

TÍNH TOÁN ĐỘ BẢO HÒA NƯỚC ĐỐI VỚI LÁT CẮT ĐIỆN TRỞ THẤP Ở TẦNG CHỨA MIOCEN DƯỚI MỎ TÊ GIÁC TRẮNG

ThS. Bùi Hữu Phước, ThS. Phạm Tuấn Dũng, ThS. Lê Công Trung

Công ty Liên doanh điều hành chung Hoàng Long - Hoàn Vũ

PGS.TS. Hoàng Văn Quý

Hội Dầu khí Việt Nam

Tóm tắt

Mỏ Tê Giác Trắng là một đối tượng đặc biệt của bồn trũng Cửu Long, được phát hiện trong tầng chứa Miocen dưới điện trở thấp gây khó khăn cho các nhà địa chất, địa vật lý giếng khoan trong việc tính độ bão hòa dầu/nước cho tầng chứa. Nguyên nhân gây ra điện trở thấp, độ phân dị kém giữa vỉa chứa của đất đá là do: vỉa chứa phân lớp mỏng, sự có mặt sét phân tán, lỗ rỗng micro, sự có mặt của các khoáng vật dẫn điện, kích thước hạt, thể nằm vỉa chứa, hàm lượng khoáng hóa nước vỉa... Việc tính toán độ bão hòa nước sử dụng các phương pháp truyền thống như: Archie, Simandoux, Indonesian, Dual Water, Waxman-Smiths... thường cao hơn so với thực tế. Do vậy, sự kết hợp các phương pháp địa vật lý truyền thống với hàm J sẽ nâng cao mức độ chính xác của việc tính toán độ bão hòa nước cho mỏ Tê Giác Trắng.

1. Nguyên nhân gây ra hiện tượng điện trở thấp ở mỏ Tê Giác Trắng [1 - 3, 6 - 10]

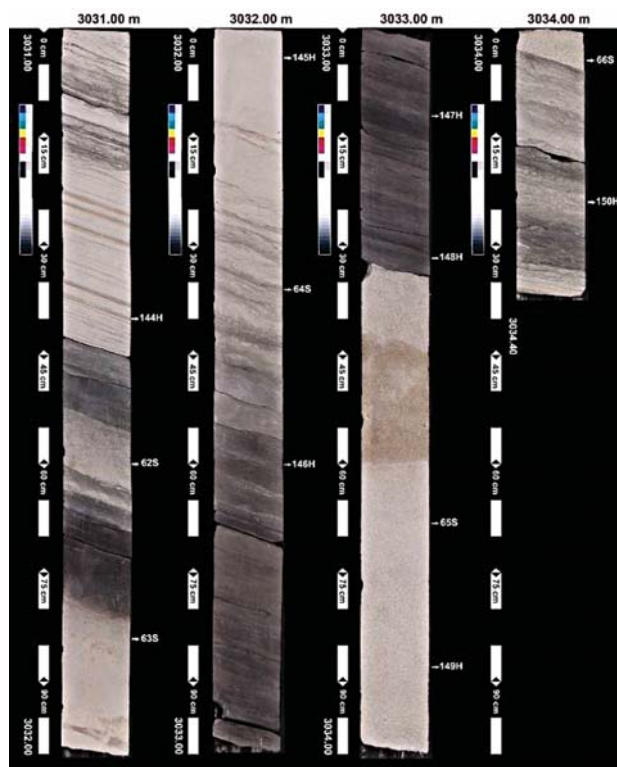
Miocen dưới là tầng chứa dầu lớn thứ hai sau tầng đá móng nứt nẻ của bể Cửu Long. Mỏ Tê Giác Trắng nằm ở phía Đông Bắc của Lô 16-1, bồn trũng Cửu Long, cách Vũng Tàu 100km về phía Đông Nam, cách mỏ Bạch Hổ 20km về phía Tây Bắc và cách mỏ Rạng Đông 35km về phía Tây. Hiện nay, mỏ Tê Giác Trắng được điều hành bởi Công ty Liên doanh điều hành Hoàng Long (Hoang Long JOC) với 2 giàn đầu giếng khai thác từ tầng chứa này với lưu lượng xấp xỉ 55.000 thùng/ngày. Đối tượng chứa chính của mỏ Tê Giác Trắng là các tập cát sét xen kẹp thuộc hệ tầng Bạch Hổ tập BI.1 có tuổi Miocen sớm và tầng chứa thứ hai là tập cát thuộc hệ tầng Trà Tân có tuổi Oligocen muộn.

Mỏ Tê Giác Trắng được phân chia thành 5 khối H1, H2, H3, H4, H5 và được ngăn cách nhau bởi các đứt gãy có hướng Đông Đông Bắc - Tây Tây Nam. Các vỉa chứa nằm trên các khối nhô được khép kín 4 chiều và một số tầng chứa khác là sự kết hợp của khép kín cấu trúc và chắn do đứt gãy. Mỏ có cấu trúc bậc thang nông dần về phía Bắc và sâu dần về phía Nam.

Lát cắt chứa dầu điện trở thấp là đặc trưng của mỏ Tê Giác Trắng. Đới chứa dầu có điện trở đo sâu nằm trong khoảng từ 1,9 - 4,5Ω. Đặc trưng này do ảnh hưởng của vỉa chứa phân lớp mỏng, sự có mặt của các khoáng vật dẫn điện, thể nằm của vỉa chứa, phân bố của sét trong các tập

cát chứa dầu, đá chứa có lỗ rỗng micro, kích thước hạt, nồng độ khoáng hóa của nước vỉa cao... là nhân tố ảnh hưởng gây ra điện trở thấp của đới chứa dầu.

Cụ thể, các vỉa chứa mỏng (khoảng 0,5 - 1,5m) khiến các thiết bị đo điện trở không phản ánh được điện trở



Hình 1. Mẫu lõi cắt qua tầng chứa sét phân tán của mỏ Tê Giác Trắng

thực của vỉa chứa do trung bình hóa với điện trở thấp của các vỉa sét lân cận. Sự có mặt của các khoáng vật dẫn điện như pyrite, glauconite, hematite, graphite, smectite, illite, chlorite, kaolinite... hoặc các mảnh vụn dẫn điện có mặt trong đá chứa ảnh hưởng đến điện trở đo được của thiết bị. Thể nằm của các vỉa chứa mỏng sẽ ảnh hưởng rất lớn đến kết quả đo của thiết bị nếu vỉa chứa không vuông góc với thiết bị đo. Sự phân bố của sét phân tán, sét phân lớp, sét laminated làm tăng diện tích bề mặt của đất đá và hàm lượng nước bao quanh, do đó dẫn đến đá chứa có điện trở thấp. Nước vỉa có nồng độ khoáng hóa cao, chứa nhiều cation làm tăng khả năng dẫn điện cũng là nguyên nhân gây ra điện trở thấp. Bên cạnh đó, việc sử dụng dung dịch khoan gốc nước có nồng độ khoáng hóa cao trong quá trình thi công giếng khoan dẫn đến áp suất tạo bởi cột dung dịch khoan luôn có xu thế lớn hơn áp suất thành hệ, tạo ra đới ngấm sâu tại những nơi có độ thấm tốt, đây là nguyên nhân của hiện tượng điện trở thấp của vỉa chứa. Kích thước hạt từ mịn đến rất mịn sẽ làm tăng hàm lượng nước bao quanh và nước dư cũng là nguyên nhân gây ra hiện tượng điện trở thấp của đá chứa.

Bảng 1. Kết quả phân tích thành phần khoáng vật đối với mẫu lõi của mỏ Tê Giác Trắng

Độ sâu (m)	Quartz (%)	K-Feldspar (%)	Plagioclase	Mica và khoáng vật sét khác (%)	Kaolinite và Chlorite	Calcite	Epidote (%)	Pyrite (%)	Sylvite và Halite (%)
2.839,5	49,5	16,6	14,3	5,8	11,1		1,3	1,0	0,4
3.066,5	43,3	11,2	25,8	3,2	13,6		1,3	1,0	0,4
3.116,5	28,9	11,1	17,7	15,4	24,4		1,0	0,9	0,5
3.174,5	40,8	30,1	17,2	2,1	6,6	1,5	0,7	0,9	0,3
3.181,0	43,4	23,5	21,2	2,0	7,6		1,2	0,7	0,4
3.220,0	70,2	5,9	4,3	12,4	5,0	0,6	0,6	0,6	0,6
3.297,5	43,2	15,3	19,2	2,0	17,0	0,8	1,2	0,9	0,5
3.415,0	57,8	13,5	15,2	3,4	8,3		0,7	0,6	0,5
3.425,0	60,3	13,3	15,0	2,1	7,7		0,6	0,6	0,4

Bảng 2. Kết quả phân tích thành phần khoáng vật sét (độ hạt nhỏ hơn 2 microns)

Độ sâu (m)	Kaolinite (%)	Chlorite (%)	Illite (%)	Smectite (%)	Hỗn hợp lớp Illite-Smectite (%)
2.799,0	16,7	12,6	10,6	57,9	2,2
2.827,0	20,5	36,4	24,6	14,0	4,5
2.839,5	46,8	17,2	12,0	18,1	5,9
2.914,0	24,6	16,7	25,8	28,2	4,7
2.934,0	32,4	22,4	14,7	26,5	4,0

Nguyên nhân chính gây ra điện trở thấp ở mỏ Tê Giác Trắng là: vỉa chứa phân lớp mỏng nằm xen kẽ với các vỉa sét (Hình 1), các vỉa sản phẩm có chiều dày nhỏ hơn giới hạn nhận biết của thiết bị đo, do đó kết quả đo điện trở dường như không có sự phân dị theo chiều thẳng đứng, điện trở của đới chứa dầu đo được nhỏ hơn điện trở thực của vỉa. Ngoài ra, kết quả phân tích thạch học cho thấy sự có mặt của các khoáng vật dẫn điện (pyrite) nằm trong đá chứa (Bảng 1), sự phân bố của sét phân tán, đới ngấm sâu xung quanh giếng khoan.

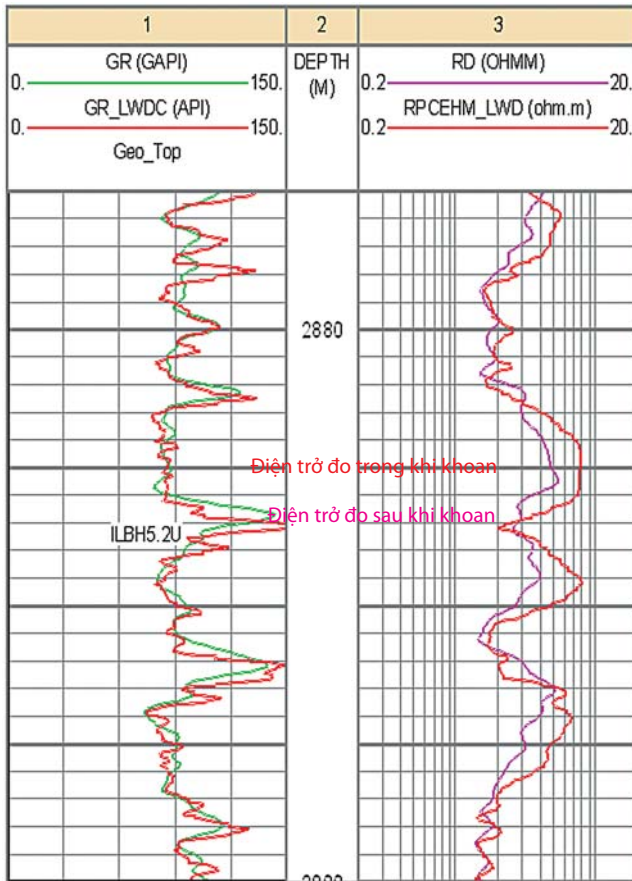
Do sự phân tán của khoáng vật sét tạo thành những đường dẫn điện với một lượng lớn cation bám quanh điện tích âm của sét. Sự di chuyển của cation theo bề mặt của sét tạo thành đường dẫn điện. Diện tích bề mặt sét càng lớn thì khả năng di chuyển của cation càng cao, do vậy dẫn đến điện trở thấp của đới chứa dầu. Theo kết quả phân tích khoáng vật sét, sự xuất hiện của các khoáng vật sét với lượng lớn, đặc biệt là smectite là nguyên nhân chính gây ra hiện tượng điện trở thấp của các vỉa chứa dầu (Bảng 2).

Tại những vỉa chứa dầu có độ thấm lớn, điện trở suất thấp hơn so với điện trở của các vỉa cát lân cận, cho thấy có đới xâm nhập sâu cũng là nguyên nhân gây ra điện trở thấp. Hình 2 thể hiện rất rõ hai đường điện trở đo trong khi khoan và đo sau khi khoan.

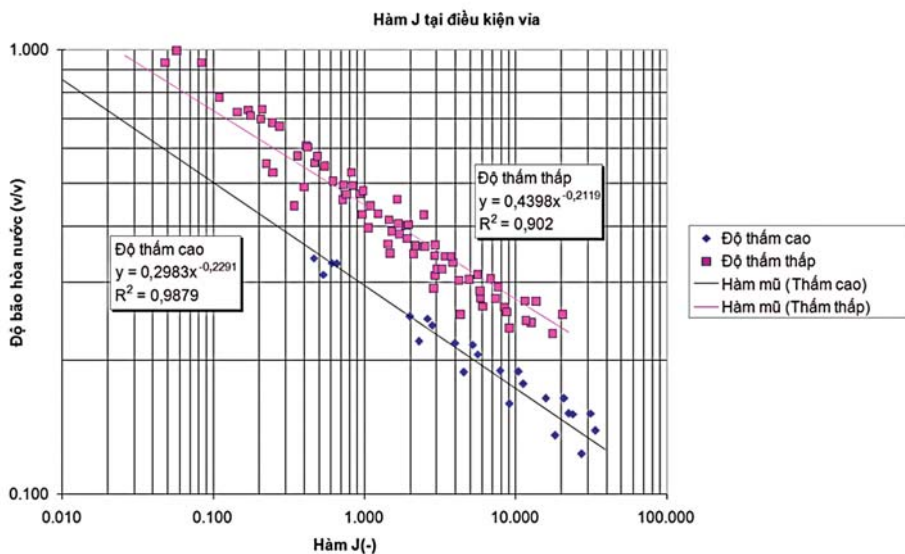
2. Sử dụng hàm J để tính toán độ bão hòa nước của vỉa chứa mỏ Tê Giác Trắng [1 - 4]

Các yếu tố gây ra điện trở thấp trong đới chứa dầu của mỏ Tê Giác Trắng đã được xem xét và hiệu chỉnh trước khi tính toán độ bão hòa nước. Tuy nhiên, do ảnh hưởng của các yếu tố trên không đồng đều dọc theo thành giếng khoan nên đã gây ra khó khăn trong quá trình hiệu chỉnh số liệu để tính toán. Vì vậy, mô hình tính toán độ bão hòa nước dựa trên hàm J với biến số là chiều cao thân dầu, áp suất mao dẫn kết hợp với sự phân loại theo độ thấm đã được xây dựng dựa trên các nghiên cứu mẫu lõi của mỏ Tê Giác Trắng sẽ giải quyết được các yếu tố ảnh hưởng đến độ bão hòa nước.

Hàm J là đường cong đại diện tốt nhất được sử dụng cho việc tính toán độ bão hòa nước của vỉa chứa tại mỏ Tê Giác Trắng. Dựa trên kết quả nghiên cứu sự biến đổi độ thấm tuyệt đối của mẫu lõi, có hai hàm J đặc trưng dựa trên mối quan hệ độ bão hòa và độ thấm. Hồi quy với hàm mũ thì khá phù hợp với hai nhóm có độ thấm cao và độ thấm thấp (Hình 3).



Hình 2. So sánh điện trở đo trong khi khoan và sau khi khoan



Hình 3. Mối quan hệ giữa hàm J và độ bão hòa nước

$$S_w = \frac{a}{J^b}$$

Trên Hình 3: Hàm J sẽ được nội suy và mặc định là khi áp suất mao dẫn bằng 0,01psi thì độ bão hòa nước là 100%. Như vậy hàm J sẽ có hai loại sau:

- Với độ thấm nhỏ hơn 1.300mD (< 1.300mD)

$$S_w = \frac{0,4398}{J^{0,2119}}$$

- Với độ thấm lớn hơn 1.300mD (> 1.300mD)

$$S_w = \frac{0,2983}{J^{0,2291}}$$

Hàm J phải được chuyển đổi về điều kiện vỉa với tất cả các tham số nên có dạng như sau:

$$S_w = \frac{a}{\left[\left(\frac{0,2166 \times (\rho_w - \rho_o) \times H}{\sigma \times \cos \theta_{res}} \right) \sqrt{\frac{K_a}{\phi}} \right]^b}$$

Trong đó:

ρ_w : Gradient của nước (0,428psi/ft);

ρ_o : Gradient của dầu (0,29psi/ft);

σ : Sức căng bề mặt của dầu 14 - 20dynes/cm;

θ : Góc dính ướt của dầu;

S_w : Độ bão hòa nước tổng (%);

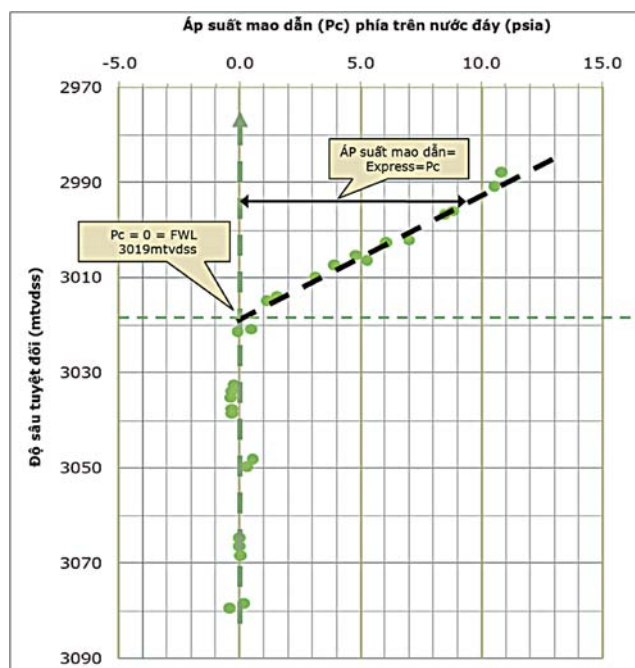
H: Chiều cao của cột dầu tính từ (FWL) tính theo Excess Pressure (ft) (Hình 4).

Hình 5 cho thấy, nếu sử dụng mô hình cát sét để tính toán độ bão hòa nước với việc sử dụng các số liệu địa vật lý giếng khoan hiện có, độ bão hòa nước trong vùng sản phẩm là 59,8%. Kết quả này cao hơn độ bão hòa nước tính toán theo hàm J, độ bão hòa nước trung bình trong vùng chứa sản phẩm là 35,6%. Kết quả tính theo hàm J kết hợp số liệu địa vật lý giếng khoan có độ tin cậy cao hơn vì khá phù hợp với kết quả thử vỉa với lưu lượng $Q_o = 6.099$ thùng/ngày (choke 80/64", không có nước).

Kết luận

Với sự phân bố phức tạp của sét, các khoáng vật dẫn điện,

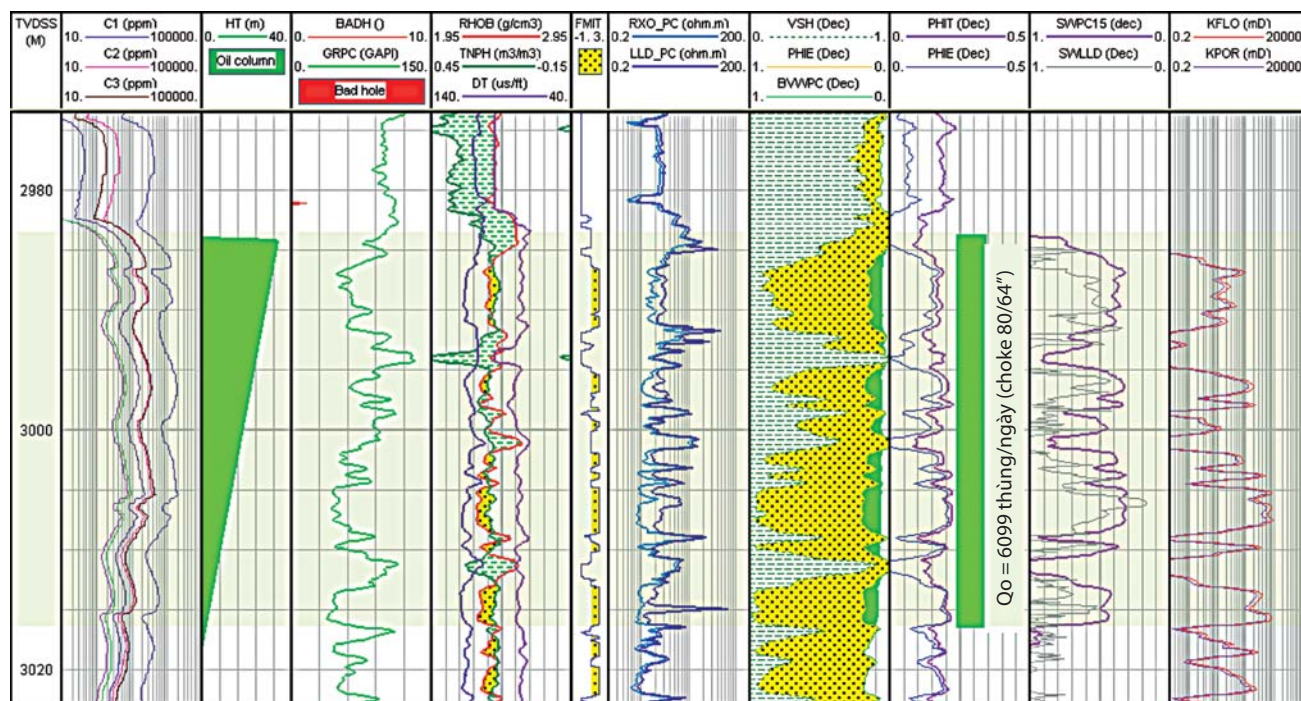
các vỉa chứa phân lớp mỏng, sự ảnh hưởng môi trường trầm tích, mức độ bất đồng nhất của đất đá... là nguyên nhân gây ra hiện tượng điện trở thấp trong vùng đá chứa Miocen dưới, dẫn đến việc tính toán độ bão hòa nước tổng cao hơn thực tế. Nhóm tác giả đã ứng dụng thành công phương pháp sử dụng hàm J để tính toán độ bão hòa nước với mức độ tin cậy cao, góp phần phát hiện chính xác các đới chứa dầu để bắn vỉa, nâng cao sản lượng khai thác và là cơ sở để tính toán hệ số thu hồi dầu.



Hình 4. Chiều cao cột dầu tính theo Excess Pressure

Tài liệu tham khảo

1. Hoang Long JOC. Các báo cáo địa chất kết thúc giếng khoan Lô 16-1 bể Cửu Long. 2006 - 2012.
2. Mark Deakin Petrophysics. *Integrated petrophysics for reservoir characterization*. Petrophysics Pty Ltd Copyright. 2008.
3. Roger Griffiths, Andrew Carnegie. *Evaluation of low resistivity pay in carbonates - A breakthrough*. Society of Petrophysicists and Well - Log Analysts. SPWLA 47th Annual Logging Symposium, Mexico. June 4 - 7, 2006.
4. Alton Brown Consultant. *Improved interpretation of wire line pressure data*. AAPG Bulletin. 2003; 87(2): p. 295 - 311.
5. Djebbar Tiab, Erle C. Donaldson. *Petrophysics second edition*. Gulf Professional Publishing. 2004.
6. A. Shigeaki, H. Takezaki, M. Miwa, O. Kobayashi, M. Suzuki, M. Nishi. *A new interpretation model using nuclear magnetic resonance log for micritic reservoirs*. SPE 68084, SPE Middle East Oil Show, Bahrain. 2001.
7. B.A. Kulikov, Tran Xuan Nhuan. *A theoretical model of reservoir resistivity to be used in the low resistivity productive reservoir in the Miocene deposits of the Rong Field*. Conference on "The Vietnam Oil and Gas Industry on the Event of the 21st Century". 2000.
8. Malcolm Rider. *The geological Interpretation of well*



Hình 5. Độ bão hòa nước tổng trong đới chứa dầu điện trở thấp

logs. Whittles Publishing, Sutherland, Scotland. 1996.

9. Pierre Berger. *Detecting hydrocarbons in low resistivity environments*. Schlumberger - South East Asia Unit Interpretation Group Jakarta, Indonesia. 1991.

10. G.E.Archie. *The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics*. Trans. AIME. 1942.

Evaluation of water saturation in the low-resistivity reservoirs of Te Giac Trang Field

Bui Huu Phuoc, Pham Tuan Dung, Le Cong Trung
Hoang Long - Hoan Vu JOC's
Hoang Van Quy
Vietnam Petroleum Association

Summary

Te Giac Trang is one among a series of oil fields in the Cuu Long basin which were discovered in the low-resistivity Lower Miocene sequences. Evaluation of the water saturation of pay sands in Te Giac Trang's reservoirs has been a challenge to geologists and petrophysicists. It is believed that low resistivity is a resulting effect of many factors such as thin beds, the low degree of sand compaction, the presence of highly conductive minerals, e.g. pyrite, and montmorillonite that significantly increases the surface conductivity. In the Te Giac Trang field, the traditional shaley sand model and modified Archie equation constants have been used to calculate water saturation. The said method combined with the results of pressure pre-test allows us to enhance the accuracy of water saturation calculation for those low-resistivity pay sands.

