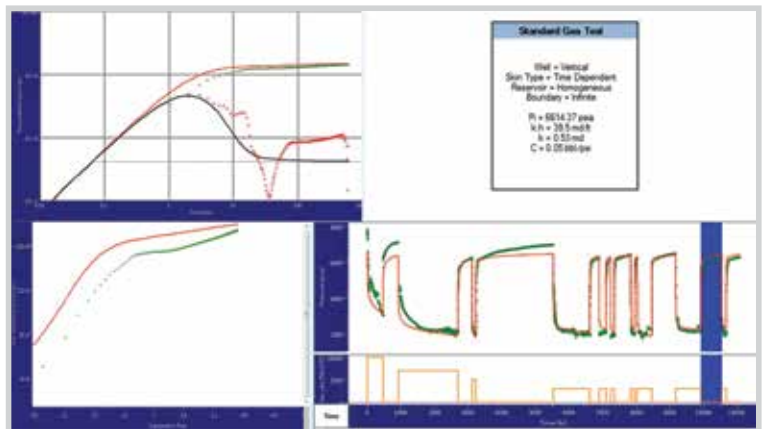
Tại giếng HT-H, áp suất đáy giếng giảm đáng kể trong khoảng 29 tháng (Hình 15). Trong trường hợp này, có 2 lựa chọn về mô hình giới hạn là hình tròn và hình chữ nhật. Mô hình vỉa đồng nhất với giới hạn hình tròn đã được thử nghiệm trước để xác định giá trị của độ thấm. Tuy nhiên, mô hình này không khớp được lịch sử khai thác (Hình 16).

Do đó, mô hình vỉa đồng nhất với giới hạn hình chữ nhật đã được áp dụng cho giếng HT-H. Giá trị của hệ số nhiễm bẩn được xác định trong khoảng 15 - 20. Kết quả khớp dữ liệu khai thác cho 2 biên của hệ số nhiễm bẩn được thể hiện trong Hình 17 và 18. Kết quả này cho thấy giá trị độ thấm trung bình nằm trong khoảng 7 - 8,5mD. Kích thước và vị trí của khu vực khai thác được tổng hợp trong Bảng 1.

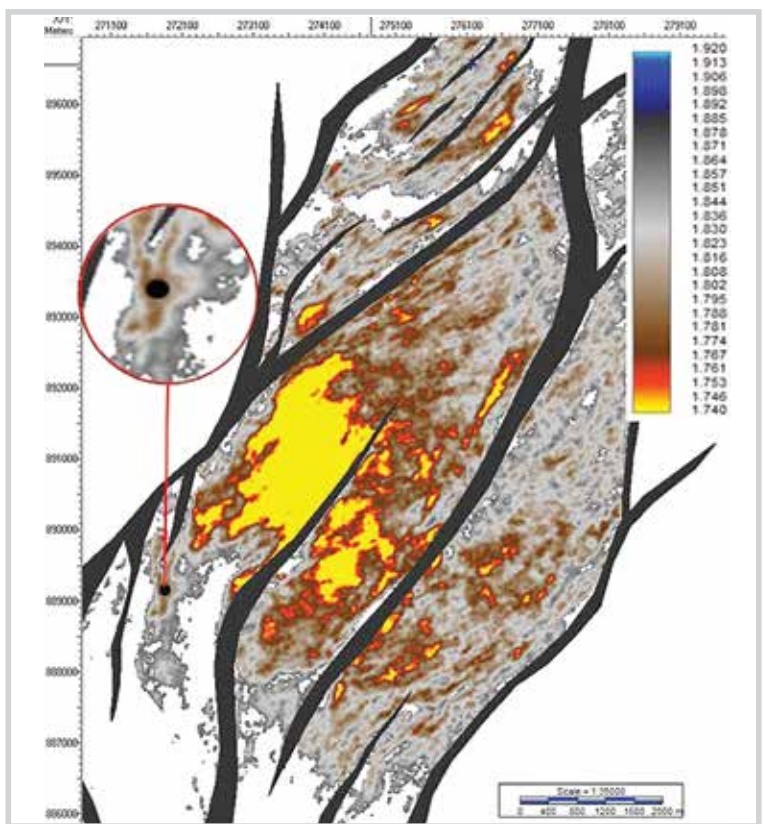
5.5. Kết quả cho giếng HT-X

Khác với 3 giếng khai thác (HT-C, HT-I và HT-H), HT-X là giếng thăm dò và do đó có khoảng thời gian phân tích ngắn chỉ gồm 1 giai đoạn đóng giếng sau khi thử vỉa. Do thời gian thử vỉa ngắn nên không cần áp dụng các mô hình có giới hạn cho giếng HT-X.

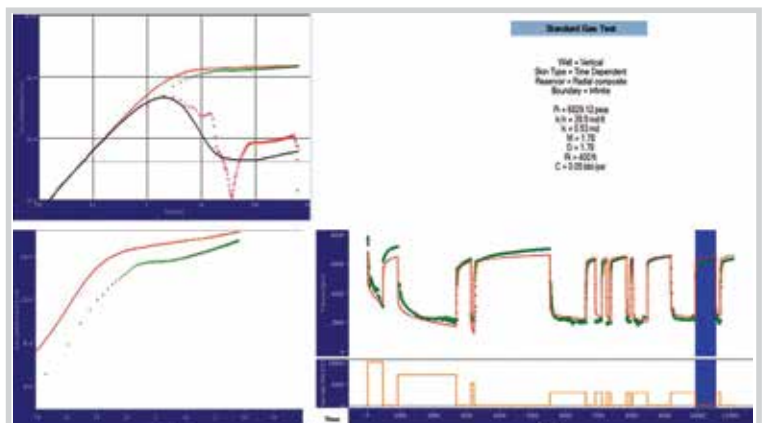
Do đường đạo hàm Bourdet có xu hướng tăng dần nên mô hình vỉa đồng nhất và không có đứt gãy là không phù hợp. Bước tiếp theo trong quy trình phân tích PTA là thử nghiệm



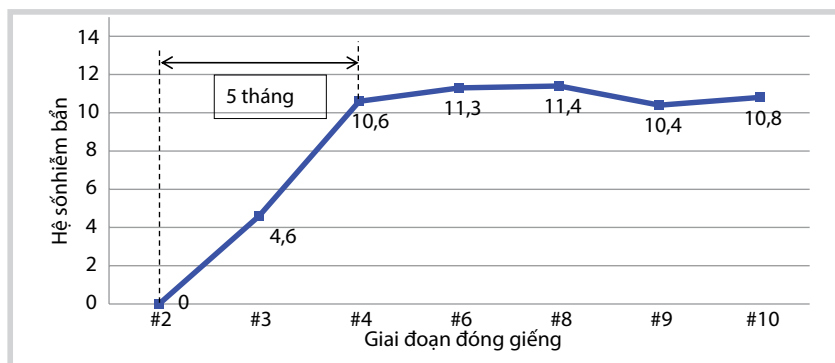
Hình 11. Mô hình vỉa đồng nhất, không có đứt gãy chưa khớp được lịch sử khai thác cho giếng HT-I



Hình 12. Bản đồ địa chấn vỉa Sand30



Hình 13. Kết quả khớp dữ liệu khai thác của giếng HT-I sử dụng mô hình vỉa phức hợp đồng tâm và không có đứt gãy

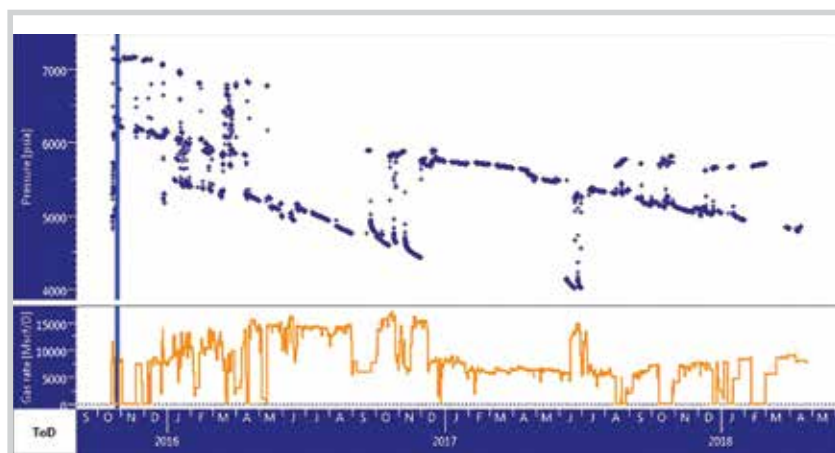


Hình 14. Đồ thị biểu diễn sự biến thiên của hệ số nhiễm bẩn của giếng HT-1

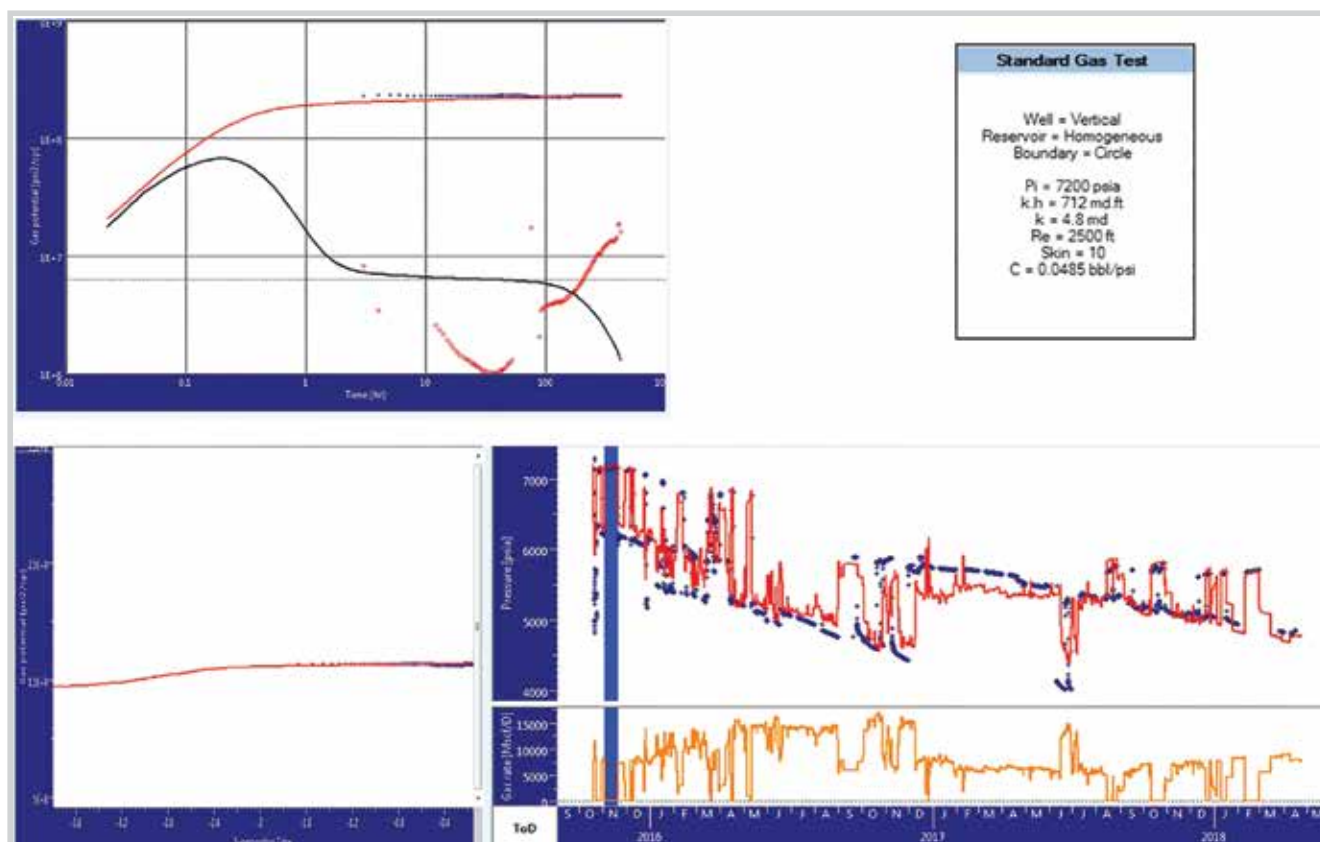
mô hình vỉa phức hợp đồng tâm và không có đứt gãy (Hình 19). Kết quả cho thấy cần có khu vực nhỏ với bán kính 24ft xung quanh giếng với độ thấm cao gấp 5,1 lần độ thấm trung bình của vỉa. Tuy nhiên, kết quả này không hợp lý về mặt địa chất.

Có thể quan sát trên mẫu lõi của giếng HT-X được một số đứt gãy (Hình 20). Tài liệu FMI/FMS của giếng này cũng cho thấy có 2 hệ thống đứt gãy vuông góc với nhau trong khu vực của giếng HT-X. Do đó, mô hình vỉa đồng nhất đã được kết hợp với các mô hình đứt gãy khác nhau để tìm ra mô hình thích hợp nhất cho giếng HT-X.

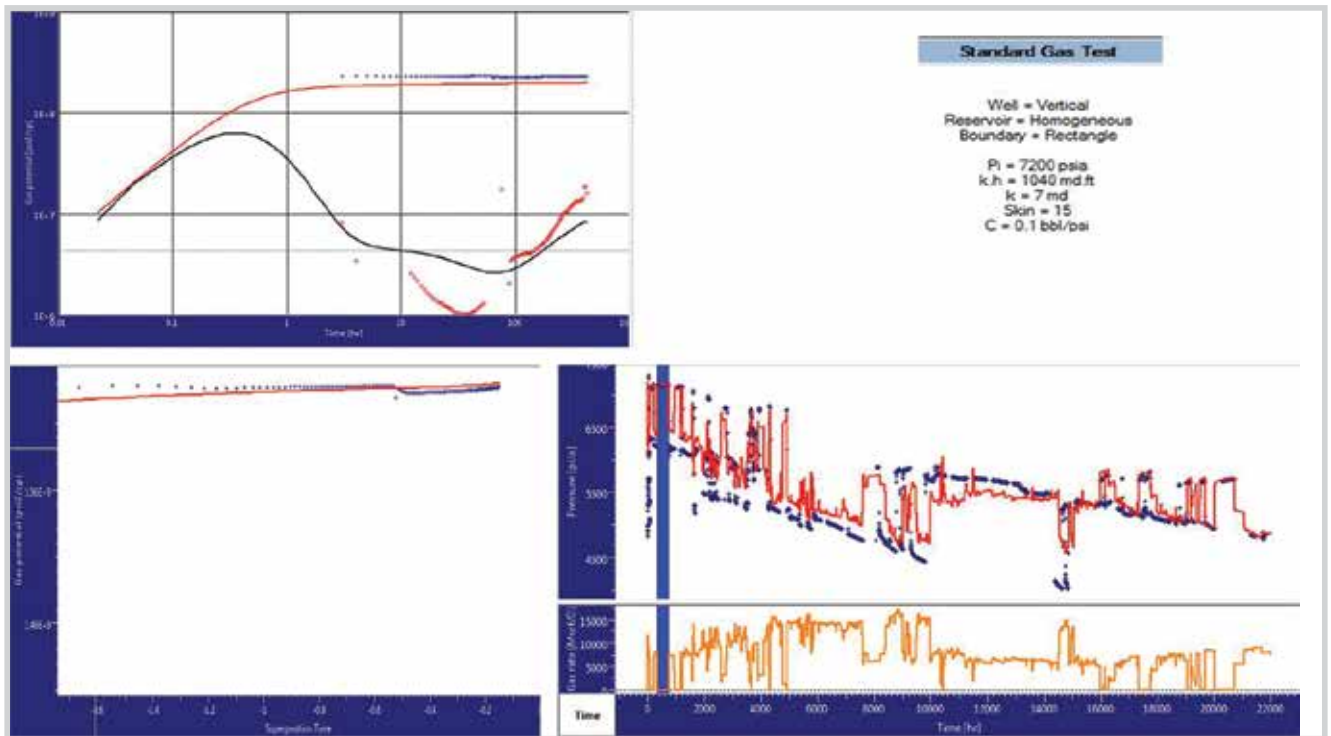
Kết quả khớp dữ liệu thử vỉa (Hình 21) đã xác minh sự tồn tại của 2 đứt gãy vuông góc với nhau với khoảng cách khoảng 23ft (7m) từ giếng. Giá trị độ thấm trung bình từ phân tích PTA là 0,49mD, thấp hơn rất nhiều so với độ thấm đo trực tiếp từ mẫu lõi của giếng HT-X là 9mD.



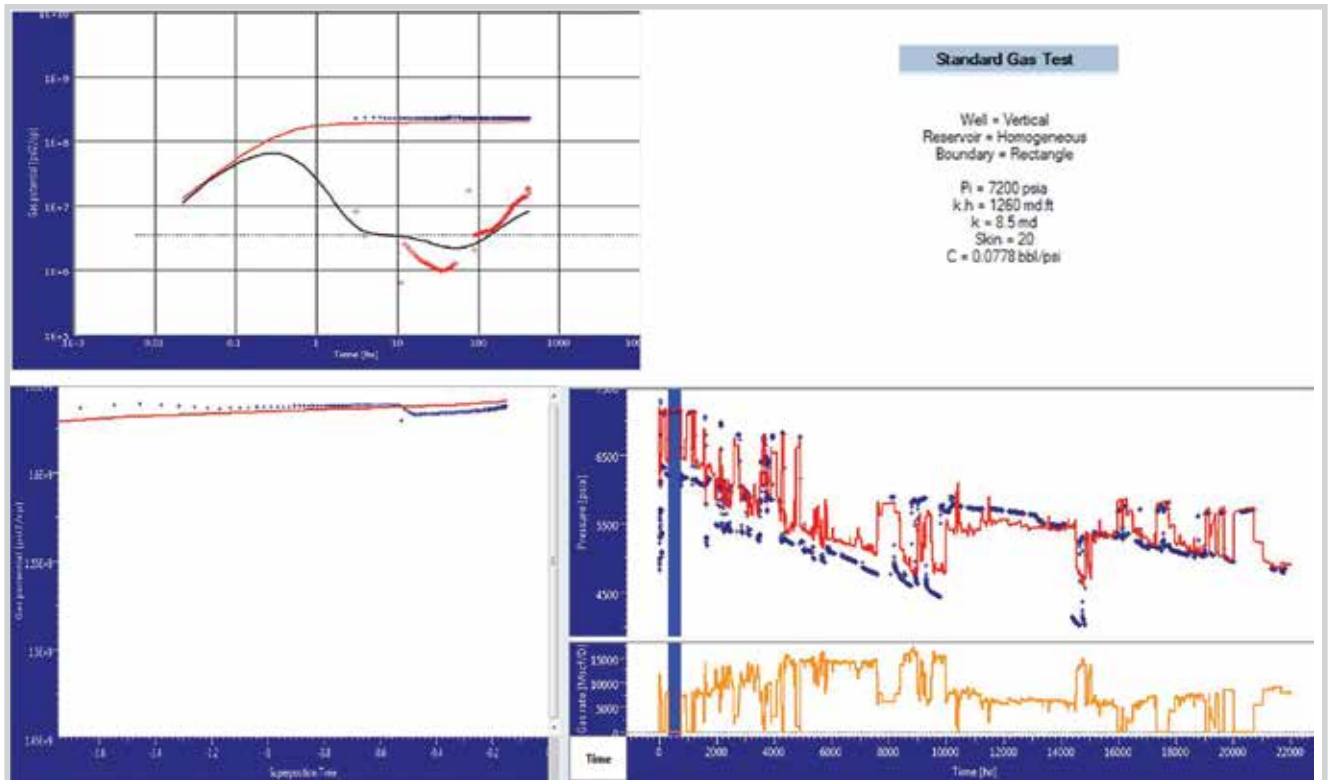
Hình 15. Đồ thị lịch sử khai thác của giếng HT-H



Hình 16. Mô hình vỉa đồng nhất với giới hạn hình tròn không khớp được lịch sử khai thác cho giếng HT-H



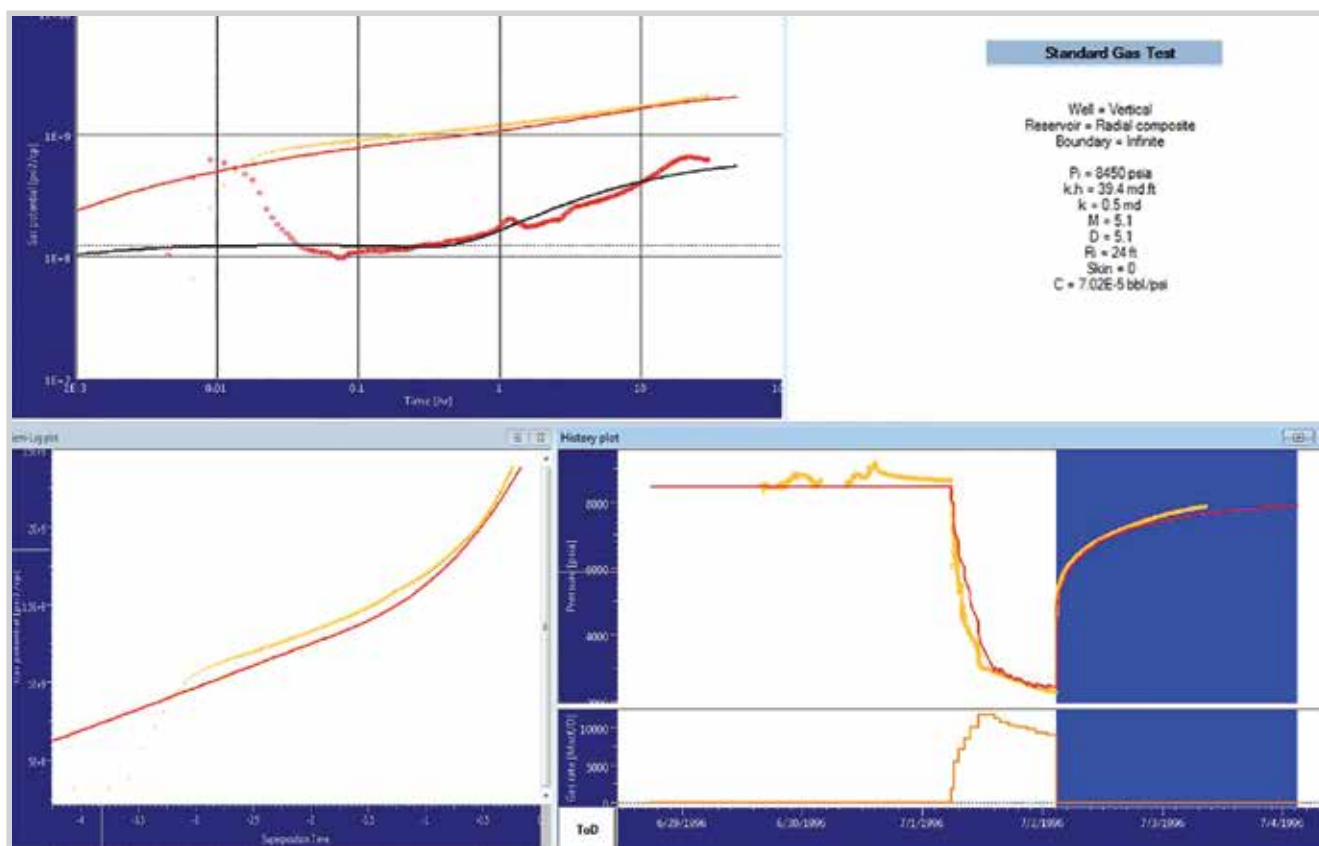
Hình 17. Kết quả khớp dữ liệu khai thác cho giếng HT-H sử dụng mô hình vỉa đồng nhất với giới hạn hình chữ nhật và hệ số nhiễm bẩn bằng 15



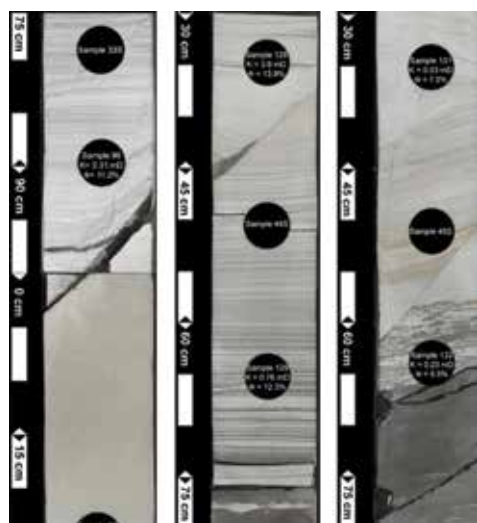
Hình 18. Kết quả khớp dữ liệu khai thác cho giếng HT-H sử dụng mô hình vỉa đồng nhất với giới hạn hình chữ nhật và hệ số nhiễm bẩn bằng 20

Bảng 1. Kích thước và vị trí của khu vực khai thác của giếng HT-H

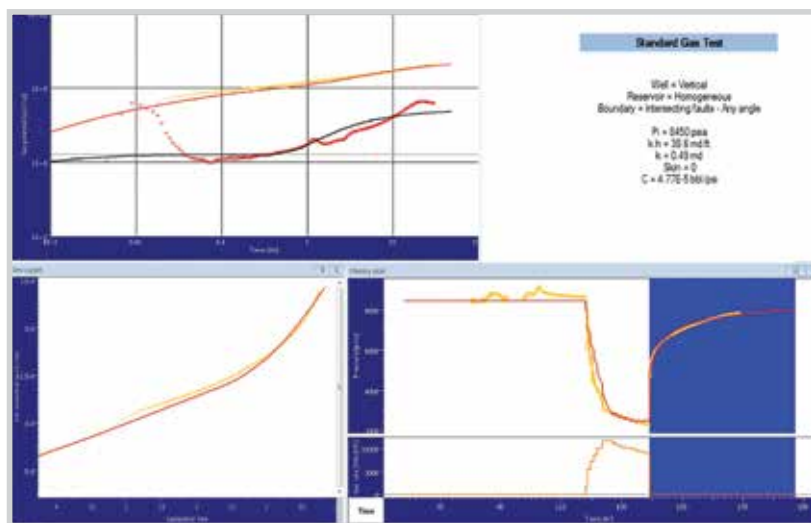
Vị trí	Khoảng cách (m)
Nam	305
Đông	335
Bắc	2.400
Tây	365



Hình 19. Kết quả khớp dữ liệu thử vỉa bằng mô hình vỉa phức hợp đồng tâm không có đứt gãy cho giếng HT-X



Hình 20. Đứt đứt gãy trên mẫu lõi của giếng HT-X



Hình 21. Kết quả khớp dữ liệu thử vỉa bằng mô hình vỉa đồng nhất với 2 đứt gãy vuông góc với nhau cho giếng HT-X

6. Kết luận

Công ty Điều hành Dầu khí Biển Đông (BIENDONG POC) đã sử dụng 4 phương pháp để xác định độ thấm cho các giếng tại vỉa turbidite (Sand30) mỏ Hải Thạch. Phương pháp xác định độ thấm từ dữ liệu đo áp suất trong khi khoan và từ dữ liệu độ rỗng có sử dụng thông số thu được từ mẫu lõi, do đó có giá trị khá tương đồng với phương pháp xác định độ thấm từ mẫu lõi. Cả 3 phương pháp này

đều chỉ xác định độ thấm tại vị trí giếng, kết quả cho thấy vỉa Sand30 có độ thấm trung bình khá cao, từ 10mD tới vài chục mD.

Độ thấm xác định từ phân tích PTA thấp hơn nhiều so với 3 phương pháp trên, là độ thấm đại diện cho cả khu vực khai thác. Một trong những nguyên nhân dẫn đến sự bất đồng này là do sự khác biệt giữa áp suất và nhiệt độ trong phòng thí nghiệm so với điều kiện vỉa. Ngoài ra

có một số nguyên nhân liên quan đến bản chất của vỉa turbidite Sand30, cụ thể là tính bất đồng nhất về thành phần thạch học, phân bố độ rỗng, độ thấm và độ dày của vỉa có thể ảnh hưởng lớn đến độ thấm trung bình. Hơn nữa, sự tồn tại của các hệ thống đứt gãy với độ thấm kém như đã quan sát thấy ở giếng HT-X sẽ có ảnh hưởng không nhỏ tới độ thấm hiệu dụng của cả vỉa.

Tài liệu tham khảo

1. Dan Potocki. *Resolving differences between core and welltest permeability in basal Colorado sandstones, Canada: The role of rock heterogeneity, relative permeability*

and formation damage. SPE Rocky Mountain Petroleum Technology Conference, Keystone, Colorado. 21 - 23 May, 2001.

2. I.M.Buhidma, W.C.Chu, P.K.Singh. *The use of computers in pressure transient analysis*. SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Washington D.C. 4 - 7 October, 1992.

3. Usman Ahmed, S.F.Crary, G.R Coates. *Permeability estimation: The various sources and their interrelationships*. Journal of Petroleum Technology. 1991; 43(5): p. 578 - 587.

PERMEABILITY ESTIMATES USING DIFFERENT METHODS FOR TURBIDITE RESERVOIR IN HAI THACH FIELD, NAM CON SON BASIN

Pham Hoang Duy, Hoang Ky Son, Tran Ngoc The Hung, Tran Vu Tung

Bien Dong Petroleum Operating Company (BIENDONG POC)

Email: duyph@biendongpoc.vn

Summary

Reservoir permeability along with its distribution is an extremely important parameter for reservoir management and development. Permeability can be determined by several methods but the results obtained could be very different, especially for poor production wells. This article presents the results from four permeability estimating methods applied to four wells penetrating a turbidite reservoir (Sand30) of Hai Thach field, Nam Con Son basin, including three producers (HT-C, HT-H and HT-I) and an exploration well (HT-X). Since the wells have different deliverability, the accurate determination of permeability and its distribution for Sand30 is an important requirement for the effective production of this turbidite reservoir. In addition, factors that could lead to the disagreement between permeability values derived from these methods are discussed in details by the authors.

Key words: Mobility, porosity, permeability, core samples, PTA, Hai Thach field.