

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA**

NGUYỄN VĂN TUÂN

**ẢNH HƯỞNG CỦA NƯỚC VĨA LÊN HIỆU QUẢ KHAI THÁC THÂN
DẦU MÓNG MỎ SỬ TỬ ĐEN**

Chuyên ngành: Kỹ thuật dầu khí
Mã số chuyên ngành: 62.52.06.04

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

TP. HỒ CHÍ MINH NĂM 2016

Công trình được hoàn thành tại **Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM**

Người hướng dẫn khoa học 1: **PGS.TS. Trần Văn Xuân**
Người hướng dẫn khoa học 2: **PGS.TS. Phan Ngọc Cừ**

Phản biện độc lập 1:
Phản biện độc lập 2:

Phản biện 1:
Phản biện 2:
Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án họp tại

.....
.....

vào lúc giờ ngày tháng năm

Có thể tìm hiểu luận án tại thư viện:

- Thư viện Khoa học Tổng hợp Tp. HCM
- Thư viện Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM

MỞ ĐẦU

1.1 Tính cấp thiết của luận án

Cho đến nay dầu khai thác từ tầng móng granit kết tinh trên thế giới nói chung rất hiếm, chỉ một vài mỏ ở Việt Nam như Bạch Hổ, Rồng Đông, Sư Tử Đen, Sư Tử vàng... và Venezuela như La Paz. Hơn nữa, việc khai thác dầu trong đá móng dưới tác động mạnh mẽ của tầng nước vỉa có áp như mỏ Sư Tử Đen (STĐ) là điều hoàn toàn mới mẻ chưa từng có tiền lệ. Việc thiết kế và khai thác dầu trong móng phong hoá, hang hốc, nứt nẻ có sự tham gia mạnh mẽ của nước vỉa chẳng những đã làm thay đổi cơ cấu thiết kế khai thác, mà còn làm thay đổi quan điểm vận hành và cách quản lý mỏ truyền thống, đồng thời đã mở ra một hướng mới trong thiết kế và khai thác dầu khí đặc biệt ở Việt Nam, cũng như trên thế giới. Mặc dù đã khai thác được với khối lượng lớn dầu trong móng nhưng trong lĩnh vực nghiên cứu địa chất công nghệ mỏ, thiết kế khai thác và vận hành vẫn còn rất nhiều vấn đề đang được tranh luận cần quan tâm giải quyết và làm sáng tỏ hơn như:

- Quá trình hình thành và sự biến đổi, đặc điểm phân bố độ rỗng độ thấm (theo diện lẫn chiều sâu).
- Sự tồn tại của tầng nước vỉa tự nhiên, nguồn gốc hình thành cũng như qui luật phân bố, qui mô trữ lượng, cơ chế vận động.
- Ảnh hưởng sự tương tác của nước vỉa với đá móng, chất lưu, tới các tính chất thủy động lực của vỉa như độ thấm, chứa, độ bão hòa dầu,...
- Mức độ ảnh hưởng cũng như tác động của tầng nước vỉa có áp tới hiệu quả khai thác, bơm ép của các giếng từ đó đưa ra phương án thiết kế giếng, phát triển mỏ, các giải pháp khai thác phù hợp nhằm hạn chế các ảnh hưởng xấu và phát huy các tác động tích cực của tầng nước vỉa. Đưa ra các chế độ khai thác hiệu quả an toàn cũng như hướng phát triển mỏ trong các giai đoạn tiếp theo và đặc biệt làm tiền đề cho việc thiết kế phát triển các mỏ mới phát hiện.

Trước những yêu cầu cấp thiết đó đề tài: “Ảnh Hưởng Của Nước Vỉa lên Hiệu Quả Khai Thác Thân Dầu Móng Mỏ Sư Tử Đen” được chọn để làm luận án tiến sĩ ngành Kỹ thuật dầu khí tại trường ĐH. Bách Khoa Tp. Hồ Chí Minh.

1.2. Mục đích và nhiệm vụ của luận án

1.2.1 Mục đích:

Nghiên cứu xác định các phương pháp dự báo sớm sự tồn tại của tầng nước vỉa và đánh giá ảnh hưởng của tầng nước vỉa đến khai thác và bơm ép nước làm cơ sở đưa ra phương án thiết kế phát triển khai thác phù hợp, đưa ra các giải pháp khai thác khi mỏ có nước xâm nhập nước nhằm nâng cao hệ số thu hồi dầu duy trì sản lượng khai thác cho mỏ STD và làm tiền đề cho thiết kế phát triển các mỏ tương tự mới phát hiện.

1.2.2 Nhiệm vụ:

1. Phân tích đặc điểm thủy động lực, mức độ liên thông, đặc tính chất lưu, động thái và chế độ năng lượng khai thác của mỏ, của các giếng khai thác và bơm ép nước.
2. Đánh giá ảnh hưởng của tầng nước vỉa lên khai thác và bơm ép nước làm cơ sở lựa chọn phương án thiết kế phát triển mỏ.
3. Phân tích, đề xuất các giải pháp, chế độ khai thác khi có nước xâm nhập nhằm duy trì sản lượng khai thác và gia tăng hệ số thu hồi dầu.

1.3 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: Thân dầu móng mỏ Sư Tử Đen nói riêng cũng như các mỏ tương tự khác trong bồn trũng Cửu Long nói chung.

Phạm vi nghiên cứu: Ảnh hưởng của nước vỉa lên khai thác và bơm ép nước thân dầu trong đá móng.

1.4 Cơ sở tài liệu và các phương pháp nghiên cứu

1.4.1 Các phương pháp nghiên cứu

- Tổng hợp và phân tích các nguồn tài liệu đã có, xử lý và đánh giá các đặc điểm của cấu tạo STD.
- Các nghiên cứu phân tích tương tự và luận giải các tài liệu thử vỉa, phân tích tài liệu hóa, các nguyên tố phóng xạ, các đồng vị bền của nước.
- Xây dựng mô hình PTCBVC, mô hình khai thác cho thân dầu đá móng nứt nẻ, nhằm xác định và đánh giá mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đến hệ số thu hồi dầu và hiệu quả của các giải pháp khai thác.

- Tổng hợp các kết quả xử lý, phân tích kết hợp các tài liệu thu thập để hình thành phương pháp luận trong thiết kế và khai thác thân dầu trong đá móng có sự tham gia của tầng nước vỉa tự nhiên.

1.4.2 Cơ sở tài liệu

- Các tài liệu địa chất, địa vật lý giếng khoan, kết quả phân tích thạch học, DST, PVT từ 48 giếng (thăm dò và phát triển) đến tháng 6 năm 2014.

- Tài liệu lịch sử động thái khai thác từ 40 giếng khai thác/bơm ép từ 2003 đến hết tháng 6 năm 2014, , mô hình địa chất – mô hình khai thác mỏ STD năm 2014.

- Kết quả phân tích hóa hơn 1000 mẫu nước khai thác đồng hành mỏ STD, đồng vị bền 203 mẫu, đồng vị ^{226}Ra 132 mẫu, chất chỉ thị 500 mẫu.

- Các tài liệu nghiên cứu, tạp chí, báo cáo sản xuất chuyên ngành địa chất, kiến tạo và dầu khí, mô hình địa chất, mô hình mô phỏng của các mỏ tương tự (Bạch Hồ , Rạng Đông)... đã công bố của các nhà khoa học và các Công ty dầu khí.

1.5 Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

1.5.1 Ý nghĩa khoa học:

- Bằng các phương pháp nghiên cứu, sớm phát hiện sự tồn tại của tầng nước vỉa có áp và ảnh hưởng của nó vào vỉa dầu trong móng Sư Tử Đen.

- Phát hiện mức độ ảnh hưởng của tầng nước vỉa lên hiệu quả khai thác, thông qua mô hình thủy động lực xác định lượng giếng bơm cần thiết cho chế độ khai thác thân dầu này.

- Xây dựng phương pháp ứng dụng cho thiết kế và khai thác dầu một cách hợp lý trong đá móng trong trường hợp có tầng nước vỉa tự nhiên.

1.5.2 Ý nghĩa thực tiễn:

- Kết quả nghiên cứu có tính thực tiễn cao cho phép áp dụng đối với việc khai thác thân dầu trong móng không chỉ ở mỏ Sư Tử Đen mà đã áp dụng thành công ở các mỏ Sư Tử Vàng, Sư Tử Nâu bể Cửu Long và có thể áp dụng cho các mỏ tương tự khác.

- Góp phần làm sáng tỏ vị trí phân bố, nguồn gốc hình thành và phát triển của tầng nước vỉa tự nhiên trong cấu tạo móng Sư Tử Đen, làm tiền đề định hướng

phát triển cũng như khai thác tận thu và thiết kế phát triển các mỏ mới phát hiện ở bể Cửu Long cũng như các bể lân cận có hiệu quả hơn.

- Đối với các mỏ có tầng nước vỉa tự nhiên cần nghiên cứu sớm về thành phần hóa học, độ khoáng hóa và chế độ thủy động lực của mỏ nhằm bơm ép đúng lúc, thiết kế mạng lưới giếng cũng như chế độ khai thác hợp lý đảm bảo khai thác dầu có hiệu quả.

1.6. Những điểm mới của luận án

- Xác lập hệ phương pháp dự báo sớm sự tồn tại và tham gia của tầng nước vỉa tự nhiên, xây dựng cơ chế hình thành tầng nước vỉa thân dầu móng mỏ STĐ cũng như đặc điểm phân bố và vận động của tầng nước này.

- Đánh giá các tác động tích cực cũng như ảnh hưởng của tầng nước vỉa tự nhiên lên hiệu quả khai thác thân dầu móng mỏ STĐ.

- Xác định tổ hợp các giải pháp khai thác tối ưu khi có hiện tượng nước xâm nhập trong thân dầu đá móng. Ứng dụng tiến bộ kỹ thuật trong nghiên cứu thiết kế giếng khai thác, bơm ép nước cho thân dầu đã ngập nước làm tiền đề quan trọng để thiết kế phát triển khai thác các mỏ mới.

- Góp phần hoàn thiện hệ phương pháp luận thiết kế và khai thác dầu trong đá móng có sự tham gia của tầng nước vỉa tự nhiên.

1.7 Các luận điểm bảo vệ

- Luận điểm 1: Thân dầu đá móng mỏ STĐ tồn tại tầng nước vỉa có quan hệ thủy lực với thân dầu có nguồn gốc đa dạng phức tạp, chủ yếu từ tầng trầm tích áp kề vào cánh cấu tạo và một phần ngay trong móng, ở dưới đáy các khe nứt, đứt gãy sâu. Với quá trình hình thành, biến đổi phức tạp gắn liền với lịch sử thành tạo, biến đổi thứ sinh của thân dầu móng, tầng nước vỉa có tính chất hóa lý đặc biệt với độ tổng khoáng hóa nhỏ ($<12,000\text{ppm}$) và $\text{Cl}^-/\text{Br}^- \gg 300$ với hàm lượng Cl^- , Br^- nhỏ chứng tỏ có nguồn gốc vùng cửa sông nơi nước ngọt trộn lẫn với nước mặn và nước từ các thành hệ trầm tích tuổi Cenozoic.

- Luận điểm 2: Nước vỉa: sự hiện diện, khả năng biến đổi, tỷ phần tham gia, quy mô trữ lượng, vị trí phân bố, mức độ (tốc độ) xâm nhập... có vai trò quyết định đến thiết kế phát triển và hiệu quả khai thác thân dầu móng mỏ STĐ. Các thông số này quyết định quy mô số lượng giếng khai thác và bơm ép nước, thời

điểm cần phải tiến hành bơm ép nước duy trì áp suất vỉa, phương án thiết kế giếng... ngoài ra sự xâm nhập của nước vỉa không những ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả khai thác của các giếng nói riêng và toàn mỏ nói chung mà còn rất khó dự báo. Việc sớm xác định các yếu tố ảnh hưởng cho phép xác định và áp dụng các giải pháp phát huy các mặt tích cực và hạn chế tác động tiêu cực của tầng nước vỉa nhằm gia tăng hệ số thu hồi dầu.

1.8 Cấu trúc của luận án

Luận án gồm 125 trang, 21 bảng, 77 hình vẽ và đồ thị, 7 công trình đã công bố liên quan đến luận án và 53 tài liệu tham khảo, trình bày thành 4 chương với các nội dung chính như sau:

- Phần Mở đầu: Nêu bật tính cấp thiết của đề tài, mục đích và nhiệm vụ của luận án, đối tượng và phạm vi nghiên cứu, cơ sở tài liệu và phương pháp nghiên cứu, ý nghĩa thực tiễn và khoa học, cuối cùng là trình bày những điểm mới của luận án và các luận điểm bảo vệ.

- Chương 1: Trình bày khái quát chung về lịch sử tìm kiếm thăm dò, điều kiện địa lý tự nhiên thân dầu móng mỏ STĐ, đặc điểm thăm chứa đặc tính chất lưu mức độ liên thông thủy động lực và đặc điểm động thái khai thác thân dầu móng mỏ STĐ.

- Chương 2: Trình bày tóm tắt các kết quả nghiên cứu về nước vỉa ở trong nước và trên thế giới, nêu các phương pháp nghiên cứu nước vỉa mỏ dầu từ phương pháp nghiên cứu cổ địa lý tương đá, mô hình mô phỏng vỉa từ đơn giản đến phức tạp, các phương pháp phân tích thành phần hóa học các Ion hòa tan, đồng vị bền, các đồng vị phóng xạ tự nhiên, theo dõi qui luật thay đổi của các thông số thủy động lực theo thời gian.

- Chương 3: Phân tích tổng hợp và đánh giá sự biến đổi các thông số thủy động lực, sự thay đổi thành phần hóa học, đồng vị bền qua các giai đoạn từ thăm dò thăm lượng đến khai thác sớm nhằm nhận diện sự tồn tại và tham gia của tầng nước vỉa trong quá trình khai thác thân dầu móng STĐ, xác định vị trí phân bố, trữ lượng của tầng nước vỉa.

- Chương 4: Giới thiệu quy trình xây dựng mô hình thủy động lực mô phỏng thân dầu móng granit nứt nẻ làm cơ sở đánh giá ảnh hưởng của tầng nước vỉa

lên hiệu quả khai thác, chế độ bơm ép nước nhằm đề ra các giải pháp khai thác tối ưu cho các thân dầu móng có tầng nước vỉa, duy trì sản lượng nâng cao hiệu quả khai thác dầu.

Cuối cùng là phần kết luận và kiến nghị, danh mục các công trình công bố có liên quan đến luận án và tài liệu tham khảo.

CHƯƠNG 1 ĐẶC ĐIỂM THÂN DẦU MÓNG MỎ SƯ TỬ ĐEN

1.1 Điều kiện tự nhiên mỏ Sư Tử Đen

Tóm tắt lịch sử quá trình tìm kiếm thăm dò mỏ STĐ, đặc điểm địa chất, lịch sử phát triển mỏ STĐ, mô tả hoạt động kiến tạo, đặc điểm thạch học đá móng granite nứt nẻ mỏ STĐ. Nêu đặc điểm địa chất thủy văn và khái quát các phức hệ chứa nước bồn trũng Cửu long.

1.2 Sự hình thành các tích tụ dầu khí trong móng nứt nẻ mỏ Sư Tử Đen

Đá móng nứt nẻ mỏ STĐ chủ yếu gồm đá granit và granodiorit có tuổi Jura muộn-Creta sớm (108-148 Ma). Granit có thành phần chủ yếu Microcline/oligoclase (50-60%), quartz (30-35%) và có một ít (5-10%) Biotit. Phần đá granit không bị phong hóa có tỷ trọng 2.61 kg/cm^3 với độ rỗng, độ thấm rất nhỏ, tuy nhiên phần đá granit phong hóa có tỷ trọng $\sim 2.3 \text{ g/cm}^3$ với độ rỗng khá cao $\sim 13\%$ và độ thấm $\sim 15\text{-}20 \text{ mD}$. Quá trình hình thành thân dầu trong móng nứt nẻ ở bể Cửu Long trải qua 5 giai đoạn chính.

Giai đoạn 1 các thể granit xâm nhập qua đá gốc có từ trước vào thời kỳ từ Triat đến Creta sớm, tiếp theo giai đoạn 2 từ giữa Creta các hoạt động kiến tạo bắt đầu hoạt động gây ra các đứt gãy, khe nứt trong thân đá granit xâm nhập tạo ra các đới gập võ. Trong giai đoạn 3 từ Creta muộn đến Paleogene sớm, đá granit xâm nhập bị biến đổi mạnh do phong hóa, gây bóc mòn tầng đá granit lộ thiên. Tiến trình phong hóa-bóc mòn kết hợp với các hoạt động thủy địa nhiệt từ dưới sâu làm cải thiện đáng kể hệ thống khe nứt đứt gãy đã có từ trước. Mức độ nứt nẻ càng được gia tăng do các hoạt động tác giãn, nâng lên của các khối đá móng granite. Giai đoạn 4 bắt đầu sự lún chìm của khối đá móng và hình thành lên tầng chắn địa phương trong giai đoạn từ giữa đến cuối Paleogene. Giai đoạn 5 và giai đoạn cuối là sự hình thành và di chuyển hydrocacbon chủ yếu từ tầng sinh Oligocene nằm kề áp và phủ trực tiếp trên bề mặt nóc móng. Dầu khí được

sinh ra từ tập sét sẽ di chuyển lên trên, xuống dưới và ngang tích tụ vào các tập cát cũng như vào trong khối nâng trong móng granit nứt nẻ. Hệ thống đứt gãy, nứt nẻ cũng đóng vai trò là kênh dẫn quan trọng trong khu vực nghiên cứu. Sự dịch chuyển sớm của dầu vào móng bắt đầu trong Mioxen là một yếu tố quan trọng giúp duy trì độ rỗng. Quá trình nhiệt dịch vẫn hoạt động trong suốt thời kỳ dịch chuyển dầu vào trong tầng chứa. Việc xâm nhập của dầu làm giảm quá trình khoáng hoá do nhiệt dịch vì độ pH thay đổi nhanh, do đó sự bảo tồn tầng chứa tốt nhất là ở phần trên của cấu trúc móng.

1.3 Đặc điểm thấm chứa, đặc tính chất lưu

Thân dầu trong đá móng nứt nẻ mở STĐ là một hệ thống các khe nứt, đứt gãy và hang hốc có khả năng thấm chứa được thành tạo bởi nhiều tác nhân như quá trình kết tinh, phong hóa, hoạt động thủy nhiệt và các quá trình kiến tạo. Các khe nứt nhỏ phát triển dọc theo các khe nứt lớn, có độ mở nhỏ 0.01 - 0.1mm; càng xuống sâu độ rỗng và độ thấm của đá móng càng giảm. Các tài liệu địa vật lý giếng khoan (ĐVL) thu thập được cho thấy ở khu vực nóc móng có độ rỗng cao nhất trong khi phần sâu hơn là những khối đá rắn chắc độ rỗng rất thấp, điều này đồng nghĩa với việc khó tồn tại các tầng nước đáy với thể tích lớn. Hệ thống khe nứt trong tầng đá móng có phương theo phương của đứt gãy chủ yếu gặp 3 hệ thống đứt gãy khe nứt chính là 110° , 150° và 180° hệ khe nứt 150° và 180° được hình thành trong pha ép é n thời kỳ Miocên có độ thấm chứa tốt.

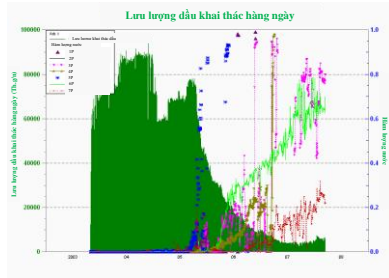
Trong giai đoạn khoan thăm dò và thẩm lượng các dầu thu được đều cho thấy dầu trong móng mở STĐ có độ API ~ 36, áp suất bão hòa 1150 psia, tỷ số khí dầu ~220 scf/stbo, độ nhớt ~1Cp tại ĐK vỉa, tuy nhiên các mẫu nước thu được phần lớn bị nhiễm bẩn bởi dung dịch khoan.

1.4 Đặc điểm thủy động lực của vỉa

Các kết quả phân tích thử vỉa từ các giếng đều khẳng định tính chất rất tốt của đá móng nứt nẻ với khả năng cho dòng cao, hệ số nhiễm bẩn skin âm. Theo kết quả thử giao thoa trước khai thác đã khẳng định các giếng khai thác đều nằm trong một hệ thống thủy động lực có mối liên thông trực tiếp với nhau.

1.5 Động thái khai thác

Trong giai đoạn đầu dầu được khai thác với chế độ khai thác tự phun suy giảm tự nhiên, sau một năm khai thác việc bơm ép được tiến hành bằng cách chuyển đổi từ các giếng khai thác sâu sang giếng bơm ép. Tính đến tháng 3/2007, tổng cộng đã có 13 giếng khai thác 6 giếng bơm ép đã được khoan và đưa vào sản xuất cho riêng tầng móng. Lưu lượng khai thác ban đầu là 60.000 thùng/ngày và tăng dần lên đến 90.000 thùng/ngày. Sau đó do sự suy giảm của áp suất vỉa, sản lượng khai thác sau đó đã giảm xuống còn 60.000 thùng/ngày.



Hình 1.13 Lưu lượng khai thác suy khi có nước xâm nhập

Sau khi khoan thành công các giếng bơm ép nước nhằm duy trì áp suất vỉa, sản lượng khai thác đã được tăng lên đến 75.000 thùng/ngày trong năm 2005. Ngay sau đó, nước khai thác xuất hiện tại 2 giếng 1P và 5P và tiếp theo các giếng lân cận làm sản lượng toàn mỏ suy giảm đột ngột (Hình 1.13) mặc dù nhiều biện pháp ngăn chặn nước xâm nhập đã được áp dụng.

CHƯƠNG 2 TỔNG QUAN CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU NƯỚC VỈA MỎ SỬ TỬ ĐEN

2.1 Tổng quan về tình hình nghiên cứu nước vỉa

2.1.1 Tình hình nghiên cứu trên thế giới

Các công trình nghiên cứu địa chất thủy văn dầu khí đã được tiến hành từ rất sớm nhằm đánh giá vai trò của nước dưới đất trong quá trình hình thành, di chuyển, tích tụ dầu khí. Trên cơ sở khảo sát, nghiên cứu nước dưới đất xây dựng các yếu tố, chỉ tiêu thủy địa hoá làm tiền đề cho công tác tìm kiếm thăm dò đồng thời xác định mức độ ảnh hưởng và biến đổi của nước dưới đất khi khai thác các mỏ dầu khí. Các nhà khoa học đã xác định nước là người bạn đời

trung thành của hydrocacbon từ khi sinh ra, lớn lên và phá hủy, nên việc nghiên cứu địa chất thủy văn được phát triển cùng với việc nghiên cứu địa chất các mỏ dầu khí. Những nghiên cứu đầu tiên ở Mỹ như Hant.S, ở Nga như Politsin A., Golibrtnikov D.V.

Nửa đầu của thế kỷ 20 nghiên cứu địa chất thủy văn dầu khí đã phát triển khá mạnh, người ta đã xác lập lý thuyết về tìm kiếm thủy địa hoá dầu khí. Xác định hàm lượng các ion hòa tan như Iot, Brom, Amonic, Boro, axit Naftenic, và một số nguyên tố phóng xạ có liên quan đến nước mỏ dầu (Vernatxki V.I, Vinogradov A.P, Pj Berbon Royers). Một số tác giả đã nghiên cứu sự hình thành thành phần hoá học nước vỉa các mỏ dầu khí như Stirgov I.N, Andrusov N.I...

Nửa sau thế kỷ 20, cùng với nghiên cứu thủy địa hoá người ta đã nghiên cứu nhiều về thủy động lực các mỏ dầu khí: Linatropy N.T đã chỉ ra mối quan hệ chặt chẽ của các mỏ dầu với nước các bồn Actezi. Igratovich N.K quan tâm đến mức độ đóng kín của các cấu trúc địa chất thủy văn, mức độ biến đổi của nước dưới đất với các mỏ dầu.

Sự phát triển hàng loạt các mỏ dầu vào cuối thế kỷ 20 đã đẩy nhanh các nghiên cứu địa chất và địa chất thủy văn các mỏ dầu khí, các nghiên cứu đã xác định được chỉ tiêu địa chất thủy văn tìm kiếm hydrocacbon. Các nghiên cứu bao gồm các lĩnh vực thủy địa hoá, thủy động lực, cổ địa chất thủy văn, trong đó phải kể đến các công trình nghiên cứu của Xulin V.A năm 1948 đã thiết lập được điều kiện hình thành thành phần hoá học nước dưới đất các mỏ dầu khí, xây dựng hệ thống cơ sở phân loại hệ thống hoá thành phần hoá học, nguồn gốc nước dưới đất mỏ dầu khí; Cùng với hệ thống phân loại nước các mỏ dầu khí của Panmer (phân loại nước theo các nhóm ion chính và các đặc trưng – đặc trưng Panmer) công trình của các tác giả này có ý nghĩa vô cùng to lớn và theo tác giả đây là một trong những mốc quan trọng trong lịch sử nghiên cứu và phát triển ngành ĐCTV dầu khí.

2.1.2 Tình hình nghiên cứu ở trong nước

Do ngành công nghiệp dầu khí ở trong nước còn non trẻ, các công trình nghiên cứu mỏ dầu khí nói chung mới được bắt đầu từ những năm 1960 của thế kỷ

trước, còn các nghiên cứu về đá móng kết tinh chứa dầu chỉ thực sự bắt đầu khi tình cờ phát hiện ra dầu trong đá móng kết tinh ở mỏ Bạch Hổ và các nghiên cứu chỉ tập trung vào mỏ Bạch Hổ sau này là các mỏ Rồng, Rạng Đông, Ru Bi,....

Các kết quả nghiên cứu cho thấy thân dầu trong đá móng granitoit là thân dầu không tiền lệ về mặt cấu trúc, về đặc trưng thẩm chứa, về cơ chế hình thành cũng như về mức độ và phân bố sản phẩm. Trong đó thân dầu móng granitoit có tầng nước vỉa có áp cung cấp năng lượng trong quá trình khai thác như mỏ STĐ sau này là Rạng Đông, Nam Rồng Đồi Mồi là chưa có tiền lệ. Do đó các công trình nghiên cứu nước vỉa mỏ dầu chưa nhiều và tập chung chủ yếu cho các đối tượng là trầm tích cát kết còn cho các thân dầu móng còn rất hạn chế.

Mặc dù các công ty hoạt động trên lãnh thổ Việt Nam cũng đã thực hiện các công tác có liên quan đến nước trong các mỏ dầu: LDDK Vietsovpetro, Công Ty Cừu Long JOC, BHP, BP, JVPC, Petronas, Talisman thể hiện trong các báo cáo sản xuất nhưng chỉ dừng ở mức độ coi nước vỉa như là một thể chất lưu đồng hành bất đắc dĩ nên các công tác điều tra nghiên cứu rất hạn chế và thiếu tính hệ thống.

Tuy nhiên công tác nghiên cứu nước vỉa mỏ dầu khí đáng kể phải kể đến công trình do PGS.TS Hoàng Đình Tiến và Nguyễn Thúy Quỳnh công bố trong tuyển tập báo cáo khoa học 15 năm XN LDDK Vietsovpetro, năm 1996 đã đánh giá được các đặc trưng cơ bản của điều kiện ĐCTV mỏ Bạch Hổ, các tác giả đã nêu được các đặc điểm cơ bản của nước mỏ dầu Bạch Hổ.

Năm 1999 trong các công trình nghiên cứu sự hình thành thành phần hoá học nước dưới đất và đặc điểm địa chất thuỷ văn các mỏ dầu khí, Nguyễn Kim Ngọc và các cộng sự đã thiết lập được nguồn gốc, điều kiện, các quá trình ảnh hưởng đến hình thành thành phần hoá học nước dưới đất các mỏ dầu khí, lập cơ sở phân loại nước mỏ DK theo các điều kiện khác nhau.

Đặc biệt năm 2001, Hoàng Đình Tiến và Nguyễn Thúy Quỳnh đã công bố kết quả nghiên cứu chứng minh sự tồn tại của nước vỉa mỏ Bạch Hổ qua kết quả nghiên cứu nước khai thác đồng hành từ giếng khai thác GK-110, kết quả phân tích chỉ ra nước vỉa tồn tại trong móng Bạch hổ độ sâu 4385m ở vòm Bắc với

độ khoáng hóa thấp (4-5g/l) thuộc loại nước Clorucanxi. Tuy nhiên nghiên cứu chưa đánh giá trữ lượng cũng như đề cập đến ảnh hưởng của tầng nước vỉa này tới khai thác.

Năm 2004 PGS.TS Trần Văn Xuân trong đề tài luận án tiến sĩ đã công bố đặc điểm địa chất thủy văn bồn trũng Cửu Long, có phân chia chi tiết các tầng địa chất thủy văn, Các đơn vị chứa nước trong bồn trũng, đặc điểm địa chất thủy văn mỏ Bạch Hổ cũng như ý nghĩa của nghiên cứu địa chất thủy văn trong tìm kiếm dầu khí.

Gần đây trong đề tài luận văn tiến sĩ của mình Đặng Ngọc Quý có đề cập đến các yếu tố địa chất ảnh hưởng tới hệ số thu hồi dầu cho mỏ Sư Tử Đen và Sư Tử Vàng trong đó phân tích các yếu tố địa chất như đặc điểm thạch học, thành phần đá xâm nhập (granit, granodiorit), thành phần đá đai mạch, các quá trình biến đổi thứ sinh (phong hóa, thủy nhiệt), đặc điểm đứt gãy và khe nứt, các chế độ năng lượng vỉa (Khí hòa tan, giãn nở, nguồn nước có áp...) ảnh hưởng tới chất lượng thấm chứa của tầng đá móng và đánh giá sơ bộ ảnh hưởng tới hệ số thu hồi dầu cuối cùng. Tuy nhiên luận văn chưa đi sâu vào phân tích các dấu hiệu nhận diện sự tồn tại của tầng nước vỉa nhằm kịp thời hiệu chỉnh chế độ vận hành khai thác, sơ đồ công nghệ khai thác, làm tiền đề áp dụng thiết kế phát triển cho các mỏ mới tương tự, luận văn cũng chưa mô tả được đặc điểm thành phần hóa lý của nước vỉa thân dầu móng STĐ, chứng minh nguồn gốc, điều kiện hình thành, cơ chế vận động, qui mô phân bố, mức độ biến đổi cũng như ảnh hưởng của tầng nước vỉa tới hiệu quả khai thác nhằm xác định đánh giá ảnh hưởng các yếu tố đến hiệu quả khai thác.

Tóm lại các công trình nghiên cứu về nước vỉa trong tìm kiếm, thăm dò và khai thác dầu khí cũng như ứng dụng nó trong thiết kế khai thác đặc biệt với các thân dầu trong móng granit nứt nẻ chưa nhiều và mới chỉ dừng ở mức độ nghiên cứu chung hoặc đánh giá đơn lẻ chưa hệ thống hoá hoặc và đúc kết thành qui luật, chưa xác định ảnh hưởng tới hiệu quả khai thác... cũng như đề ra hệ phương pháp luận nhằm giảm các tác động xấu và tối đa các ảnh hưởng tích cực. Có thể do sự tồn tại của nước vỉa trong móng granit còn khá mới mẻ, phức

tạp nên hy vọng đề tài nghiên cứu sẽ góp phần làm sáng tỏ thêm các giải pháp khai thác và phát triển các mỏ dầu trong thân đá granit nứt nẻ.

2.2 Phương pháp phân tích cổ địa lý tương đá

Là phương pháp cơ bản để nghiên cứu lịch sử phát triển kiến trúc, biến dạng và kiến tạo. Phương pháp này cho phép xác định tính chất của các kiến trúc, sự vận động nâng - hạ của các thể địa chất khác nhau qua từng thời kỳ trong lịch sử phát triển biến dạng. Cơ sở của phương pháp tương đá phản ánh điều kiện cổ địa lý và phần nào đó phản ánh điều kiện cổ kiến tạo của khu vực. Kết quả nghiên cứu cho thấy lịch sử tiến hóa kiến tạo của bể Cửu Long từ Jura-hiện tại được chia ra làm 3 giai đoạn chính: giai đoạn 1 là giai đoạn hút chìm từ Jura muộn – Creta sớm, giai đoạn 2 là giai đoạn chuyển tiếp từ Creta muộn – Paleoxen, giai đoạn 3 là giai đoạn căng giãn khu vực từ Eoxen – hiện tại. Giai đoạn 1 và 2 đã tạo nên đai macma, giai đoạn 3 đã tạo nên bể trầm tích phủ chồng gối lên đai macma.

2.3 Các phương pháp mô hình hóa tầng nước vỉa

2.3.1 Phương trình cân bằng vật chất.

Phương trình cân bằng vật chất (PTCBVC) đã được ứng dụng nhằm xác định thể tích chất lưu trong vỉa (dầu, khí, nước) cũng như dự báo khai thác. Dạng đơn giản của PTCBVC là tổng đại số sự biến đổi thể tích của các chất lưu trong vỉa (Dầu, khí và nước) và khung rỗng bằng không. Trong trường hợp vỉa có áp suất trên Pb (không có mũ khí) PTCBVC được rút gọn như sau:

$$NB_{oi} = \frac{N_p B_o - W_e}{\rho_i - \rho_r} C_e$$

Khi dầu khí, nước được khai thác thì áp suất của vỉa giảm, làm cho phần chất lưu còn lại trong vỉa giãn nở chiếm đầy khoảng trống do phần dầu khí và nước được khai thác. Nếu các tầng chứa dầu và khí được liên thông về mặt thủy lực với tầng chứa nước thì nước sẽ xâm nhập vào vỉa do áp suất giảm trong quá trình khai thác, làm giảm thể tích mà dầu và khí giãn nở, kết quả là làm chậm sự suy giảm áp suất vỉa. Do đó dựa vào số liệu đo khảo sát áp suất vỉa định kỳ theo thời gian cho phép dự báo đánh giá động thái của tầng nước vỉa.

2.3.2 *Mô hình thủy động lực*

Mô hình thủy động lực được xây dựng nhằm mô tả chính xác hình dáng, cấu trúc, các đặc tính thông số vật lý và động thái khai thác của vỉa. Mô hình sau khi được hiệu chỉnh với số liệu thực tế sẽ cho phép dự báo chính xác động thái của vỉa của giếng cũng như các phản hồi tương ứng với mỗi thay đổi khi tác động vào giếng hay vỉa. Mô hình thủy động lực được sử dụng chủ yếu nhằm đánh giá lựa chọn phương án thiết kế phát triển mỏ phù hợp. Ngoài ra mô hình khai thác còn được dùng để theo dõi quản lý và tối ưu khai thác phát triển mỏ nhằm tối đa hệ số thu hồi, dự báo sản lượng khai thác... Việc áp dụng mô hình thủy động lực vào theo dõi, dự báo động thái của tầng nước vỉa, khả năng ảnh hưởng tới hiệu quả khai thác góp phần quan trọng trong công tác quản lý mỏ và tối ưu hóa khai thác.

2.4 **Các phương pháp phân tích thành phần các Ion hòa tan**

Các thành phần ion hòa tan trong dung dịch nước địa nhiệt có thể phân ra làm hai loại, bền và không bền, các thành phần bền không biến đổi và được bảo tồn khi hòa tan vào dung dịch, các thành phần bền này cung cấp thông tin bổ ích về nguồn gốc của nó cũng như của hỗn hợp. Các thành phần không bền sẽ tương tác với các thành phần không bền khác trong dung dịch hay đất đá để đạt trạng thái cân bằng, do vậy nó sẽ cung cấp các thông tin khi vận động qua vỉa. Việc lấy mẫu và phân tích thành phần các ion hòa tan đặc trưng cơ bản đã được áp dụng rộng rãi nhằm phân loại, nhận dạng nước khai thác, tuy nhiên khi nước khai thác là hỗn hợp của nhiều loại nước như nước bơm ép, nước kỹ thuật, nước nguyên sinh, nước xâm nhập và trải qua quá trình biến đổi mạnh mẽ trong điều kiện vỉa cũng gây nhiều khó khăn và nhầm lẫn trong phân tích đánh giá kết quả thí nghiệm.

2.5 **Sự biến đổi thành phần do tương tác với đá trong điều kiện vỉa**

Kết quả thực nghiệm về sự biến đổi thành phần được tiến hành với các mẫu nước và đất đá trong điều kiện nhiệt độ vỉa đã cho thấy thành phần các ion Cl, Mg, Br và TDS (Tổng hàm lượng chất rắn hòa tan) có thành phần ít bị biến đổi nhất và có sự khác biệt rõ ràng giữa nước bơm ép và nước vỉa và được dùng để tính thành phần tham gia của nước vỉa.

Trong đó TDS phản ánh độ khoáng hóa của nước, có thể dùng như một chỉ số để phân biệt các loại nước khác nhau như nước biển, nước ngọt hay nước trầm tích. Nước biển thường có TDS ~ 33g/l, nước dung dịch khoan Clorua Canxi 11.4ppg (824g/l), nước dung dịch khoan Clorua Natri 9.9ppg (366g/l).

2.6 Các phương pháp nghiên cứu các đồng vị phóng xạ

Việc sử dụng phương pháp phân tích thành phần hóa học của các ion hòa tan trong nước khai thác để đánh giá nguồn gốc nước trong mỏ dầu khí thường gặp nhiều khó khăn do việc phối trộn và tương tác địa hóa trong vỉa chứa diễn ra rất phức tạp và khó dự đoán dẫn đến nhiều sai số. Do đó, phương pháp phân tích các đồng vị phóng xạ và tính toán các tỷ số giữa các đồng vị trong nước cũng như sự tương đồng các nguyên tố đồng vị trong đá - nước vỉa thường được sử dụng như là thông số có độ tin cậy cao trong việc đánh giá và xác định nguồn gốc nước và xác định khả năng dịch chuyển của các nguồn nước vào đối tượng móng nứt nẻ. Các chất đồng vị bền được sử dụng phổ biến trên thế giới trong lĩnh vực địa hóa và áp dụng trong việc xác định nguồn gốc nước vỉa như các phân tích ^{226}Ra ; ^{18}O , deuterium (^2H hoặc D), hay tỷ số $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ cho độ chính xác rất cao.

2.7 Các phương pháp đo kiểm tra định kỳ

Hàm lượng nước khai thác tại mỗi giếng được đo định kỳ ngay tại đầu giếng cho phép theo dõi tốc độ nước xâm nhập vào vỉa theo diện theo thời gian trong khi sự dao động của ranh giới dầu nước theo phương thẳng đứng có thể được quan trắc bằng nhiều phương pháp như đo gradient áp suất, đo PLT tại các giếng khai thác. Ngoài ra sự vận động của nước bơm ép có thể được theo dõi thông qua việc bơm chất chỉ thị cùng với nước bơm ép. Kết hợp tất cả các thông tin thu thập cho phép mô phỏng được bức tranh tổng hợp về mức độ, tốc độ xâm nhập và vận động của tầng nước vỉa trong thân dầu móng theo thời gian.

CHƯƠNG 3 NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH CÁC DẤU HIỆU NHẬN DIỆN SỰ TÀN TẠI TẦNG NƯỚC VỈA THÂN DẦU MÓNG MỎ SỰ TỬ ĐEN

3.1 Khái quát đặc trưng phân bố độ bão hòa nước ban đầu

Dựa trên các kết quả thu thập và đo đạc được trong quá trình thăm dò thăm lượng như tài liệu đo Karota, thử vỉa, kiểm tra khai thác (PLT) đều chưa xác định được ranh giới dầu nước ban đầu do vậy ranh giới dầu nước ban đầu được giả định tại điểm tràn là 4000 m TVDss. Công tác thu thập mẫu lõi ở mỏ STĐ cũng gặp khó khăn, một số mẫu lõi đã được lấy ở các giếng khoan thăm lượng nhưng kết quả cho thấy mẫu hoàn toàn chặt sít (do mẫu được lấy vào phần đá granite chặt sít)

Do vậy các tính chất về đá chứa đã được lấy tương tự từ các mỏ lân cận như Bạch Hổ, Rạng Đông với độ bão hòa nước ban đầu từ 10-20%, dưới điểm tràn là tầng bão hòa nước 100% với trữ lượng không đáng kể do đá chặt sít.

3.2 Giai đoạn thăm dò và thăm lượng

Do các giếng thăm dò thăm lượng cần phải được thiết kế đặc biệt nhằm mục đích để tìm kiếm và thăm lượng sự tồn tại của các vỉa dầu khí, do vậy khi tiến hành khoan thăm dò, thăm lượng trong các cấu tạo trong móng nứt nẻ các giếng thường được thiết kế khoan thẳng vào đỉnh của cấu tạo nơi có mật độ khe nứt cao và giếng luôn được thiết kế cắt qua các đứt gãy khe nứt lớn được xác định từ tài liệu địa chấn do vậy thông thường rất ít khi gặp nước, việc gặp nước là điều không mong muốn ở giai đoạn này và đa số kết quả thử vỉa các giếng thăm lượng trong móng nứt nẻ đều cho dòng dầu sạch có một số ít giếng có thấy một lượng nhỏ nước thu được trong quá trình thử vỉa nhưng kết quả phân tích cho thấy nước thường có hàm lượng khoáng hóa cũng như Clorite rất cao và là nước dung dịch khoan mất trong quá trình khoan trước đó. Ngoài ra các kết quả đo từ tổ hợp các phương pháp ĐVL khác tất cả các giếng khoan đều chưa phát hiện được ranh giới dầu nước ban đầu, không thấy dấu hiệu của tầng nước vỉa. Như vậy trong giai đoạn thăm dò thăm lượng ban đầu mỏ STĐ do đặc điểm thiết kế cũng như kế hoạch thăm lượng, các kết quả cũng như số liệu thu thập được đều chưa thể kết luận chắc chắn về sự có mặt cũng như mức độ tham gia của tầng nước vỉa.

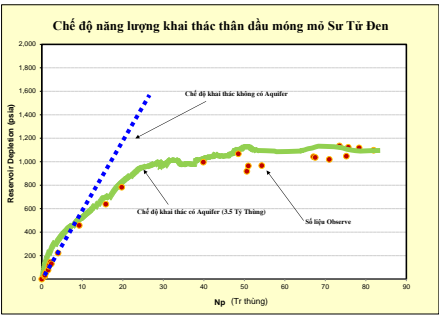
3.3 Giai đoạn khai thác

Các dấu hiệu về sự thay đổi áp suất đáy giếng

Trước khi tiến hành bơm ép nước mỏ được khai thác ở chế độ tự phun suy giảm áp suất vỉa tự nhiên, mặc dù lưu lượng khai thác tăng từ 65,000 ngàn thùng/ngày lên 70,000 ngàn thùng/ngày nhưng tốc độ sụt giảm áp suất mỏ lại giảm tương ứng từ 5psi/ngày còn 2.2psi/ngày. Tốc độ suy giảm áp suất vỉa cho thấy có sự cung cấp năng lượng cho vỉa trong quá trình khai thác, theo phương pháp tương tự nguồn năng lượng này có thể là tầng nước vỉa tự nhiên (Water Drive).

Phương trình cân bằng vật chất

Đồ thị mô tả mối quan hệ giữa thể tích chất lưu khai thác và áp suất suy giảm, mối quan hệ này là tuyến tính (đường thẳng) khi không có nước vỉa xâm nhập và sẽ suy giảm cong xuống khi lượng nước vỉa xâm nhập lớn hơn 0.



Hình 3.11 Đồ thị biểu diễn mối quan hệ suy giảm áp suất và chất lưu khai thác. Như vậy, bằng phương pháp khảo sát đo áp suất vỉa định kỳ khi bắt đầu có hiện tượng nước xâm nhập vào vỉa thì đường thẳng biểu diễn mối qua hệ này sẽ bắt đầu thay đổi và đây là 1 trong những dấu hiệu quan trọng giúp nhận biết sớm sự có mặt của tầng nước vỉa. Đối với mỏ STĐ nước bắt đầu xâm nhập vào vỉa khi áp suất vỉa giảm 400-600 psi hay khi 9-10 triệu thùng chất lưu được khai thác (Hình 3.11)

Mô hình thủy động lực

Kết quả mô phỏng vỉa hiện tại được chạy với giả thiết các hệ số nén thể tích khác nhau hoặc là hàm theo áp suất vỉa, tuy nhiên với lượng dầu tại chỗ là 500Tr. thùng thì không có trường hợp nào mô hình cho kết quả áp suất và WC như thực tế. Trong khi với cùng giả thiết trữ lượng dầu tại chỗ là 500Tr. thùng, hệ số nén thể tích $C_f = 9 \cdot 10^{-6}$ theo như đo đạc thì với giá trị trữ lượng tầng nước vỉa khác nhau mô hình đã cho kết quả tính áp suất và WC gần hơn với số liệu thực tế, đặc biệt với trường hợp trữ lượng tầng nước vỉa khoảng 15 lần OIIP cho kết quả khá khớp với số liệu thực. Như vậy sau khi đã hiệu chỉnh thành công mô hình khớp với số liệu lịch sử khai thác mỏ STĐ cho phép khẳng định có sự đóng góp của tầng nước vỉa cung cấp năng lượng trong quá trình khai thác.

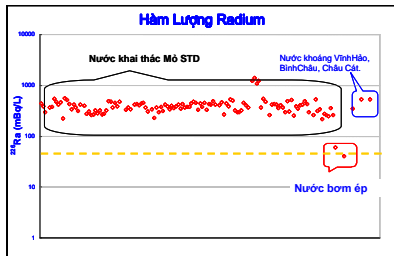
Các dấu hiệu khi phân tích thành phần hóa nước khai thác đồng hành

Kết quả thực nghiệm về sự biến đổi thành phần được tiến hành với các mẫu nước và đá trong điều kiện nhiệt độ tương tự như dưới vỉa đã cho thấy thành phần các Ion Cl, Mg, Br và TDS có thành phần ít bị biến đổi nhất và có sự khác biệt rõ ràng giữa nước bơm ép và nước vỉa. Trên cơ sở kết quả phân tích

các thành phần hóa học đặc trưng của mỏ STĐ dễ dàng nhận diện sự tồn tại của một nguồn nước vỉa với hàm lượng thành phần Ion thấp hơn nhiều (Clorite: 7,000 ppm, độ khoáng hóa: 25,000 ppm) đã tham gia đóng góp ngày càng nhiều vào thành phần nước khai thác và pha loãng nồng độ các thành phần Ion này.

Phân tích đồng vị phóng xạ

Hàm lượng ^{226}Ra trong nước vỉa cao gấp nhiều lần so với nước biển do sự tiếp xúc trong thời gian dài giữa nước vỉa và thành hệ, trong khi hàm lượng ^{226}Ra trong các mẫu nước khai thác mỏ STĐ khoảng 300÷1400mBq/L, khá ổn định và cao hơn nước bơm ép (60mBq/L). Như vậy ngoài nước bơm ép, trong nước khai thác mỏ STĐ, còn có những nguồn khác với hàm lượng ^{226}Ra cao hơn pha trộn để tạo ra hỗn hợp với hàm lượng ^{226}Ra lớn hơn nước bơm ép.



Hình 3.16 Kết quả phân tích ^{226}Ra

3.4 Vị trí và độ lớn của tầng nước vỉa

Kết quả khai thác cho thấy năng lượng khai thác chủ yếu của mỏ STĐ từ tầng nước vỉa. Do đó, việc nghiên cứu về nước thành hệ ở khu vực này đã được tiến hành, nhằm xác định qui luật phân bố và vận động của nó vào móng. Trong đó các phân tích về địa hóa và các đồng vị bền cho thấy nước khai thác có nguồn gốc là nước khí tượng có độ khoáng hóa thấp thuộc loại Clorua canxi, các phân tích tỷ số đồng vị $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ của đá và nước có thể kết luận nước khai thác có nguồn gốc chủ yếu từ tập cát kết E, F (nằm kề gá phía cánh của tầng móng) và được xem là vị trí của tầng nước ngầm có quan hệ thủy lực với thân dầu móng, cung cấp năng lượng trong quá trình khai thác. Các tính toán từ phương trình cân bằng vật chất và mô hình khai thác cho thấy tầng nước vỉa có trữ lượng ít nhất 4 tỷ thùng.

CHƯƠNG 4 ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA NƯỚC VĨA LÊN HIỆU QUẢ KHAI THÁC VÀ ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP KHAI THÁC THÂN DẦU MÓNG CÓ TẦNG NƯỚC VĨA TỰ NHIÊN

4.1 Đánh giá ảnh hưởng của nước vỉa lên hiệu quả khai thác

4.1.1 Đánh giá ảnh hưởng của nước vỉa lên hệ số thu hồi

Mặc dù các số liệu thu thập được trong giai đoạn thăm dò và thăm lượng đều chưa có thể khẳng định hay dự báo thân dầu sẽ có tầng nước vỉa tự nhiên tuy nhiên các giả định cũng đã được chạy với các trường hợp vỉa có tầng nước vỉa cung cấp năng lượng với các độ lớn khác nhau nhằm xác định mức độ ảnh hưởng của nó tới hiệu quả thu hồi dầu cuối cùng. Kết quả được mô tả trên Bảng 4.2 tương ứng với các trường hợp độ lớn của tầng nước vỉa lần lượt là 0, 1, 2, 4, và 8 tỷ thùng.

Bảng 4.2 Ảnh hưởng của tầng nước vỉa tới hiệu quả thu hồi

Thể tích tầng nước vỉa (Tỷ Thùng)	Trữ lượng thu hồi (Tr. thùng)
0	60.78
1	87.14
2	105.53
4	123.26
8	119.48

Kết quả chạy mô hình cho thấy với trường hợp vỉa không có tầng nước vỉa tự nhiên hiệu quả thu hồi giảm đáng kể (60.78 tr.thùng) chỉ bằng 1/2 so với trường hợp aquifer là 4 tỷ thùng, tuy nhiên khi trữ lượng tầng nước vỉa quá lớn cũng làm giảm trữ lượng thu hồi (trường hợp 8 tỷ thùng, trữ lượng thu hồi giảm còn 119 tr.thùng). Như vậy việc xác định sớm được sự có mặt cũng như trữ lượng của tầng nước vỉa đóng vai trò quan trọng trong thiết kế khai thác nhằm tối đa hệ số thu hồi dầu. Trường hợp vỉa có tầng nước vỉa với trữ lượng không lớn hoặc không có thì cần thiết phải khoan các giếng bơm ép để duy trì áp suất vỉa gia tăng hệ số thu hồi, trong trường hợp vỉa có tầng nước vỉa lớn cần có các giải pháp thiết kế, chế độ khai thác phù hợp nhằm hạn chế ảnh hưởng của tầng nước vỉa.

4.1.2 Đánh giá ảnh hưởng của nước vỉa lên chế độ bơm ép nước

Các kết quả chạy mô hình thủy động lực cho thấy, trong trường hợp vỉa không có nguồn nước tự nhiên việc bơm ép nước là cần thiết cho việc nâng cao hệ số thu hồi. Do đó, việc tiến hành thực hiện bơm ép nước là một phần cơ bản cho

chiến lược phát triển lâu dài cho các thân dầu móng nhằm duy trì áp suất vỉa trên áp suất tách khí. Các nghiên cứu chi tiết cũng được tiến hành nhằm xác định ảnh hưởng của tổng lưu lượng bơm ép nước tới trữ lượng thu hồi dầu cuối cùng cũng như thời gian bơm ép nước, độ sâu bơm ép nước, áp suất bơm ép nước, độ nhớt của nước bơm ép...nhằm tìm ra các chế độ bơm ép hợp lý nhất. Kết quả nghiên cứu cho thấy với tổng lưu lượng bơm ép = 30,000 B/tpd, bơm ép 4 giếng ngay từ đầu sẽ mang lại hiệu quả cao nhất cả về hiệu suất thu hồi lẫn khía cạnh thương mại. Tuy nhiên trong trường hợp thân dầu có nguồn nước vỉa lớn thì nước bơm ép không những vô tác dụng thậm chí gây tác động ảnh hưởng xấu tới hiệu quả thu hồi dầu. Kết quả chạy mô hình với các trường hợp bơm ép khi vỉa có tầng nước vỉa 10 tỷ thùng cho thấy trường hợp không có bơm ép sẽ cho trữ lượng thu hồi lớn nhất=118.4 tr.thùng Bảng 4.6

Bảng 4.5 Ảnh hưởng của thời gian bơm ép nước lên hệ số thu hồi

Bảng 4.6 Ảnh hưởng của tầng nước vỉa, nước bơm ép tới trữ lượng thu hồi dầu

Thời gian bơm ép nước	T.lg thu hồi (Tr thùng)	Kịch bản	Trữ lượng thu hồi (Tr thùng)
Ngay từ đầu	118.1	Có nước vỉa, 0 giếng bơm ép	118.4
Sau 2 tháng	118.0	Có nước vỉa, 1 giếng bơm ép	116.8
Sau 4 tháng	117.6	Có nước vỉa, 2 giếng bơm ép	115.2
Sau 6 tháng	113.9	Có nước vỉa, 3 giếng bơm ép	113.0
Sau 12 tháng	113.2	Có nước vỉa, 5 giếng bơm ép	109.3
Sau 24 tháng	112.4		

4.2 Các giải pháp khai thác thân dầu móng có tầng nước vỉa tự nhiên

4.2.1 Đặc trưng khai thác của mỏ có tầng nước vỉa tự nhiên

Cũng như các mỏ có tầng nước vỉa tự nhiên khác thân dầu móng mỏ STĐ có đặc trưng khai thác rất cơ bản của mỏ có cơ chế năng lượng nước vỉa như: Chế độ thủy động lực mạnh, áp suất vỉa được duy trì tốt, hàm lượng khí khai thác luôn ổn định do áp suất vỉa lớn hơn áp suất bão hòa. Sau khi nước xâm nhập vào giếng, hàm lượng nước khai thác (WC) sẽ gia tăng liên tục, tốc độ phát triển nhanh chậm phụ thuộc vào đặc tính chất lưu (tỉ số độ nhớt dầu và nước), độ thấm tương đối của đá chứa, mức độ bất đồng nhất của vỉa.

Bên cạnh những đặc tính chung trên, các thân dầu trong móng granit nứt nẻ lại có đặc tính khai thác riêng như: Do hệ thống đứt gãy, nứt nẻ có độ thấm cao các

giếng khai thác có sự giao thoa (áp suất) khá rõ rệt. Lưu lượng khai thác khá cao và hoàn toàn không có nước khai thác trong giai đoạn đầu.

Đối với các đối tượng khai thác là thân dầu móng nứt nẻ tự nhiên có nguồn nước vỉa lớn, việc các giếng khai thác sẽ bị nước xâm nhập là điều không thể tránh khỏi. Thực tế cho thấy khi các giếng đã bị nước xâm nhập việc duy trì sản lượng khai thác là rất khó và tốn kém. Hiệu quả khai thác của một giếng khai thác phụ thuộc vào nhiều yếu tố, như chế độ năng lượng của vỉa, tính chất của chất lưu và collector, chỉ số khai thác (PI), đối với giếng như quỹ đạo, độ nghiêng giếng, đường kính ống khai thác, áp suất miệng giếng, các thiết bị hỗ trợ lòng giếng như khí nâng, bơm điện chìm,...Như vậy có thể áp dụng nhiều giải pháp kỹ thuật can thiệp vào vỉa, vào giếng nhằm phòng và chống các tác động xấu và tối đa các ảnh hưởng có lợi của tầng nước vỉa nhằm tối đa hiệu quả khai thác dầu.

4.2.2 Phương án thiết kế khai thác cho các thân dầu móng có tầng nước vỉa

Trong quá trình thăm dò và thăm lượng, rất nhiều các số liệu về thủy tĩnh và thủy động đã được thu thập. Tuy nhiên không vì vậy mà mức độ phức tạp của cấu tạo mỏ STĐ được hiểu biết một cách rõ ràng, thể hiện qua các đặc điểm sau:

- Số liệu thu thập được từ các giếng thăm dò & thăm lượng chỉ được khoan ở các vị trí tốt, không thể đại diện cho toàn bộ tính chất và đặc điểm của mỏ.
- Số liệu thu nỏ từ địa chấn không đủ tốt do cấu tạo có độ sâu lớn với các tập trầm tích dày phủ trên bề mặt móng đã hạn chế việc xác định hướng đứt gãy/ khe nứt, không nhận biết hết các khe nứt nhỏ, khó phân biệt được khe nứt mở hay chặt sít.
- Hạn chế về tài liệu mẫu lõi và đo đạc trong giếng.
- Việc xây dựng mô hình mô phỏng vỉa dựa trên mô hình Halo vẫn còn ẩn chứa nhiều hạn chế, yếu tố không chắc chắn.

Do vậy, để giảm thiểu rủi ro do trong thiết kế phát triển mỏ cần thiết phải có giai đoạn khai thác thử nhằm thăm lượng và đánh giá sự hiện diện của tầng nước vỉa, quy mô trữ lượng, mức độ liên thông thủy lực của mỏ, tính chất bất đồng nhất của đá chứa và chất lưu...

4.2.3 Các giải pháp duy trì năng lượng vỉa

Để duy trì áp suất vỉa trên áp suất bão hòa trong quá trình khai thác tránh hình thành mũ khí thứ sinh có thể được thực hiện bằng cách bơm ép nước vào vỉa.

Tuy nhiên tùy thuộc vào tiềm lực của nguồn năng lượng vỉa (thể tích của tầng nước vỉa và mối quan hệ thủy lực với thân dầu) sẽ quyết định lượng nước cần bơm ép do đó sẽ quyết định số lượng, vị trí giếng khai thác cũng như thời gian bơm ép. Kết quả các nghiên cứu về bơm ép nước cho mỏ STĐ cho thấy trong trường hợp nếu mỏ tồn tại nguồn nước vỉa không đủ mạnh thì cần phải có tới 9 giếng bơm ép theo sơ đồ vành đai để duy trì áp suất vỉa và tối đa hiệu quả thu hồi.

4.2.4 Khoan đan dày bổ sung

Trong quá trình khai thác do mật độ khe nứt khác nhau nên mức độ liên thông thủy động lực giữa các khu vực khá khác nhau dẫn đến tốc độ ngập nước và độ bão hòa dầu trong các khối là khác nhau. Việc theo dõi đo khảo sát trong suốt quá trình khai thác để tìm ra các vị trí có độ liên thông kém và còn tiềm năng để khoan các giếng khoan đan dày nhằm duy trì sản lượng khai thác. Đối với các khối có chế độ thủy động lực riêng biệt, với độ lưu thông kém cần xem xét đan dày giếng.

4.2.5 Đặc điểm quỹ đạo giếng và bộ thiết bị lòng giếng

4.2.5.1 Quỹ đạo giếng

Qua thực tế quan sát cũng như nghiên cứu đều cho thấy các giếng đơn (cắt qua 1 khe nứt) thường có thời gian hoạt động ngắn và khi bị ngập nước thì hàm lượng nước tăng rất nhanh vì vậy các giếng khai thác thường được thiết kế khoan xuyên cắt qua nhiều khe nứt đứt gãy nơi đã được thực tế ghi nhận là các kênh dẫn dòng chính cho giếng, không nên khoan các giếng khoan thẳng dễ chệch mục tiêu. Giếng khai thác nên được khoan nông trên nóc cấu tạo, tránh khoan ra rìa nhằm tránh bị ngập nước sớm, trong khi đó các giếng bơm ép nước thường được khoan dài vươn ra rìa cấu tạo và khoan khá sâu, cách xa các giếng khai thác tránh cắt cùng các khe nứt với các giếng khai thác.

4.2.5.2 Bộ thiết bị lòng giếng

Đối với các đối tượng khai thác có nhiều pha khác nhau (dầu-khí-nước) và tỷ phần thay đổi liên tục các giếng khai thác phải được thiết kế và hoàn thiện (Selective completion với các van ngầm SSD) sao cho có khả năng khai thác ở các khoảng độ sâu khác nhau hay có khả năng đóng các khoảng khai thác khi bị ngập nước. Các giếng bơm ép có khả năng bơm ép ở các độ sâu khác nhau, khi cần có thể nâng đối bơm ép cao hơn khi ranh giới dầu nước dâng cao,... Tuy nhiên khi hàm lượng nước khai thác tăng cao (>75%) – cột chất lưu trong giếng trở lên nặng hơn, phương pháp dùng khí nâng truyền thống không còn hiệu quả,

cần phải áp dụng các giải pháp khác hiệu quả hơn như là bơm điện chìm, Jet pump,...

Dựa trên kết quả từ chương trình thử nghiệm cho giếng khai thác trong thân dầu móng đã chứng minh khả năng khai thác với lưu lượng cao hơn khi được lắp ESP so với phương pháp khai thác bằng khí nâng thông thường, cùng với các kết quả từ nghiên cứu mô hình mô phỏng tác giả đề nghị lắp 4 bơm điện chìm ESP cho các giếng 3P, 6P,7P và 22P cho mỏ STĐ nhằm nâng cao sản lượng khai thác.

4.2.6 Một số giải pháp tác động vào vùng cận đáy

4.2.6.1 Phương pháp bơm hút pittông (GAGD)

Là một phương pháp IOR/EOR đơn giản được áp dụng cho những giếng có hàm lượng nước khai thác cao, bề dày tầng đứng của vỉa lớn (chịu tác dụng tốt của lực trọng trường), áp suất vỉa thấp và có tính liên thông kém với các giếng hay khu vực khai thác lân cận. Phương pháp này được tiến hành bằng công tác bơm ép khí vào vỉa ngay tại chính giếng đó, dầu tàn dư tại chỗ xung quanh giếng sau khi ngậm no khí sẽ bắt đầu tạo mũ khí cục bộ trong vỉa. Mũ khí cục bộ này sẽ đẩy thấp ranh giới dầu nước cục bộ khu vực giếng. Nhờ vậy khi giếng mở lại khai thác, hàm lượng nước khai thác sẽ thấp hơn so với trước khi bơm ép.

4.2.6.2 Xử lý acid vùng cận đáy giếng

Sau một thời gian khai thác áp suất và nhiệt độ xung quanh giếng cũng như lưu lượng hàm lượng chất lưu thay đổi dẫn tới sự lắng đọng, kết tủa của một số khoáng vật, vật chất hữu làm giảm lưu lượng khai thác của giếng. Xử lý acid vùng cận đáy giếng cũng có thể tăng sản lượng khai thác lên 3; 4 lần, Acid thường dùng là HCL và HF với thành phần tương ứng khoảng 12%; 3%, tuy nhiên Công thức axit được lựa chọn phụ thuộc vào loại đá chứa và loại nhiễm bẩn ở vùng cận đáy giếng, thông thường công thức axit/solvent được lựa chọn thông qua kết quả thí nghiệm trên mẫu chất lưu, mẫu đá thành hệ của chính giếng đó. Việc lựa chọn công thức axit nên được đánh giá thận trọng và toàn diện vì nếu một công thức axit không phù hợp có thể làm sạch loại nhiễm bẩn này nhưng cũng có thể làm lắng đọng loại nhiễm bẩn khác từ đó có thể gây lấp nhét các kênh dẫn và làm suy giảm nghiêm trọng lưu lượng khai thác của giếng.

4.2.7 Giải pháp tối ưu chế độ khai thác bơm ép

Một trong những giải pháp có hiệu quả tức thời để giảm hàm lượng nước khai thác là giảm lưu lượng khai thác, nhiều giếng đã áp dụng biện pháp này và đã ít nhiều mang lại thành công trong việc hạn chế khai thác nước. Cắt giảm lưu lượng khai thác (giảm côn) khi bắt đầu thấy giếng có hiện tượng khai thác nước, hoặc cắt giảm định kỳ khi hàm lượng nước vượt một ngưỡng nào đó. Bằng biện pháp này hàm lượng nước khai thác luôn luôn được duy trì thấp khá hiệu quả trong suốt quá trình khai thác, việc áp dụng biện pháp giảm côn này kéo dài thời gian khai thác cho giếng và mang lại ít nhất 8% trong tổng sản lượng dầu khai thác cộng dồn của giếng. Kết quả nghiên cứu trên mô hình cho thấy khi áp dụng chế độ khai thác cắt giảm cho phép nâng hiệu quả thu hồi cả mỏ lên 0.8% tương đương 5.1 Triệu thùng.

Điều chỉnh chế độ khai thác cũng như bơm ép hợp lý cho từng giếng, theo từng vùng vào từng thời điểm nhằm chọn ra chế độ khai thác tối ưu nhất. Giải pháp này tốn nhiều thời gian và đòi hỏi phải thử nghiệm với nhiều chế độ khai thác cũng như bơm ép khác nhau. Theo kết quả theo dõi các giếng ngập nước cho thấy các giếng thường bị ngập nước khi điều chỉnh lưu lượng tăng đột ngột và hàm lượng nước không giảm cho dù lưu lượng được chỉnh lại về mức ban đầu. Như vậy, để trì hoãn giếng bị ngập nước nên giữ giếng khai thác ở chế độ ổn định nhất có thể.

Kết Luận

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu tổng thể thân dầu móng mỏ Sư Tử Đen về đặc điểm địa chất, thủy động lực, động thái khai thác bơm ép nước cùng với các kết quả nghiên cứu trên mô hình mô phỏng có thể rút ra một số kết luận sau:

1. Mỏ dầu Sư Tử Đen là một trong số ít các mỏ dầu trong đá móng nứt nẻ có các tính chất phức tạp do có nguồn nước có áp tồn tại trong các lớp trầm tích nằm giá áp khối móng giữ vai trò chủ đạo để duy trì áp suất vỉa giúp gia tăng hệ số thu hồi dầu, nhưng cũng là yếu tố gây ra ngập nước nhanh và làm giảm lưu lượng dầu khai thác khi nước xâm nhập vào giếng.
2. Kết quả nghiên cứu trên mô hình thủy động lực cho thấy khi mỏ không có tầng nước vỉa việc bơm ép nước duy trì áp suất vỉa có thể gia tăng hệ số thu hồi dầu cuối cùng, tuy nhiên nếu vỉa có nguồn nước vỉa lớn thì bơm ép nước

vào vỉa không những không cải thiện thậm chí có thể làm giảm hệ số thu hồi dầu do hiện tượng ngập nước sớm ở các giếng khai thác.

3. Các giếng khai thác ở vùng rìa cấu tạo hoặc khoan sâu thường bị ngập nước sớm, các kết quả quan sát thực tế đều cho thấy khi giếng đã bị ngập nước rất khó hoặc rất tốn kém để duy trì sản lượng khai thác.
4. Các dấu hiệu giúp sớm nhận diện sự tồn tại và tham gia của tầng nước vỉa vào quá trình khai thác bao gồm sự suy giảm áp suất vỉa theo thời gian, tổng lượng khoáng hóa, nồng độ các ion hòa tan hay nồng độ các đồng vị phóng xạ như ^{226}Ra , D , ^{18}O , $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$.
5. Kết quả phân tích cho thấy nước vỉa chiếm tỷ trọng đáng kể trong tổng lượng nước khai thác. Nước vỉa mỏ Sư Tử Đen có độ khoáng hóa thấp (trung bình 12g/l), hàm lượng Clorite thấp (trung bình 7g/l).
6. Để khai thác hiệu quả thân dầu móng có tầng nước vỉa tự nhiên cần áp dụng các giải pháp phù hợp như tiến hành khai thác thử, khoan đan dày, quỹ đạo tối ưu, lựa chọn công nghệ hoàn thiện giếng linh hoạt, tác động trực tiếp lên giếng và vùng cận đáy giếng.

Kiến nghị

- 1- Do mỏ Sư Tử Đen có tính chất đặc thù, phi điển hình nên tài liệu tham khảo cũng như các công trình nghiên cứu khoa học còn hạn chế, các phương pháp thiết kế phát triển cũng như công tác quản lý khai thác cũng mang nhiều đặc thù riêng đòi hỏi có các phương pháp tiếp cận, thu thập thông tin phù hợp.
- 2- Mô hình thủy động lực xây dựng theo mô hình Halo và việc áp dụng mô hình “Halo” để đưa ra các dự báo về sản lượng cũng như đánh giá thời gian, tiến trình ngập nước cho tầng móng nứt nẻ Sư Tử Đen còn chưa hợp lý cần thiết phải tiếp tục nghiên cứu hiệu chỉnh và cập nhật với lịch sử khai thác để có thể hiệu chỉnh mô hình cũng như đề xuất chiến lược khai thác và bơm ép dài hạn.
- 3- Do các khe nứt và đứt gãy trong mô hình chỉ được nhận biết qua các tài liệu địa chấn, do đó chưa phản ánh đúng và thể hiện được mức độ chứa, thấm của vỉa và bỏ qua phần lớn các khe nứt nhỏ. Để khắc phục cần thiết phải có các

nghiên cứu độc lập khác để đo đạc hay mô phỏng tính chất vật lý quan trọng này; ví dụ như DFN, hay Fracperm, mô hình 2 độ rỗng 2 độ thấm,...

4- Cần áp dụng thời gian khai thác thử thỏa đáng nhằm thu thập củng cố thêm số liệu xác định, đánh giá quy mô (trữ lượng và mức độ ảnh hưởng) của tầng nước vỉa có áp (nếu có) trước khi thiết kế phát triển tổng thể cho toàn mỏ.

5- Tuy có nhiều yếu tố khách quan cũng như chủ quan ảnh hưởng tới hiệu quả khai thác trong đó đặc điểm đứt gãy và khe nứt, nguồn nước áp sườn, mức độ lưu thông thủy động lực, phương pháp thiết kế và hoàn thiện giếng là các yếu tố chủ đạo có thể can thiệp hiệu quả bằng công nghệ và kỹ thuật hiện nay nhằm hạn chế ảnh hưởng tiêu cực và gia tăng ảnh hưởng tích cực của các yếu tố này tới hệ số thu hồi dầu cuối cùng như:

- Các giếng phát triển cần được thiết kế và khoan với góc nghiêng lớn và có xu hướng cắt qua hệ thống đứt gãy chính (Đông Bắc – Tây Nam và Tây Bắc – Đông Nam) không chỉ giúp tăng hệ số thành công của giếng mà còn gia tăng hệ số thu hồi dầu, giảm số lượng giếng khai thác.

- Để hạn chế ảnh hưởng xấu của nước vỉa đến động thái khai thác của giếng, cần áp dụng giải pháp sử dụng khí nâng hay bơm điện chìm và giải pháp ‘bơm ép khí – khai thác’ luân phiên ở những giếng có độ ngập nước cao nhằm tận thu dầu có trong phần nóc vỉa.

- Giải pháp bơm ép (nước hoặc khí) của các phần khu vực có mức độ liên thông kém với tầng nước có áp nhằm duy trì áp suất vỉa cao hơn áp suất bão hòa.

- Đối với khu vực có chế độ thủy động lực độc lập ngoài việc áp dụng các giải pháp trên, giải pháp khoan đan dày cũng giúp nâng cao hệ số đẩy và quét dầu.

6- Các kết quả quan sát thực tế đều cho thấy khi giếng đã bị ngập nước rất khó hoặc rất tốn kém để duy trì sản lượng khai thác, vì vậy cần áp dụng các giải pháp ngay từ khi thiết kế phát triển khai thác hay áp dụng các chế độ vận hành khai thác nhằm làm chậm tiến trình ngập nước của các giếng như duy trì chế độ khai thác ổn định và hợp lý.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. Tuan Nguyen Van. ***“Gas-Assisted Gravity Drainage Process for Improved Oil Recovery In Bao Den Fractured Basement Reservoir”***, *Tap chí Phát Triển Khoa Học & Công Nghệ. No K5, 2015.*
2. Tuan Nguyen Van, Xuan Tran Van. ***“ESP application in production for high water cut wells in BV fractured basement reservoir,”*** Hội nghị Khoa học Trường Đại Học Bách Khoa lần thứ 14, 2015.
3. Thanh Truong Quoc, Ngoc Thai Ba, Kha Nguyen Xuan, Huy Nguyen Xuan, Ngo Dau Van, Xuan Tran Van, Dong Nguyen Duc, Tuan Nguyen Van. ***“Applying Kriging algorithm base on Matlab environment to interpolate porosity and perminbility values of lower Miocene sandstone reservoir, ST Xam oild field,”*** *Tap chí Phát Triển Khoa Học & Công Nghệ. Vol 17, 2014.*
4. Trần Văn Xuân, Nguyễn Văn Tuấn, Nguyễn Phan Phúc, Trương Tuấn Anh, Nguyễn Xuân Khả, Thái Bá Ngọc ***“Ảnh hưởng của biến đổi hàm lượng nước sản phẩm lên hiệu suất khai thác dầu khí mỏ Su Tử Đen,”*** Đề tài nghiên cứu khoa học cấp ĐHQG, 2013.
5. Tuan Nguyen Van ***“Study Of The Origin of Produced Water SDSW Basement Reservoir,”*** *Hội nghị Khoa học Quốc tế về dầu khí trong đá móng. 2008.*
6. Huy Tran Nhu, San Ngo Thuong, Binh Kieu Nguyen, Huy Nguyen Xuan, Ngo Dau Van, Xuan Tran Van, Dong Nguyen Duc, Tuan Nguyen Van. ***“Tiến hóa kiến tạo và tiềm năng dầu khí rìa thềm lục địa việt nam,”*** *Tap chí Phát Triển Khoa Học & Công Nghệ. Vol 17, 2014.*
7. Xuan Tran Van, Gia Phan Phuoc, Hung Vu Viet, Tuan Nguyen Van ***“Assessing the oil and gas potential based on initial water saturation analyzing and modeling, lower Oligocene sandstone, Blue Dragon field”***, The 14th Science & Technology conference on earth recources & Petroleum, 2015.