

# 35 NĂM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DẦU VÀ KHÍ CỦA LIÊN DOANH VIỆT - NGA “VIETSOVPETRO”

TS. Nguyễn Thúc Kháng, KS. Trần Văn Vĩnh, TS. Chu Văn Lương  
 TS. Tống Cảnh Sơn, KS. Phạm Trung Sơn, KS. Phạm Thành Vinh  
 Liên doanh Việt - Nga “Vietsovpetro”  
 Email: thuckhang53@gmail.com

## Tóm tắt

Sau 35 năm thành lập, Vietsovpetro đã vượt qua nhiều khó khăn, thách thức, trở thành cánh chim đầu đàn trong lĩnh vực khai thác dầu khí tại Việt Nam. Với đội ngũ cán bộ, chuyên gia có trình độ khoa học cao cùng cơ sở vật chất tương xứng, Vietsovpetro đã và đang khai thác hiệu quả, bền vững các mỏ dầu khí tại thềm lục địa Nam Việt Nam, như các mỏ: Bạch Hổ, Rồng, Gấu Trắng, Thỏ Trắng... Với từng giai đoạn khai thác mỏ, Vietsovpetro đã thực hiện nhiều nghiên cứu, thử nghiệm để đưa ra những lựa chọn công nghệ khai thác phù hợp, tối ưu cho hai đặc trưng cơ bản của dầu khai thác tại các mỏ của Vietsovpetro, đó là dầu trong đá móng và dầu nhiều paraffin có độ nhớt và nhiệt độ đông đặc cao.

Trong bài báo này, nhóm tác giả tổng kết, rút ra các bài học kinh nghiệm trong nghiên cứu, lựa chọn và triển khai các giải pháp công nghệ trong lĩnh vực khai thác dầu khí ở các mỏ ngoài khơi của Vietsovpetro, đồng thời ứng dụng cho các mỏ khác tại thềm lục địa Nam Việt Nam, đóng góp cho sự phát triển của Vietsovpetro nói riêng và Ngành Dầu khí Việt Nam nói chung.

**Từ khóa:** Công nghệ khai thác, bơm ép nước, vận chuyển khí.

## 1. Quá trình nghiên cứu, ứng dụng, phát triển công nghệ và gia tăng sản lượng khai thác dầu khí ở Vietsovpetro

Giai đoạn 1986 - 1991 là thời kỳ đầu khai thác các mỏ dầu của Vietsovpetro. Năng lượng vỉa của giếng dầu ở thời kỳ này rất cao nên phương pháp khai thác dầu tự phun được lựa chọn. Theo tiến trình khai thác, năng lượng vỉa của giếng bị suy giảm, các phương pháp khai thác dầu cơ học được nghiên cứu và đưa vào triển khai và áp dụng. Trên cơ sở kinh nghiệm tại các mỏ dầu trên thế giới [1, 2], Vietsovpetro đã tiến hành nghiên cứu và đánh giá các phương pháp khai thác khác nhau, từ đó lựa chọn phương pháp phù hợp với điều kiện cụ thể tại mỏ Bạch Hổ và Rồng của Vietsovpetro.

Các giếng dầu tại mỏ Bạch Hổ và mỏ Rồng có độ sâu, nghiêng rất lớn nên các phương pháp khai thác dầu cơ học như máy bơm ngầm có cần truyền lực (máy bơm cần kéo, máy bơm xoắn) và máy bơm phun tia không thể áp dụng. Phương pháp khai thác dầu bằng khí nén (gaslift), bơm điện ly tâm ngầm và máy bơm piston thủy lực ngầm được đánh giá sơ bộ là phù hợp với điều kiện khai thác tại các mỏ của Vietsovpetro đã được nghiên cứu và thử nghiệm.

- Phương pháp sử dụng máy bơm piston thủy lực ngầm:

Tại giàn cố định MSP-1 đã tiến hành thử nghiệm khai thác dầu bằng máy bơm piston thủy lực ngầm. Tuy nhiên, tổ hợp máy bơm piston thủy lực này đã ngừng hoạt động

sau thời gian ngắn thử nghiệm do các chất cặn bẩn, tạp chất cơ học làm hỏng máy bơm. Như vậy, thử nghiệm khai thác dầu bằng máy bơm piston thủy lực ngầm tại giàn MSP-1 mỏ Bạch Hổ cho thấy phương pháp này không hiệu quả với các vỉa dầu có chứa hàm lượng lớn cát, cặn bẩn và tạp chất cơ học.

- Khai thác dầu bằng bơm điện ly tâm ngầm:

Giai đoạn 1991 - 1998, bơm điện ly tâm ngầm đã được tiến hành thử nghiệm sử dụng tại mỏ Bạch Hổ và Rồng. Tuy nhiên, kết quả thử nghiệm tại mỏ Bạch Hổ không khả quan do nhiệt độ vỉa dầu của mỏ Bạch Hổ tại thời điểm thử nghiệm rất cao (> 100°C), làm hỏng cáp điện của máy bơm. Tại mỏ Rồng, thử nghiệm được tiến hành từ năm 1995. So với mỏ Bạch Hổ, nhiệt độ vỉa dầu ở mỏ Rồng thấp hơn nên các sự cố về cáp điện của bơm điện ly tâm ngầm không xảy ra. Tuy nhiên, đặc điểm các tầng trầm tích của mỏ Rồng là cát kết bờ rời nên lượng cát, tạp chất cơ học trong sản phẩm khá lớn. Bơm điện ly tâm ngầm hay bị sự cố và phải thường xuyên ngừng vận hành khai thác. Như vậy, kết quả thử nghiệm khai thác dầu bằng bơm điện ly tâm ngầm tại mỏ Bạch Hổ và Rồng cho thấy phương pháp này không hiệu quả đối với các vỉa dầu có nhiệt độ cao và vỉa dầu chứa hàm lượng lớn cát và tạp chất cơ học.

- Khai thác dầu bằng gaslift:

Năm 1994, Vietsovpetro bắt đầu thử nghiệm khai thác dầu bằng phương pháp gaslift, sử dụng khí đồng hành. Kết quả nghiên cứu thực tế tại các giếng của Vietsovpetro

cho thấy phương pháp khai thác gaslift đạt hiệu quả với toàn bộ các giếng sâu, giếng có lưu lượng lớn, nhỏ, giếng khai thác ở các vỉa dầu có nhiệt độ cao, hệ số khí dầu cao và ngay cả các tầng sản phẩm chứa cát, tạp chất cơ học với hàm lượng nước đến 98% và không phụ thuộc vào độ nghiêng của giếng. Đây chính là những ưu điểm vượt trội của phương pháp gaslift so với các phương pháp khai thác cơ học khác, hoàn toàn phù hợp với điều kiện khai thác dầu tại các mỏ của Vietsovpetro.

Trên cơ sở kết quả thử nghiệm thành công khai thác dầu bằng gaslift ở các điều kiện tại những tầng sản phẩm khác nhau, Vietsovpetro đã quyết định áp dụng phương pháp khai thác dầu bằng gaslift cho toàn bộ các mỏ của Vietsovpetro từ năm 1997. Hiện nay, hệ thống khai thác dầu tại các mỏ của Vietsovpetro đang hoạt động ổn định và hiệu quả với 91% quỹ giếng khai thác bằng phương pháp gaslift. Đây là thực tế chứng minh khai thác dầu bằng phương pháp gaslift phù hợp với điều kiện khai thác tại các mỏ của Vietsovpetro. Ngoài việc lựa chọn được phương pháp khai thác phù hợp, các phương pháp: bơm ép nước duy trì áp suất vỉa, xử lý vùng cận đáy giếng... đã góp phần không nhỏ trong việc gia tăng hệ số thu hồi dầu và tăng cường khai thác dầu ở Vietsovpetro.

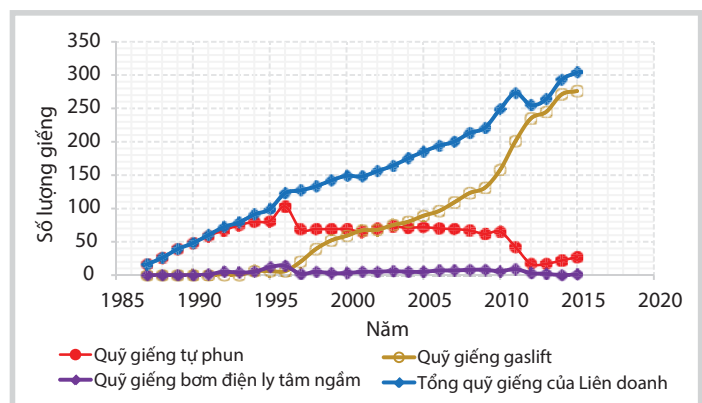
**1.1. Quỹ giếng khai thác**

Tổng quỹ giếng khai thác ở Vietsovpetro phát triển khá ổn định và tăng dần theo từng năm. Đến cuối năm 2015, tổng cộng có 304 giếng khai thác, trong đó, ở giai đoạn 1987 - 1996 quỹ giếng tự phun tăng dần và đạt đỉnh 103 giếng. Giai đoạn 1997 - 2010 quỹ giếng tự phun duy trì ổn định và ghi nhận gia tăng dần của quỹ giếng gaslift. Việc duy trì ổn định trong thời gian dài từ năm 1997 - 2010 của quỹ giếng tự phun và gaslift đã chứng minh sự hợp lý trong áp dụng chế độ công nghệ khai thác cho các mỏ dầu khí của Vietsovpetro. Từ năm 2011 đến nay, quỹ giếng tự phun suy giảm rất nhanh trong khi quỹ giếng gaslift tăng đột biến do áp suất vỉa suy giảm nhanh và độ ngập nước của sản phẩm tăng cao hơn 50%. Từ năm 2013, khi mỏ Thổ Trắng với hệ số khí dầu cao được đưa vào khai thác, số lượng giếng tự phun đã tăng lên đáng kể. Đến cuối năm 2015, quỹ giếng tự phun có 27 giếng (8,7% tổng số giếng khai thác) còn quỹ giếng gaslift là 276 giếng (91% tổng số giếng khai thác). Hiện nay, Vietsovpetro chỉ có một quỹ giếng khai thác bằng bơm điện ly tâm ngầm...

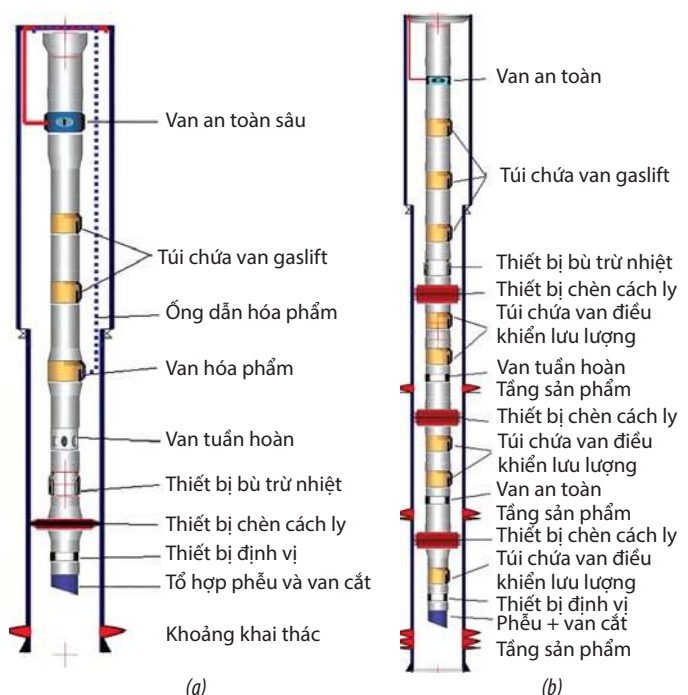
**1.2. Các công nghệ khai thác dầu khí áp dụng thành công ở Vietsovpetro**

**1.2.1. Phương pháp khai thác dầu tự phun**

Phương pháp khai thác dầu khí được sử dụng để nâng chất lỏng từ đáy giếng lên bề mặt dựa vào năng lượng vỉa gọi là phương pháp tự phun. Sơ đồ thiết bị lòng giếng của giếng khai thác tự phun tương đối đơn giản (Hình 2). Trên ống khai thác có trang bị các túi treo (mandrel) chứa van gaslift để có thể chuyển đổi từ khai thác tự phun sang gaslift mà không cần sửa giếng. Giếng tự phun thường có lưu lượng lớn và không mất thêm chi phí để khai thác dầu nên là phương pháp khai thác có chi phí thấp nhất, nhưng đem lại hiệu quả cao nhất. Tuy nhiên, các giếng dầu khai thác tự phun thường có áp suất miệng tương đối cao, nên thường gây ra nguy cơ mất an toàn trong quá trình



Hình 1. Sự phát triển của quỹ giếng khai thác ở các mỏ của Vietsovpetro



Hình 2. Cấu trúc điển hình bộ thiết bị lòng giếng tự phun và gaslift (a), cấu trúc điển hình bộ thiết bị lòng giếng khai thác/bơm ép đồng thời nhiều vỉa (b)

vận hành. Vì vậy, yêu cầu về tiêu chuẩn đối với hệ thống thiết bị lòng giếng, miệng giếng là rất cao và đòi hỏi phải tuân thủ nghiêm ngặt trong quá trình vận hành giếng.

1.2.2. Phương pháp khai thác dầu bằng gaslift

Khai thác dầu bằng phương pháp gaslift là một trong các phương pháp khai thác cơ học được áp dụng cho các giếng dầu không thể tự phun hoặc tự phun nhưng không đạt đến lưu lượng yêu cầu. Trong phương pháp này, khí nén được đưa vào khoảng không vành xuyên giữa cột ống chống khai thác và ống khai thác, sau đó đi qua van gaslift vào bên trong ống khai thác. Tại đây, khí bơm ép và khí tách ra từ chất lỏng vỉa cùng hòa trộn với chất lỏng, tạo thành một hỗn hợp khí lỏng có tỷ trọng nhỏ sao cho áp suất đáy giếng đủ nâng hỗn hợp lên trên bề mặt. Sơ đồ cấu trúc hệ thống thiết bị lòng giếng gaslift tương tự giếng tự phun (Hình 2a). Ưu điểm của khai thác dầu bằng gaslift ở điều kiện biển là: phù hợp với mỏ dầu có chỉ số khí dầu cao, quy trình vận hành giếng đơn giản, thiết bị lòng giếng gaslift ít chịu ảnh hưởng bởi các tạp chất cơ học và các yếu tố áp suất, nhiệt độ, không có những hạn chế về kích thước ống chống khi thả thiết bị lòng giếng, thực hiện việc sửa chữa thiết bị lòng giếng (thay van) chỉ bằng kỹ thuật cáp tời... Quá trình vận hành các giếng gaslift tại mỏ Bạch Hổ và Rồng những năm qua cho thấy, hiệu quả tuyệt đối với các giếng dầu có điều kiện vỉa của các tầng sản phẩm khác nhau, cũng như hoàn toàn phù hợp với cơ sở hạ tầng và hệ thống trang thiết bị công nghệ trên bề mặt hiện có tại các mỏ dầu khí ngoài khơi của Vietsovpetro.

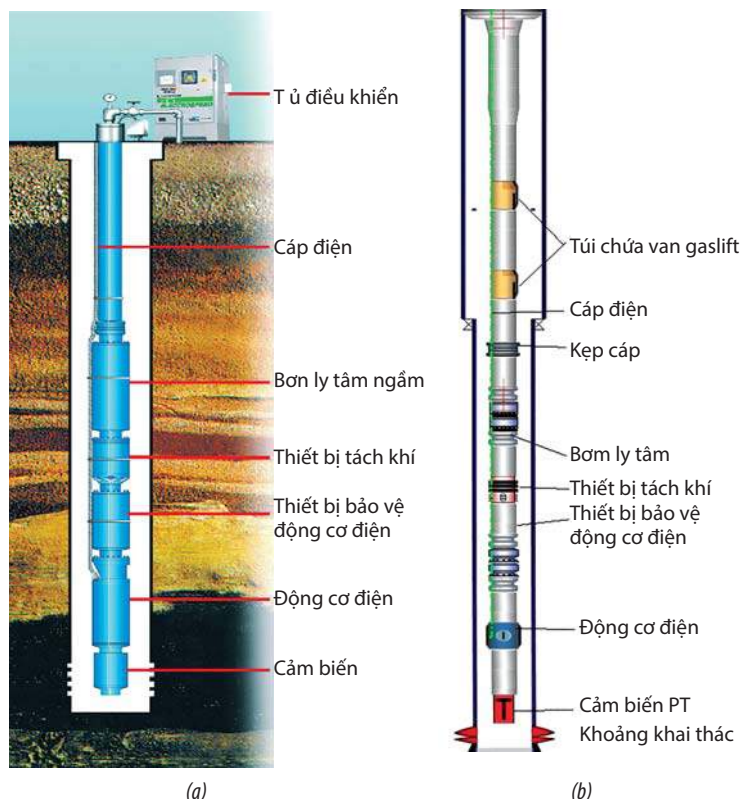
Hiện nay, khai thác dầu bằng phương pháp gaslift ở Vietsovpetro có 2 dạng: phương pháp gaslift liên tục và chu kỳ. Trong quá trình vận hành các giếng khai thác bằng phương pháp gaslift, Vietsovpetro thường xuyên tiến hành nghiên cứu các giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả làm việc. Trong đó, các giải pháp tối ưu hóa chế độ làm việc của giếng hoặc nhóm giếng, thay van gaslift nhằm tăng độ sâu dẫn khí đem lại hiệu quả cao và thường xuyên được thực hiện... Bên cạnh đó, một số giải pháp như sử dụng con thoi đẩy sử dụng cho giếng gaslift

định kỳ, lắp đặt các van gaslift định kỳ điều khiển bằng áp suất được thử nghiệm ngoài công trình biển, nhưng không mang lại hiệu quả.

Trong quá trình hoàn thiện khai thác dầu bằng gaslift phải kể đến giải pháp khai thác đồng thời nhiều vỉa sản phẩm trong cùng một giếng. Giải pháp này đã được thử nghiệm lần đầu tại giếng 441/BK8 ở mỏ Bạch Hổ năm 2011 và sau đó ứng dụng rộng rãi cho các giếng của Vietsovpetro với các ưu điểm: cho phép nâng cao sản lượng dầu và hệ số sử dụng giếng, hạn chế các quá trình phức tạp khi khai thác giếng dầu có lưu lượng thấp do hình thành lắng đọng paraffin, giảm chi phí sản xuất do hạn chế số lần sửa chữa giếng lớn... nâng cao sản lượng khai thác và tiết giảm chi phí sản xuất.

1.2.3. Phương pháp khai thác sử dụng bơm điện ly tâm ngầm

Máy bơm điện ly tâm ngầm được thiết kế để bơm chất lỏng từ đáy giếng lên bề mặt. Động cơ điện được cung cấp điện năng nhờ hệ thống cáp dẫn từ miệng giếng xuống. Tổ hợp máy bơm điện được thả xuống giếng thấp hơn mực thủy động khoảng 150 - 300m. Lúc máy bơm làm việc, chất lỏng sẽ được đẩy vào cột ống khai thác và đưa lên bề mặt, cáp điện được kẹp chặt ở phía ngoài. Hệ thống thiết bị lòng giếng và bề mặt của giếng bơm điện ly tâm ngầm được thể hiện tại Hình 3. Sử dụng phương pháp khai thác bơm điện ly tâm ngầm có ưu điểm là cho lưu lượng lớn (đến 30.000 thùng/ngày), phù hợp với các giếng có độ ngập nước cao và hệ số sản phẩm lớn. Tuy nhiên, phương pháp này cũng có những nhược điểm như cần mạng



Hình 3. Sơ đồ cấu trúc điển hình bộ thiết bị lòng giếng và bề mặt của giếng bơm điện ly tâm ngầm (a), tổ hợp cấu trúc điển hình bộ thiết bị kết hợp gaslift và bơm điện ly tâm ngầm (b)

lưới điện đầy đủ công suất và ổn định, cát hoặc tạp chất cơ học trong sản phẩm và nhiệt độ cao làm giảm đáng kể tuổi thọ của máy bơm và chi phí sửa chữa máy bơm cao.

Thời gian gần đây, các giếng dầu có độ ngập nước tăng cao và áp suất vỉa thấp, hiệu quả của phương pháp khai thác bằng gaslift giảm. Do đó, bơm điện ly tâm ngầm đã được thử nghiệm trở lại tại các mỏ của Vietsovpetro với việc sử dụng các loại máy bơm thể hệ mới kết hợp với khai thác bằng gaslift. Trong những năm 2014, 2015 đã có 4 giếng 503/MSP5, 1116/MSP11, 421/BK2, 430/BK3 được trang bị tổ hợp thiết bị kết hợp gaslift và bơm điện ly tâm ngầm. Các giếng thử nghiệm đã cho hiệu quả tốt hơn. Sau khi bơm điện ly tâm ngầm hoạt động được một thời gian tương đối dài thì bị hỏng và đã được chuyển sang khai thác bằng gaslift. Đến cuối năm 2015, chỉ còn duy nhất giếng 430/BK3 khai thác bằng bơm điện ly tâm ngầm và vẫn duy trì được lưu lượng khai thác hàng ngày lớn.

**1.3. Các phương pháp xử lý vùng lân cận đáy giếng**

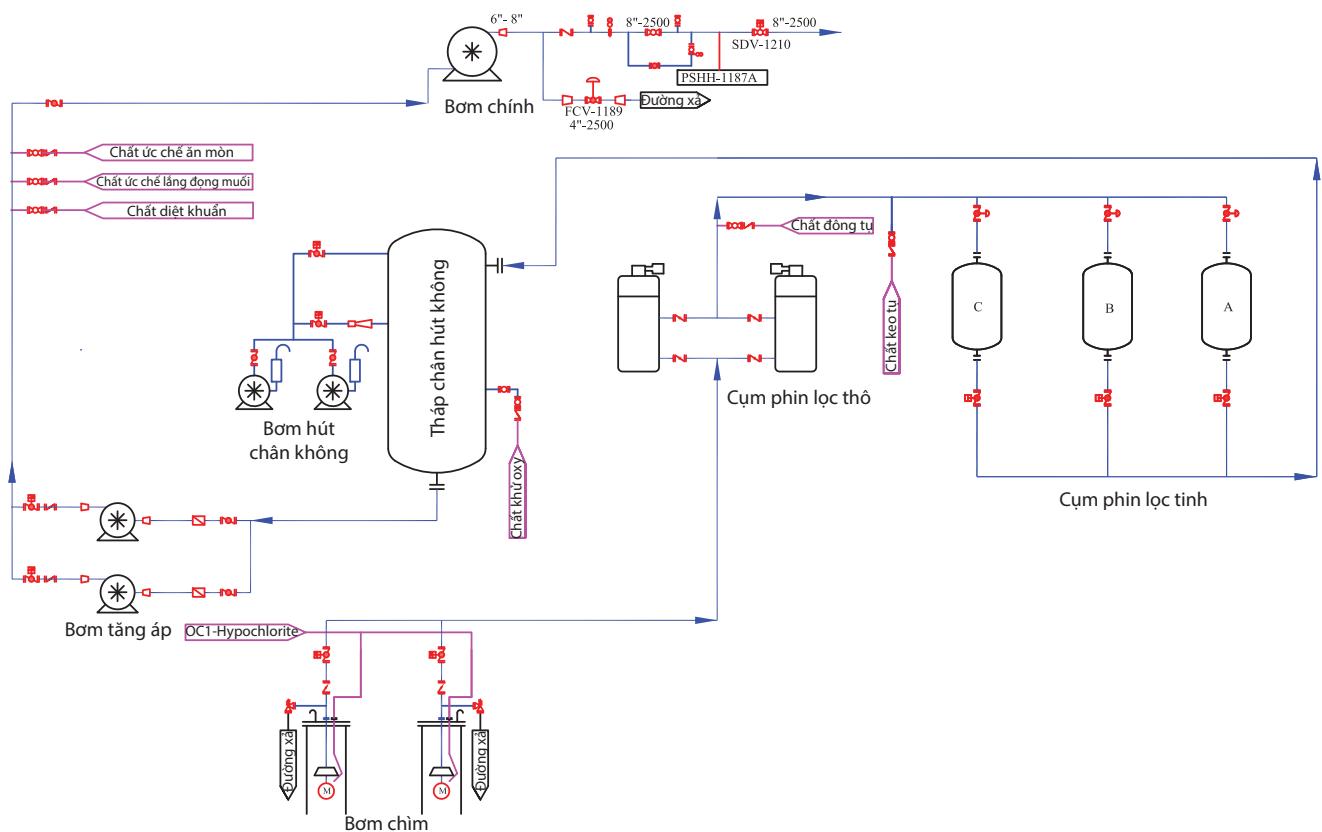
Với mục đích nâng cao hệ số thu hồi dầu và tăng cường khai thác, các phương pháp tác động lên vùng lân cận đáy giếng đã được Vietsovpetro thực hiện thường xuyên. Hai phương pháp thường được sử dụng hiện nay tại các mỏ của Vietsovpetro là nút vỉa thủy lực và xử lý acid vùng lân cận đáy giếng, trong đó:

- Với các giếng bơm ép: xử lý acid muối và acid sét tiêu chuẩn;
- Với các giếng khai thác: xử lý acid nhiệt, acid muối và acid sét tiêu chuẩn, tiến hành nút vỉa thủy lực;
- Việc lựa chọn phương pháp xử lý phụ thuộc vào các điều kiện địa chất - kỹ thuật của từng giếng cụ thể.

**1.4. Công nghệ bơm ép nước, duy trì áp suất vỉa tại các mỏ của Vietsovpetro**

Một trong những giải pháp đóng vai trò quan trọng trong 35 năm khai thác dầu của Vietsovpetro là giải pháp sử dụng nước biển để bơm vào vỉa nhằm duy trì áp suất vỉa.

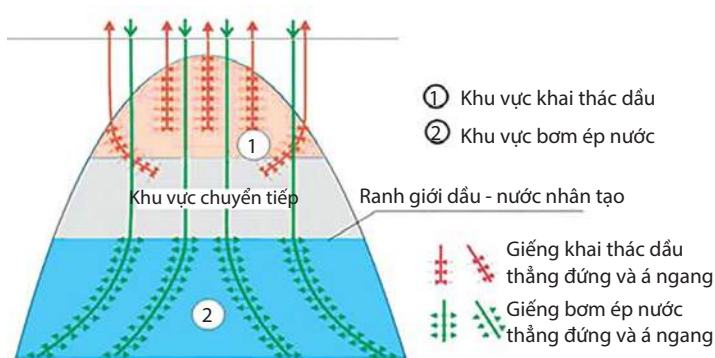
Trước đây, tại mỏ Bạch Hổ đã xây dựng và sử dụng hệ thống duy trì áp suất vỉa PPD-5000 (công suất 5.000m<sup>3</sup>/ngày) tại giàn MSP-8 và MSP-9. Tuy nhiên, trên các giàn nhẹ (BK) và giàn cố định (MSP) việc bố trí các thiết bị cho hệ thống duy trì áp suất vỉa cục bộ sử dụng các loại bơm УЭЦПК hoặc FMC rất khó khăn, trong khi hệ thống duy trì áp suất vỉa trung tâm của mỏ Bạch Hổ (giàn PPD-30000 trong khu vực giàn công nghệ trung tâm số 3 với công suất 30.000m<sup>3</sup>/ngày và giàn PPD-40000 trong khu vực giàn công nghệ trung tâm số 2 với công suất 40.000m<sup>3</sup>/ngày) đáp ứng được tất cả các yêu cầu bơm ép của các



Hình 4. Sơ đồ hệ thống xử lý nước bơm ép tại các giàn duy trì áp suất vỉa

Bảng 1. Định mức hóa phẩm sử dụng để xử lý nước bơm ép

| TT | Hóa phẩm xử lý   | Định mức, ppm                     | Hãng  |
|----|--|-----------------------------------|---|
| 1  | Hóa phẩm diệt khuẩn ban đầu (được tạo từ nước biển nhờ hệ thống Hypochlorite Generation) | 2,5<br>(Tổng hàm lượng clo tự do) |   |
| 2  | Hóa phẩm keo tụ  | 2,5 - 2,7                         | Cemaco, Thuan Phong   |
| 3  | Hóa phẩm đông tụ   | 2,0                               | Baker Hughes, Thuan Phong   |
| 4  | Hóa phẩm chống tạo bọt   | 0,7 - 1,0                         | Baker Hughes, Wacker Silicone, Behn Meyer   |
| 5  | Hóa phẩm khử oxy hòa tan   | 6,0 - 8,0                         | Baker Hughes, Esseco, Cemaco, William Blythe, Behn Meyer, Leko Chemicals                    |
| 6  | Hóa phẩm diệt khuẩn (Biocide)  | 450 - 550                         | Baker Hughes, Esseco, Cemaco, William Blythe, Behn Meyer, Leko Chemicals, DPEC, Khang Thinh |
| 7  | Hóa phẩm ức chế chống ăn mòn   | 5,0 - 6,0                         | Baker Hughes, Clariant Oil Service, PT Clariant   |



Hình 5. Sơ đồ thiết kế khai thác và bơm ép nước tầng đá móng nứt nẻ mỏ Bạch Hổ

khu vực đang khai thác cũng như những khu vực triển vọng của các Lô 09-1 và 09-3 nói chung (áp suất tại đầu ra của máy bơm là 250at). Hiện nay, khối lượng nước bơm ép thực tế bình quân mỗi ngày của hệ thống duy trì áp suất vỉa tại Lô 09-1 và Lô 09-3 chỉ đạt khoảng 54% so với tổng công suất tiềm năng nên nước dùng để bơm ép của hệ thống duy trì áp suất vỉa tại các mỏ dầu của Vietsovpetro chỉ được cung cấp bởi các trạm PPD-40000 và PPD-30000, hai trạm PPD-5000 đang được bảo quản và bảo dưỡng kỹ thuật thường xuyên.

Kết quả nghiên cứu và kinh nghiệm xử lý nước biển đạt tiêu chuẩn bơm ép tại các mỏ của Vietsovpetro cho thấy cần sử dụng 7 loại hóa phẩm khác nhau để xử lý:

- Hóa phẩm diệt khuẩn ban đầu (Sodium Hypochlorite);
- Hóa phẩm keo tụ;
- Hóa phẩm đông tụ;
- Hóa phẩm chống tạo bọt;
- Hóa phẩm khử oxy hòa tan;
- Hóa phẩm diệt khuẩn;
- Hóa phẩm ức chế chống ăn mòn.

Hình 4 thể hiện sơ đồ hệ thống xử lý nước bơm ép tại các giàn duy trì áp suất vỉa của Vietsovpetro. Định mức sử dụng hóa phẩm được thể hiện tại Bảng 1.

Thành công nhất của Vietsovpetro trong công tác nghiên cứu bơm ép nước, duy trì áp suất vỉa phải kể đến nghiên cứu và lần đầu tiên thử nghiệm thành công ở tầng đá móng mỏ Bạch Hổ. Đây là phương pháp mang tính đột phá về kỹ thuật của Vietsovpetro do tầng móng mỏ Bạch Hổ là vỉa dầu rất đặc trưng (dầu trong đá móng nứt nẻ), chưa từng phát hiện các vỉa dầu tương tự trên thế giới, nên chưa có kinh nghiệm về thiết kế khai thác các đối tượng này. Tuy nhiên, các chuyên gia của Vietsovpetro đã thiết kế khai thác thành công để thực hiện khai thác dầu trong tầng đá móng mỏ Bạch Hổ có hiệu quả. Theo đó, Vietsovpetro đã triển khai bơm ép nước xuống tầng móng mỏ Bạch Hổ trên nguyên tắc bơm xuống vùng đáy vỉa tầng móng để tạo ranh giới dầu - nước nhân tạo [1]. Sơ đồ thiết kế khai thác và bơm ép nước tầng móng mỏ Bạch Hổ thể hiện trong Hình 5.

Năm 2011, công trình “Tìm kiếm, phát hiện và khai thác có hiệu quả các thân dầu trong đá móng granitoid trước Đệ Tam bể Cửu Long, thềm lục địa Việt Nam” đã được Nhà nước tặng Giải thưởng Hồ Chí Minh.

Tính đến đầu năm 2016, riêng khu vực trung tâm tầng móng mỏ Bạch Hổ đã khai thác được hơn 160 triệu tấn dầu và vẫn tiếp tục là đối tượng khai thác chủ lực và hiệu quả của Vietsovpetro. Đây chính là minh chứng khẳng định thành công trong công tác thiết kế khai thác mỏ đối với tầng đá móng mỏ Bạch Hổ của Vietsovpetro.

Hiện nay, tổng quỹ giếng bơm ép các mỏ của Vietsovpetro đạt 77 giếng. Trong giai đoạn 1994 - 2004, do sản lượng dầu khai thác lớn và tăng theo từng năm, nhu cầu bơm ép nước cũng tăng nhanh và đạt giá trị cực đại 20,514 triệu m<sup>3</sup>/năm,

sau đó giảm dần, phù hợp với chế độ khai thác mỏ. Đến đầu năm 2016, Vietsovpetro đã bơm ép tổng cộng khoảng 316 triệu m<sup>3</sup> nước, đạt hệ số bù bơm ép 79,5%. Đối với các giải pháp bơm ép nước, thời gian gần đây, Vietsovpetro đã tiến hành thử nghiệm một số công nghệ mới như bơm khí nước luân phiên nhằm giảm lượng nước bơm ép, bơm vi sinh hóa lý tại một số khu vực thuộc tầng trầm tích... Các công nghệ trên bước đầu đã đem lại hiệu quả đáng ghi nhận, là cơ sở quan trọng để tiếp tục thử nghiệm và tiến tới áp dụng đại trà cho các mỏ nhằm tăng cường hiệu quả bơm ép và nâng cao hệ số thu hồi dầu tại các mỏ của Vietsovpetro.

## 2. Thu gom và vận chuyển khí đồng hành

Dầu khai thác tại các mỏ dầu khí luôn kèm theo một lượng nhất định khí đồng hành. Từ khi khai thác dòng dầu đầu tiên vào năm 1986 đến năm 1996, toàn bộ lượng khí đồng hành tách ra ở mỏ Bạch Hổ và Rồng tại các mỏ của Vietsovpetro đều bị đốt bỏ trên các đuốc ở các giàn cố định (MSP, RP-1) và giàn công nghệ trung tâm số 2. Từ đầu năm 1996, Vietsovpetro bắt đầu thực hiện thu gom khí đồng hành bằng dự án đường ống Fast-track BK2 - Dinh Cố dài 120km. Khi đó, chỉ một phần khí tách ra trên các giàn nhẹ ở khu vực tầng móng mỏ Bạch Hổ được thu gom và vận chuyển vào bờ cho nhu cầu của Nhà máy Điện Bà Rịa.

Việc tăng cường tiến độ khai thác dầu ở tầng móng mỏ Bạch Hổ, không những đưa sản lượng khai thác dầu của Vietsovpetro tăng nhanh mà lượng khí đồng hành tách ra cũng rất lớn. Để thu gom khí đồng hành tách ra và đáp ứng khả năng vận chuyển vào bờ của đường ống Bạch Hổ - Dinh Cố, giàn nén khí nhỏ (MKS) bên cạnh MSP-4 công suất 1 triệu m<sup>3</sup>/ngày được xây dựng và đưa vào vận hành cuối năm 1996, giàn nén khí trung tâm (CCP) bên cạnh giàn công nghệ trung tâm số 2 ở mỏ Bạch Hổ, công suất 6,5 triệu m<sup>3</sup>/ngày đưa vào hoạt động năm 1997 và giàn nén khí mỏ Rồng DGCP, công suất 1 triệu m<sup>3</sup>/ngày, năm 2010. Như vậy, phần lớn khí tách ra từ dầu trên các công trình biển tại các mỏ của Vietsovpetro đã được xử lý qua hệ thống các giàn nén khí đặt tại mỏ Bạch Hổ và Rồng, sau đó dùng cho nhu cầu tại các mỏ của Vietsovpetro và vận chuyển vào bờ.

Ngoài công trình biển, khí sau hệ thống các giàn nén được sử dụng cho mục đích khai thác dầu bằng phương pháp cơ học gaslift, khí vào bờ được dùng cho ngành công nghiệp khí của Tập đoàn Dầu khí Việt Nam.

Giàn nén khí trung tâm CCP tiếp nhận khí tách ra từ các bình tách cấp 1 (NGS) của một số giàn cố định (MSP)

và từ thiết bị tách khí sơ bộ (UPOG) đặt trên các giàn nhẹ khu vực phía Nam mỏ Bạch Hổ. Ngoài ra, trên giàn nén khí trung tâm còn tiếp nhận khí từ các mỏ của các nhà điều hành khác trên thềm lục địa Nam Việt Nam, như: Sư Tử Đen, Tê Giác Trắng, Hải Sư Đen, Hải Sư Trắng... Giàn MKS tiếp nhận khí tách ra trên các giàn MSP phía Bắc mỏ Bạch Hổ (MSP-3, 4, 5, 6, 7, 8) và khí nén từ bậc tách cấp 2 trên MSP-4. Giàn nén khí mỏ Rồng (DGCP) tiếp nhận khí tách ra từ mỏ Rồng trên các giàn cố định RP-2, RC-2, RP-3 và các giàn nhẹ RC-DM, RC-4, RC-5.

Thành công của xây dựng hệ thống công nghệ thu gom, xử lý vận chuyển khí tại các mỏ của Vietsovpetro đã góp phần đặt nền móng cho sự hình thành và phát triển nền công nghiệp khí của Tập đoàn Dầu khí Việt Nam, tiêu biểu là các cụm Khí - Điện - Đạm Phú Mỹ. Công suất nén khí hiện tại trên các công trình biển của Vietsovpetro là 8,5 triệu m<sup>3</sup>/ngày. Tổ hợp máy nén khí mới (Train F) trên giàn nén khí trung tâm được đưa vào sử dụng năm 2015 đã cho phép nâng cao công suất nén khí tại các mỏ của Vietsovpetro lên đến 10,1 triệu m<sup>3</sup>/ngày. Tuy nhiên, việc thu gom khí từ mỏ Đại Hùng và khí - condensate Thiên Ứng sẽ được đưa vào vận hành trong thời gian tới và vận chuyển về mỏ Bạch Hổ. Cùng với các công trình khai thác dầu khí mới đưa vào vận hành, sẽ đặt ra nhu cầu tăng công suất nén khí trên các giàn nén khí tại các mỏ của Vietsovpetro [4].

## 3. Hệ thống thu gom, xử lý và vận chuyển dầu tại các mỏ của Vietsovpetro và các mỏ kết nối

Hệ thống công nghệ thu gom và vận chuyển sản phẩm khai thác đóng vai trò rất quan trọng trong đảm bảo sản lượng, duy trì hoạt động khai thác liên tục tại các mỏ của Vietsovpetro. Dầu khai thác tại các mỏ của Vietsovpetro có đặc trưng là hàm lượng paraffin, độ nhớt và nhiệt độ đông đặc cao nên việc thu gom, xử lý và vận chuyển này gặp nhiều thách thức, đặc biệt đối với điều kiện ngoài khơi. Suốt hơn 30 năm khai thác và vận hành mỏ, nhiều giải pháp công nghệ đã được nghiên cứu và triển khai áp dụng tại các mỏ của Vietsovpetro [3]. Từ các kết quả nghiên cứu phòng thí nghiệm và ứng dụng thu được trên các công trình biển của Vietsovpetro, đã hình thành một hệ thống thu gom, xử lý và vận chuyển dầu và khí cho Lô 09-1 hợp lý khoa học, phù hợp với đặc thù của từng thời kỳ phát triển mỏ, cụ thể:

- Sử dụng giải pháp gia nhiệt dầu với xử lý bằng hóa phẩm không chuyên dụng Crompic để vận chuyển bằng đường ống ở thời kỳ đầu khai thác mỏ Bạch Hổ;

- Vận chuyển sản phẩm khai thác bằng năng lượng vỉa ở điều kiện nhiệt độ dầu thấp hơn nhiệt độ đông đặc của thời kỳ khai thác dầu trong đá móng;

- Vận chuyển dầu bão hòa khí, dùng thiết bị tách khí sơ bộ cho thời kỳ khai thác dầu ngậm khí cao và lưu lượng lớn;

- Sử dụng địa nhiệt xử lý dầu để vận chuyển đi xa, dùng cho thời kỳ khai thác dầu có nhiệt độ miệng giếng thấp và thu gom, vận chuyển dầu các mỏ kết nối;

- Sử dụng condensate sẵn có tại công trình biển, làm loãng dầu nhiều paraffin, để vận chuyển dầu từ mỏ này đến mỏ khác;

- Công nghệ bơm bổ sung nước biển vào đường ống đang vận hành để tẩy rửa lắng đọng paraffin, dùng để thay thế hệ thống phóng thoi không được thiết kế và lắp đặt trên các công trình khai thác dầu khí của Vietsovpetro.

Việc nghiên cứu áp dụng các công nghệ vận chuyển dầu nhiều paraffin, đặc biệt là vận chuyển dầu với các giải pháp phi truyền thống đóng một vai trò quan trọng trong công tác khai thác dầu liên tục và hiệu quả ở các mỏ của Vietsovpetro. Đến nay, hệ thống thu gom, xử lý và vận chuyển dầu và khí tại các mỏ của Vietsovpetro đã và đang được vận hành hiệu quả với hơn 400km kết nối hơn 40 công trình biển với nhau.

Kết quả của việc sử dụng các giải pháp công nghệ nêu trên cho phép Vietsovpetro kết nối thành công mỏ Cá Ngừ Vàng của Công ty Liên doanh Điều hành Hoàn Vũ (Hoan Vu JOC) điều hành, các mỏ Gấu Trắng, Thỏ Trắng vào cơ sở hạ tầng mỏ Bạch Hổ, mỏ Nam Rồng - Đồi Mồi của Công ty Dầu khí Việt - Nga - Nhật (VRJ) vào mỏ Rồng. Mô hình khai thác kết nối mỏ tại Vietsovpetro đã và đang đem lại hiệu quả kinh tế to lớn [5]. Mô hình này còn mở ra hoạt động mới cho Vietsovpetro, đó là cung cấp dịch vụ vận hành mỏ kết nối của các công ty điều hành khai thác ngoài Vietsovpetro.

Ngoài ra, các mỏ dầu tiềm năng mới, hay các mỏ dầu đang khai thác, nằm cận biên với Lô 09-1 khi đã qua thời kỳ khai thác đỉnh, vào thời kỳ khai thác suy giảm, sẽ được nghiên cứu phát triển để kết nối với cơ sở hạ tầng các mỏ Bạch Hổ và Rồng của Vietsovpetro. Đây là giải pháp mở ra triển vọng phát triển và đưa các mỏ dầu nhỏ của Tập đoàn Dầu khí Việt Nam vào khai thác sớm.

#### 4. Kết luận

- Việc lựa chọn thành công phương pháp khai thác cơ học sau giai đoạn tự phun đóng vai trò vô cùng quan

trọng trong quá trình khai thác dầu của Vietsovpetro. Kinh nghiệm hơn 30 năm vận hành khai thác tại các mỏ Bạch Hổ, Rồng, Gấu Trắng, Thỏ Trắng... cho thấy, khai thác dầu bằng gaslift là phương pháp đạt hiệu quả cao nhất, phù hợp với điều kiện cụ thể của các mỏ dầu khí của Vietsovpetro. Sử dụng phương pháp bơm điện ly tâm ngầm cho các giếng khai thác tại các tầng sản phẩm có nhiệt độ cao (hơn 100°C) và phương pháp máy bơm piston thủy lực ngầm và bơm điện ly tâm ngầm đối với các giếng khai thác các vỉa dầu có chứa hàm lượng lớn cát, các loại cặn bẩn và tạp chất cơ học tại các mỏ của Vietsovpetro là không phù hợp;

- Lần đầu tiên trên thế giới, Vietsovpetro đã thử nghiệm và áp dụng thành công giải pháp bơm ép nước duy trì áp suất vỉa cho tầng đá móng mỏ Bạch Hổ (nơi tập trung phần lớn trữ lượng dầu thu hồi của mỏ Bạch Hổ). Đây là thành tựu to lớn của tập thể lao động quốc tế Vietsovpetro, góp phần quan trọng duy trì sản lượng khai thác, mở ra khuynh hướng nghiên cứu và áp dụng giải pháp bơm ép nước cho các tầng đá móng nứt nẻ khác trên thế giới;

- Việc thu gom khí đồng hành, xây dựng hệ thống các giàn nén khí ở các mỏ Bạch Hổ và Rồng đã cho phép Vietsovpetro tận dụng được nguồn khí đồng hành tách ra để sử dụng cho nhu cầu khai thác dầu bằng gaslift và vận chuyển vào bờ cho nhu cầu công nghiệp của đất nước. Chính công tác thu gom và vận chuyển khí vào bờ của Vietsovpetro đã đặt nền móng cho sự phát triển của ngành công nghiệp khí tại Việt Nam; sự hình thành các cụm công nghiệp khí - điện - đạm đã và đang góp phần đảm bảo an ninh năng lượng, đáp ứng nhu cầu phát triển kinh tế đất nước;

- Công nghệ vận chuyển dầu ngoài khơi các mỏ của Vietsovpetro bằng việc sử dụng tổ hợp các giải pháp công nghệ, bao gồm cả giải pháp phi truyền thống, đã làm nên thành công trong công tác thu gom, xử lý và vận chuyển dầu nhiều paraffin bằng đường ống ngầm ở ngoài khơi thềm lục địa Nam Việt Nam. Kết quả đã đưa ra mô hình thu gom, vận chuyển dầu và khí các mỏ kết nối ở khu vực Lô 09-1, mở ra khuynh hướng kết nối các mỏ dầu khí tại thềm lục địa Nam Việt Nam, đặt nền móng cho việc xây dựng một tổ hợp khai thác dầu, thu gom khí thống nhất, tập trung tại thềm lục địa Nam Việt Nam, đem lại hiệu quả kinh tế to lớn;

- Bạch Hổ và Rồng là những mỏ khai thác dầu và khí chính của Vietsovpetro đã ở giai đoạn cuối của thời kỳ khai thác. Do đó, trong bối cảnh giá dầu thế giới duy trì ở mức thấp và chưa phát hiện được các mỏ dầu khí lớn, để khai

thác hiệu quả, vượt qua thời kỳ khó khăn, Vietsovpetro cần tiếp tục tập trung nghiên cứu ứng dụng các giải pháp khoa học - công nghệ trong lĩnh vực khai thác, tối ưu hóa gaslift, bơm ép duy trì áp suất vỉa và xử lý vùng lân cận đáy giếng để nâng cao hệ số thu hồi dầu.

#### Tài liệu tham khảo

1. Howard B. Bradley. *Petroleum engineering handbook*. Society of petroleum engineers recharldson, TX, U.S.A. 1987.

2. Thomas O. Allen and Alan Robert. *Production operations 1, well completions, workover and stimulation*. Third edition. Oil and Gas Consultants International. December 17, 1988.

3. *Cụm công trình "Tìm kiếm, phát hiện và khai thác có hiệu quả các thân dầu trong đá móng granitoid trước đệ tam Bể Cửu Long, thềm lục địa Việt Nam"* (Bản thuyết minh). Tập đoàn Dầu khí Quốc gia Việt Nam, Hà Nội. 2010.

4. *Luận chứng kinh tế - kỹ thuật nâng cấp công suất nén khí Lô 09-1*. Liên doanh Việt - Nga "Vietsovpetro". 1/2016.

5. *Cụm công trình "Nghiên cứu, phát triển công nghệ thu gom, xử lý và vận chuyển dầu nhiều paraffin ở các mỏ dầu của Liên doanh Việt - Nga "Vietsovpetro" và các mỏ kết nối bằng đường ống ngầm ngoài khơi nhằm đảm bảo khai thác dầu liên tục và hiệu quả"*. Liên doanh Việt - Nga "Vietsovpetro". 2015.

## 35 years of establishment and development of Vietsovpetro's oil and gas production technology

Nguyen Thuc Khang, Tran Van Vinh, Chu Van Luong  
Tong Canh Son, Pham Trung Son, Pham Thanh Vinh  
Vietsovpetro  
Email: thuckhang53@gmail.com

#### Summary

***After 35 years of establishment, Vietsovpetro has overcome many difficulties and challenges to become the pioneer in petroleum production in Vietnam. With its excellent technical staff, specialists with high scientific level, and adequate infrastructure, Vietsovpetro has effectively and sustainably exploited oil and gas fields in the southern continental shelf of Vietnam, such as Bach Ho, Rong, Gau Trang, and Tho Trang, etc. Depending on the stage of production, Vietsovpetro has implemented several research projects and testing to optimise and choose the best technology for production, corresponding to two particular characteristics of oil in Vietsovpetro's fields (oil in basement and oil with high paraffin content, high viscosity and high pour point temperature).***

***In this paper, the authors summarise the lessons learned in the research as well as the selection and development of technological solutions for Vietsovpetro's offshore oil and gas production. These results can also be applied to other blocks in the southern continental shelf of Vietnam, thus contributing to the development of Vietsovpetro in particular and the oil and gas industry of Vietnam in general.***

**Key words:** Production technology, water injection, gas transportation.