

Journal of Mining and Earth Sciences

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

Well - test analysis for wells with gas rich CO₂ in carbonate reservoir Song Hong Basin



An Hai Nguyen *, Duc Hoang Nguyen

Petrovietnam Exploration and Production Corporation, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

Article history:

Received 05th Sept. 2021

Revised 27th Dec. 2021

Accepted 24th Jan. 2022

Keywords:

Carbonate,
DST analysis, well delivery,
High CO₂ content,
Reservoir.

ABSTRACT

The evaluations of properties of carbonate reservoirs containing gas with very high carbon dioxide (CO₂) content often face many difficulties. In fact, there is a significant difference in interpretation results compared to conventional gas well testing due to: there is a gas to liquid phase transition; noise, abnormal increase or decrease in pressure and temperature during flow period, etc. These abnormal behaviors are all directly related to the specificity of CO₂ properties with high compressible than that of natural gas, which can vary greatly density and can reach supercritical liquid state, transitioning solid to liquid or liquid to gaseous states even when pressure and temperature changes within a small range. During the testing of gas wells with high CO₂ content, the phenomenon of pressure drop while pressure build-up often occurs, leading to the analysis of reservoir parameters according to the conventional pressure build-up analysis method usually not feasible. The content of the article is aimed at researching and applying the method of interpreting well test data in the drawdown period while multi-rate flowing to more accurately estimate reservoir properties and mitigate risks in the design of the field development plan to achieve the economic efficiency.

Copyright © 2022 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

*Corresponding author

E - mail: annh1@pvep.com.vn

DOI: 10.46326/JMES.2022.63(1).04



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

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

Minh giải số liệu khai thác thử giếng khí có hàm lượng CO₂ cao trong tầng chứa đá vôi bể Sông Hồng

Nguyễn Hải An *, Nguyễn Hoàng Đức

Tổng công ty Thăm dò Khai thác Dầu khí, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 05/9/2021

Sửa xong 27/12/2021

Chấp nhận đăng 24/01/2022

Từ khóa:

Đá vôi,

Khai thác thử vỉa,

Khí thiên nhiên có hàm lượng CO₂ cao,

Vỉa chứa.

Công tác đánh giá tính chất của vỉa chứa của đối tượng đá vôi chứa khí có hàm lượng carbon dioxit (CO₂) đối mặt nhiều khó khăn. Thực tế cho thấy kết quả minh giải có sự khác biệt so với thử giếng khí thông thường do: có sự chuyển pha khí - lỏng của hỗn hợp; nhiều, tăng/giảm bất thường áp suất và nhiệt độ khi khai thác... Những biểu hiện bất thường này đều liên quan trực tiếp đến tính đặc thù của CO₂ với khả năng chịu nén tốt hơn khí tự nhiên, có thể thay đổi lớn về tỷ trọng và có thể đạt tới trạng thái siêu tới hạn nặng ngang chất lỏng, chuyển đổi pha rắn, lỏng, khí ngay cả khi áp suất - nhiệt độ biến thiên trong khoảng hẹp. Trong quá trình thử vỉa các giếng khí có hàm lượng CO₂ cao, hiện tượng áp suất bị giảm trong quá trình đo hồi phục áp suất hay xảy ra, dẫn đến việc phân tích thông số vỉa theo phương pháp phân tích phục hồi áp suất thông thường không khả thi. Nội dung bài báo hướng đến việc nghiên cứu ứng dụng phương pháp minh giải số liệu thử giếng trong giai đoạn giảm áp khi khai thác thử nhiều cấp lưu lượng để có thể đánh giá chính xác hơn các thông số vỉa chứa, giảm thiểu rủi ro trong công tác thiết kế phương án phát triển mỏ, đạt hiệu quả kinh tế cao.

© 2022 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

1.1. Đặc trưng địa chất vỉa carbonate tại khu vực nam Bể Sông Hồng

Hệ tầng đá vôi phân bố trên địa lũy Tri Tôn bao gồm các tập đá vôi và dolomit nằm bất chỉnh hợp trên các trầm tích của hệ tầng Sông Hương. Các lớp thành hệ có chiều dày 300÷1000 m, được

thành tạo trong môi trường biển nông, thềm biển và phân bố rộng khắp các lô 115÷121 trong vùng thềm lục địa Việt Nam (Hình 1). Đá cacbonat trong khu vực mỏ CVX có màu trắng, xám sáng, vàng sẫm, nâu, xám tối với cấu trúc dạng khối, ít phân lớp, kiến trúc vi kết tinh đến ẩn tinh, một số vùng tái kết tinh. Đây là các thành tạo đá vôi sinh vật và vụn sinh vật với thành phần chủ yếu là khung xương của vỏ sinh vật các giống loài khác nhau như: tảo, san hô, huệ biển, động vật dạng rêu, trùng lỗ sống đáy, nên có kích thước hạt từ vi tinh tới hạt nhỏ với đặc tính độ rỗng và độ thấm rất tốt. Đặc biệt, đá chứa dạng ám tiêu san hô có độ rỗng từ 25÷30%, thậm chí lên đến 35÷40%, độ thấm từ

*Tác giả liên hệ

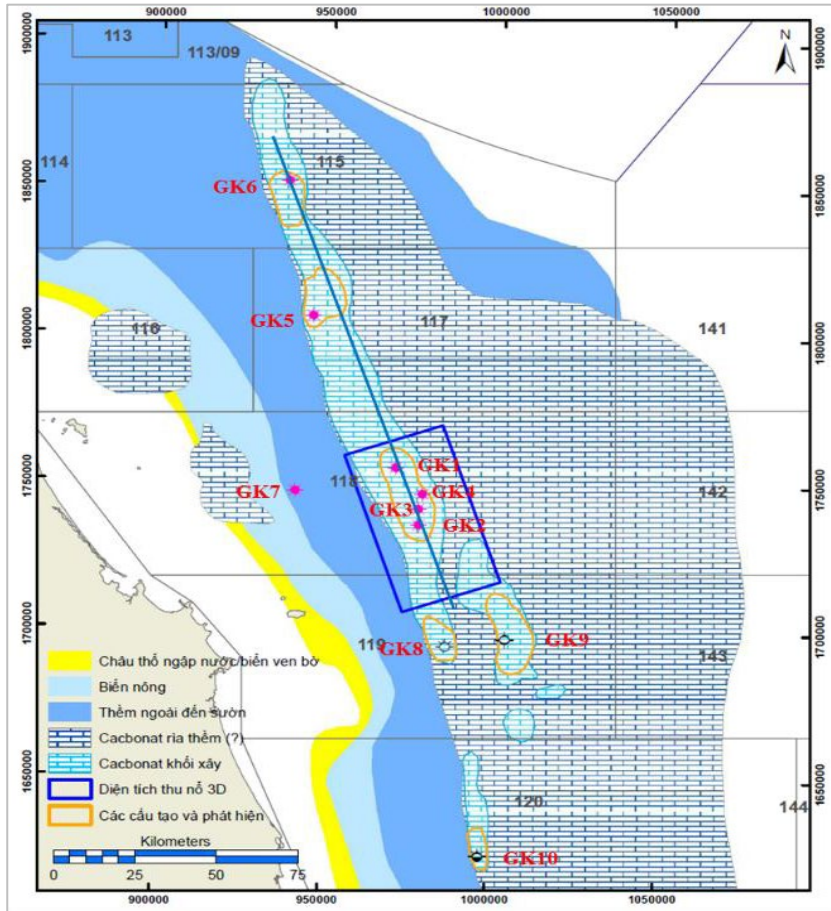
E - mail: annh1@pvep.com.vn

DOI: 10.46326/JMES.2022.63(1).04

hàng trăm đến hàng nghìn mD. Trong khi đó, đá chứa dạng dolomit thường chặt xít, có độ rỗng nhỏ hơn.

Đến nay, tập đá vôi Tri Tôn đã có hàng chục giếng khoan thăm dò với kết quả phát hiện mỏ CVX, trong đó chỉ tiến hành thử vỉa thành công tại 2 giếng khoan CVX - 3X và CVX - 4X với thông số khai thác thử được tổng hợp trong Bảng 1.

Giếng CVX - 3X được bắn vỉa với khoảng 1500÷1550 m MD (tổng cộng 50 m). Kết quả thử vỉa cho dòng 25,6 triệu bộ khối khí/ngày. Giếng khoan CVX - 4X là giếng khoan thử vỉa DST. Khoảng bắn vỉa 1520÷1530 m MD (tổng cộng 10 m). Kết quả thử vỉa cho dòng 29,2 triệu bộ khối khí/ngày với chênh áp nhỏ khoảng 60 psi, chứng tỏ vỉa chứa có tiềm năng cho dòng rất tốt.



Hình 1. Phân bố đá vôi Tri Tôn, nam bể trầm tích Sông Hồng (Nguyễn và nkk, 2016).

Bảng 1. Số liệu thử vỉa giếng CVX - 3X và CVX - 4X.

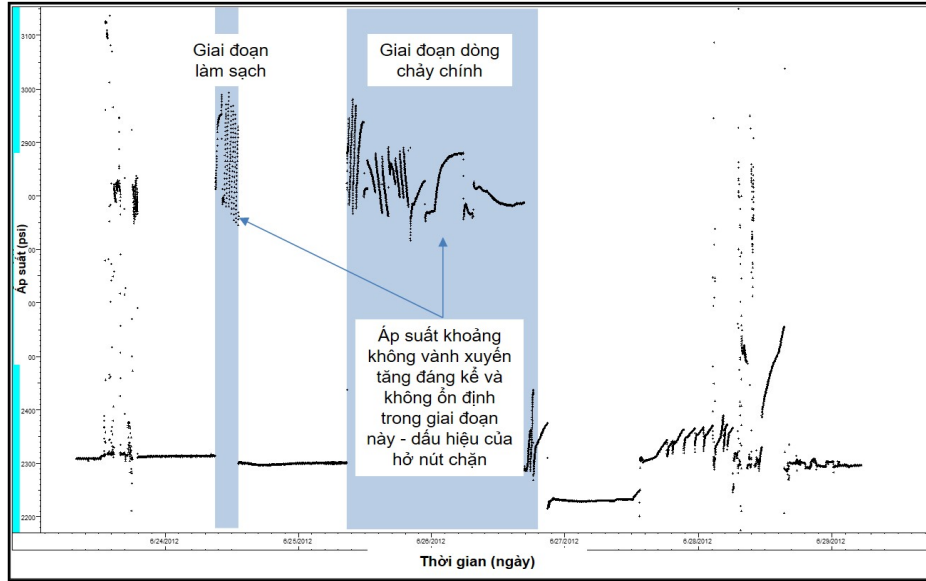
Giếng	Khoảng thử m MD	Giai đoạn	Cỡ côn	WHP	WHT	Qgas	Qcon	CGR	Qw	WGR	H ₂ S	CO ₂
			- /mm	psi	độ C	MMscf/d	bbl/d	STB/MMscf	bbl/d	STB/MMscf	ppm	%
CVX- 3X	1500÷1550	Khai thác chính	36/64	1867	28	11,3	46	4,0	1	1,4	2100	30
			44 /64	1820	27	15,2	51	3,4	10	0,7	2100	30
			60/64	1615	31	25,6	69	2,7	20	0,8	2100	30
CVX- 4X	1520÷1530	Khai thác chính	48/64	1665	24	20,6	41	2,0	26	1,3	1672	38
			56/64	1542	26	24,9	52	2,1	32	1,3	1685	37
			64/64	1378	25	29,2	83	2,8	16	0,5	1695	37

Ghi chú: Giếng CVX - 3X cỡ côn 44 lấy 08 mẫu khí, giếng CVX - 3X cỡ côn 60 lấy 01 mẫu khí, giếng CVX - 4X lấy 02 mẫu khí với tất cả các cỡ côn.

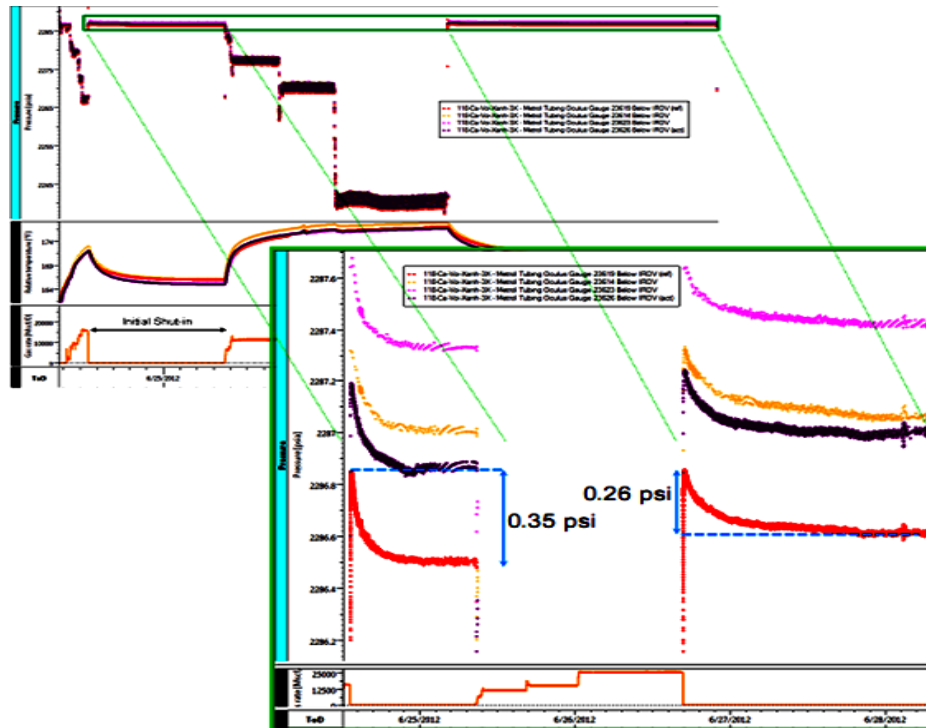
1.2. Kết quả minh giải và tồn tại cần giải quyết

Các mẫu chất lưu thu thập được đều khẳng định khí tại mỏ là khí khô có hàm lượng khí CO₂ cao khoảng 30÷38% và H₂S tới 2.100 ppm (Bảng 1). Lượng khí tạp chất này có đặc trưng biến đổi pha phức tạp với điều kiện dòng chảy trong lòng giếng khi áp suất và nhiệt độ thay đổi mạnh.

Số liệu thử vỉa DST#1 giếng CVX - 3X xuất hiện hiện tượng gia tăng áp suất trong khoảng không vành xuyên (Hình 2). Nhiều khả năng liên thông áp suất giữa lòng ống khai thác và khoảng không vành xuyên là do hở packer. Đồng thời số liệu đo giai đoạn hồi phục áp suất tại Hình 3 cho thấy hiện tượng giảm áp suất và nhiệt độ trong quá trình đo.



Hình 2. Số liệu đo tại điểm phía trên nút chặn (Packer) tại khoảng không vành xuyên giếng khoan CVX - 3X.



Hình 3. Số liệu đồng hồ và sự giảm áp trong đo động thái áp suất giếng khoan CVX - 3X.

Các hiện tượng đã gây nhiễu loạn số liệu khảo sát, làm hạn chế khả năng sử dụng kết quả thử giếng không đánh giá được chính xác đặc tính vỉa như độ thấm, hệ số nhiễm bẩn,...

Số liệu thử vỉa DST#1 giếng CVX - 4X xuất hiện hiện tượng giảm áp suất (Hình 4) và giảm nhiệt độ (Hình 5) trong quá trình đo hồi phục áp suất. Điều này khiến việc phân tích số liệu thử vỉa giai đoạn đo hồi phục áp suất như các giếng khí thông thường không thể thực hiện được.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Đặc điểm CO₂

Cacbon dioxid là một hợp chất hóa học của 2 thành phần: cacbon và oxy, với tỷ lệ 1:2 tương ứng cho từng thành phần và công thức phân tử của hợp chất này là CO₂. Khí cacbonic có mùi nhẹ, không màu và nặng hơn không khí.

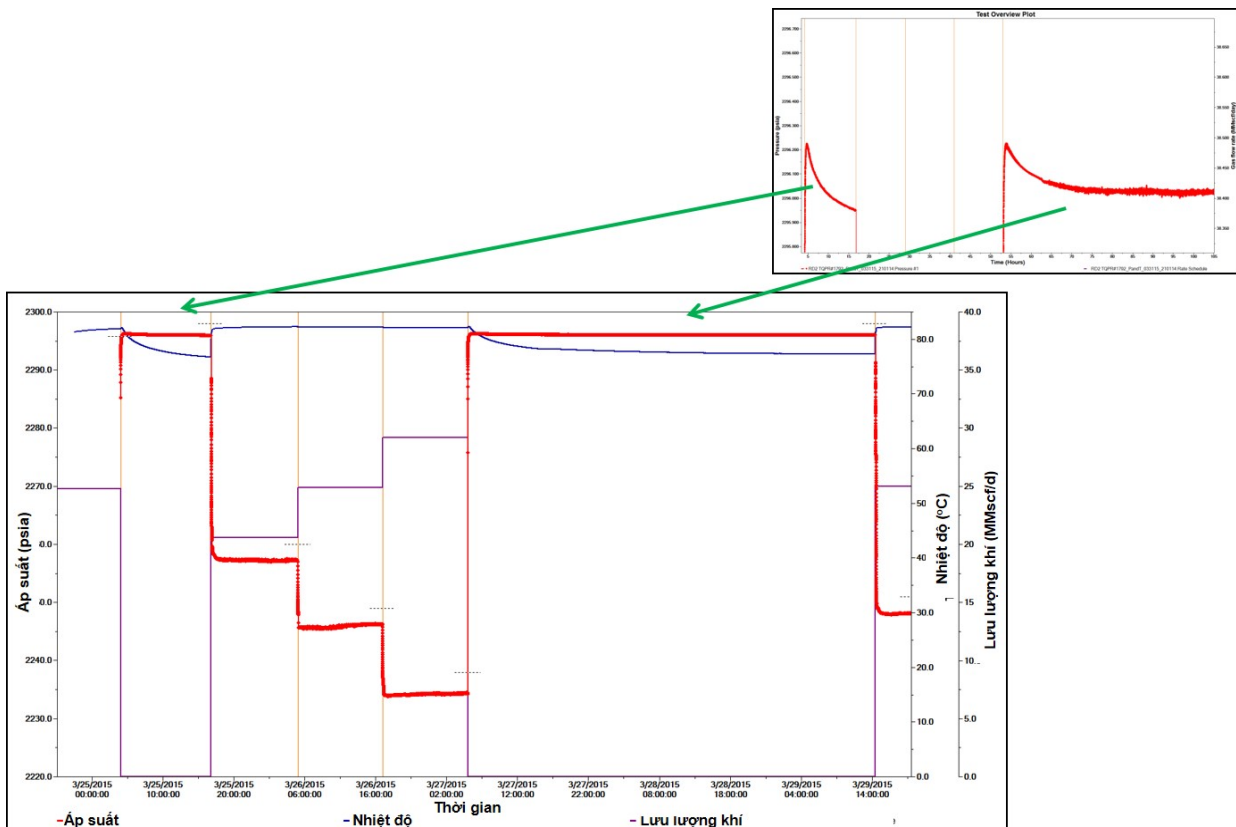
Trong điều kiện nhiệt độ và áp suất thường, Cacbon dioxid (CO₂) ở thể khí. Trạng thái vật lý của Cacbon dioxid biến đổi theo điều kiện nhiệt độ và áp suất. CO₂ có thể chuyển đổi linh hoạt các trạng thái rắn, lỏng, khí/hơi. Điều kiện áp suất cao, tỷ

trọng của CO₂ có thể thay đổi trong khoảng rất rộng và có thể đạt tới xấp xỉ tỷ trọng của dầu. Hình 6 biểu diễn các ranh giới biến đổi trạng thái của Cacbon dioxid (Lê và nnk., 2017).

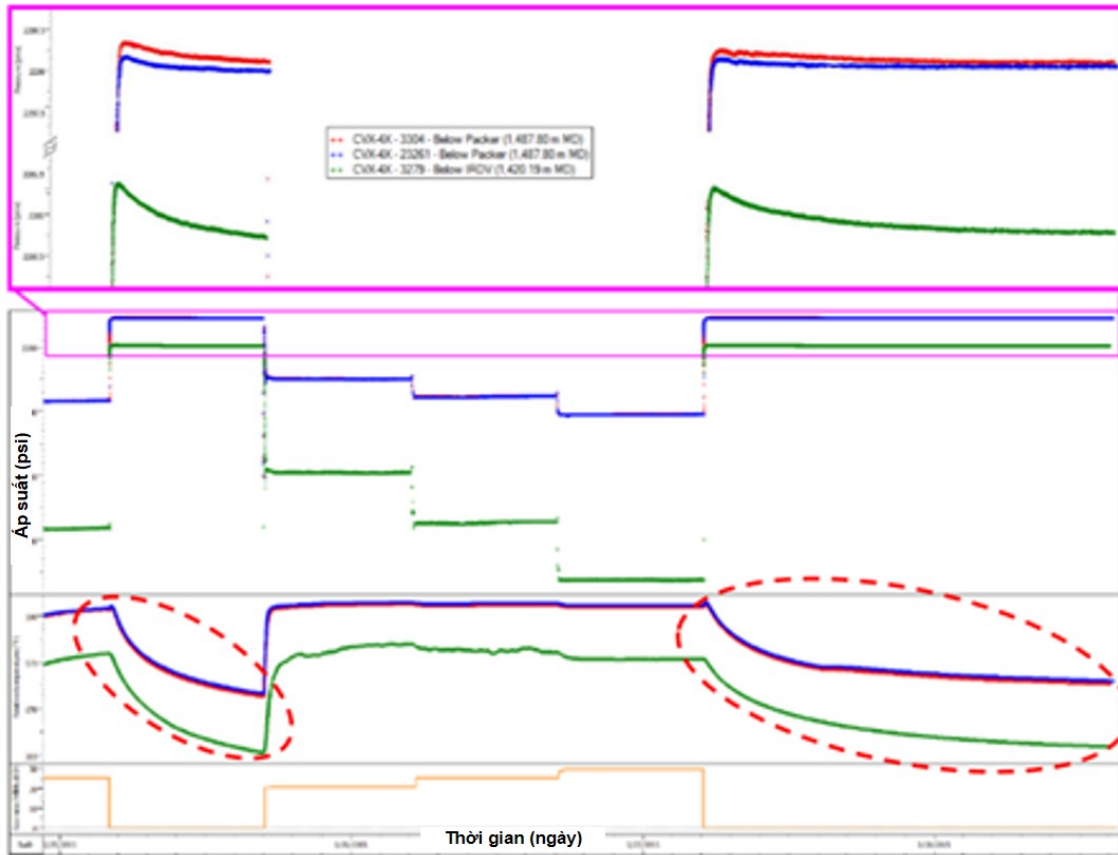
Ngoài ra, Hình 7 biểu diễn hàm biến đổi của tỷ trọng CO₂ theo áp suất và nhiệt độ; thay đổi áp suất hơi CO₂ theo nhiệt độ; thay đổi độ nhớt theo nhiệt độ và áp suất.

2.2. Sự ảnh hưởng của khí với hàm lượng CO₂ cao đến kết quả đo hồi phục áp suất

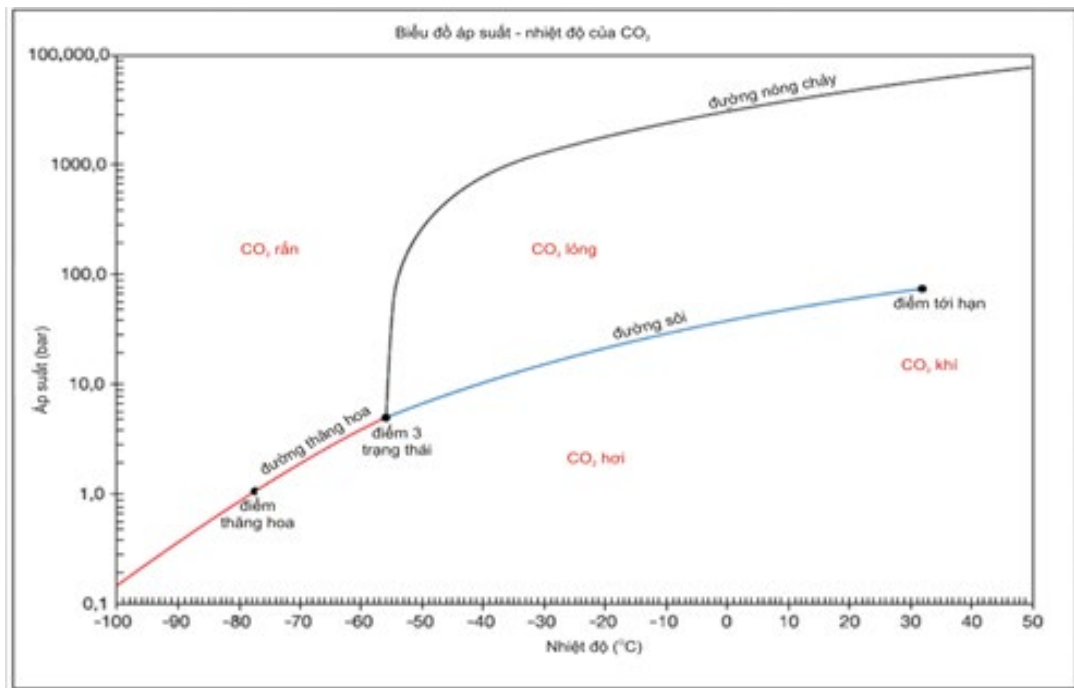
Trong vỉa chứa tại độ sâu khoảng 1600 m, áp suất và nhiệt độ lên tới khoảng 2300 psia (khoảng 156 Bar) và 180^oF (~82^oC). Tại điều kiện này, CO₂ đạt tới trạng thái siêu tới hạn, ít chịu nén. Trong quá trình thử vỉa DST, giai đoạn đóng giếng đo hồi phục áp suất, van đáy giếng được đóng lại, khí tại đáy giếng được nén lại với nguồn cung cấp từ vỉa chứa. Điều này dẫn đến tỷ trọng khí CO₂ nói riêng tăng dần và kéo theo sự tăng tỷ trọng hỗn hợp khí qua quá trình biến đổi pha. Chính sự tăng tỷ trọng của hỗn hợp khí theo công thức (1), số liệu đo áp suất của đồng hồ sẽ giảm do áp suất của hỗn hợp



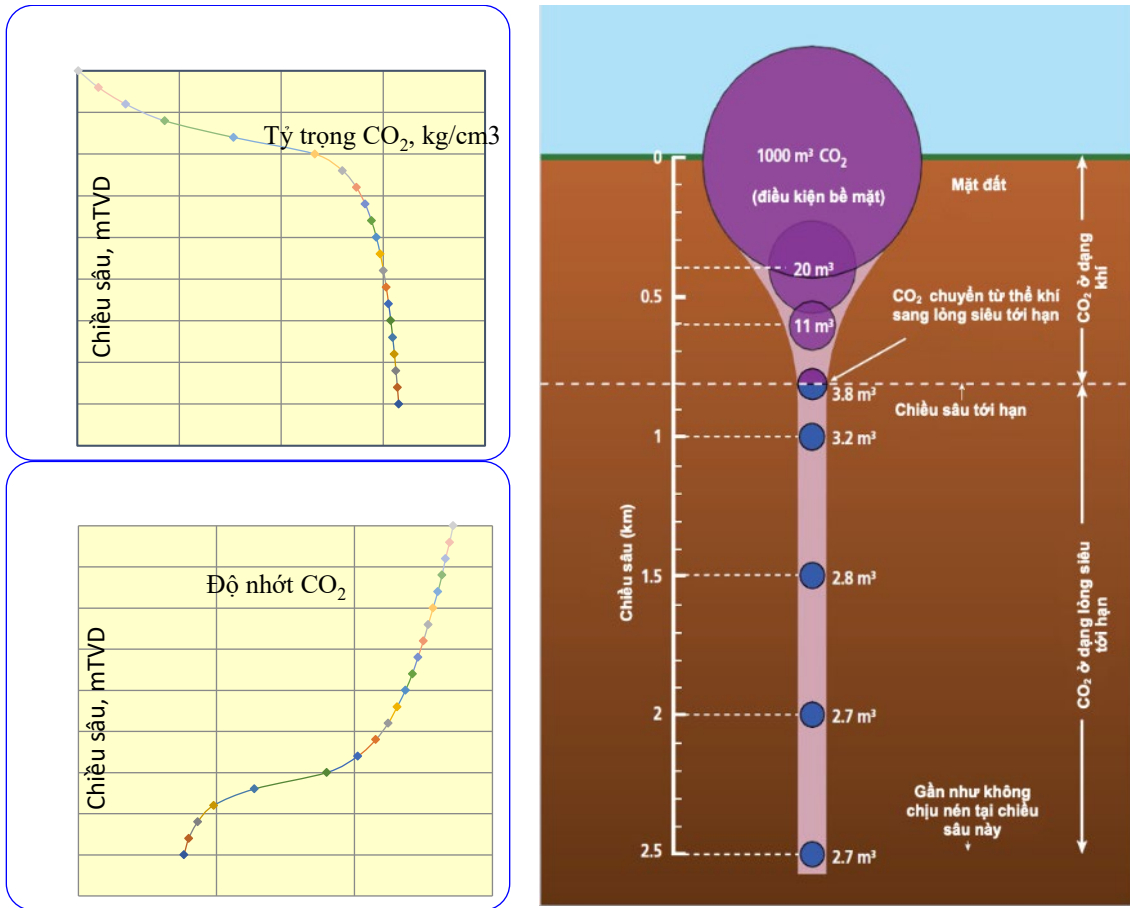
Hình 4. Số liệu đồng hồ và sự giảm áp trong đo động thái áp suất giếng khoan CVX - 4X.



Hình 5. Số liệu đồng hồ và sự giảm nhiệt độ khi thử vỉa giếng khoan CVX - 4X.



Hình 6. Biểu đồ pha của CO₂ (Theo ChemicalLogic Corp. 1999).



Hình 7. Thay đổi tỷ trọng, độ nhớt và thể tích của CO₂ theo chiều sâu.

khí hồi phục về áp suất vỉa sẽ nhỏ hơn sự tăng của áp suất cột hỗn hợp khí tại khoảng cách giữa vỉa chứa và đồng hồ đo. Việc tính toán sự tăng áp suất của cột hỗn hợp khí tại khoảng cách giữa vỉa chứa và đồng hồ đo theo thời gian trong quá trình đo hồi phục là khó khăn và tồn tại sai số khó lường.

2.3. Phân tích thử vỉa giếng khí

Thông thường thử vỉa cho vỉa khí có đặc trưng khác cho vỉa dầu, chủ yếu là do sự khác biệt của đặc tính của chất lưu (Chaudhry, 2003):

- Khí khí có sự giãn nở thay đổi thể tích lớn, hỗn hợp khí sẽ bị mất nhiệt độ theo hiệu ứng Joule - Thomson;

- Khí là hỗn hợp chịu nén rất lớn gấp nhiều lần so với dầu, do đó tỷ trọng khí thay đổi đáng kể khi có điều kiện áp suất, nhiệt độ thay đổi do chuyển động từ đáy giếng lên bề mặt hoặc do chuyển đổi cân bằng pha giữa các trạng thái mở giếng hoặc đóng giếng. Đặc biệt, với chất lưu là khí có thể có

hàm lượng khí CO₂ (chất có sự thay đổi lớn trong các điều kiện áp suất nhiệt độ) có thể có các biểu hiện khác biệt lớn (Xu và nnk, 2007);

- Tỷ trọng, độ nhớt của khí nhỏ hơn rất nhiều so với chất lỏng, do đó trong quá trình thử vỉa khí từ đáy giếng lên bề mặt sẽ di chuyển với lưu lượng lớn, có hiện tượng trượt rơi các thành phần lỏng nặng hơn dẫn đến chảy rớt, ảnh hưởng đáng kể đến năng lượng tổn hao. Để mô tả hiện tượng này đối với các giếng khí, có thêm 1 hệ số quan trọng đó là hệ số nhiễm bẩn không theo Định luật darcy để có thể tính toán chính xác hơn khả năng cho dòng khí của vỉa chứa.

Trong thử vỉa cho giếng khí thông thường, có 2 giai đoạn lựa chọn phân tích đánh giá thông số vỉa tương ứng với 2 phương pháp đo thử vỉa hồi phục áp suất và thử vỉa giảm áp.

- Thử vỉa giảm áp: giếng được mở thử với 3 hoặc hơn các cấp lưu lượng khí ổn định và tăng dần qua thay đổi choke đầu giếng. Khi các giếng

được mở với 1 lưu lượng (tương ứng thay đổi cỡ choke), áp suất đáy sẽ biến đổi tương ứng qua đầy đủ các giai đoạn tích lũy lòng giếng (wellbore storage), chảy hướng tâm với chế độ ổn định, hiệu ứng biên (boundary effect) và được lặp đi lặp lại với các cấp lưu lượng khí khác nhau. Trong trường hợp số liệu đủ điều kiện phân tích, thử vỉa giảm áp có thể cung cấp các thông số chính về vỉa chứa: áp suất vỉa ban đầu (Pi); độ thấm, hệ số nhiễm bẩn (skin), hệ số nhiễm bẩn do chế độ chảy rối (non-darcy skin), khả năng cho dòng của vỉa chứa có tính đến hệ số nhiễm bẩn do chế độ chảy rối, điều kiện biên,...

- Thử vỉa phục hồi áp suất: giếng sau thời gian mở thử giảm áp được đóng lại. Áp suất đáy sẽ được đo trong suốt quá trình phục hồi. Thông thường áp suất đáy sẽ biến đổi tương ứng qua đầy đủ các giai đoạn: hiệu ứng tích lũy lòng giếng, chảy hướng tâm, hiệu ứng biên và khi phân tích sẽ cho tương đối đầy đủ về các thông số vỉa chứa như: áp suất vỉa ban đầu (Pi), độ thấm, hệ số nhiễm bẩn, khả năng cho dòng của vỉa chứa, trường hợp có thể bỏ qua hệ số nhiễm bẩn do chế độ chảy rối, điều kiện biên,...

Đối với các giếng khí, thường quan tâm đến thử vỉa phục hồi áp suất do khi đóng giếng dòng khí lên bề mặt sẽ ngừng và không bị thay đổi trong suốt thời gian đo phục hồi còn lại. Đối với thử vỉa giảm áp, chỉ dùng phân tích để tính hệ số nhiễm bẩn do chế độ chảy rối và kiểm tra chéo các thông tin thu thập được trong phân tích thử vỉa phục hồi

áp suất. Nguyên nhân chính là do trong khi đo, quá trình mở thử giếng giảm áp khó đạt được dòng khí ổn định trong thời gian thử đối với từng cấp lưu lượng (Hegeman và nnk., 1993).

3. Ứng dụng thực tế minh giải thử vỉa giếng khí CVX - 4X

3.1. Giải pháp nhà điều hành (NĐH) đề xuất đối với các giếng khí mỏ CVX

Trên cơ sở các hiện tượng bất thường trong đo phục hồi áp suất, nhà điều hành đã triển khai phân tích theo hướng hiệu chỉnh số liệu áp suất về độ sâu giữa vỉa, nhằm loại bỏ hiệu ứng chuyển pha của cột khí theo công thức (1) và tiến hành minh giải tương tự giếng thử vỉa DST khí thông thường.

$$PMPP = P_{gauge} + \rho P_{gauge} T_{gauge} \times \ell \quad (1)$$

Trong đó: PMPP (Pressure at mid - point of perforations) - áp suất tại điểm giữa khoảng bản vỉa; P gauge (Recorded gauge pressure) - áp suất tại điểm đo; ρ (P_{gauge}, T_{gauge}) - tỷ trọng chất lưu tại điểm đo; ℓ - khoảng cách từ điểm đo tới điểm giữa khoảng bản vỉa.

Phương pháp này theo nhận định của nhóm nghiên cứu còn tồn tại rủi ro khách quan không thể giảm thiểu do:

- Tỷ trọng chất lưu cần đạt độ chính xác khi quy đổi. Thực tế, tỷ trọng chất lưu lại biến đổi phức tạp theo chiều sâu (do nhiệt độ, áp suất). Đặc biệt, thành phần khí lại biến đổi theo thời gian khi

Bảng 2. Thông số vỉa chứa và kết quả minh giải thử vỉa DST của NĐH theo phương pháp phân tích phục hồi áp suất (có hiệu chỉnh số liệu gốc).

Tham số	Đơn vị	1	2
Giếng khoan	-	CVX - 3X	CVX - 4X
Khoảng bản	mMD	1502 - 1552	1520 - 1530
Pv	psia	2288	2306
Độ rỗng	%	28	27
Độ bão hoà khí	%	88	92
Mô hình vỉa	-	-	Độ rỗng kép
Độ thấm	mD	-	367
Skin cơ học	-	-	2
Skin non darcy	1/(MMscf/d)	-	1.2
Bán kính khảo sát	m	-	800
Lưu lượng khai thác tuyệt đối	(MMscf/d)	153	143
Ghi chú	-	Không thể minh giải số liệu thử vỉa do hiệu ứng nhiễu ảnh hưởng khí hàm lượng CO ₂ cao,...	Kết quả sơ bộ: hiệu chỉnh số liệu, phân tích PBU, skin non darcy tham khảo lân cận

đóng giếng đo hồi phục áp suất cũng gây ra thay đổi tỷ trọng;

- Việc tính toán sự tăng áp suất của cột hỗn hợp khí tại khoảng cách giữa vỉa chứa và điểm đặt đồng hồ đo theo thời gian trong quá trình đo hồi phục là khó khăn và tồn tại sai số khó lường;

- Áp suất biến đổi giữa các điểm trong đo phục hồi là tương đối nhỏ, do đó khó có thể cho kết quả tin cậy với việc biến đổi số liệu gốc và sai số chưa thể định lượng của phương pháp;

- Số liệu sau hiệu chỉnh và mô hình vỉa độ rỗng cũng không có dấu hiệu rõ ràng tin cậy, chỉ là một khả năng có thể xảy ra.

3.2. Phương hướng khắc phục với các giếng khí mỏ CVX - 4X và 3X

Kết quả thử vỉa DST#1 giếng khoan CVX - 3X có dấu hiệu liên thông giữa ống khai thác và khoảng không vành xuyên, đồng thời kết quả cũng thể hiện sự ảnh hưởng của khí có hàm lượng CO₂ cao trong đo hồi phục áp suất (áp suất có sự suy giảm). Do đó, nhóm nghiên cứu cho rằng kết quả phân tích theo số liệu đo sẽ không có tính tin cậy cao cho các thông số độ thấm, hệ số skin và biên. Đối với kết quả thử vỉa này chỉ nên sử dụng phân tích đánh giá khả năng cho dòng của giếng khoan theo phương pháp LIT (Deliverability test plot) (Stegemeier & Matthews, 1958).

Kết quả thử vỉa DST#1 giếng khoan CVX - 4X thể hiện sự ảnh hưởng của khí có hàm lượng CO₂

cao trong đo hồi phục áp suất. Do đó, đối với kết quả thử vỉa này, nhóm nghiên cứu nhận định:

- Sự có mặt của hàm lượng CO₂ cao làm cho số liệu đo hồi phục áp suất có giai đoạn giảm;

- Do giai đoạn áp suất giảm phụ thuộc lớn vào sự biến đổi pha (tỷ trọng) của khí và rất nhạy, số liệu đo hồi phục áp suất không thể sử dụng để phân tích hoặc có rủi ro lớn như NGH.

Trên cơ sở các nhận định, nhóm đề xuất hướng tiếp cận:

- Sử dụng phần mềm Pan system phân tích;

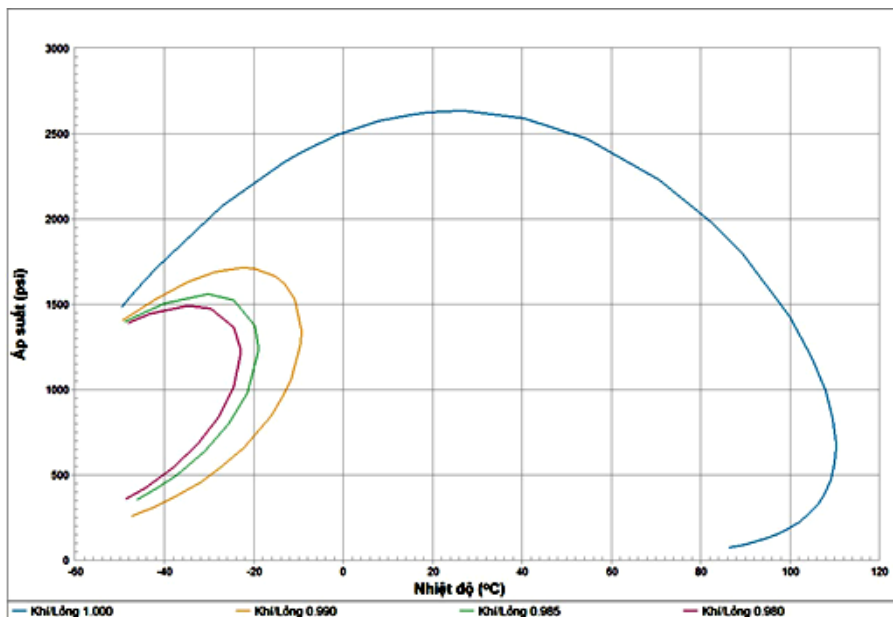
- Dùng phương trình trạng thái chính xác hoá biểu đồ pha và các đặc tính chất lưu;

- Phân tích thử vỉa giảm áp (pressure drawdown test).

3.2. Mô phỏng đặc tính lưu thể vỉa (PVT với CO₂ cao)

Dựa trên tài liệu phân tích mẫu chất lưu (PVT) giếng khoan CVX - 3X và hiệu chỉnh theo kết quả phân tích nhanh thành phần CO₂ của giếng khoan CVX - 4X, chất lưu sử dụng trong minh giải thử vỉa là khí khô, có thành phần khí chính CH₄ khoảng 51,71%, khí CO₂ ~37,00%, N₂ ~9,17%.

Sử dụng công cụ phương trình trạng thái (EOS) phần mềm Pan system, biểu đồ pha của chất lưu giếng CVX - 4X được mô phỏng như Hình 8. Phương trình trạng thái này được sử dụng để tính toán các thông số lưu biến đầu vào (độ nhớt, hệ số thể tích,...) cho minh giải số liệu thử vỉa.



Hình 8. Giản đồ pha chất lưu (theo áp suất và nhiệt độ).

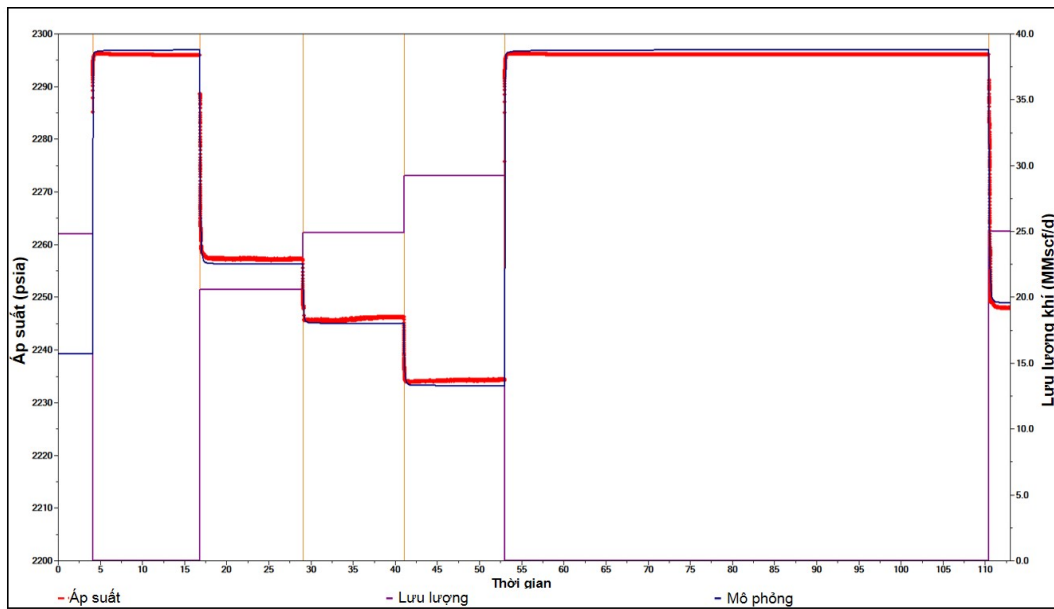
3.3. Phân tích và minh giải thử vỉa giảm áp

Trên cơ sở thông số đầu vào về vỉa chứa và chất lưu như trên, nhóm nghiên cứu đã tiến hành nhập số liệu đồng hồ vào phần mềm chuyên dụng. Xem xét và đánh giá tổng quan cho thấy, giai đoạn thử vỉa giảm áp 3 cấp lưu lượng ổn định và có thể sử dụng để minh giải Hình 9.

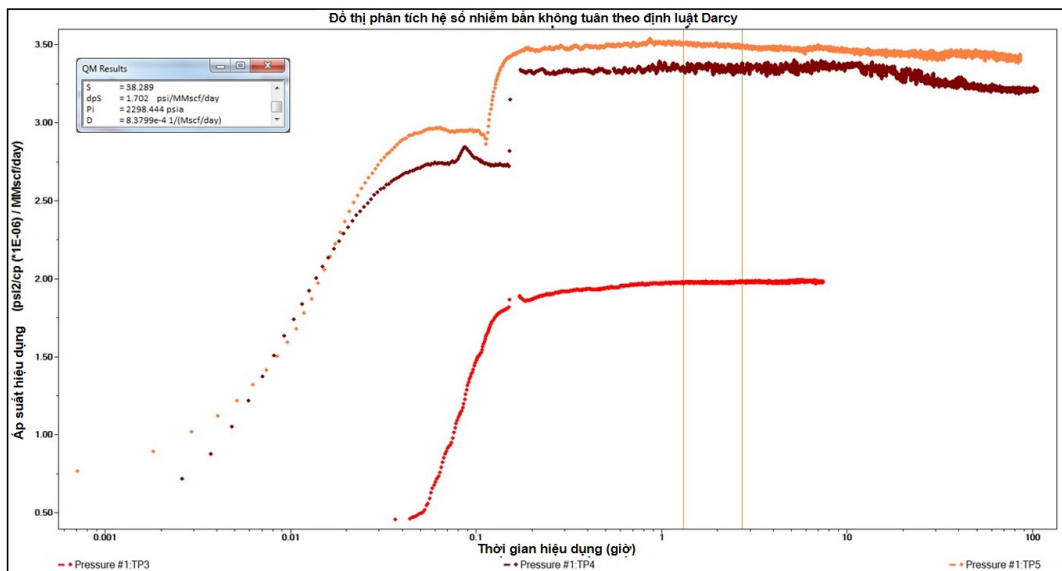
Một trong các thông số quan trọng đặc trưng của thử vỉa giảm áp nhiều cấp và đối với chất lưu khí là hệ số nhiễm bẩn thành hệ không theo Định luật darcy, nhằm xác định sự phụ thuộc của hệ số

nhiễm bẩn thành hệ tổng vào lưu lượng khí, từ đó xác định hệ số skin thật (true skin) với các lưu lượng khác nhau để xác định được khả năng cho dòng của giếng trong các điều kiện cụ thể. Kết quả phân tích quan hệ tổn hao áp suất với lưu lượng khí ở các giai đoạn giảm áp trên Hình 10 cho thấy hệ số nhiễm bẩn không theo Định luật darcy $\sim 0,83799$ (1/Mmscf/d) là phù hợp.

Trên đồ thị Log - log có thể nhận thấy, mặc dù hệ thống điểm có nhiều, có thể do lưu lượng khí khi tiến hành thử giảm áp không ổn định



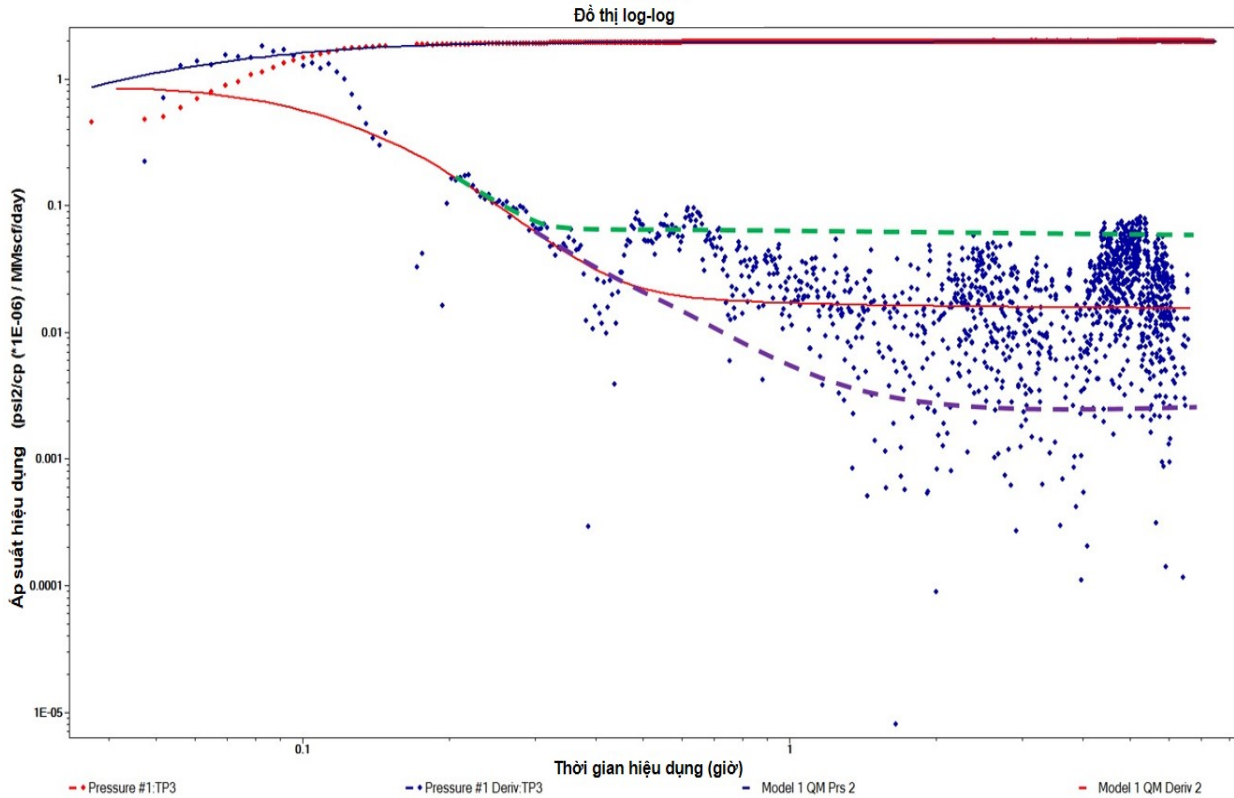
Hình 9. Áp suất & lưu lượng khí thử vỉa giếng khoan CVX - 4X.



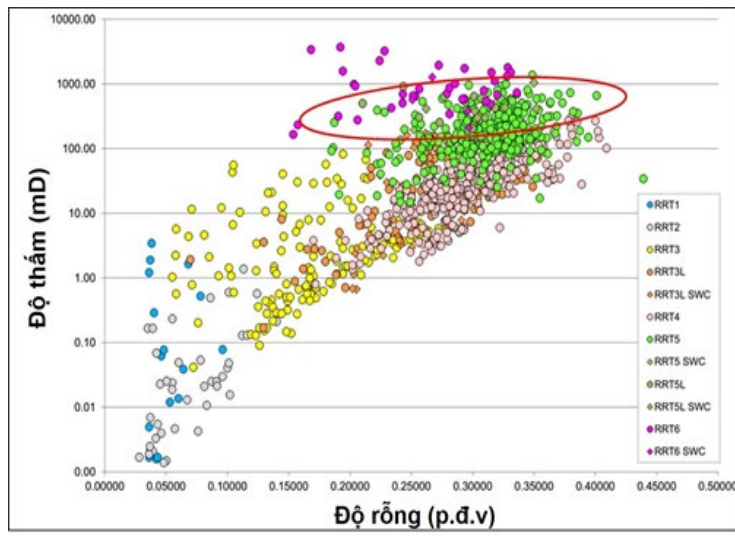
Hình 10. Đánh giá hệ số nhiễm bẩn không tuân theo Định luật darcy bằng thử vỉa giảm áp.

tuyệt đối như lý thuyết, tuy nhiên vẫn có thể xác định được tương đối khả năng thẩm của vỉa chứa. Kết quả đánh giá (Hình 11) cho thấy độ thấm của vỉa chứa rất tốt đạt trung bình ~900 mD (trong khoảng 250÷3500 mD) và cao hơn giá trị do NĐH đánh giá (367 mD) và khá phù hợp với số liệu đo mẫu lõi tại các loại đá chứa cho dòng RT5, RT5L, RT6 (Hình 12).

Kết quả được kiểm tra lại với đồ thị Semi - Log về đánh giá hệ số nhiễm bẩn không tuân theo Định luật darcy, đánh giá kết quả mô phỏng tổng quan tất cả giai đoạn thử vỉa và so sánh dự báo về dòng khí tối đa từ mô hình và tính trực tiếp từ 3 cấp lưu lượng khí cho thấy sự phù hợp và tin cậy cao (các Hình 13÷15).



Hình 11. Đánh giá đặc tính vỉa chứa, thử vỉa giảm áp trên cấp lưu lượng đầu tiên

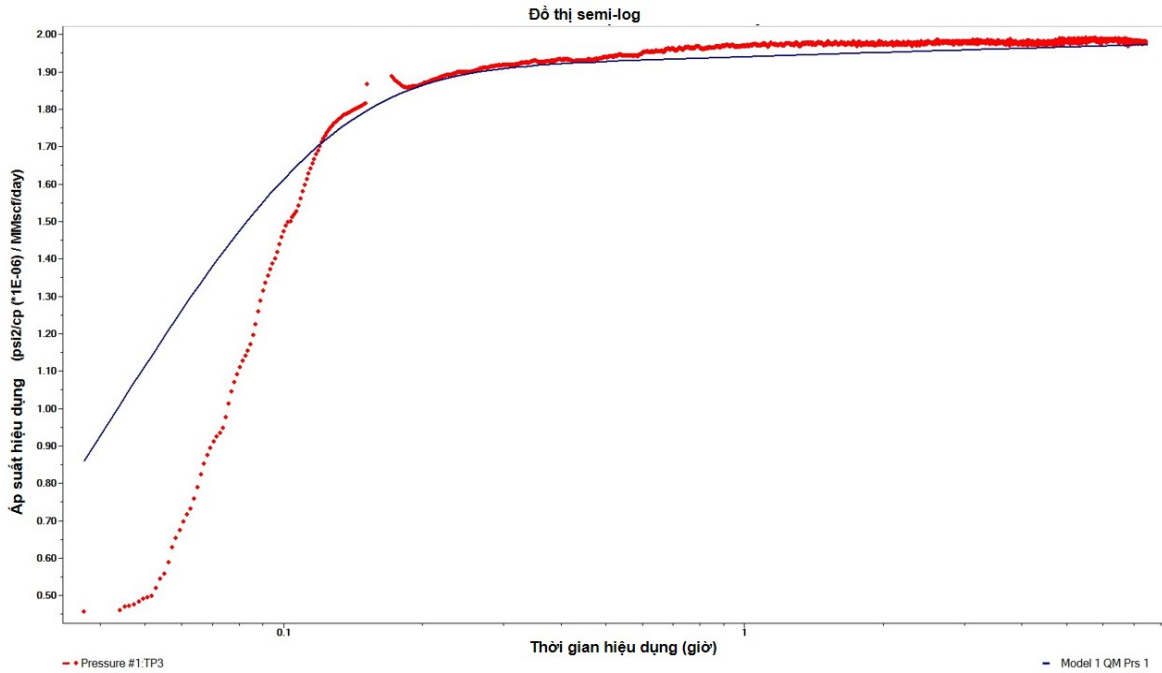


Hình 12. Số liệu độ rỗng, độ thấm mẫu lõi mỏ CVX.

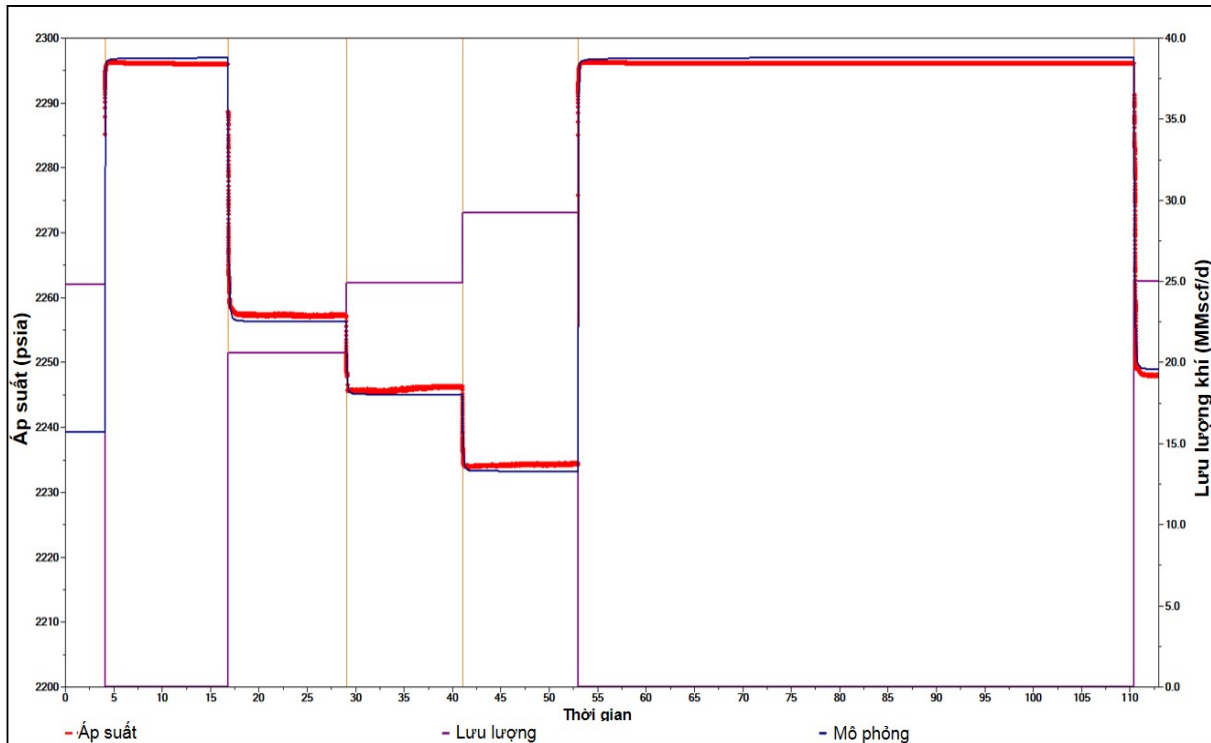
4. Kết luận

Qua nghiên cứu và phân tích kết quả thử vỉa DST giếng khoan CVX - 4X, nhóm nghiên cứu rút ra các kết luận sau:

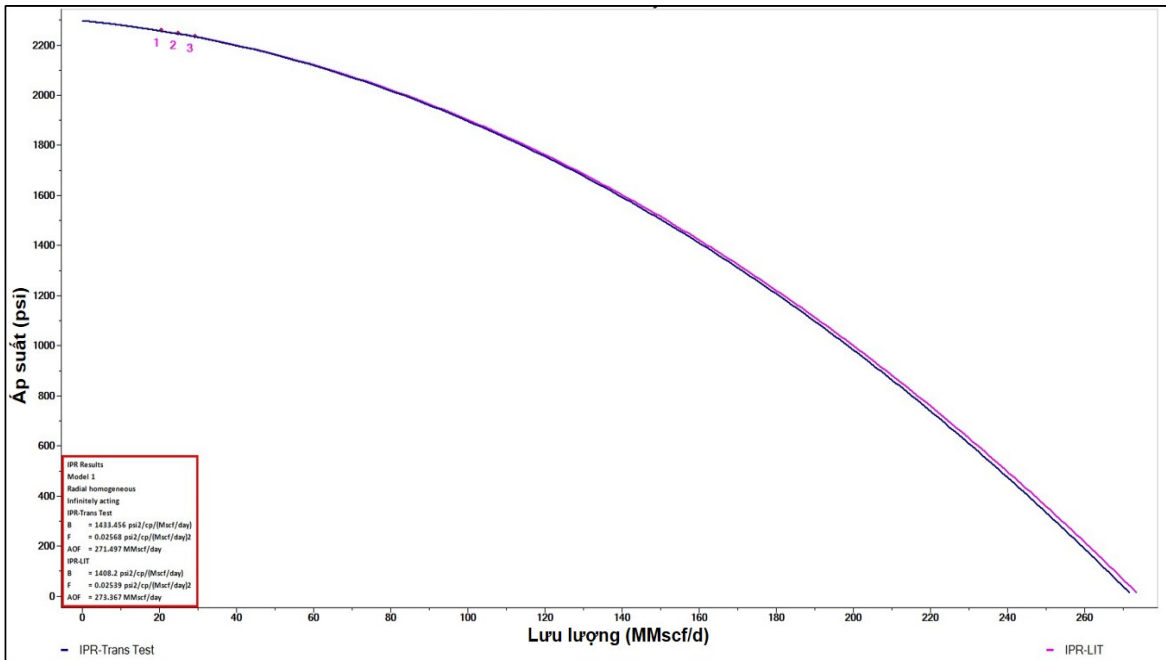
- Khí của mỏ có hàm lượng CO₂ cao, do đó trong quá trình thử vỉa có một số hiện tượng khác với các giếng khoan thông thường tại các độ sâu đo đặc như suy giảm nhiệt độ và áp suất trong giai đoạn phục hồi áp suất;



Hình 13. Kiểm tra hệ số nhiễm bẩn không tuân theo Định luật darcy trên cấp lưu lượng đầu tiên.



Hình 14. Kết quả kiểm tra mô phỏng tổng quan.



Hình 15. So sánh đánh giá khả năng cho dòng khí của vỉa chứa giữa mô hình và đánh giá LIT.

- Phương pháp đã trình bày có thể áp dụng trong nghiên cứu thử vỉa giảm áp nhiều cấp cho giếng khí có hàm lượng CO₂ cao;

- Không sử dụng giai đoạn đo hồi phục áp suất để phân tích nhằm loại bỏ rủi ro về sự ảnh hưởng của khí hàm lượng CO₂ cao;

- Ứng dụng mô hình thành phần (EOS) trong việc tính toán đặc tính chất lưu chính xác hơn tại điều kiện áp suất nhiệt độ gần điểm tới hạn;

- Đối tượng chứa là tập carbonate có khả năng cho dòng tốt với độ thấm vỉa chứa khoảng ~900 mD (nhỏ nhất - 250 mD, lớn nhất - 3500 mD).

Nghiên cứu đã chỉ ra được các nguyên nhân đặc thù của khí với hàm lượng CO₂ cao, đánh giá rủi ro và đề xuất hướng tiếp cận phân tích trực tiếp trên số liệu gốc giai đoạn thử vỉa giảm áp nhiều cấp cho kết quả về độ thấm, hệ số skin, hệ số nhiễm bẩn không theo Định luật darcy, khả năng cho dòng khí của vỉa phù hợp có độ tin cậy cao.

Đóng góp của các tác giả

Nguyễn Hải An - xây dựng dàn bài, lên kế hoạch, xử lý số liệu, minh giải và kiểm tra tiến độ công việc; Nguyễn Hoàng Đức - thu thập số liệu, phân tích và chỉnh sửa nội dung.

Tài liệu tham khảo

Chaudhry, A. (2003). Gas well testing handbook. Gulf professional publishing.

Hegeman, P. S., Hallford, D. L., & Joseph, J. A., (1993). Well - Test Analysis With Changing Wellbore Storage. *SPE Formation Engineering*, 8, 201-207.

Nguyễn, X. P., Nguyễn, N., Cù, M. H., Lê, H. A., & Hoàng, N. Đ. (2016). Sinh địa tầng trầm tích carbonate hệ tầng Tri Tôn, Nam bể Sông Hồng. *Tạp chí Dầu khí*, 7, 40-47.

Lê, X. L., Ngô, H. H., Nguyễn, H. A., Nguyễn, T. V., & Lê, H. H. (2017). *Công nghệ mỏ Dầu khí*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. 297-311.

Stegemeier, G. L., & Matthews, C. S. (1958). A study of anomalous pressure build - up behavior. *Society of Petroleum Engineers*, 1-3.

Xu, J. Q., Weir, G., Paterson, L., Black, I., & Sharma, S. (2007). A case study of a carbon dioxide well test. *Journal of the Australian Petroleum Production & Exploration Association (APPEA)*, 47, 239-249.