



Trao đổi về giải pháp gia tăng thu hồi dầu cho thân dầu móng granitoid nứt nẻ mỏ Bạch Hổ

TS. Nguyễn Văn Minh
Tập đoàn Dầu khí Việt Nam

Đặt vấn đề

Thân dầu móng granitoid nứt nẻ (gọi tắt là thân dầu móng) mỏ Bạch Hổ được phát hiện và đưa vào khai thác từ năm 1988, với trữ lượng dầu tại chỗ ban đầu trên 500 triệu tấn.

Ban đầu thân dầu được khai thác ở chế độ giảm áp, sau đó được duy trì áp suất vỉa ở đỉnh cao hơn áp suất bão hòa bằng bơm ép nước vào khu vực cận đáy. Với chế độ khai thác như vậy, thân dầu sẽ dừng khai thác khi nước bơm ép dâng lên đỉnh và sản lượng khai thác cộng dồn dự kiến sẽ đạt khoảng 200 triệu tấn, tương ứng với hệ số thu hồi dầu 0,4 (40%). Đây là mức tương đối cao trong công nghiệp dầu khí thế giới.

Tuy nhiên, khi bị ngập nước “hoàn toàn”, trong thân dầu vẫn còn lại khoảng 60% trữ lượng dầu tại chỗ ban đầu (tương đương trên 300 triệu tấn hoặc 2,3 tỷ thùng). Đây là khối lượng khổng lồ và vì vậy việc nghiên cứu, tìm tòi các giải pháp công nghệ để khai thác thêm (tận thu) từ phần dầu khí khổng lồ còn lại trong thân dầu này vẫn là vấn đề cấp bách cả về phương diện bảo vệ tài nguyên cũng như kinh tế - kỹ thuật.

Căn cứ cấu trúc bên trong, cơ chế hình thành, đặc trưng thủy động lực, cơ chế khai thác hết sức đặc biệt của thân dầu móng mỏ Bạch Hổ, bài báo đưa ra ý tưởng về giải pháp giảm áp để tiếp tục khai thác gia tăng thu hồi dầu của thân dầu này.

Tổng quan về các giải pháp gia tăng thu hồi dầu

Đối với thân dầu truyền thống, sau khi khai thác ở giai đoạn thứ cấp không còn hiệu quả, để gia tăng thu hồi dầu, người ta thường ứng dụng các giải pháp “khai thác vét” hoặc “khai thác tận thu”, còn được gọi là khai thác tam cấp. Các giải pháp tận thu lúc này thường là các biện pháp gia tăng thu hồi dầu cao cấp (advanced enhanced oil recovery), nhằm thay đổi bản chất lý - hóa các pha lỏng, khí, rắn trong lòng đất tạo điều kiện thuận lợi cho pha dầu tách ra dễ dàng từ không gian rỗng của đá chứa. Các giải pháp áp dụng cho giai đoạn này được chia làm các nhóm như:

- Các phương pháp bơm ép khí: Các loại khí sử dụng cho bơm ép có thể là khí hydrocarbon, CO₂, N₂, khí thải... Chúng được bơm ép vào thân dầu đến trạng thái trộn lẫn hoàn toàn (miscible) hoặc gần hoàn toàn. Bơm ép khí có thể xen kẽ với bơm ép nước (WAG) nhằm cải thiện thu hồi dầu.

- Các phương pháp hóa học, vi sinh: Các tác nhân hóa học như các chất hoạt động bề mặt, polymer, kiềm, vi sinh... được bơm vào vỉa nhằm cải thiện hệ số đẩy dầu trong vỉa, nhờ đó gia tăng thu hồi dầu.

- Các phương pháp nhiệt: Được áp dụng đối với các vỉa dầu nặng có độ nhớt lớn giúp dầu dễ chảy ra từ vỉa hơn. Phương pháp thường áp dụng là gia nhiệt vỉa, tuần hoàn hơi nước nóng, đốt cháy trong vỉa...

Bằng các phương pháp trên có thể khai thác thêm tới 20% lượng dầu nữa từ trong vỉa, đưa hệ số khai thác dầu cuối cùng lên tới 60%.

Thân dầu móng là khối đá móng nứt nẻ, có nhiệt độ cao, độ rỗng rất nhỏ, đặc trưng thấm phức tạp, là loại thân dầu dạng mới chưa có tiền lệ và hiếm gặp trên thế giới. Thân dầu được khai thác ở chế độ duy trì áp suất vỉa ở đỉnh cao hơn áp suất bão hòa với hệ thống khai thác gồm hai đới trong đó nước được bơm ép vào khu vực cận đáy, còn dầu được khai thác ở khu vực cận nóc. Vì vậy, việc để

xuất, ứng dụng các giải pháp gia tăng thu hồi dầu tam cấp cho thân dầu này cần được xem xét phù hợp với bản chất thấm chứa đặc biệt của chúng.

Đặc trưng cấu trúc không gian rỗng thân dầu móng

Cũng như các thân dầu móng granitoid nứt nẻ khác, không gian rỗng của thân dầu móng Bạch Hồ bao gồm các khe nứt lớn bao quanh các khối matrix và các nứt nẻ/hang hốc trong các khối matrix [4]. Từ các nghiên cứu trong quá trình thăm dò khai thác, mô hình cấu trúc bên trong của khối matrix điển hình của thân dầu móng với xác suất lưu thông giữa khe nứt và hang hốc bên trong các khối matrix ở mức trung bình, có thể mô tả theo mô hình Erlich, như ở Hình 1 [1, 2]. Từ Hình 1 có thể thấy rằng, trong các khối matrix của thân dầu móng có hai loại khe nứt: một loại là các khe nứt chỉ có một đầu thông với các khe nứt lớn (tạm gọi là khe nứt dạng hang hốc) và một loại là các khe nứt mà có hai đầu (hoặc nhiều hơn) nối thông với các khe nứt lớn (tạm gọi là khe nứt dạng kênh thông hai đầu).

Cơ chế hình thành thân dầu móng

Theo thuyết gia tăng thể tích [3], khi hoạt động kiến tạo muộn sau Oligocen xảy ra, hệ thống khe nứt (không gian rỗng) trong khối đá móng được hình thành với áp suất hầu như bằng không (theo Agulera, có thể coi như là chân không tại thời điểm bị ép nứt) gây nên áp lực có hướng từ phía các tầng đất đá xung quanh vào móng. Khi đó dầu cùng với nước liên kết của các tầng cát kết Oligocen dưới bị “hút” vào móng qua những nơi mà các tầng cát kết này nằm kề sát mặt móng. Do áp suất của hệ thống khe nứt khi mới hình thành là “chân không” nên dầu từ Oligocen dưới bị hút vào và lấp đầy tất cả các khe nứt/hang hốc có lưu thông với nhau bất kể là khe nứt dạng hang hốc hay khe nứt dạng kênh thông. Quá trình di chuyển dầu từ trầm tích Oligocen dưới vào hệ thống khe nứt của khối đá móng về cơ bản sẽ dừng lại khi đạt được sự cân bằng thủy động lực giữa hai đối tượng này.

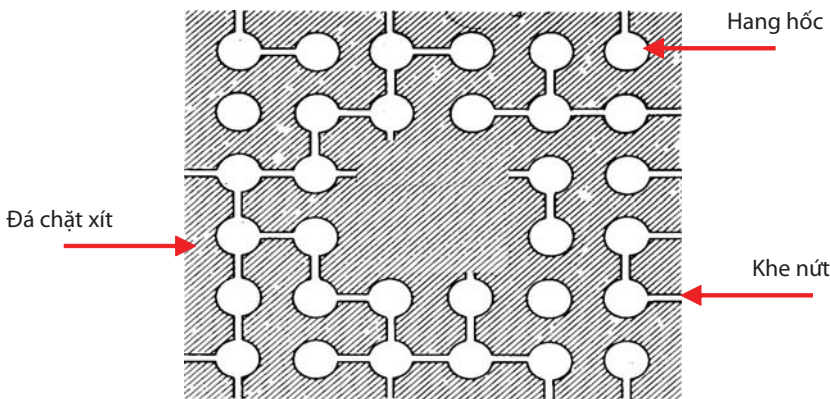
Quá trình khai thác thân dầu móng

Ban đầu thân dầu móng được khai thác ở chế độ giảm áp và sau đó được duy trì áp suất vỉa ở khu vực cận đỉnh xấp xỉ áp suất bão hòa bằng bơm ép nước vào khu vực cận đáy.

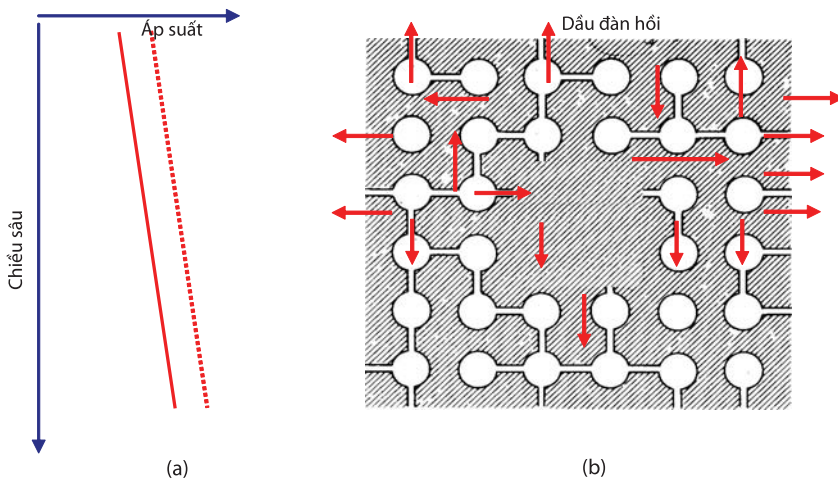
Từ Hình 2 có thể thấy rằng, khi khai thác ở chế độ giảm áp, ngược lại với quá trình hình thành thân dầu, do giảm áp, dầu từ mọi ngóc ngách của thân dầu (từ mọi khe nứt nhỏ trong khối matrix) đều chảy vào khe nứt lớn rồi chảy về đáy giếng, bất kể chúng là khe nứt dạng hang hốc hay kênh thông.

Khi khai thác ở chế độ bơm ép bù gần đủ (Hình 3) [5], áp suất vỉa ở vùng dầu chưa bị ngập nước vẫn tiếp tục giảm nên dầu ở tất cả các khe nứt nhỏ dạng hang hốc và kênh thông vẫn tiếp tục chảy theo hướng từ trong hang hốc (khe nứt nhỏ) ra khe nứt lớn cho tới khi bị ngập nước (Hình 3).

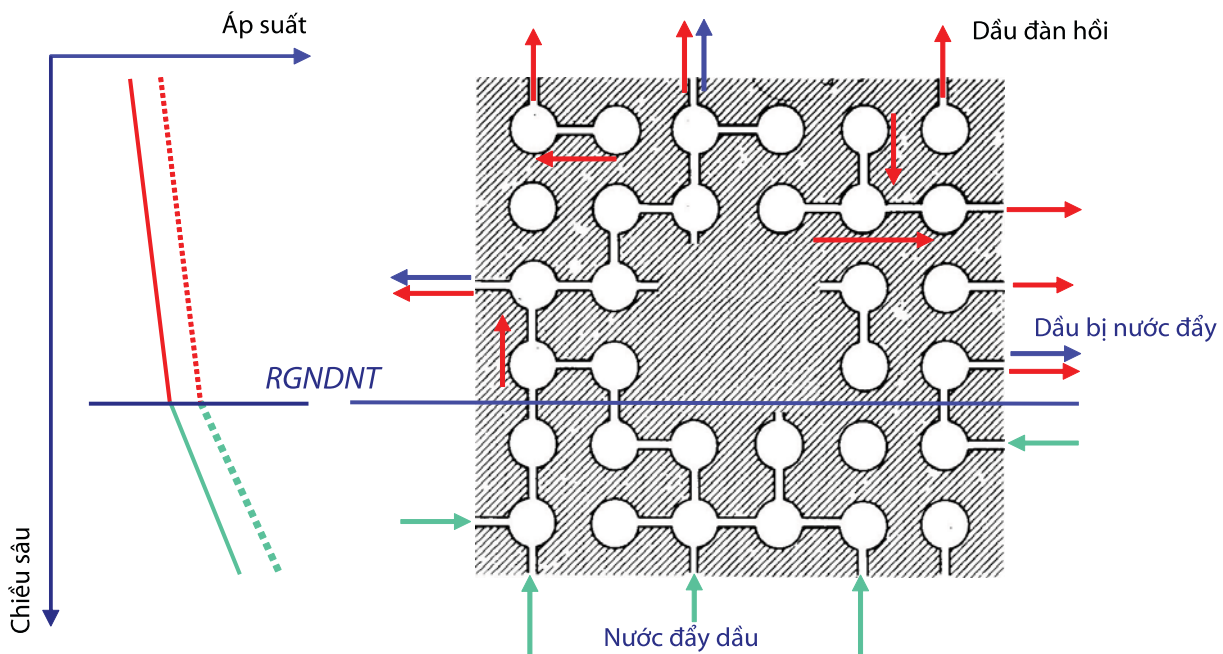
Tuy nhiên, từ Hình 3 có thể thấy rằng, nước bơm ép chỉ có thể đẩy dầu từ những khe nứt dạng kênh thông tới khe nứt lớn, còn dầu ở các khe nứt nhỏ dạng hang hốc thì nước hầu như không thể đẩy được.



Hình 1. Mô hình cấu trúc không gian rỗng của khối matrix thân dầu móng (mô hình Erlich ứng dụng cho thân dầu móng mỏ Bạch Hồ)



Hình 2. Mô hình dòng chảy trong thân dầu móng ở chế độ giảm áp. (a): Động thái áp suất vỉa; (b): Mô hình dòng chảy



Hình 3. Mô hình dòng chảy trong thân dầu móng Bạch Hổ khi bơm ép ở chế độ “bù gấn đủ”(a): Động thái áp suất; (b): Mô hình dòng chảy

Như vậy, trong quá trình dâng lên, nước bơm ép sẽ chiếm toàn bộ các khe nứt lớn và các khe nứt nhỏ dạng kênh thông. Trong thân dầu sẽ còn lại một phần đáng kể dầu chứa trong các khe nứt dạng hang hốc do không bị ảnh hưởng bởi quá trình đẩy của nước (và tất nhiên cả những khu vực mà nước bơm ép không quét được).

Quá trình khai thác thân dầu móng sẽ kết thúc khi nước bơm ép dâng lên đến đỉnh. Khi đó nước bơm ép tràn ngập các khe nứt lớn (xung quanh các khối matrix) và các khe nứt nhỏ dạng kênh thông trong khối matrix. Dầu còn lại trong các khe nứt nhỏ dạng hang hốc trong các khối matrix sẽ không bị đẩy/quét bằng nước bơm ép sẽ là dầu không thể (hoặc khó có thể) khai thác được.

Ý tưởng về giải pháp gia tăng thu hồi dầu cho thân dầu móng

Như đã trình bày ở trên, khi kết thúc khai thác bằng bơm ép nước, phần dầu còn lại trong thân dầu chủ yếu chứa trong các khe nứt nhỏ dạng hang hốc của khối matrix (và tất nhiên là cả phần dầu ở những vùng/khu vực mà nước bơm ép không quét được).

Khi đó, các giải pháp tận thu hồi dầu phải tập trung giải quyết công nghệ khai thác dầu còn chứa trong các khe nứt dạng hang hốc trong các khối matrix. Do dầu trong các khe nứt nhỏ dạng hang hốc chỉ chảy vào khe nứt lớn khi áp suất trong khe nứt nhỏ lớn hơn áp suất ở khe nứt lớn, nên để khai thác lượng dầu còn lại này phải

tạo được chênh lệch áp suất các khe nứt lớn và các khe nứt nhỏ.

Giải pháp tăng áp suất trong khe nứt nhỏ dạng hang hốc

Việc tăng áp suất ở các khe nứt dạng hang hốc có thể thực hiện bằng cách bơm ép khí. Các loại khí sử dụng cho bơm ép có thể là khí hydrocarbon, CO₂, N₂, khí thải... Chúng được bơm ép vào thân dầu đến trạng thái trộn lẫn hoàn toàn (miscible) hoặc gần hoàn toàn với dầu trong khe nứt, ở mức áp suất đủ lớn nào đó. Khi giảm áp suất ở hệ khe nứt lớn, dầu trộn lẫn khí bơm ép sẽ chảy từ khe nứt dạng hang hốc ra khe nứt lớn do chênh lệch áp suất.

Để triển khai giải pháp này cần xác định là liệu khí bơm ép có trộn lẫn được với toàn bộ dầu còn lại trong khe nứt dạng hang hốc hay không, áp suất bơm ép khí là bao nhiêu và thời gian bơm ép, trộn lẫn là bao lâu...

Giải pháp giảm áp suất trong các khe nứt lớn

Chênh lệch áp suất giữa khe nứt nhỏ dạng hang hốc trong các khối matrix và khe nứt lớn cũng có thể tạo ra bằng cách trực tiếp giảm áp của hệ khe nứt lớn. Tuy nhiên, do áp suất vỉa của thân dầu khi dừng bơm ép (nước ngập đến đỉnh móng) xấp xỉ áp suất bão hòa nên khi giảm áp, áp suất vỉa sẽ dẫn nhỏ hơn áp suất bão hòa và khí sẽ tách khỏi dầu ngay trong điều kiện vỉa (thậm chí ngay trong các khe nứt nhỏ dạng hang hốc), sau đó chảy vào khe nứt lớn và sẽ “nổi” lên phía trên và dẫn tích tụ thành mũ khí trên đỉnh móng.

Thảo luận

Từ những điều đã trình bày có thể thấy rằng: Thân dầu móng mỏ Bạch Hổ là thân dầu dạng khối, có nhiệt độ cao, dầu móng là dầu nhẹ, nên về cơ bản các phương pháp hóa học và phương pháp nhiệt là không thích hợp.

Với cấu trúc bên trong, cơ chế hình thành, đặc trưng thủy động lực, cơ chế khai thác hết sức đặc biệt nên giải pháp giảm áp để tiếp tục khai thác gia tăng thu hồi dầu có thể sẽ là giải pháp thích hợp với bản chất thấm chứa đặc biệt của chúng.

Tuy nhiên kết luận trên chỉ là những ý kiến sơ bộ ban đầu, định tính và mang nhiều tính suy luận. Chúng cần được tiếp tục nghiên cứu đầy đủ, cụ thể và chi tiết hơn.

Tài liệu tham khảo

1. Van Golf Racht T. D., 1982. *Fundamentals of Fractured Reservoir Engineering*. Elsevier Scientific Publishing Co., p. 51-54, 142-148, 178.

2. Belianhin G.N, Trần Lê Đông, Martynsep O. F. và nnk, 1998. *Thu hồi dầu trong đá móng granite nứt nẻ do bơm ép nước*. Tuyển tập Báo cáo khoa học 15 năm XNLD Vietsovpetro, NXB Khoa học và Kỹ thuật, p. 255 - 261.

3. Nguyễn Văn Minh, 2000. *Thử giải thích cơ chế hình thành tích tụ dầu khí trong đá móng mỏ Bạch Hổ theo thuyết gia tăng thể tích*. Tuyển tập Hội nghị Khoa học công nghệ năm 2000, Ngành Dầu khí trước thềm thế kỷ XXI, Tập 1, NXB Thanh niên, Hà Nội, p. 501 - 507.

4. Nguyễn Văn Minh, 2002. *Ý kiến về mô hình cấu trúc bên trong của thân dầu móng mỏ Bạch Hổ*. Tạp chí Dầu khí số 4.

5. Nguyễn Văn Minh, 2004. *Nghiên cứu hoàn thiện chế độ bơm ép nước để duy trì áp suất vỉa trong móng nứt nẻ mỏ Bạch Hổ*. Luận án tiến sỹ Địa chất, Trường Đại học Mở - Địa chất, Hà Nội.

Mỏ Bạch Hổ. Ảnh: CTV

