

DỰ BÁO TÌNH TRẠNG NGẬP NƯỚC CỦA CÁC GIẾNG KHAI THÁC MỎ LAN TÂY TRÊN CƠ SỞ ỨNG DỤNG NGUYÊN LÝ CÂN BẰNG VẬT CHẤT

Vũ Mạnh Hào, Lê Vũ Quân
Vũ Đức Ứng, Phạm Hồng Sơn
 Viện Dầu khí Việt Nam
 Email: haovm@vpi.pvn.vn

Tóm tắt

Mỏ Lan Tây (thuộc Lô 06-1, bể Nam Côn Sơn) có diện tích khoảng 950km², được đưa vào khai thác từ cuối năm 2002. Tính đến hết tháng 12/2016, mỏ Lan Tây đã khai thác được 47,53 tỷ m³ khí (chiếm 95,06% tổng trữ lượng khí có thể thu hồi), 18,71 triệu thùng condensate (chiếm 94% tổng trữ lượng condensate có thể thu hồi). Đến nay, mỏ Lan Tây chưa xảy ra hiện tượng ngập nước tại các giếng khai thác, tuy nhiên việc dự báo thời điểm ngập nước có ý nghĩa quan trọng trong chiến lược quản lý và khai thác mỏ. Bài báo phân tích và dự báo hiện tượng ngập nước của các giếng khai thác mỏ Lan Tây, từ đó đề xuất phương án khai thác mỏ hiệu quả.

Từ khóa: Mỏ Lan Tây, tình trạng ngập nước.

1. Giới thiệu

Mỏ Lan Tây được đưa vào khai thác từ cuối năm 2002. Sau khi đưa lần lượt 5 giếng (1P, 2P, 3P, 5P và 6P) vào khai thác, sản lượng khai thác của mỏ Lan Tây trong năm 2004 đạt 2,58 tỷ m³ (0,091 nghìn tỷ ft³) khí và 0,7 triệu thùng condensate. Trong giai đoạn 2005 - 2013, sản lượng khai thác khí đạt trên 3,5 tỷ m³/năm (0,12 nghìn tỷ ft³), sản lượng condensate trên 0,6 triệu thùng/năm. Từ năm 2014, kế hoạch sản lượng khai thác khí của mỏ Lan Tây được điều chỉnh giảm so với các năm trước và lần lượt ở mức là 2,7 tỷ m³ (2014) và 2,5 tỷ m³ (2015), 1,8 tỷ m³ (2016). Tính đến hết tháng 12/2016, tổng sản lượng khai thác của mỏ Lan Tây là 47,53 tỷ m³ khí và 18,71 triệu thùng condensate [1].

Lượng nước khai thác của mỏ Lan Tây là lượng nước trong khí ngưng tụ lại, do vậy hàm lượng muối trong nước khai thác khá thấp, trung bình 80 - 110ppm. Từ tháng 5/2015 đến nay, hàm lượng muối trong nước khai thác của mỏ có thời điểm ở mức khá cao (> 3.000ppm) vượt ngưỡng cho phép (150ppm) khi có sự tham gia khai thác với lưu lượng cao của các giếng 5P và 6P (2 giếng có khoảng mở vỉa sâu nhất) (Hình 1). Sự tăng hàm lượng muối trong nước khai thác có thể dự báo ranh giới khí - nước đang dần tiệm cận tới khoảng mở vỉa của các giếng này. Hiện tại tỷ số nước - khí của mỏ Lan Tây là 1,78 thùng/tỷ ft³ tiêu chuẩn.

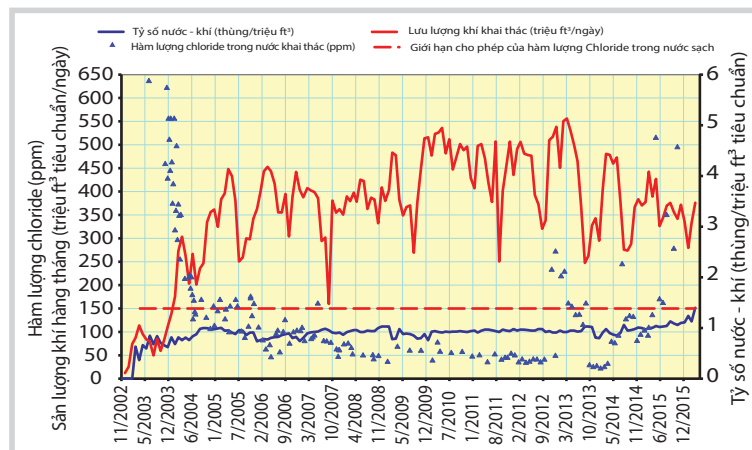
Trong bài báo này, nhóm tác giả phân tích và dự báo khả năng xảy ra hiện tượng ngập nước của các giếng khai thác trên cơ sở áp dụng nguyên lý cân bằng vật chất, từ đó đề xuất giải pháp nhằm kéo dài thời gian khai thác mỏ.

2. Dự báo cơ chế năng lượng vỉa và đánh giá khả năng ngập nước mỏ Lan Tây

2.1. Dự báo cơ chế năng lượng vỉa

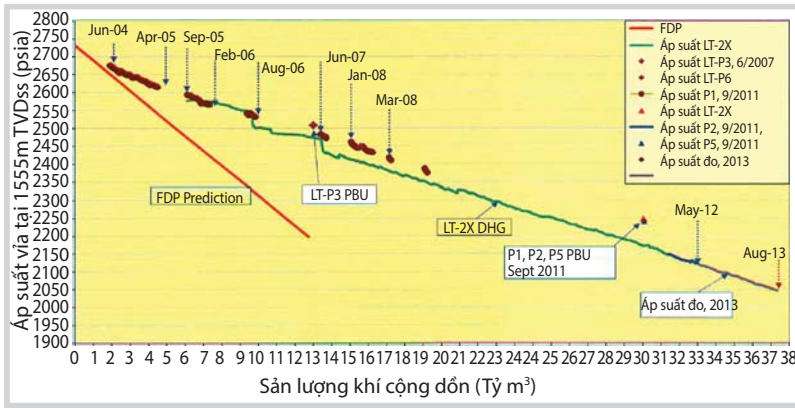
Động thái áp suất vỉa của mỏ Lan Tây khá tốt. Từ năm 2002 - 2011, áp suất chỉ giảm 530psia (từ 2.779psia giảm còn 2.250psia) tốt hơn nhiều so với đường suy giảm áp suất theo FDP. Theo xu hướng suy giảm áp suất hiện nay (Hình 1) thì khi tổng sản lượng khai thác đạt đến trữ lượng thu hồi 1,78 nghìn tỷ ft³, áp suất vỉa suy giảm còn 1.900psia tại 1.555mTVDss.

Đối với vỉa khí condensate, cơ chế năng lượng vỉa có thể được xác định qua mối tương quan giữa áp suất vỉa (hay tỷ số P/z) và sản lượng khai thác khí - condensate cộng dồn (G_p) [4].

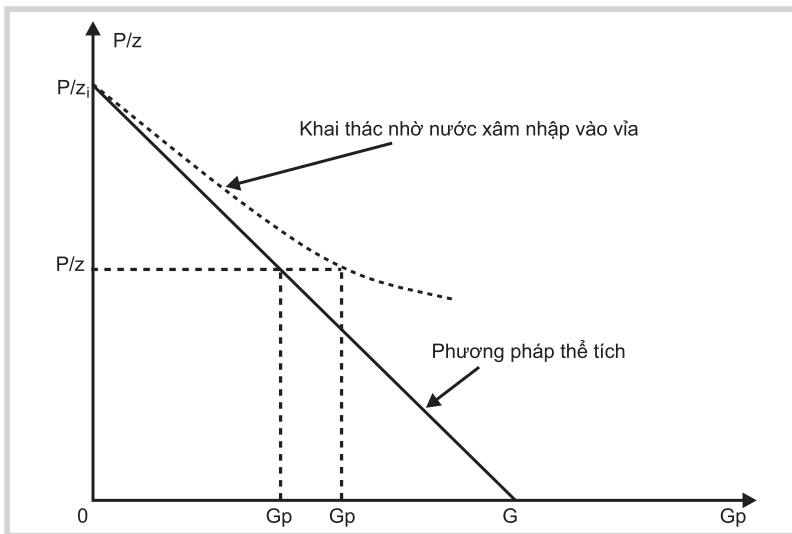


Hình 1. Hàm lượng chloride trong nước khai thác và tỷ số nước - khí mỏ Lan Tây [2]

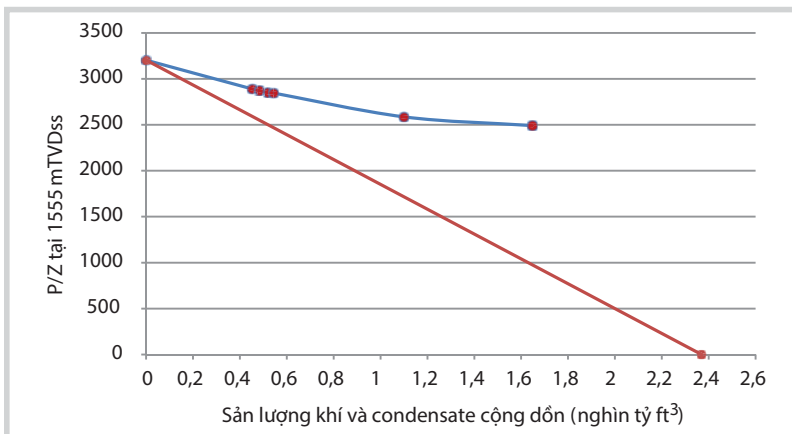
Ngày nhận bài: 8/7/2016. Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 11/7 - 14/7/2016. Ngày bài báo được duyệt đăng: 22/12/2016.



Hình 2. Hiện trạng áp suất vỉa và sản lượng khí cộng dồn [3]



Hình 3. Quan hệ giữa P/z và Gp đối với mỏ khí trong trường hợp vỉa khai thác với tầng nước đáy và vỉa thể tích



Hình 4. Quan hệ giữa P/z với sản lượng khai thác khí và condensate cộng dồn mỏ Lan Tây

Đối với vỉa khai thác bằng cơ chế năng lượng tự nhiên không có vùng nước hỗ trợ (aquifer) thì mối quan hệ giữa áp suất vỉa với sản lượng khai thác khí - condensate cộng dồn là tuyến tính và được thể hiện như phương trình sau:

$$\frac{P}{z} = -\frac{P_i}{z_i G} G_p + \frac{P_i}{z_i}$$

Đối với vỉa có nước hỗ trợ thì mối quan hệ giữa áp suất vỉa với sản

lượng khí - condensate cộng dồn là không tuyến tính vì sự suy giảm áp suất vỉa trong quá trình khai thác nhỏ hơn so với trường hợp khai thác bằng cơ chế năng lượng tự nhiên không có vùng nước hỗ trợ (Hình 3).

Từ kết quả đo áp suất, việc xây dựng đường cong P/z (Hình 4) cho thấy các giếng của mỏ Lan Tây có nước đáy hỗ trợ như đã đề cập trong báo cáo FDP với thể tích aquifer là 220 tỷ thùng.

3.2. Đánh giá khả năng ngập nước

Mỏ Lan Tây đang được khai thác với lưu lượng ổn định, chưa xảy ra hiện tượng nước xâm nhập tại các giếng khai thác. Tuy nhiên, do đặc thù mỏ có vùng nước đáy lớn nên có thể gây ra hiện tượng ngập nước. Vì vậy, việc phân tích và dự báo khả năng ngập nước để có biện pháp xử lý kịp thời nhằm nâng cao hiệu quả khai thác là rất cần thiết.

Để xác định vị trí ranh giới khí - nước trong quá trình khai thác và tại thời điểm kết thúc khai thác mỏ được thực hiện thông qua việc tính toán lượng nước xâm nhập vào vỉa, dựa trên phương trình cân bằng vật chất [4]:

$$G(B_g - B_{gi}) + GB_{gi} \left[\frac{C_w S_{wi} + C_f}{1 - S_{wi}} \right] \Delta \bar{p} + W_e = G_p B_g + B_w W_p \quad (1)$$

Trong đó:

G : Trữ lượng khí và condensate tại chỗ;

B_g : Hệ số thể tích của khí;

B_{gi} : Hệ số thể tích của khí ban đầu;

B_w : Hệ số thể tích của nước;

C_w : Hệ số nén của nước;

C_f : Hệ số nén của đất đá;

S_{wi} : Độ bão hòa nước ban đầu;

W_e : Lượng nước xâm nhập;

W_p : Lượng nước khai thác.

3.2.1. Tính toán ranh giới khí - nước

Tính đến ngày 31/5/2016, sản lượng khai thác cộng dồn của mỏ Lan Tây đạt 1.650 tỷ ft³ khí (đã khai thác được 91% trữ

lượng thu hồi) và 18,5 triệu thùng condensate (đã khai thác được 92% trữ lượng thu hồi) [1]. Lượng nước khai thác cộng dồn: 1,63 triệu thùng. Mức độ suy giảm áp suất vỉa theo sản lượng khai thác cộng dồn được thể hiện ở Hình 2. Dựa theo mối quan hệ này có thể ước tính áp suất vỉa trong tháng 5/2016 là khoảng 1.950psia tại 1.555mTVDss và 1.964psia tại 1.630mTVDss.

Các thông số, tính chất chất lưu và vỉa chứa được trình bày ở Bảng 1 [5].

Sản lượng condensate và nước khai thác quy đổi được tính theo các công thức sau [4]:

- Lượng condensate quy đổi được tính theo công thức:

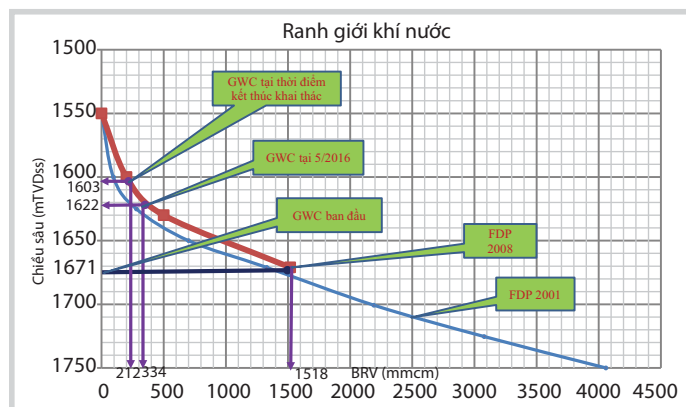
$$GE = V = \frac{nR'T_{sc}}{p_{sc}} = \frac{350,5 \gamma_0 (10,73) (520)}{M_{wo} (14,7)} = 133,000 \frac{\gamma_0}{M_{wo}} \quad (2)$$

Trong đó:

$$M_{wo} = \frac{5954}{\rho_0 API - 8,811} = \frac{42,43 \gamma_0}{1,008 - \gamma_0} \quad (3)$$

Bảng 1. Đặc điểm chất lưu và vỉa chứa

Trữ lượng khí tại chỗ (tỷ ft ³)	2.370
Trữ lượng condensate tại chỗ (triệu thùng)	27,3
B _g (cuft/SCF)	0,007274302
B _{gi} (cuft/SCF)	0,006063914
C _w (psi ⁻¹)	3,46 × 10 ⁻⁶
S _{wi}	0,05
C _f (psi ⁻¹)	6,30 × 10 ⁻⁶
Độ rỗng đá chứa Φ, (%)	31
Thể tích khung đá ban đầu (BRV ban đầu) triệu m ³	1518
B _w , rb/stb	1,03
Tỷ số nước - khí trung bình (WGR), thùng/triệu ft ³ tiêu chuẩn	0,98
Độ bão hòa khí dư	0,3
Hệ số nén hiện tại z	0,87
Áp suất vỉa tại 1.555m TVDss (psia)	1.950
Nhiệt độ vỉa (°F)	205
Áp suất vỉa ban đầu tại 1.600m TVDss (psia)	2.795
Hệ số nén ban đầu Z _i	0,903
Gradient áp suất (psi/ft)	0,0422



Hình 5. Xác định ranh giới khí - nước theo BRV [5, 6]

- Lượng nước quy đổi được tính theo công thức:

$$GE_w = \frac{nR'T_{sc}}{p_{sc}} = \frac{350,5 \times 1,00 \times 10,73 \times 520}{18 \times 14,7} \quad (4)$$

$$= 7390 \text{ ft}^3 \text{ tiêu chuẩn/thùng}$$

- Lượng condensate quy đổi theo công thức (2) và (3) là 13,1 tỷ ft³

- Lượng nước khai thác quy đổi theo công thức (4) là 12,1 tỷ ft³

Do vậy, tổng sản lượng khí khai thác gồm nước và condensate quy đổi, G_p = 1.670 tỷ ft³.

Lượng nước xâm nhập vào vỉa (We) được xác định theo phương trình cân bằng vật chất (công thức (1)) là 1.500 triệu thùng (238,5 triệu m³).

Như vậy thể tích khung đá (BRV) còn lại là:

$$BRV = BRV \text{ ban đầu} - [W_e / \Phi \times (1 - S_{wi} - S_{gr})]$$

$$= 334 \text{ triệu m}^3.$$

Do đó ranh giới khí - nước tính đến tháng 5/2016 được xác định theo Hình 5 là 1.622mTVDss.

3.2.2. Tính toán ranh giới khí - nước tại thời điểm dự kiến kết thúc khai thác mỏ khi sản lượng khai thác khí cộng dồn G_p = 1,78 nghìn tỷ ft³

Mỏ Lan Tây được dự báo khai thác với trữ lượng khí thu hồi là 1,78 nghìn tỷ ft³ và trữ lượng condensate thu hồi là 19,9 triệu thùng. Áp suất vỉa trung bình tại thời điểm khai thác hết trữ lượng khí có thể thu hồi được xác định là 1.870psia tại 1.550mTVDss và 1.884psia tại 1.630mTVDss.

- Trữ lượng khí thu hồi: 1,78 nghìn tỷ ft³
- Lượng nước khai thác cộng dồn: 1,74 triệu thùng
- Trữ lượng condensate thu hồi: 19,9 triệu thùng
- Trữ lượng condensate quy đổi là: 14,06 tỷ ft³
- Lượng nước khai thác quy đổi theo là: 12,9 tỷ ft³

Do vậy, tổng lượng khí khai thác bao gồm nước và condensate quy đổi, G_p = 1,81 nghìn tỷ ft³.

Lượng nước xâm nhập được tính toán theo phương trình cân bằng vật chất là 1.655 triệu thùng (263 triệu m³).

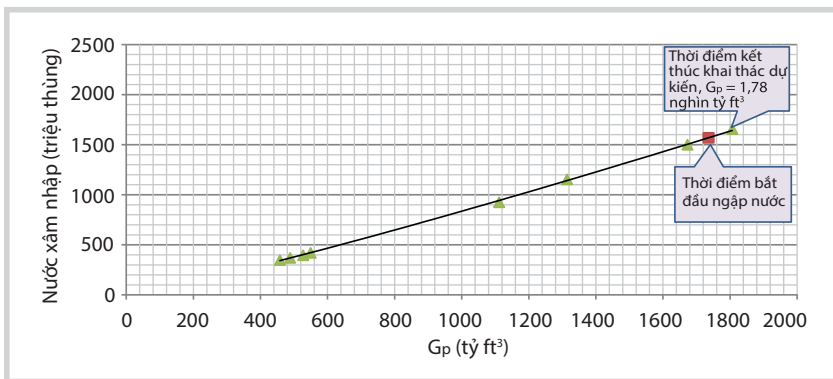
Thể tích khung đá còn lại được tính theo công thức:

$$BRV = BRV \text{ ban đầu} - [W_e / \Phi \times (1 - S_{wi} - S_{gr})]$$

$$= 212 \text{ triệu m}^3$$

Bảng 2. Kết quả tính toán lượng nước xâm nhập vào vỉa theo sản lượng khai thác khí và condensate cộng dồn

Sản lượng khí và condensate cộng dồn (tỷ ft ³)	Lượng nước xâm nhập vào vỉa (triệu thùng)
457,86	348,57
488,19	369,71
527,04	396,46
549,48	420,74
1.111,47	925,66
1.313,91	1.155,01
1.673,23	1.499,99
1.806,92	1.655,38



Hình 6. Dự báo lượng nước xâm nhập trong quá trình khai thác

Bảng 3. Dự báo ranh giới khí - nước

Chiều sâu (mTVDss)	Độ sâu đáy giếng khai thác (mTVDss)					Độ sâu ranh giới khí - nước GWC (mTVDss)		
	LT-1P	LT-2P	LT-3P	LT-5P	LT-6P	Ban đầu	Tháng 5/2016	Tại thời điểm $G_p = 1,78$ nghìn tỷ ft ³
1.560								
1.570		1.576						
1.580	1.581							
1.590			1.591					
1.600					1.607			1.603
1.610				1.612				
1.620								
1.630							1.622	
1.640								
1.650								
1.660								
1.670						1.671		
1.680								

Bảng 4. Dự báo thời gian bắt đầu ngập nước các giếng mỏ Lan Tây

Tên giếng	Chiều sâu (mTVDss)	Thể tích khung đá tại chiều sâu đáy giếng (triệu m ³)	Thể tích nước xâm nhập tại thời điểm bắt đầu ngập nước		Sản lượng khai thác cộng dồn G_p (tỷ ft ³)	Thời gian bắt đầu ngập nước dự kiến
			Triệu m ³	Triệu thùng		
1P	1.581	105	285	1.791	1.949	Tháng 7/2020
2P	1.576	100	286	1.797	1.955	Tháng 8/2020
3P	1.591	140	278	1.746	1.907	Tháng 11/2019
5P	1.612	280	249	1.569	1.736	Tháng 5/2017
6P	1.607	250	256	1.607	1.773	Tháng 11/2017

Do đó ranh giới khí - nước tại thời điểm kết thúc khai thác mỏ là 1.603mTVDss (Hình 5).

Tính toán lượng nước xâm nhập vào vỉa trong quá trình khai thác dựa theo phương trình cân bằng vật chất và có mối quan hệ chặt chẽ với tổng sản lượng khai thác khí và condensate cộng dồn. Kết quả dự báo lượng nước xâm nhập vào vỉa theo sản lượng khai thác khí và condensate cộng dồn (Bảng 2 và Hình 6).

Với độ sâu đáy của các giếng khai thác 1P, 2P, 3P, 5P và 6P lần lượt là 1.581mTVDss, 1.576mTVDss, 1.591mTVDss, 1.612mTVDss và 1.607mTVDss và ranh giới khí - nước tại tháng 5/2016 là 1.622mTVDss có thể thấy rằng giếng 5P sẽ sớm bị ngập nước (Bảng 3).

Dự báo thời điểm ngập nước tại các giếng khai thác được tính toán với giả định sản lượng khai thác của mỏ Lan Tây trung bình mỗi năm là 70 tỷ ft³ khí và 0,6 triệu thùng condensate đến cuối đời mỏ. Tại thời điểm kết thúc khai thác dự kiến khi sản lượng khai thác khí cộng dồn $G_p = 1,78$ nghìn tỷ ft³, 2 giếng khai thác sẽ bị ngập nước là 5P và 6P, nếu tiếp tục khai thác các giếng còn lại sẽ bị ngập nước. Kết quả dự báo thời gian và sản lượng khai thác cộng dồn tại thời điểm các giếng bắt đầu ngập nước được trình bày tại Bảng 4.

4. Kết luận

Dự báo thời gian ngập nước của mỏ Lan Tây được đưa ra dựa trên các thông số đầu vào của vỉa và chất lưu trước đó, các dự báo về áp suất vỉa và các tính toán dựa trên phương trình cân bằng vật chất, với giả định sản lượng khai thác trung bình của mỏ mỗi năm là 70 tỷ ft³ khí và 0,6 triệu thùng condensate. Kết quả nghiên cứu cho thấy ranh giới khí - nước sẽ dịch chuyển dần lên trên và giếng 5P ngập nước sớm nhất (vào khoảng

tháng 5/2017), các giếng còn lại sẽ lần lượt bị ngập nước vào các năm 2017, 2019 và 2020. Do đó, cần xem xét điều chỉnh khai thác với lưu lượng hợp lý, trung bình mỗi năm không vượt quá 70 tỷ ft³ khí và 0,5 triệu thùng condensate để làm chậm lại thời gian ngập nước và kéo dài thời gian khai thác mỏ.

Tài liệu tham khảo

1. Viện Dầu khí Việt Nam. *Nghiên cứu phục vụ quản lý khai thác các mỏ dầu khí do nhà thầu nước ngoài điều hành tại Việt Nam*. 2016.

2. TNK Viet Nam B.V. (a Rosneft subsidiary). *Block 06,1 PSC monthly production report*.

3. TNK Viet Nam B.V. (a Rosneft subsidiary). *Block 06,1 production and reservoir management*. 2015.

4. B.C.Craft, M.F.Hawkins. *Applied petroleum reservoir engineering (2nd edition)*. Revised by Ronald E.Terry. 1991.

5. Công ty Dầu khí BP. *Báo cáo phát triển mỏ Lan Tây - Lan Đỏ*. 2001, 2008.

6. Công ty Dầu khí BP. *Báo cáo đánh giá trữ lượng mỏ Lan Tây - Lan Đỏ*. 2001.

Predicting water influx for gas production wells of Lan Tay field using material balance method

Vu Manh Hao, Le Vu Quan
Vu Duc Ung, Pham Hong Son
Vietnam Petroleum Institute
Email: haovm@vpi.pvn.vn

Summary

Lan Tay gas field, which is located in Block 06-1 of Nam Con Son basin in a total area of 950km², was put into production in late 2002. As of end December 2016, Lan Tay field has produced 47.53bcm of gas and 18.71mmstb of condensate, which account for 95.06% and 94% of its recoverable reserve, respectively. So far there has been no water influx phenomenon in the production wells of Lan Tay field, however, it is important to forecast the water influx period for reservoir production and management strategies. This paper analyses and forecasts this phenomenon for the production wells of Lan Tay field and proposes an optimal production strategy.

Key words: Lan Tay field, water Influx.