

TỔ HỢP CÁC THIẾT BỊ ĐỊA VẬT LÝ GIẾNG KHOAN TRONG ỐNG CHỐNG THEO DÕI SỰ THAY ĐỔI ĐỘ BẢO HÒA NƯỚC VÀ QUẢN LÝ MỎ TÊ GIÁC TRẮNG

Cù Xuân Bảo¹, Phạm Thị Thủy¹, John Sutherland¹
Bùi Hữu Phước¹, Bùi Thiệu Sơn², Nguyễn Anh Đức²
Nguyễn Long³, Đinh Mạnh Quân³, Phạm Văn Tuấn⁴

¹Công ty liên doanh Điều hành chung Hoàng Long

²Tổng công ty Thăm dò Khai thác Dầu khí

³Tập đoàn Dầu khí Việt Nam

⁴Đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội

Email: bhphuoc@hlhvjoc.com.vn

Tóm tắt

Đối tượng chứa dầu khí của mỏ Tê Giác Trắng khá đặc biệt nằm trong trầm tích điện trở suất thấp với điều kiện địa chất phức tạp. Các tầng chứa sản phẩm là những thân cát mỏng xen kẽ rất nhiều ranh giới dầu nước, gây khó khăn cho công tác quản lý theo dõi khai thác những khoảng mở vỉa. Tổ hợp các thiết bị địa vật lý (PL/CHFR/RST - Production Log/Case Hole Formation Resistivity/Reservoir Saturation Tool) đã được nghiên cứu, sử dụng để theo dõi giám sát động thái khai thác tại đáy giếng và quản lý khai thác cho từng khoảng mở vỉa một cách hiệu quả nhất.

Từ khóa: Độ bão hòa nước, điện trở sau ống chống, đo khảo sát dòng.

1. Giới thiệu

Mỏ Tê Giác Trắng nằm ở trung tâm bể Cửu Long, đang có 3 giàn đầu giếng khai thác với lưu lượng khoảng 25 - 30 nghìn thùng/ngày. Mỏ được hình thành trong môi trường đầm hồ ven biển cửa sông với các hoạt động địa chất rất phức tạp, bị chia cắt bởi các đứt gãy có hình bậc thang thành các khối riêng biệt H1/H2/H3/H4/H5 kéo dài từ Bắc đến Nam với 3 đối tượng chứa chính là ILBH5.2U, ILBH5.2L và Oligocene C. Các vỉa cát chứa dầu mỏng với chiều dày khoảng 2 - 7m và lên tới 56 vỉa. Trong đó có một số vỉa chứa gần kề nhau, liên thông về mặt thủy động lực học. Mỏ được phân chia thành 43 hệ thống thủy lực và gần như không có sự liên thông theo chiều thẳng đứng dựa trên số liệu áp suất.

Các vỉa chứa chủ yếu lắng đọng trong môi trường đầm hồ cửa sông với chất lượng thấm chứa giảm dần từ ILBH5.2U, ILBH5.2L sau đó đến Oligocene C. Nhìn chung các vỉa chứa dầu có độ thấm tương đối tốt xen kẽ với các vỉa có độ thấm nhỏ và chiều cao thân dầu nhỏ. Điều kiện địa chất phức tạp và mức độ ngập nước của các vỉa không đồng đều trong quá trình khai thác đã gây khó khăn cho việc kiểm soát theo dõi động thái và hiệu quả của từng vỉa cũng như toàn mỏ.

2. Cấu trúc giếng khoan

Mô hình thiết kế cơ bản cho các giếng khoan sử dụng ống dẫn hướng đường kính 20inch trong đoạn thân giếng đường kính 26inch, ống trung gian đường kính

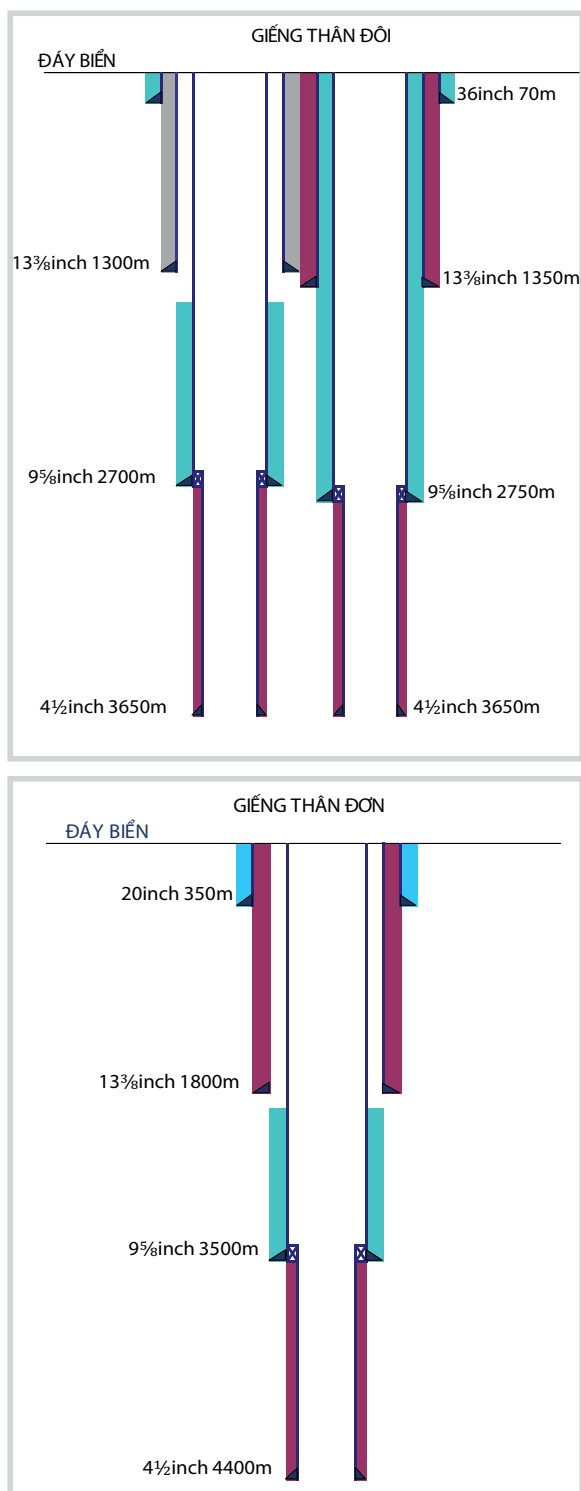
13³/₈inch trong đoạn thân giếng 16inch, ống khai thác đường kính 9⁵/₈inch trong đoạn thân giếng đường kính 12¹/₄inch. Ống khai thác lừng 4¹/₂inch được lắp đặt và trám xi măng trong đoạn thân giếng đường kính 8¹/₂inch và bên trong ống khai thác đường kính 9⁵/₈inch. Một số thân chung đầu giếng sẽ sử dụng ống đường kính 36inch làm ống dẫn hướng, thay thế cho ống đường kính 20inch. Cấu trúc giếng khoan này cần có tổ hợp các thiết bị địa vật lý giếng khoan phù hợp để có thể theo dõi và kiểm soát được áp suất vỉa, độ ngập nước và hệ số sản phẩm của từng khoảng mở vỉa. Do vậy, việc nghiên cứu tổ hợp địa vật lý giếng khoan phù hợp với điều kiện địa chất mỏ và điều kiện đáy giếng hiện hữu rất cấp thiết. Hình 1 và 2 là cấu trúc ống chống của giếng khai thác và sơ đồ thiết bị hoàn thiện giếng.

3. Lựa chọn và thiết kế khoảng mở vỉa của các giếng khoan đang khai thác

Dựa trên tổ hợp số liệu địa vật lý giếng khoan được đo đạc và thu thập trong quá trình nghiên cứu giếng khoan và các nghiên cứu địa chất để lựa chọn các khoảng có độ bão hòa dầu cao.

Lựa chọn các khoảng mở vỉa có chất lượng gắn kết xi măng tốt.

Cân bằng lưu lượng khai thác giữa các vỉa chứa sản phẩm thuộc tầng ILBH 5.2U, ILBH 5.2L và Oligocene C.



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc giếng khoan thân đôi và thân đơn điển hình

Các khoảng mở vỉa được thiết kế một cách độc lập và cùng hệ thống thủy lực để giảm thiểu hiện tượng chảy chéo (cross-flow) trong quá trình khai thác.

Khoảng cách giữa các khoảng mở vỉa phải cách nhau tối thiểu 3m để khi hàm lượng nước ở các khoảng mở vỉa lớn sẽ dễ dàng ngăn nước bằng miếng dán ống chống (straddle parker/casing pad).

Các khoảng mở vỉa phải nằm trên ranh giới dầu nước khoảng 3 - 5m tùy vào điều kiện của từng giếng khoan. Tránh mở vỉa vào những đới chuyển tiếp nằm ngay cạnh ranh giới dầu nước.

Lựa chọn loại đạn có khả năng xuyên sâu, súng có mật độ đạn lớn.

Các giếng khoan khai thác được thiết kế mở so le lệch tầng và sẽ mở thêm vỉa sau thời gian khai thác tùy vào động thái khai thác của giếng và hàm lượng nước khai thác (Hình 3).

Tuy nhiên, với những giếng đã hiện hữu và thiết kế giếng như trên thì khó khăn và thách thức trong giai đoạn khai thác phát triển mở là phải theo dõi được động thái biến đổi hàm lượng nước khai thác của từng vỉa tại giếng khoan khai thác, độ bão hòa nước biển đổi theo thời gian tại những khoảng mở vỉa và chưa mở vỉa. Do vậy cần có tổ hợp địa vật lý giếng khoan phục vụ cho việc quản lý theo dõi hiệu quả khai thác, động thái của từng khoảng mở vỉa cũng như chỉ ra các vỉa để bổ sung và bắn lại với mục đích nâng cao hệ số thu hồi dầu tại những giếng khoan hiện hữu. Tổ hợp địa vật lý giếng khoan được đưa ra bao gồm PL/CHFR/RST là một giải pháp đã được ứng dụng và triển khai tại mỏ Tê Giác Trắng.

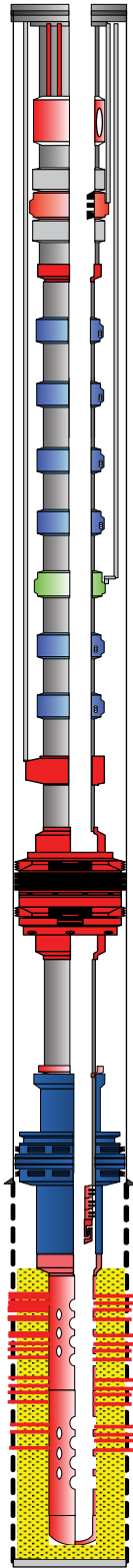
3.1. Kiểm tra theo dõi mặt cắt dòng bằng tổ hợp thiết bị địa vật lý giếng khoan PL

Tổ hợp PL khảo sát giếng, xây dựng mặt cắt dòng, thu thập thông tin tại đáy giếng dùng để phục vụ công tác quản lý mỏ, nâng cao hệ số thu hồi tại giếng khai thác và kiểm soát được lưu lượng bơm ép.

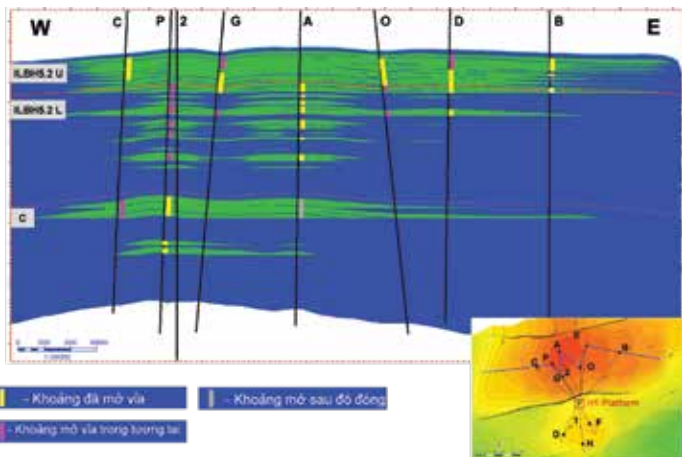
3.1.1. Số liệu PL của giếng khoan khai thác dùng để:

- Đánh giá và theo dõi nhiệt độ và áp suất vỉa;
- Nhận biết loại chất lưu và tính toán định lượng lưu lượng và tỷ phần: dầu, nước, khí cho từng khoảng mở vỉa;
- Đánh giá hiệu quả công tác bắn mở vỉa;
- Phát hiện các khoảng ống khai thác bị rò rỉ, những khoảng mở vỉa có áp suất thấp, những khoảng mở vỉa có vấn đề để có những biện pháp khắc phục và sửa chữa;
- Xây dựng mặt cắt dòng của các khoảng tiếp nhận của giếng bơm ép;
- Xác định các khoảng chảy chéo khi đóng giếng và khai thác.

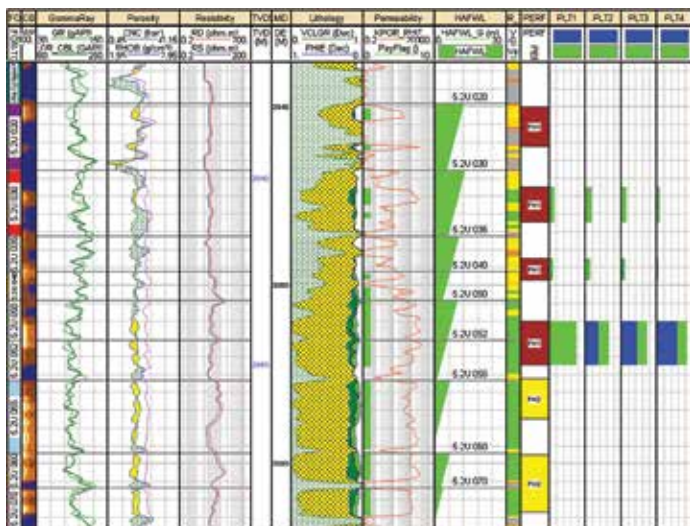
Các giếng có độ nghiêng lớn sẽ có hiện tượng chảy phân tầng: pha nhẹ chảy phía trên và pha nặng chảy phía dưới. Thiết bị đo điện dung (CAT) dùng để đo toàn bộ mặt cắt dòng, là thiết bị đo có 12 cảm biến (sensor) điện dung ở cùng một độ sâu, cùng một thời điểm. Giá trị đo của thiết bị CAT sẽ vẽ được hình

Ngày hoàn thiện:		15/2/2011		Kịch thước		Khối lượng		Cấp		Ren		Độ sâu tương đối	
Giàn		PVD1		: 9 3/4inch		: 47 PPF		: L-80		: VAMTOP		: 2985,00	
Chiều sâu		3574 m-MDRT		: 4 1/2inch		: 15.1PPF (ID 3.826inch)		: L-80		: VAMTOP		: 3572,00	
Góc nghiêng lớn nhất		42.31 @ 1998.72 m-MDRT		: 5 1/2inch		: 23PPF (ID 4.670inch)		: 1Cr L-95		: VAMTOP		: 127,07	
Nóc ống chống lừng		2841 m MDRT		: 4 1/2inch		: 15.1PPF (ID 3.826inch)		: 1Cr C-95		: VAMTOP		: 2852,82	
Độ sâu tương đối		Tính từ bàn Rotary		: 8.8 ppg NACL									
	Độ sâu (m-MDRT)		Độ sâu (m-MDRT)	Chiều dài (m)	Thiết bị hoàn thiện giếng								
					Giếng khai thác dầu			Mô tả thiết bị	Bán kính trong In	Bán kính ngoài In			
					Bàn Rotary								
					Bộ treo ống khai thác, AKER							4.670	9.875
					Van dầu mở 13Cr, 5 1/2inch, 23#, VAMTOP BxP								
					4.655	8.500							
					Ghép dòng (FLOW COUPLING), 5 1/2inch, 23#, VAMTOP BxP, 3'								
					4.580	6.210							
					TRS 13Cr, 5 1/2inch, 23#, VAMTOP BxP								
					3.813	6.620							
					Ghép dòng (FLOW COUPLING), 5 1/2inch, 23#, VAMTOP BxP, 6'								
					4.550	6.212							
					Bộ nối chuyển tiếp (ADAPTOR) 5 1/2inch 23# VAMTOP B X 4 1/2inch 15.1# VAMTOP P								
					3.805	6.211							
					Kích thước túi Mandrel (SIDE POCKET MANDREL), 4 1/2inch, 15.1#								
					3.871	7.063							
					Lỗ hở (Orifice): RO-2; Kích thước: 24/64" (Installed on 15-Aug-2013)								
					Kích thước túi Mandrel (SIDE POCKET MANDREL), 4 1/2inch, 15.1#								
					3.871	7.063							
					Van giả (Dummy valve)								
					Kích thước túi Mandrel (SIDE POCKET MANDREL), 4 1/2inch, 15.1#								
					3.871	7.063							
					Van giả (Dummy valve)								
					Kích thước túi Mandrel (SIDE POCKET MANDREL), 4 1/2inch, 15.1#								
					3.871	7.063							
					Van giả (Dummy valve)								
					Van bơm hóa chất, 4 1/2inch, 15.1#, VAMTOP BxP								
					3.788	5.072							
					Kích thước túi Mandrel (SIDE POCKET MANDREL), 4 1/2inch, 15.1#								
					3.871	7.063							
					Van giả (Dummy valve)								
					Kích thước túi Mandrel (SIDE POCKET MANDREL), 4 1/2inch, 15.1#								
					3.871	7.063							
					Van giả (Dummy valve)								
					Đồng hồ đo áp suất đáy, 4 1/2inch, 15.1#, VAMTOP BxP								
					3.826	7.000							
					9 3/4inch AHR PACKER, 4 1/2inch, 15.1#, VAMTOP BxP								
					3.760	8.310							
					AHR PACKER trung tâm								
					Vị trí vùng cấm (LOCATOR NO-GO), 4 1/2inch, 15.1#, VAMTOP BxP								
					3.788	8.200							
					Điểm cấm (No-Go point)								
					Thiết bị vành xuyên kín một chiều (UNISEAL UNIT), 5inch, 4 1/2inch								
					3.806	5.038							
					Bộ sắp hàng định vị hướng máng (SELF ALIGNING MULESHORE), 4 1/2inch								
					3.788	4.960							
					Đáy bộ định vị hướng máng (BOTTOM OF MULE SHOE)								
9 3/4inch x 7inch Hệ thống treo ống chống (LINNER HANGER SYSTEM)	2841.00				3040-3044.5 4.5 5.2U 20								
					3049-3053 4.0 5.2U 30								
					3057-3059 2.5 5.2U 35/40								
					3064-3069 5.0 5.2U 50/52								

Hình 2. Sơ đồ hoàn thiện giếng khai thác



Hình 3. Sơ đồ các khoảng mở vỉa của các giếng khoan khai thác tại một khối điển hình



Hình 4. Mức độ ngập nước của từng vỉa theo thời gian của PH1 dọc theo thân giếng C

ảnh mặt cắt dòng qua toàn bộ khoảng mở vỉa để khắc phục cho các giếng có độ nghiêng lớn, khi đó pha nhẹ sẽ có xu thế chảy trên pha nặng.

3.1.2. Kiểm tra khai thác theo thời gian

Các giếng khoan của mỏ Tê Giác Trắng được đo kiểm tra khai thác định kỳ 2 lần/năm. Quá trình đo kiểm tra khai thác (PL) được tiến hành ở các chế độ côn/lưu lượng khác nhau để đánh giá hiệu quả khai thác của từng khoảng mở vỉa. Do đặc điểm của các giếng này là vỉa dầu rất gần ranh giới dầu nước nên phải kiểm tra khai thác thường xuyên để xác định độ ngập nước của từng khoảng mở vỉa.

Các thiết bị đo trong quá trình kiểm tra khai thác thường được sử dụng tại mỏ: GR-CCL-CFB-CAP-DEN-Temp-Pressure-CAT.

Tổ hợp PL dùng để theo dõi sự biến thiên của tỷ phần chất lưu theo thời gian, giếng khoan C phía dưới được mở vỉa PH1 (Pha 1) tại 4 khoảng thuộc tầng U20, U30, U35/40 và U50/052. PH2 sẽ được mở vỉa khai thác sau phụ thuộc vào động thái của

PH1. Kết quả đo PL 4 lần tại các thời điểm khác nhau cho thấy 3 khoảng mở vỉa phía trên của PH1 chưa bị ngập nước và có độ thấm nhỏ, khoảng mở vỉa cuối cùng của PH1 gần như đã bị ngập nước khá cao (chiếm khoảng 75% nước). Kết quả PL đã chỉ ra khoảng mở vỉa cuối cùng PH1 là đối tượng cần được đóng lại để ngăn nước khi hàm lượng nước khai thác của vỉa này lên đến 90%. Việc ngăn cách vỉa ngập nước này để nâng cao hệ số thu hồi của 3 khoảng mở vỉa phía trên. Mức độ biến đổi tỷ lệ dầu nước của từng khoảng mở vỉa đang khai thác theo thời gian được thể hiện trên Hình 4 và 5.

Theo dõi sự biến thiên của ranh giới dầu nước trong quá trình khai thác để điều chỉnh chế độ khai thác tránh hiện tượng ranh giới dầu nước dâng lên không đều. Hình 6 cho thấy sự thay đổi của ranh giới dầu nước theo thời gian.

Quá trình kiểm tra theo dõi khai thác bằng PL đã làm sáng tỏ thông tin tại đáy giếng khoan với sự biến thiên hàm lượng nước của từng khoảng mở vỉa theo thời gian khai thác. Tuy nhiên quá trình khảo sát PL cũng gặp một số khó khăn nhất định:

- Khoảng cách giữa các khoảng mở vỉa không đủ lớn để đo được số liệu ổn định cho từng khoảng mở vỉa phục vụ công tác minh giải định lượng;
- Một số giếng khai thác có các khoảng với chất lượng xi măng kém hoặc không có xi măng gây ra hiện tượng chảy sau ống chống. Thay đổi bất thường đường kính tại các khoảng mở vỉa gây khó khăn trong công tác tính toán định lượng;
- Các vỉa dầu có cấu trúc tương đối phẳng, chiều cao cột dầu nhỏ nên nước sẽ xâm nhập vào giếng nhanh;
- Các khoảng mở vỉa có tính chất thấm không tương đồng được mở vỉa cùng nhau gây ra hiện tượng các vỉa có độ thấm cao sẽ cung cấp dòng chủ yếu, khó thu hồi dầu tại các vỉa có độ thấm nhỏ;
- Các khoảng mở vỉa có tốc độ khai thác, mức độ giảm áp khác nhau dẫn đến hiện tượng chảy chéo trong ống khai thác;
- Các vỉa có trữ lượng khác nhau được mở cùng nhau gây hiện tượng ngập nước nhanh tại các vỉa có trữ lượng nhỏ.
- Các khoảng mở vỉa sau một thời gian khai thác đã có hàm lượng nước cao, thiết bị đo thông thường không đo được những đối có hàm lượng nước cao.

3.1.3. Giải pháp khắc phục những khó khăn trong quá trình khảo sát và minh giải PL

- Để chuẩn chỉnh hóa các giá trị mật độ, điện dung của dầu và nước ở điều kiện thực tế giếng khoan, thiết bị được chuẩn hóa trong điều kiện giếng đóng với thời gian đủ để có sự phân dị cột nước-khí-dầu trong ống khai thác;
- Các số liệu PVT được cập nhật liên tục do có sự thay đổi tính chất PVT theo thời gian khai thác;
- Các giá trị đo điểm được tiến hành đo tại các đỉnh của các khoảng mở vỉa để chính xác hóa số liệu đo khi kéo ở các tốc độ khác nhau, loại bỏ vận tốc trượt, hiệu chỉnh ảnh hưởng của tốc độ kéo khi đo cho từng khoảng mở vỉa;
- Khi đo khảo sát dòng tại đáy giếng, các giếng được chuyển qua để đo dòng đa pha tại bề mặt và lấy mẫu mặt

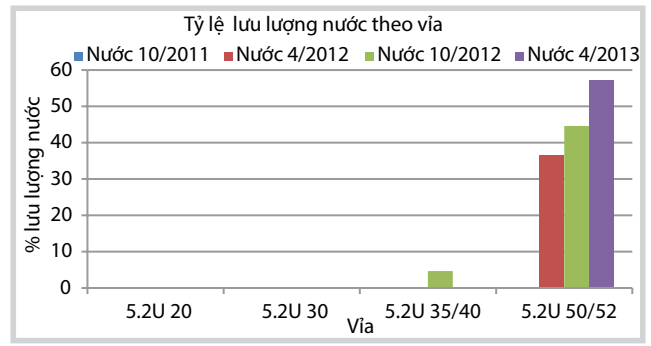
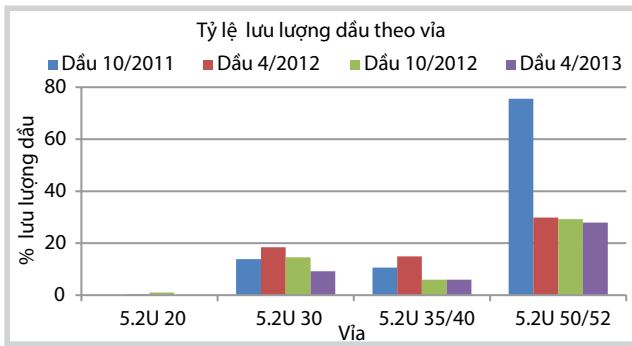
để phân tích tỷ phần dầu/nước. Kết quả được dùng để chuẩn hóa và hiệu chỉnh kết quả đo dòng tại đáy giếng;

- Lựa chọn mô hình minh giải tối ưu cho dòng chảy chất lưu tại đáy giếng;
- Kết quả minh giải lựa chọn phải phù hợp (match) đường cong lý thuyết và đường cong thực tế của vận tốc chất lưu, mật độ và điện dung [1].

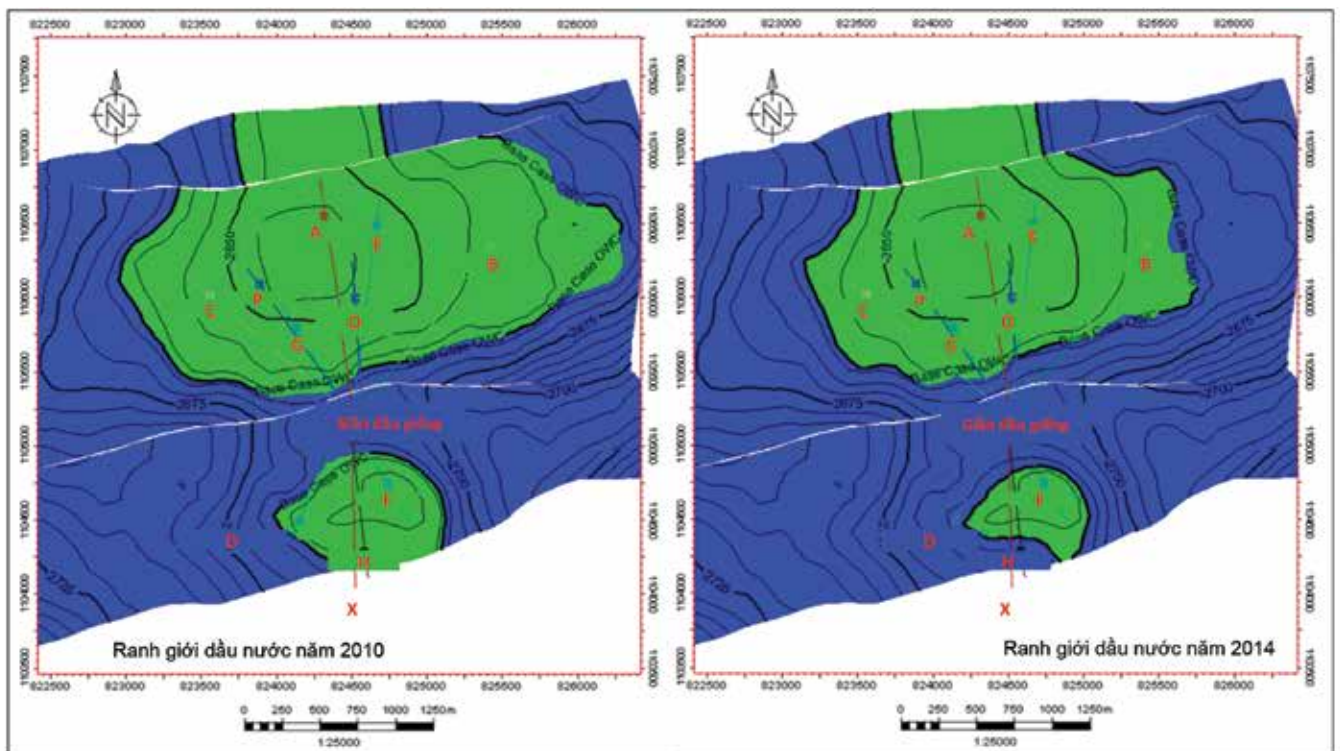
3.2. Theo dõi sự thay đổi độ bão hòa nước sau ống chống bằng tổ hợp CHFR/RST

3.2.1. Nguyên lý phương pháp đo điện trở sau ống chống (CHFR - Case Hole Formation Resistivity)

- Nguyên lý đo
- Nguyên lý đo của thiết bị CHFR tương tự như nguyên lý đo điện sâu sườn (Laterolog) trong các giếng khoan



Hình 5. Độ ngập nước theo dạng cột giếng C



Hình 6. Sự biến thiên của ranh giới dầu nước tầng 5.2U 52/55

thân trần. Dòng điện được phát vào ống chống và thành hệ thống qua 2 điện cực phát. Chênh lệch điện thế trong miền đo giữa 2 điện cực ép được theo dõi bằng 4 điện cực kiểm tra. Do ống chống có độ dẫn điện rất cao so với đất đá, phần lớn dòng phát từ 2 điện cực phát sẽ được dẫn lên mặt đất qua đường ống chống, tuy nhiên một phần nhỏ của dòng phát rò rỉ ra ngoài ống chống sẽ được dẫn qua các tầng đất đá sau ống chống và cường độ dòng rò rỉ sẽ tỷ lệ nghịch với điện trở suất của vỉa. Cường độ dòng rò rỉ sẽ được xác định bằng cách so sánh độ chênh lệch điện thế đo được giữa các điện cực kiểm tra. Phép đo được thực hiện khi thiết bị cố định để loại bỏ nhiễu phép đo do điện cực trượt trên bề mặt ống chống và giữ cho điện trở suất của ống chống không thay đổi trong quá trình thực hiện phép đo. Độ sâu khảo sát của điện trở suất đo được bằng thiết bị CHFR từ 7 - 32ft, lớn hơn hàng chục lần so với phương pháp nghiên cứu độ bão hòa vỉa bằng phương pháp phóng xạ.

Hiệu chỉnh giá trị đo CHFR với điện trở suất trong giếng thân trần bằng cách điều chỉnh hệ số khuếch đại dòng rò của CHFR (K-Factor) để điều chỉnh đường đo điện trở suất của CHFR biểu kiến với đường đo điện trở suất trong giếng thân trần. Để xác định được hệ số điều chỉnh, phải biết điện trở suất của những thành hệ không thay đổi trong suốt quá trình từ lúc giếng thân trần như điện trở suất của các tập sét hoặc điện trở của vỉa chưa bắn mở.

- Tính độ bão hòa nước từ CHFR
- + Trường hợp có sẵn số liệu đo trong giếng thân trần:

Trong trường hợp có sẵn số liệu đo carota trong giếng thân trần (điện trở suất, độ rỗng, mật độ, siêu âm - DT), cách tiếp cận tốt nhất là minh giải số liệu giếng thân trần theo mô hình chuẩn từ đó xác định độ bão hòa nước nguyên thủy (trước khai thác) S_{WOH} . Sau đó, thay thế điện trở suất đo được từ CHFR vào mô hình để tính độ bão hòa nước và so sánh với giá trị độ bão hòa nước tính được từ số liệu đo trong giếng thân trần.

- + Có sẵn số liệu điện trở suất giếng thân trần và CHFR:

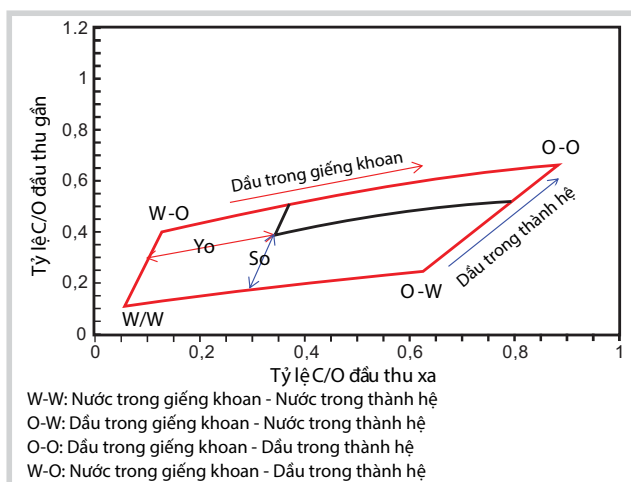
Sử dụng phương trình Archie để tính độ bão hòa nước với giả thiết nồng độ khoáng hóa của nước vỉa không thay đổi, có thể tính chỉ số thay đổi độ bão hòa nước (I_{SW}) như sau:

$$I_{SW} = \frac{S_{WOH}}{S_{WCHFR}} = \sqrt{\frac{R_{CHFR}}{R_{OH}}} \quad (1)$$

Trong đó:

S_{WOH} : Độ bão hòa nước tính từ tài liệu carota thân trần (open hole log);

S_{WCHFR} : Độ bão hòa nước tính từ tài liệu CHFR.



Hình 7. Mô hình C/O phân tích So

Ưu điểm của phương pháp này là không cần biết nồng độ muối của nước vỉa và độ rỗng, tuy nhiên tính toán trên cơ sở giả thiết là điện trở nước vỉa không thay đổi giữa 2 quá trình đo giếng thân trần và giếng chống ống. Cách tiếp cận này vẫn thừa hưởng số liệu log ban đầu để theo dõi mức độ biến đổi chất lưu sau ống chống.

Trong trường hợp có sự trộn lẫn giữa nước bơm ép và nước vỉa thì nồng độ khoáng hóa của nước vỉa sẽ bị thay đổi, ảnh hưởng đến kết quả tính toán độ bão hòa nước CHFR (SWCHFR). Tuy nhiên nếu vùng lân cận đã bị nước bơm ép xâm nhập thì giá trị đo điện trở suất sẽ giảm theo và các vỉa này sẽ không có ý nghĩa khi xem xét để bắn mở vỉa bổ sung.

3.2.2. Nguyên lý phương pháp đo độ bão hòa dầu bằng phóng xạ (RST- Reservoir Saturation Tool)

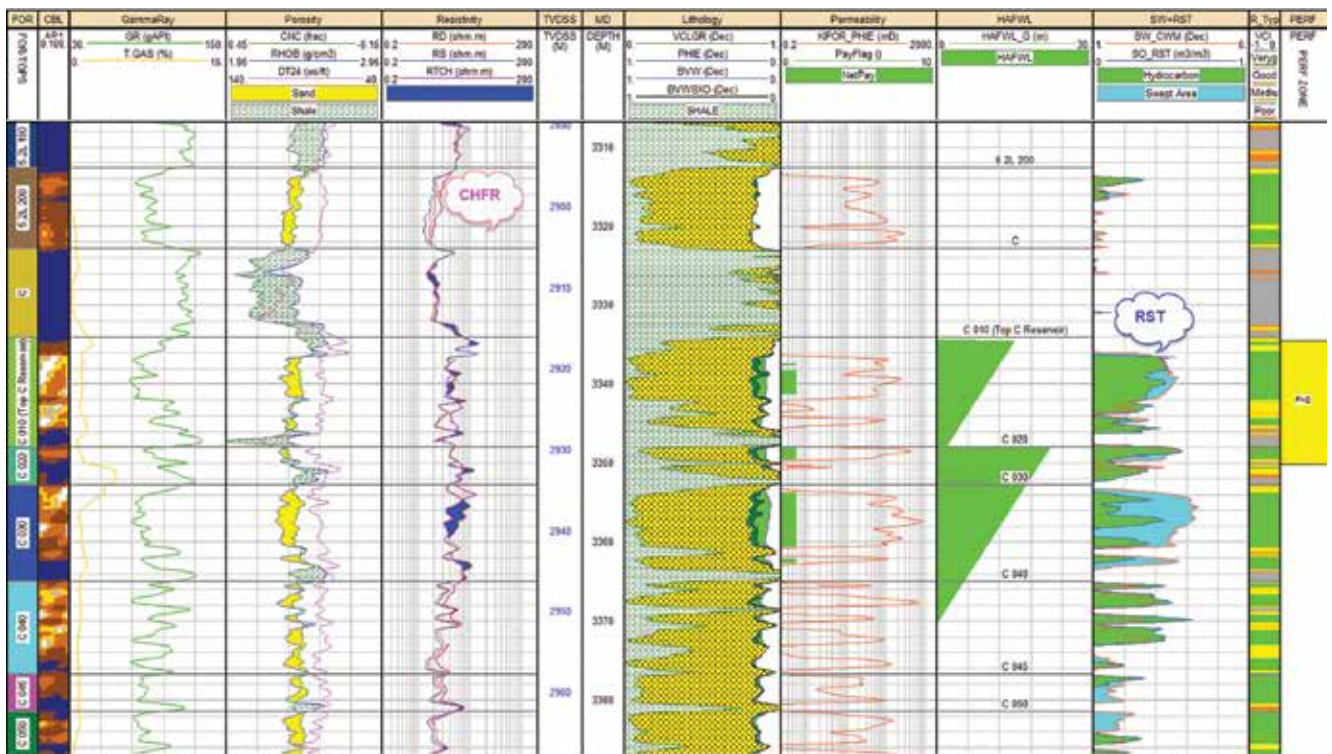
Phương pháp đo xung phóng xạ Neutron RST cung cấp đồng thời số liệu đo Sigma, thông số độ rỗng và tỷ lệ carbon/oxy (COR) của thành hệ. Quy trình đo lặp theo thời gian (time-lapse) bằng phương pháp RST được ứng dụng rộng rãi để theo dõi sự thay đổi độ bão hòa nước của vỉa và tầng chứa theo thời gian, thạch học và độ rỗng của thành hệ [2].

- Phương pháp đo Sigma

Phổ Gamma được tạo ra do tương tác hấp thụ Neutron nhiệt của thành hệ và các thành phần khác của giếng khoan.

Thiết bị đo RST được chuẩn hóa với các mô hình thành hệ và những điều kiện khác nhau về dung dịch trong giếng và ống chống.

- + Phổ Gamma từ xung Neutron ngắn đo được ở đầu thu gần được dùng để tính nồng độ muối của dung dịch trong giếng khoan;



Hình 8. Sự thay đổi độ bão hòa dầu sau ống chống

- + Phổ Gamma từ xung Neutron dài đo được ở đầu thu xa được dùng để tính giá trị Sigma của thành hệ;
- + Tỷ lệ phổ Gamma giữa đầu thu gần và xa được dùng để tính giá trị độ rỗng của thành hệ.
- Đo bằng phương thức hấp thụ và tán xạ không đàn hồi (C/O)

Phổ Gamma được tạo bởi tương tác tán xạ không đàn hồi giữa tia Neutron và các vật chất trong thành hệ và giếng khoan. Phổ Gamma sẽ được phân tích để tính hệ số đóng góp carbon và oxy, hệ số này sau đó được dùng để tính độ bão hòa dầu trong thành hệ và lòng giếng.

Phổ Gamma được tạo bởi tương tác hấp thụ Neutron cũng được đo ghi đồng thời sau xung Neutron. Hệ số đóng góp (Yield) của các nguyên tố tính được từ phổ Gamma sẽ được dùng để tính toán các thông số về thạch học, độ rỗng và nồng độ khoáng hóa biểu kiến. Để đạt được độ chính xác cần thiết, cần phải đo lặp vài lần cho cùng một khoảng chiều sâu khảo sát.

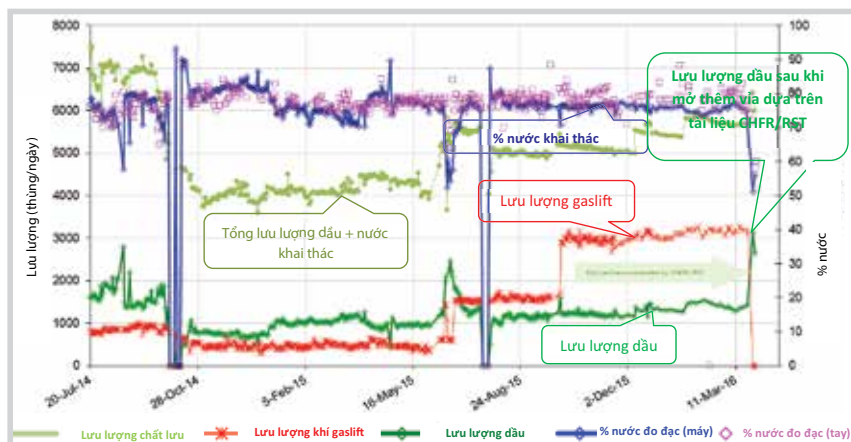
- Phân tích độ bão hòa dầu bằng số liệu (C/O)
- Mô hình phân tích cần phải đồng nhất trong quá trình phân tích số liệu. Độ bão hòa dầu được phân tích dựa trên tỷ lệ C/O của đầu thu gần và đầu thu xa với 4 điểm chuẩn (Hình 7).
- + Kết hợp CHFR và RST:

Thiết bị CHFR được khảo sát ở độ sâu từ 7 - 32ft có chiều sâu nghiên cứu khá lớn so với phương pháp đo bằng nguồn phóng xạ khoảng 6 - 8inch. Phương pháp đo C/O kém chính xác trong các vỉa có độ rỗng nhỏ và điều kiện phức tạp. Do khác nhau về nguyên lý hoạt động và có độ sâu khảo sát lớn hơn, điện trở suất đo được từ CHFR không chịu ảnh hưởng bởi vấn đề sạt lở thành giếng trong khi RST bị ảnh hưởng lớn ở những vị trí thành giếng khoan bị sạt lở lớn.

Ở vùng có bơm ép nước, giếng có 2 lớp ống chống thì phương pháp đo RST có thể hiệu quả hơn.

Điện trở suất tối đa có thể đo được bằng phương pháp CHFR phụ thuộc vào thời gian đo và số lần đo lặp tại mỗi điểm đo, kích thước ống chống, tỷ trọng và khoảng cách từ điểm đo đến thành hệ. Phép đo sẽ đạt độ chính xác cao nhất với ống chống có đường kính nhỏ và điểm đo gần với thành hệ.

- Cặn kết tủa trên bề mặt ống chống
- Cặn kết tủa có thể ngăn không cho các điện cực tiếp xúc với bề mặt ống chống, cần phải làm sạch ống chống trước khi tiến hành đo CHFR. Các giếng khoan đo CHFR tại mỏ đều được làm sạch ống chống trước khi tiến hành đo đạc.
- Ống chống kép
- Các giếng khoan khai thác tại mỏ Tê Giác Trắng được thiết kế Mono bore nên ống chống 4½inch là ống khai



Hình 9. Biểu đồ động thái khai thác của giếng MB sau khi bắn vỉa

thác. Thiết bị CHFR không thiết kế để đo qua 2 lớp ống chống, lượng biến số liên quan đến trường hợp 2 lớp ống chống là quá lớn và phức tạp để tính toán định lượng điện trở suất của vỉa. Do vậy, thiết bị CHFR hoàn toàn thích hợp với các giếng khoan khai thác tại mỏ.

Với những phân tích ưu và nhược điểm của CHFR như trên thì RST khắc phục được và ngược lại. Do vậy, việc kết hợp giữa CHFR-RST là tổ hợp thiết bị khảo sát phù hợp nhất với điều kiện hiện tại của mỏ Tê Giác Trắng.

Với những nghiên cứu cơ bản về tổ hợp thiết bị đo địa vật lý giếng khoan theo dõi động thái biến đổi độ bão hòa nước sau ống chống trong khai thác, tổ hợp PL/CHFR/RST đã tiến hành đo tại 3 giếng khoan và cho kết quả rất khả quan. Kết quả đo CHFR/RST đã đóng góp tích cực cho công tác hoạch định mở thêm vỉa. Giếng khoan MB bắt đầu khai thác vào tháng 7/2012, đến tháng 3/2016 lưu lượng khai thác khoảng 1.300 thùng dầu và hàm lượng nước khai thác khoảng 77%. Kết quả đo đạc PL/CHFR/RST đã xác định khoảng mở vỉa thêm để nâng cao sản lượng khai thác dầu, dựa trên tài liệu RST độ bão hòa nước của vỉa C30 đã bị ngập nước với độ bão hòa nước khá cao (khoảng 65 - 70%). Kết quả đo đạc và phân tích đã chỉ ra khoảng cần thiết mở thêm (PH2) là vỉa C10/20 có độ bão hòa dầu hiệu dụng hiện tại khoảng 40%, gần như không thay đổi so với ban đầu, do khả năng liên thông kém với giếng khai thác cùng tầng lân cận. Đáy của khoảng để xuất mở vỉa PH2 trên vỉa C30 có độ bão hòa nước cao là 4m, có khoảng xi măng khá tốt tại vỉa sét có thể ngăn cách theo chiều thẳng đứng để đảm bảo là nước từ tầng dưới không chảy vào tầng mở vỉa được. Hình 8 thể hiện khoảng được kiến nghị mở vỉa (PH2).

Kết quả mở vỉa dựa trên tài liệu CHFR/RST để lựa chọn khoảng bắn mìn thể hiện trong Hình 9. Kết quả đo đạc tại miệng giếng cho thấy sau khi mở thêm vỉa hàm lượng nước khai thác (BS&W) giảm từ 77% xuống còn 55%, lưu lượng dầu tăng từ 1.300 thùng/ngày lên 3.200 thùng/ngày.

4. Kết luận

Với đặc điểm địa chất phức tạp gây ra mức độ bất đồng nhất độ thấm cao do có sự xen kẽ các vỉa có độ thấm cao với các vỉa có độ thấm thấp, các vỉa chứa dầu phân lớp mỏng xen kẽ bao gồm rất nhiều ranh giới dầu nước. Các vỉa chứa dầu thuộc các hệ thống thủy lực khác nhau được mở vỉa cùng lúc và so le lệch tầng nhau đã gây ra những khó khăn trong công tác điều hành quản

lý mỏ. Tổ hợp các phương pháp đo địa vật lý (PL/CHFR/RST) kiểm tra khai thác tiến hành tại mỏ Tê Giác Trắng đã góp phần nâng cao hiệu quả công tác quản lý khai thác, điều chỉnh chế độ khai thác hợp lý, chỉ ra các khoảng mở vỉa ngập nước cao để có phương án ngăn nước, các vỉa bị giảm áp sâu để điều chỉnh chế độ khai thác. Kết quả khảo sát giếng bằng tổ hợp (PL/CHFR/RST) đã góp phần giúp công tác hoạch định kế hoạch mở vỉa thêm ở các giếng có tiềm năng một cách hợp lý và hiệu quả.

Tài liệu tham khảo

1. Oliver Houzé, Didier Viturat, Ole S.Fjaere. *Dynamic data analysis*. KAPPA. 1988 - 2012.
2. Charles W.Morris, Taha A.Aswad, Frank Morris, Timothy Michael Quinlan. *Reservoir monitoring with pulsed neutron capture logs*. SPE Europes/EAGE Annual Conference, Madrid, Spain. 13 - 16 June, 2005.
3. Phan Từ Cơ. *Thủy động lực học - Lý thuyết và ứng dụng trong công nghệ khai thác dầu khí*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội. 2007.
4. Tập đoàn Dầu khí Việt Nam. *Địa chất và tài nguyên dầu khí Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. 2007.
5. A.Daniel Hill. *Production logging - Theoretical and interpretive*. Monograph. Society of Petroleum Engineers. 1990; 14.
6. Tarek Ahmed, Paul D.McKinney. *Advanced reservoir engineering*. Gulf Professional Publishing, Houston, Texas. 2005.
7. *Welltest interpretation*. 2002.
8. Schlumberger. *Introduction to well testing*. Schlumberger Wireline and Testing. 1998.
9. Peter Goode. *Well testing*. Schlumberger. 1992.

10. B.Sh.Singer, O.Fanini¹, K.M.Strack¹, L.A.Tabarovsky, X.Zhang. *Measurement of formation resistivity through steel casing*. SPE Annual Technical Conference & Exhibition, Dallas, USA. 22 - 25 October, 1995.
11. Keith J.Bartenhagen, Jon C.Bradford, Dale Logan. *Cased hole formation resistivity: Changing the way we find oil and gas*. SPE Permian Basin Oil and Gas Recovery Conference, Midland, Texas. 15 - 16 May, 2001.
12. S.M.Ma, F.A.Al-Ajmi, A.M.Al-Shahri, A.M.Al-Bhair. *Looking behind casing: Evaluation and application of cased-hole resistivity in Saudi Arabia*. SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, Perth, Australia. 18 - 20 October, 2004.
13. B.H.Herold, D.Benimeli, C.Levesque, I.Dubourg, J.Cadenhead. *Combinable through-tubing cased hole formation resistivity tool*. SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Texas, USA. 26 - 29 September, 2004.
14. Gharib Moustafa Hamada. *Cased-hole formation resistivity (CHFR) technique improves hydrocarbon saturation monitoring in developed reservoirs*. SPE Eastern Regional Meeting, Canton, Ohio, USA. 11 - 13 October, 2006.
15. Christopher Anthony Okuku, Abdellatif Zanoun, Hamoudi Ali, Kanit Nouredine, Nabil Mokrani. *Deriving matrix properties, fluid types and saturation from RST-CHFR combination in Siegenian reservoir of Bir Berkine field, Algeria*. SPE Europe/EAGE Annual Conference, Rome, Italy. 9 - 12 June, 2008.
16. Dhruva Jyoti Dutta, Abdallah Bekhiet Badr. *Resistivity through casing measurement successfully applied to improve oil recovery and water shut off: A case study from Western Desert, Egypt*. SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, Perth, Australia. 20 - 22 October, 2008.
17. Abdallah Bekhiet Badr, Mohamed Gharib, Ismaiel Shaaban Mahgoub. *Effective use of resistivity behind casing to improve oil recovery from a brown oil field: A case study from the Western Desert, Egypt*. SPE North Africa Technical Conference and Exhibition, Cairo, Egypt. 14 - 17 February, 2010.
18. Dale H.May, Scott James Jacobsen, Jerry A.Rushing, Brian Reynolds, Leland I.Swager. *Identifying and correcting for high-resistivity cement effects for cased-hole resistivity-log analysis*. SPE Annual Technical Conference and Exhibition. San Antonio, Texas, USA. 24 - 27 September, 2006.
19. Adil Al Busaidy, Zouhir Zaouali, Carlos Erik Baumann, Enzo Vegliante. *Controlled wellbore implosions show that not all damage is bad*. SPE European Formation Damage Conference, Noordwijk, the Netherlands. 7 - 10 June, 2011.
20. Sherif Ghadir, Abdallah Ismail. *Cased hole formation resistivity evaluation results in successful identification and isolation of watered out zones in Nubia formation*. SPE North Africa Technical Conference and Exhibition, Cairo, Egypt. 20 - 22 February, 2012.

COMBINABLE CASED HOLE LOGGING TOOLS IMPROVE HYDROCARBON SATURATION MONITORING AND RESERVOIR MANAGEMENT IN TE GIAC TRANG FIELD

Cu Xuan Bao¹, Pham Thi Thuy¹, John Sutherland¹, Bui Huu Phuoc¹
Bui Thieu Son², Nguyen Anh Duc², Nguyen Long³

Dinh Manh Quan³, Pham Van Tuan⁴

¹Hoang Long Joint Operating Company

²Petrovietnam Exploration Production Corporation

³Vietnam Oil and Gas Group

⁴Hanoi University of Mining and Geology

Email: bhphuoc@hlhvjoc.com.vn

Summary

The hydrocarbon reservoirs of Te Giac Trang field lie in the low-resistivity sediments with complicated geological features. The main reservoir formations are thin interbedded sand layers with multiple oil-water contacts, making monitoring and management of production activities in intervals very challenging. A combination of advanced wireline logging tools consisting of PL/CHFR/RST (Production Log/Cased Hole Formation Resistivity/Reservoir Saturation Tool) have, therefore, been used for effective production monitoring and reservoir management in the field.

Key words: Water saturation, cased hole formation resistivity.