

CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN SỰ HÌNH THÀNH VÀ PHÁT TRIỂN TÍNH THẨM CHỨA CỦA ĐÁ MÓNG MỎ BẠCH HỔ

KS. Nguyễn Thị Thu Huyền
PGS.TSKH. Hoàng Đình Tiến
Đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh

Tóm tắt

Đá móng chứa dầu ở mỏ Bạch Hổ nói riêng và bể Cửu Long nói chung là hiện tượng đặc biệt (phi truyền thống) là đối tượng mới cho thăm dò, khai thác dầu khí trong đá magma. Trong bài viết, nhóm tác giả đã trình bày 7 yếu tố quan trọng để hình thành và phát triển đặc điểm thẩm chứa tốt trong đá magma đó là: (1) thành phần thạch khoáng của đá magma, (2) lạnh nguội và co rút của các đá, (3) hoạt động kiến tạo, (4) hoạt động nhiệt dịch, (5) phong hóa bề mặt, (6) áp lực địa tĩnh và (7) có lớp phủ. Trong đó, có 2 yếu tố đó mang tính quyết định là: hoạt động kiến tạo để hình thành đối dập vỡ vò nhau và hoạt động nhiệt dịch dẫn đến sự hình thành, phát triển và mở rộng các hang hốc, khe nứt, tăng tính lưu thông, dẫn đến tăng đáng kể độ thấm, chứa.

Từ khóa: Mỏ Bạch Hổ, đá magma, tính thẩm chứa, hoạt động kiến tạo, hoạt động nhiệt dịch.

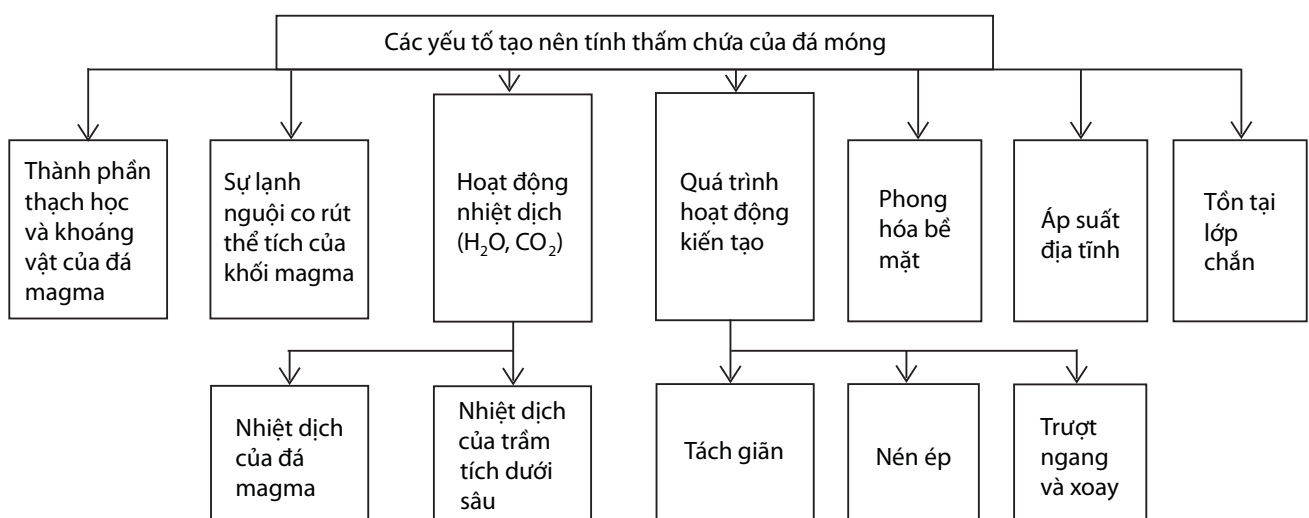
1. Các yếu tố hình thành tính thẩm chứa của đá móng mỏ Bạch Hổ

Mỏ Bạch Hổ có 4 đối tượng chứa dầu là: móng granite biotite, các lớp cát đáy Oligocen dưới, đáy Oligocen trên và đáy Miocen dưới. Trong đó, 85% trữ lượng và 92 - 94% sản lượng dầu khai thác tập trung ở đối tượng móng. Thông thường đá móng granitoid chặt sít song đá móng ở mỏ Bạch Hổ chứa nhiều dầu như vậy do tính thẩm chứa được gia tăng bất thường. Vì vậy tìm hiểu nguyên nhân của hiện tượng này là cần thiết. Các nhà nghiên cứu cho rằng có 7 yếu tố hình thành tính thẩm chứa của đá móng mỏ Bạch Hổ (Hình 1). Các yếu tố này xảy ra ở những giai đoạn khác nhau nhưng đều có ảnh hưởng đến sự hình

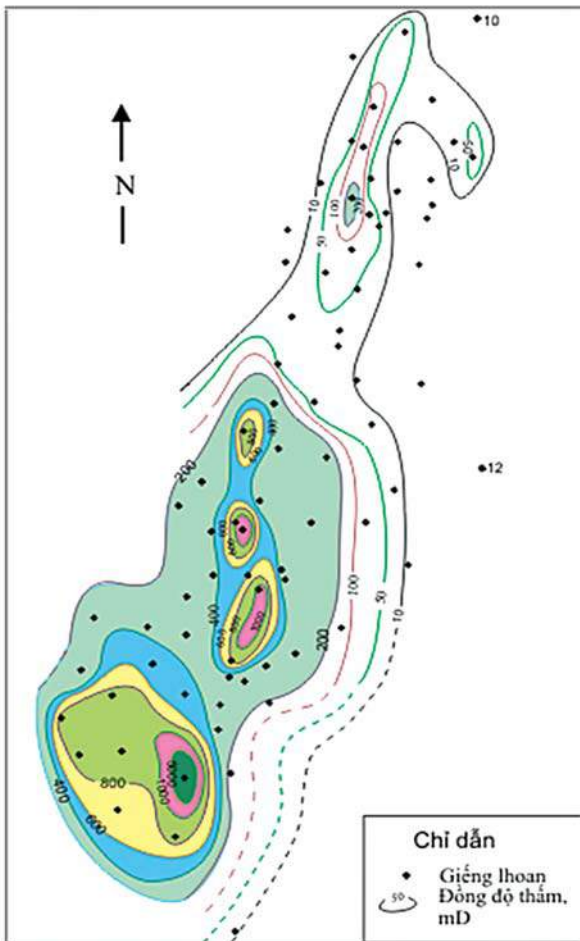
thành và phát triển tính thẩm chứa của đá móng mỏ Bạch Hổ nói riêng và bể Cửu Long nói chung [1, 2, 3, 4, 9].

1.1. Thành phần thạch học và khoáng vật của đá magma

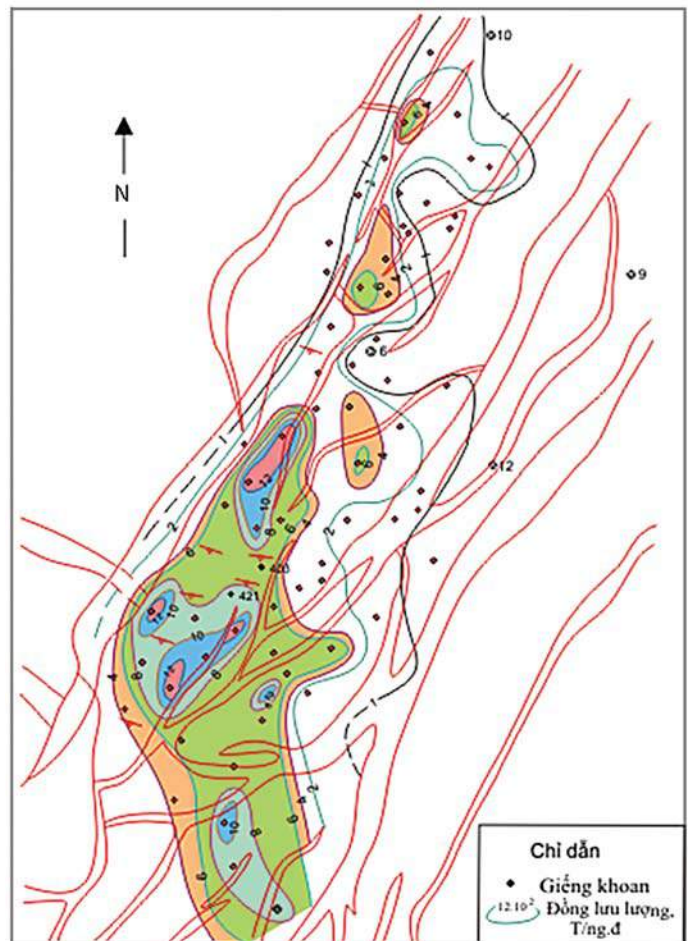
Mỗi loại khoáng vật khác nhau về cấu trúc tinh thể, thành phần hoá học... thì có tính chất cơ lý hóa khác nhau. Đá acid granite 2 mica (bao gồm các khoáng vật chủ yếu như: plagioclase acid, feldspar kali, quartz, biotite, muscovite) kết tinh tinh thể lớn do dung dịch magma ở nông, mất nhiệt nhanh; có tính giòn do giàu SiO₂, feldspar kali và thạch anh nên dễ bị phá hủy cơ học. Đá trung tính diorite với hàm lượng SiO₂, feldspar kali, thạch anh ít hơn so với granite; kết tinh ở sâu hơn, mất nhiệt chậm, tinh thể



Hình 1. Sơ đồ quan hệ của các yếu tố tạo nên tính thẩm chứa của đá móng



Hình 2. Bản đồ phân bố độ thấm ở đá móng Bạch Hổ [3]



Hình 3. Bản đồ phân bố lưu lượng giếng khoan ở mỏ Bạch Hổ [3]

mịn hơn, đôi khi ẩn tinh, có tính dẻo hơn granite, nên khó bị phá hủy cơ học hơn.

Vì vậy, dưới tác dụng của sự nén ép, căng giãn, đá granite sẽ bị phá hủy nhiều hơn so với diorite. Theo kết quả nghiên cứu của Viện Nghiên cứu Khoa học và Thiết kế Dầu khí biển - Vietsovpetro, độ rỗng của diorite (phân bố ở phía Đông Bắc của cấu tạo) chỉ đạt 0,2% hoặc nhỏ hơn, độ rỗng của granodiorite khoảng 0,4 - 0,5% (80% mẫu granodiorite có độ rỗng nhỏ hơn 1%). Trong khi độ rỗng của granite ở vòm Trung tâm đạt khoảng 0,5 - 1,5%, granite của vòm Bắc chủ yếu có giá trị 2 - 3% (tuy nhiên đây là kết quả đo trong mẫu lõi lấy lên được bằng dụng cụ khoan). Còn mẫu bị vỡ rời và vỡ vụn ở vòm Trung tâm không lấy được có thể có độ rỗng lớn hơn nhiều do hoạt động nhiệt dịch mạnh phá hủy độ bền của các khung xương tinh thể. Về độ thấm, diorite chỉ đạt vài milidarcy (mD), granodiorite đạt khoảng 50mD, ít khi đạt đến 200mD. Còn độ thấm của granite 2 mica đạt tới 600 - 800mD, thậm chí vài nghìn mD (Hình 1) [6, 7, 8, 9, 11]

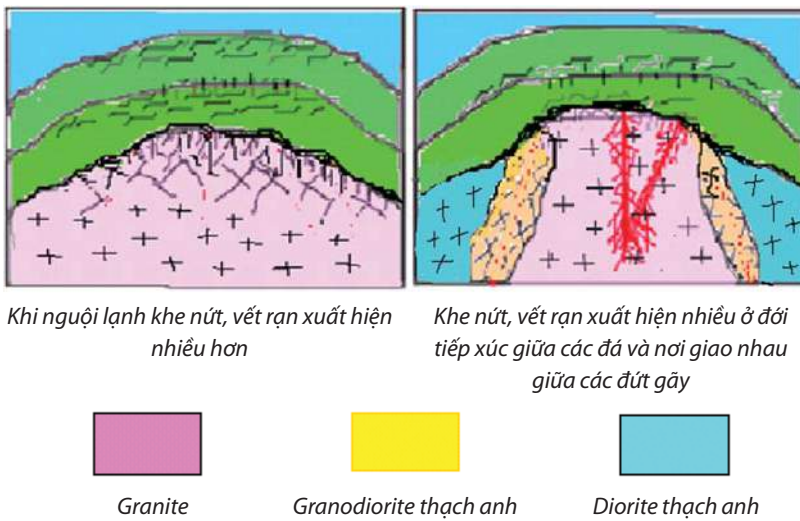
Kết quả lưu lượng ở các giếng khoan đã chứng tỏ rõ ràng hơn: lưu lượng ở vùng đá diorite chỉ khoảng vài tấn/ngày đêm, vùng đá granodiorite đạt khoảng 100 - 200

tấn/ngày đêm, còn của granite 2 mica đạt đến 600 - 1.000 tấn/ngày đêm, có nơi đạt trên 1.200 tấn/ngày đêm hoặc hơn (Hình 3).

1.2. Sự đông nguội và co rút thể tích của khối đá magma

Khi các dung thể magma xâm nhập thì nhiệt độ giảm đột ngột và không đồng đều (càng xa nguồn càng giảm nhanh, bên ngoài giảm nhanh hơn bên trong). Quá trình nguội lạnh và kết tinh xảy ra kéo theo hiệu ứng là sự co rút thể tích của khối magma. Ở bề mặt bên ngoài và ven rìa co rút nhanh hơn và sớm hơn tạo nên kết tinh thô, còn bên trong chậm hơn nên kết tinh mịn hơn. Trong dung thể tạo đá granite hàm lượng silica lớn hơn nên linh động hơn, dẫn đến nguội lạnh nhanh hơn so với granodiorite và diorite. Khi co rút, thường đá acid granite 2 mica có mức độ tạo lỗ rỗng lớn hơn 2 - 3% so với đá acid yếu và trung tính. Tốc độ nguội lạnh không đều từ ngoài vào trong thường tạo thành các khe nứt, vi khe nứt, vết rạn thẳng đứng, nằm ngang hay giữa các lớp, đặc biệt ở lớp vỏ ngoài (Hình 4) [3, 4].

Theo kết quả nghiên cứu của M.A.Orpov, các thể xâm nhập granitoid bị co giảm thể tích do các khoáng vật tạo



Khi nguội lạnh khe nứt, vết rạn xuất hiện nhiều hơn
 Khe nứt, vết rạn xuất hiện nhiều ở đới tiếp xúc giữa các đá và nơi giao nhau giữa các đứt gãy

Granite Granodiorite thạch anh Diorite thạch anh

Hình 4. Mô hình nứt nẻ, vết rạn khi đông nguội và co rút thể tích của đá magma

đá bị co giảm thể tích. Ở nhiệt độ biến đổi từ 650 - 1.200°C, thể tích bên trong của khoáng vật tạo đá bị co giảm khoảng 2% thể tích của từng khối, trong đó thạch anh co giảm 1,09%, feldspar kali - 0,28%, plagioclase - 0,22%, mica - 0,11% và hornblende - 0,07%... Rõ ràng, các khoáng vật tạo đá chính của granitoide (thạch anh, feldspar kali, plagioclase) đóng vai trò chủ yếu trong việc làm giảm thể tích khối magma. Như vậy, đá granite biotite và 2 mica có hàm lượng cao của thạch anh và feldspar kali sẽ co giảm thể tích nhiều hơn so với diorite, monzonite - thạch anh có hàm lượng thạch anh thấp và feldspar cũng thấp. Điều này được minh chứng ở đá chứa móng Bạch Hổ, đá granite có độ rỗng cao hơn so với granodiorite và diorite. Ngoài ra, các thể magma ở độ sâu khác nhau (granite 2 mica: 15 - 20km, granodiorite: 25 - 30km và diorite: 35 - 40km) nên tốc độ mất nhiệt khác nhau. Các thể magma ở nông có tốc độ mất nhiệt nhanh; càng xuống sâu tốc độ mất nhiệt càng chậm, quá trình kết tinh chậm hơn và có độ mịn hơn nhiều. Sự kết tinh chậm và mịn hơn của diorite và granodiorite so với granite làm cho sự thay đổi độ rỗng của diorite và granodiorite trong khi lạnh nguội là nhỏ hơn so với granite. Khi nguội lạnh và co ngót giải phóng các khí, hơi nước tạo nên các vết rạn, vi khe nứt, khe nứt và các hang hốc nguyên sinh.

1.3. Quá trình hoạt động kiến tạo

Trường lực gây ra bởi các hoạt động kiến tạo là một trong hai yếu tố quan trọng nhất hình thành đặc tính thấm chứa của đá móng mỏ Bạch Hổ. Yếu tố này ảnh hưởng sâu sắc và rộng khắp trên toàn khu vực bể Cửu Long nói chung và mỏ Bạch Hổ nói riêng. Quá trình hoạt động kiến tạo ở bể Cửu Long cũng như cấu tạo Bạch Hổ có thể tóm tắt các điểm chính như sau:

- Quá trình căng giãn tạo đứt gãy thuận, các địa hào địa lũng (lún chìm);
- Quá trình nén ép và xoay từ cánh Đông sang Tây tạo nên đứt gãy nghịch (nâng và xoay), làm sâu và mở rộng hệ thống đứt gãy cũ, đồng thời làm xuất hiện nhiều đứt gãy sinh kèm mới phát triển theo nhiều chiều;
- Các quá trình chuyển động trượt ngang dọc theo trục cấu tạo.

Các quá trình chuyển động trên đã làm cho đá móng bị đứt gãy, nứt nẻ, đập vỡ và cà nát với cường độ khác nhau. Về cơ chế tạo nứt nẻ do hoạt động kiến tạo, khi nén ép, các nứt nẻ vuông góc

với chiều nén sẽ kín, các nứt nẻ cùng chiều với chiều nén sẽ hở. Khi căng giãn, các nứt nẻ vuông góc với phương căng giãn sẽ mở rộng hơn so với nứt nẻ cùng phương. Khi trượt ngang, đới cạnh đứt gãy bị vỡ nhàu phá hủy mạnh, xuất hiện khe nứt hở hoặc tách (Hình 5). Do chuyển động xoay từ Đông sang Tây, với góc 25° vào cuối Oligocen sớm của cấu tạo Bạch Hổ, các đứt gãy Đông Bắc - Tây Nam được mở rộng hơn, bị vỡ nhàu nhiều hơn, đồng thời xuất hiện các đứt gãy mới có phương Tây Bắc - Đông Nam. Các yếu tố này càng làm tăng độ mở của khe nứt và độ rỗng của khe nứt [1 - 4].

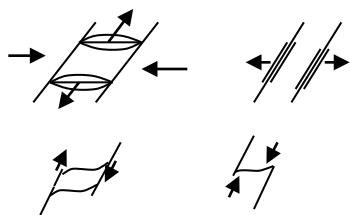
Những đới có cường độ nứt nẻ và mật độ khe nứt cao thường nằm trùng với các đới đứt gãy. Ở gần đứt gãy thuận, góc nhọn giữa đường dốc đứt gãy và khe nứt chỉ hướng dịch chuyển của cánh chứa góc nhọn này, còn với đứt gãy nghịch, chỉ hướng dịch chuyển của cánh đối diện (Hình 6). Trong quá trình chuyển động kiến tạo, phần trên thường bị phá hủy nứt nẻ nhiều hơn. Các đới giao nhau giữa các hệ thống đứt gãy cũng bị phá hủy mạnh mẽ, nhiều hang hốc nguyên sinh cách ly khi nguội lạnh nay được lưu thông và mở rộng (kể cả nhiều vi khe nứt, khe nứt cũng được lưu thông và mở rộng) [14, 15].

Ở đá móng Bạch Hổ, các đứt gãy chính chiều Đông Bắc - Tây Nam có xu hướng hội tụ ở vòm Trung tâm nên cường độ và mật độ đứt gãy, khe nứt và vi khe nứt là cao nhất. Ở giếng khoan BH-402, gặp mẫu vụn có kích thước nhỏ hơn 5cm trông giống như dăm kết kiến tạo. Trong các mẫu lõi tại nhiều nơi đá móng bị nứt nẻ và cà nát rất mạnh, chiều dài khe nứt tới trên 5cm, rộng 1,5cm (thông thường các khe nứt có chiều dài 0,2 - 3cm). Các vi khe nứt quan sát dưới lát mỏng có chiều dài từ 7 - 15mm, chiều rộng từ 0,025 - 0,1mm. Tuy vậy, ở một số giếng khoan BH-2 ở độ sâu

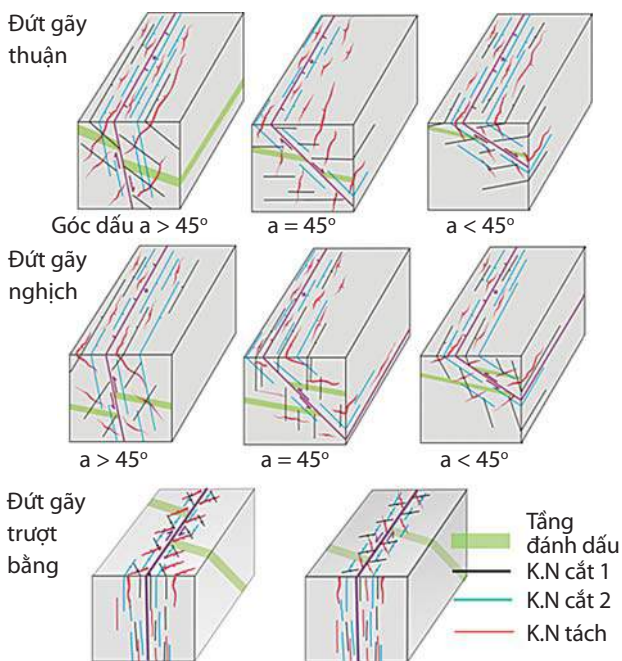
3.232,2m; BH-416 ở độ sâu 3.600m; BH-94 ở độ sâu 4.228 - 4.230,8m cũng gặp khe nứt trong lát mỏng có chiều rộng tới 0,4mm. Theo tài liệu của Viện Nghiên cứu Khoa học và Thiết kế Dầu khí biển - Vietsovpetro, phần lớn các khe nứt đều cắm về phía Đông với góc 60° - 70°. Ở một số giếng khoan, các khe nứt thẳng đứng hoặc gần thẳng đứng (BH-404, BH-905...); hoặc các khe nứt được lấp đầy bởi các đá có thành phần bazơ. Trong giếng khoan BH-404 ở độ sâu 4.861,7 - 4.866,7m, khe nứt trong đá granite biotite có chiều rộng từ 1 - 30cm được lấp đầy trachite-basalt, ở giếng khoan BH-905 ở độ sâu 4.775,3 - 4.777,3m cũng gặp những mạch diabaz. Những đá núi lửa, đá mạch này liên quan đến thời kỳ phun trào đầu Oligocen muộn, tương tự như các đá núi lửa gặp ở các giếng khoan BH-405, BH-406, BH-416 và một số giếng khoan ở mỏ Rồng (Hình 7).

Khe nứt được quan sát phần lớn có dạng cong, phân nhánh phức tạp hoặc phân nhánh không liên tục. Nhiều trường hợp, khe nứt xuyên cắt nhau hoặc liên thông với hang hốc và mở rộng hơn nhiều. Điều này ảnh hưởng tốt tới tính thấm chứa.

Mật độ khe nứt phát triển không đồng đều. Ở những nơi nứt nẻ mạnh (như ở giếng khoan BH-905, BH-94, BH-



Hình 5. Cơ chế tạo khe nứt dưới tác dụng của lực nén, tách và trượt ngang



Hình 6. Cơ chế hình thành khe nứt sinh kèm đứt gãy

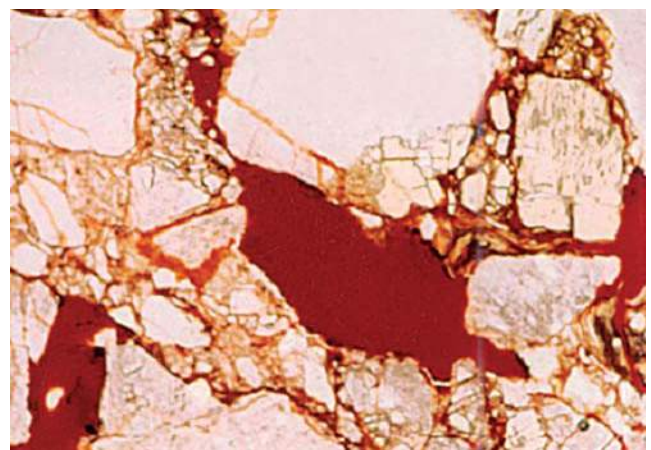
416) xuất hiện các mẫu có từ 20 - 25 khe nứt/cm². Mật độ khe nứt trung bình 3 - 8 khe nứt/cm², có chỗ không có khe nứt nào. Xu thế chung là càng xuống sâu số khe nứt càng giảm. Tuy nhiên ở một số nơi đới dập vỡ phát triển theo đứt gãy sâu có thể tồn tại đới khe nứt ở độ sâu lớn, nhưng không phổ biến.

Theo nhiều nhà nghiên cứu, các khe nứt và hang hốc chứa dầu chỉ phát triển mạnh ở phần trên của khối đá móng. Càng xuống sâu ảnh hưởng của hoạt động kiến tạo càng giảm. Độ sâu từ 3.060 - 4.000m có tính thấm chứa lớn nhất; từ 4.500 - 4.650m tính thấm chứa giảm; dưới 4.650m dường như không còn ảnh hưởng hoặc ít ảnh hưởng bởi hoạt động kiến tạo nên tính thấm chứa giảm hẳn. Hơn nữa, ở vòm Trung tâm chịu tác động kiến tạo nhiều lần và nhiều chiều nên tạo đới vỡ vụn nhiều hơn, rộng hơn. Với cùng một giá trị áp lực do hoạt động kiến tạo gây ra thì thành phần thạch học sẽ quy định mức độ phá hủy đá móng như đã trình bày ở mục 1.1.

Như vậy, hoạt động kiến tạo có ảnh hưởng (với mức độ khác nhau) đến đá chứa móng mỏ Bạch Hổ. Vòm Trung tâm bị nứt nẻ dập vỡ mạnh hơn vòm Bắc, tính chất thấm chứa của vòm Trung tâm tốt hơn vòm Bắc. Nhìn chung, độ nứt nẻ và tính thấm chứa của đá móng giảm dần theo chiều sâu. Tuy nhiên trong nội bộ từng đới nứt nẻ, một số nơi có các đứt gãy hội tụ ở phía dưới nên mật độ nứt nẻ ở phần dưới lại tăng.

1.4. Hoạt động nhiệt dịch

Trong các dung dịch magma nóng chảy đều chứa một lượng hơi nước và khí nhất định. Granitoid nóng chảy thường chứa khoảng 7% hơi nước, CO₂ và các loại khí khác. Trong quá trình kết tinh và đông cứng, hơi nước và CO₂ dần dần được tách ra và trở thành các dung dịch nóng lại có hoạt tính hóa học cao (Hình 8).



Hình 7. Lát mỏng thể hiện đá granite bị phá hủy do hoạt động kiến tạo

Ngoài ra, một lượng nước trong đá trầm tích dưới sâu bị nén ép và thoát ra, mang nhiệt và khí CO₂ di cư theo lớp hoặc theo bề mặt không chính hợp, sau đó theo đứt gãy, khe nứt xâm nhập vào đá móng. Các dung dịch này di chuyển trong khối đá móng theo đứt gãy, nứt nẻ, đới vỡ vụn vò nhàu và hòa tan các khoáng vật kém bền vững (như feldspar và các khoáng vật màu) để tạo thành các khoáng vật thứ sinh mới như: nhóm zeolite (CaAl₂Si₄O₁₄·4H₂O), kaolinite (Al₂Si₄O₁₀(OH)₈), chlorite (CaCl₂), calcite (CaCO₃), thạch anh thứ sinh (SiO₂). Sự ảnh hưởng của hoạt động nhiệt dịch theo hai hướng: tích cực và tiêu cực.

Hướng tích cực: Trong giai đoạn đầu, dung dịch nhiệt dịch có mức độ linh động cao, cường độ hoạt động mạnh sẽ hòa tan và rửa lũa các khoáng vật kém bền vững, tạo ra các hang hốc trong đới nứt nẻ vò nhàu và làm tăng độ mở của khe nứt. Ở mỏ Bạch Hổ, hang hốc do quá trình nhiệt dịch tạo ra có kích thước đến 15mm. Điều này làm tăng tính thấm chứa của đá móng.

Hướng tiêu cực: Sau khi dung dịch nhiệt tiếp xúc và phản ứng với các khoáng vật kém bền sẽ tạo ra các khoáng vật thứ sinh. Các khoáng vật thứ sinh này giảm thể tích so với đá gốc, lắng xuống và lấp đầy các khe nứt, hang hốc đã có trước đó. Vào giai đoạn cuối, hoạt động nhiệt dịch làm giảm tính thấm chứa của khối đá móng, đặc biệt ở phần dưới do các khoáng vật thứ sinh (sét hóa) mới được tạo thành, lấp đầy do lắng đọng trong môi trường nước theo nguyên tắc phân dị trọng lực.

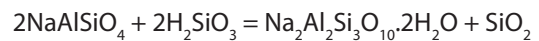
Ở móng mỏ Bạch Hổ, biến đổi nhiệt dịch được phản ánh rõ nét. Các khoáng vật thứ sinh mà chủ yếu là nhóm zeolite (laumontite, thomsonite, garmotom, natrolite, erionite) với hàm lượng trung bình khoảng 4 - 9% (bắt gặp ở các giếng khoan BH-502, BH-1014, BH-405, BH-415, BH-67, BH-408, BH-401, BH-402, BH-66) được tạo ra với điều kiện nhiệt độ khoảng 120 - 210°C, nổi bật trong nhóm này là laumontite (chiếm 80% thể tích). Lomonite lại biến đổi tiếp thành leongardite (do mất bớt các phân tử nước) nên càng giảm thể tích so với đá gốc ban đầu. Độ dày của đới zeolite được xác định lớn nhất ở các giếng khoan BH-402, đạt giá trị 400m. Các đá bị zeolite hóa là đá chứa có kiểu độ rỗng nứt nẻ - hang hốc, các khe nứt có độ mở tới 0,05mm và lớn hơn (Hình 9).

Độ dày của đới kaolinite đạt 50m ở giếng khoan BH-3. Các đá của đới kaolinite đặc trưng bởi kiểu độ rỗng hang hốc, các lỗ rỗng có kích thước từ 0,01- 0,02mm, hang hốc có kích thước từ 0,2 - 0,4mm. Sự có mặt của hai kim loại bạc và barium ở vòm Trung tâm chúng tỏ ở đây hoạt động nhiệt dịch xảy ra mạnh vì nhiệt độ để tạo thành hai kim loại này khoảng 500 - 600°C. Kết quả nghiên cứu địa chất

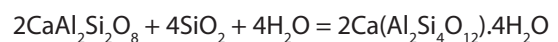
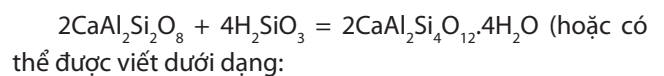
các khối magma trên đất liền ở Việt Nam cũng như kết quả nghiên cứu thạch học của mỏ Bạch Hổ cho thấy hoạt động nhiệt dịch cũng phát triển theo các đứt gãy và đới nứt nẻ tăng cao [1, 2, 9].

Các phản ứng hóa học trong hoạt động nhiệt dịch như sau:

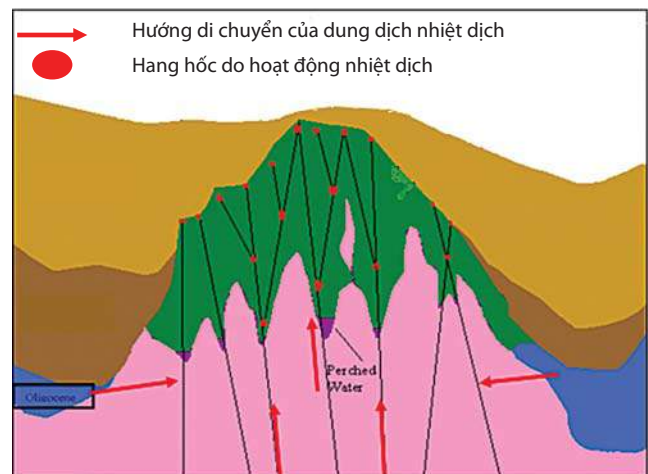
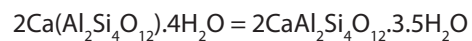
- Plagioclase natri ở nhiệt độ khoảng 180°C và có silicic acid (H₂SiO₃) sẽ tạo thành natrolite và thạch anh thứ sinh:



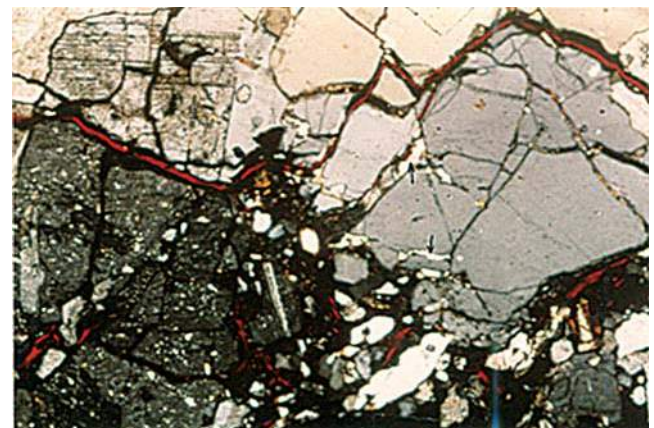
- Plagioclase calcium khi gặp silicic acid và hơi nước sẽ tạo thành laumontite ở điều kiện nhiệt độ 120°C:



- Khoáng vật leonardite có thể được tạo thành do laumontite mất phân tử nước:



Hình 8. Mô hình hoạt động nhiệt dịch

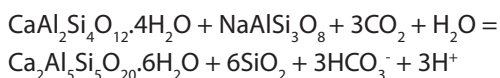


Hình 9. Lát mỏng đá granite thể hiện có khoáng vật thứ sinh và dầu lấp đầy khe nứt

Bảng 1. Hàm lượng khoáng vật thứ sinh chủ yếu trong đá móng Bạch Hổ

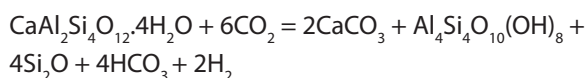
Khoáng vật	Vùng Vòm Trung tâm	Vòm Bắc	Cánh sứt
Kaolinite	(1,4 - 7,5)/5,8	(0,9 - 7,9)/4,98	(2,5 - 10,3)/6,76
Calcite	(0,5 - 9,5)/6,08	(0,5 - 7,5)/2,91	(0,8 - 2,5)/1,88
Zeolite	(1,5 - 8,2)/4,47	(0,5 - 21,5)/8,34	(2,5 - 20,0)/10,23

- Laumontite có thể chuyển thành thomsonite nếu có plagioclase natri và điều kiện nhiệt độ 145 - 210°C (hiện tượng rất phổ biến ở vòm Trung tâm vì phong phú kiềm natri):



Nếu khoáng vật thứ sinh phổ biến ở vòm Bắc là laumontite (chủ yếu là vôi kiềm trong đá granodiorite, diorite), thì khoáng vật thứ sinh phổ biến ở vòm Trung tâm là thomsonite và tiếp đó là laumontite (giàu kiềm, lượng vôi giảm đáng kể).

Trong lát mỏng vòm Trung tâm, trên bề mặt khoáng vật laumontite còn phát hiện các khoáng vật thứ sinh calcite, kaolinite và thạch anh vì khi có khí CO₂ nóng tiếp tục được cung cấp thì laumontite biến đổi, sinh ra các khoáng vật mới như trên và giải phóng ion carbonate và khí hydrogen:



Sự biến đổi tiếp của zeolite giải thích vì sao vòm Trung tâm có hoạt động nhiệt dịch mạnh nhưng các khoáng vật nhóm zeolite lại bị giảm đáng kể so với vòm Bắc và cánh sứt. Tại nhiều giếng khoan ở vòm Trung tâm, các khối đá nguyên sinh giữ nguyên hình dáng cấu trúc, song bên trong lại thấy các khoáng vật thứ sinh là thomsonite, laumontite và các sản phẩm biến đổi tiếp của nó là calcite, kaolinite, mầm thạch anh cùng các khoáng vật khác của nhóm zeolite. Trong khi đó, ở cánh sứt và vòm Bắc, các khoáng vật zeolite ít bị biến đổi nên hàm lượng zeolite khá cao và giảm đáng kể hàm lượng calcite. Hiện tượng này có thể do thomsonite, laumontite không bị biến đổi tiếp thành calcite và kaolinite; hoặc hoạt động nhiệt dịch kém hơn [2, 3] (Bảng 1).

Như vậy, trong điều kiện hoạt động nhiệt dịch hòa tan rửa trôi, phá hủy các khoáng vật nguyên sinh thì dung dịch nóng (hơi nước nóng ngưng tụ và CO₂) có vai trò rất quan trọng. Dung dịch nóng này di cư từ dưới lên và có xu hướng tập trung ở phần cao của vòm ở khối đá móng. Do đó, hoạt động nhiệt dịch ở vòm Trung tâm có cường độ và

phạm vi hoạt động mạnh mẽ nhất, tạo ra các đới hang hốc lớn có tính lưu thông cao nhất, vì thế khả năng chứa cũng lớn nhất.

Yếu tố quan trọng để quá trình nhiệt dịch xảy ra là cần phải có một lớp chắn không thấm ướt bao phủ lên trên khối đá móng, để giữ lại các dung dịch nhiệt dịch từ dưới đi lên (sẽ trình bày rõ ở mục 1.7).

Tóm lại, sau tác động của các phá hủy kiến tạo, hoạt động nhiệt dịch là một trong những yếu tố quan trọng làm thay đổi sâu sắc thành phần vật chất cũng như đặc tính vật lý thạch học của đá móng mỏ Bạch Hổ.

1.5. Hoạt động phong hóa bề mặt

Quá trình phong hóa là quá trình phá hủy cơ lý và hóa học của đá. Phong hóa cơ lý với các yếu tố chính là: sự thay đổi nhiệt độ giữa ngày và đêm, gió, nước đóng băng, lực kết tinh, tác dụng của thực vật, thủy triều, sóng biển... Phong hóa hóa học do tác động của các quá trình oxy hóa, carbonate hóa, hydrate hóa... Khi khối đá móng magma Bạch Hổ nhô lên mặt đất suốt từ thời kỳ Eocen muộn tới gần cuối Oligocen muộn (khoảng 22 triệu năm), sẽ chịu tác động đồng thời của quá trình phong hóa cơ lý và hóa học. Từ đó tạo nên khe nứt và hang hốc mới, đặc biệt ở lớp bề mặt (thường 20 - 30m ngoài cùng) (Hình 10) [10, 12, 13].

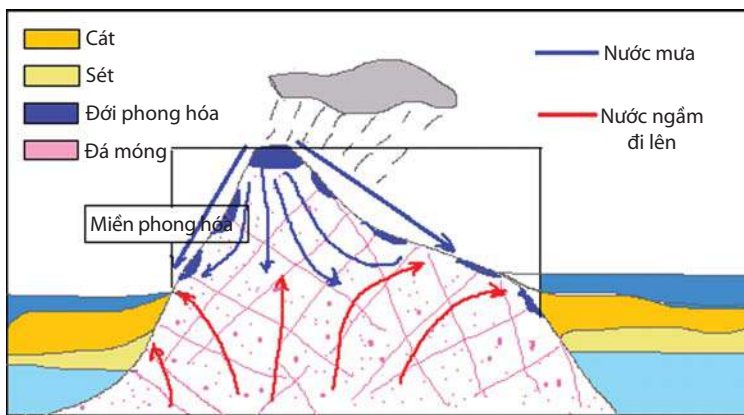
1.5.1. Phong hóa cơ lý

Sự chênh lệch nhiệt độ giữa ngày và đêm (có khi đến 17 - 18°C), quá trình co giãn đột ngột và không thuận nghịch... dẫn đến xuất hiện các vết rạn nứt trong đá. Do đá móng Bạch Hổ gồm nhiều thành phần thạch học, khoáng vật nên chịu sự ảnh hưởng khác nhau của nhiệt độ. Đá sẫm màu hấp thụ và tỏa nhiệt nhanh hơn đá sáng màu nên đá sẫm màu sẽ xuất hiện vết rạn nứt nhiều hơn. Đá chứa nhiều feldspar sẽ chịu ảnh hưởng mạnh hơn so với đá chứa thạch anh, do feldspar có hệ số giãn nở nhiệt cao gấp 10 lần so với thạch anh.

Nước thấm vào đá, khi đóng băng vào mùa đông sẽ tăng thể tích lên khoảng 9%, tạo ra các nêm làm nứt đá. Nước chảy qua phá hủy và rửa trôi... Nước vỉa chứa những dung dịch bão hòa vận chuyển qua khe nứt của đá, khi kết tinh tạo ra lực kết tinh phá hủy đá.

- Quá trình hydrate hóa tạo ra áp lực mạnh làm vỡ đá, ví dụ:





Hình 10. Mô hình quá trình phong hóa

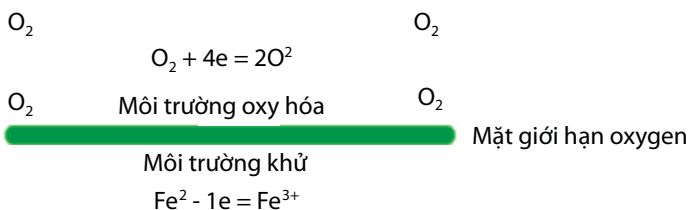


- Hoạt động của thực vật, rễ cây đâm xuyên qua các khe nứt cũng làm đá bị phá hủy.

Phong hóa vật lý làm cho đá móng bị nứt nẻ, vỡ vụn ở các mức độ khác nhau và dẫn đến sự phân bố lại thành phần khoáng vật bền vững như thạch anh.

1.5.2. Phong hóa hóa học

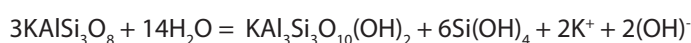
- Quá trình oxy hóa làm cho khoáng vật trong đá biến đổi mạnh do tiếp xúc với oxygen, nitơ và hơi nước có trong khí quyển. Mặt giới hạn tiếp xúc dưới của oxygen trong khí quyển với các đá gọi là mặt giới hạn oxygen. Từ mặt giới hạn oxygen trở lên là quá trình oxy hóa, còn dưới mặt giới hạn oxygen là quá trình khử. Cường độ oxy hóa với thế oxy hóa khử từ -200 đến +200mV. Đá bị oxy hóa có các đặc trưng: đá chứa sắt có màu đỏ nâu (Fe_2O_3), đá chứa mangan có màu đen (MnO), đá chứa đồng có màu xanh lục (CuO)...



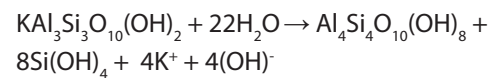
- Quá trình carbonate hóa: CO_2 rất dễ hòa tan trong nước tạo thành acid carbonic: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$. Acid này sẽ phân hủy khoáng vật tạo đá.

- Quá trình hydrate hóa (hydration) và thủy phân: Hydrolysis là quá trình phá hủy đá dưới tác dụng của nước, trong đó quá trình thủy phân chiếm vai trò quan trọng bao gồm: sericite hóa, chlorite hóa, kaolinite hóa...

Ví dụ: Khoáng vật feldspar (Ortoclase $3\text{KAlSi}_3\text{O}_8$) bị kaolinite hóa theo phương trình phản ứng:



Trong môi trường nước vữa giàu acid, muscovite $\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ biến đổi thành kaolinite $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$:



Phong hóa hóa học làm biến đổi thành phần cũng như đặc tính vật lý thạch học. Giống như quá trình nhiệt dịch, quá trình phong hóa làm rửa trôi các khoáng vật kém bền (như feldspar và khoáng vật màu) tạo ra hang hốc và mở rộng các khe nứt. Nhưng sự phong hóa hoàn toàn tạo thành các khoáng vật thứ sinh (như kaolinite, hydromica, chlorite...) lấp vào khe nứt có trước lại làm giảm tính thấm chứa của đá móng chủ yếu ở phần dưới và các vi khe nứt, vi hang hốc (Hình 11).

Cường độ phong hóa đá móng phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: bề mặt địa hình cổ (địa hình càng phân dị mức độ phong hóa càng mạnh), mức độ nứt nẻ và phá hủy của các quá trình biến đổi trước đó (tỷ lệ thuận với mức độ phong hóa), thành phần vật chất (nhiều thành phần feldspar và khoáng vật màu sẽ dễ phong hóa hơn chứa nhiều thạch anh), mức độ khắc nghiệt của khí hậu. Ở vòm Trung tâm có mức độ nứt nẻ và phá hủy mạnh nhất, diện tích đá móng lộ ra trên mặt đất nhiều nhất nên phong hóa mạnh nhất. Ở vòm Bắc có nhiều khoáng vật feldspar và khoáng vật màu như amphibol, biotite, nên cũng phong hóa rất mạnh.

1.6. Áp suất địa tĩnh

Áp suất địa tĩnh là áp lực mà các lớp trầm tích tạo nên bên trên khối đá móng. Giá trị áp suất địa tĩnh được xác định theo công thức: (Hình 12)

$$P = (\sum \rho_i \times g \times H_i) / 10$$

Trong đó:

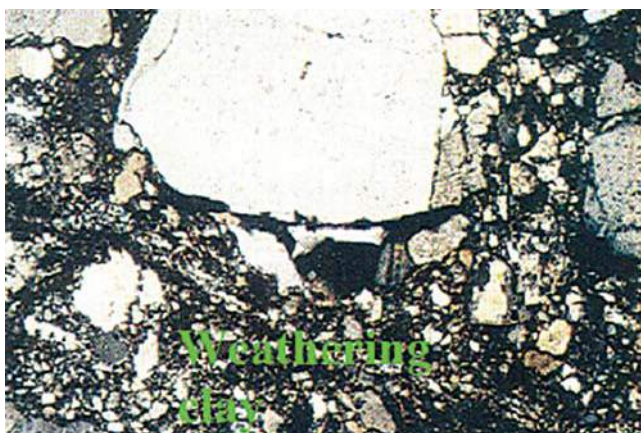
P: Áp suất địa tĩnh, atm;

ρ : Khối lượng riêng của đất đá, kg/m^3 ;

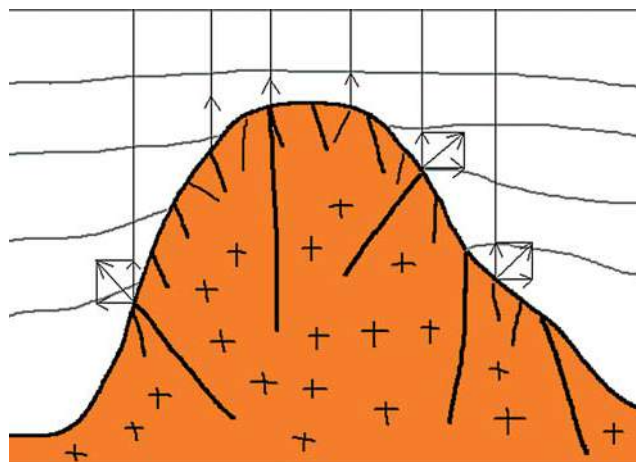
g: Gia tốc trọng trường, $g = 9,81\text{m/s}^2$;

H: Bề dày lớp trầm tích, m.

Áp suất địa tĩnh tác động không giống nhau đối với khối đá móng, ở vòm Trung tâm có giá trị nhỏ hơn so với 2 bên cánh - nơi có bề dày trầm tích lớn hơn. Sự tác động không giống nhau này sẽ sinh ra một áp lực nhất định kéo căng phần vòm và sườn nghiêng của



Hình 11. Granite bị phong hóa mạnh, feldspar bị kaolinite hóa, sericitized hóa



Hình 12. Mô hình đá móng bị tác dụng bởi áp suất địa tĩnh

Bảng 2. Giá trị áp suất địa tĩnh tại vòm Bắc và vòm Trung tâm

Trầm tích	Khối lượng riêng của đất đá, kg/m ³	Bề dày lớp trầm tích vòm Bắc, m	Bề dày lớp trầm tích vòm Trung tâm, m	Áp suất địa tĩnh vòm Bắc, at	Áp suất địa tĩnh vòm Trung tâm, at
Nước biển	1.100	50	50	5,32	5,32
N ₂ + Q	2.100	700	700	142,19	142,19
N ₁	2.200	2.500	2.100	531,99	446,87
E ₃ ²	2.320	400 - 1.000	64 - 200	224,40	14,36
E ₃ ¹	2.360	400	0	91,31	0,00
Tổng áp suất địa tĩnh				995,21	608,74

khối đá móng, làm xuất hiện thêm nứt nẻ, khe nứt thẳng đứng hay xiên chéo ở vòm sườn nghiêng ở 2 bên cánh. Giá trị áp suất địa tĩnh tại vòm Bắc và vòm Trung tâm được tính cụ thể như Bảng 2.

Trên Bảng 2 cho thấy áp suất địa tĩnh tác dụng lên vòm Bắc lớn hơn nhiều so với vòm Trung tâm. Sự chênh lệch áp suất này sẽ càng lớn nếu so sánh giữa vòm và cánh. Đây là nguyên nhân làm xuất hiện nứt nẻ thẳng đứng ở vòm và hơi nghiêng ở hai bên cánh. Theo nghiên cứu của Lê Phước Hào [16], thân dầu móng mỏ Bạch Hổ nằm ở độ sâu khá lớn (3.100 - 4.600m), với áp suất địa tĩnh lên tới 700 - 900atm và áp suất vỉa khoảng 500atm.

Quá trình nâng và hạ của khối đá móng tương ứng với quá trình tăng và giảm giá trị áp suất địa tĩnh do thay đổi bề dày trầm tích bên trên, sự biến đổi này kéo theo sự thay đổi độ rỗng. Kết quả thí nghiệm chu trình chất tải và dỡ tải với mẫu lõi granite tại Viện Nghiên cứu và Thiết kế Dầu khí biển - Vietsovpetro của Lê Phước Hào và nhóm nghiên cứu đã làm rõ quan hệ biến đổi này (Hình 13) [1, 16].

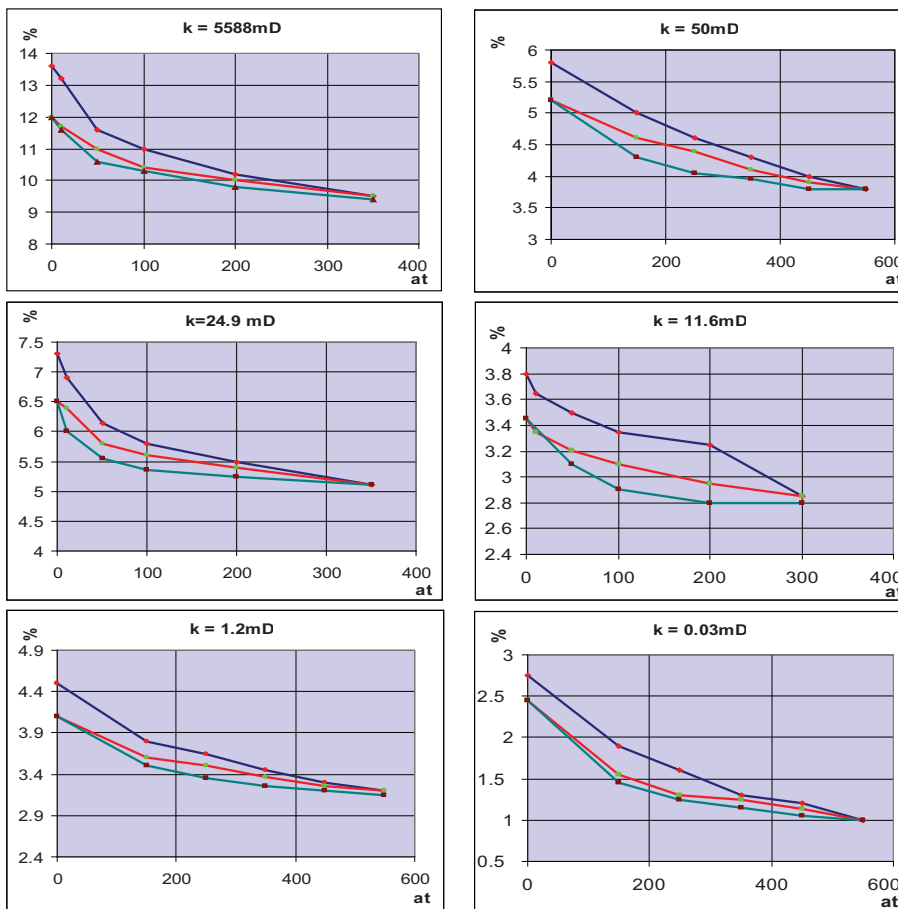
Áp suất vỉa là áp lực mà chất lỏng chịu đựng, giá trị áp lực này vốn đã tồn tại bên trong của vỉa chứa, nhằm chống lại ngoại lực tác động từ bên ngoài. Áp suất hiệu dụng là hiệu áp suất địa tĩnh và áp suất vỉa.

Kết quả thí nghiệm trên mẫu lõi cho thấy, độ rỗng và độ thấm biến đổi rất lớn dưới tác dụng của áp suất. Ở áp suất hiệu dụng $P_{eff} = 600atm$, độ rỗng của đá móng mỏ Bạch Hổ giảm đến 20 - 25%, còn độ thấm giảm hàng chục lần.

1.7. Tồn tại lớp chắn

Các dung dịch nóng được giữ lại bên trong đá móng khi có lớp chắn tốt. Khối đá móng mỏ Bạch Hổ có lớp chắn là lớp sét than Oligocen trên dày 64m ở đỉnh đến 200m, thậm chí 400m ở cánh và tựa vào tầng sét tạt dày 800 - 1.000m của Miocen dưới. Đó cũng là lớp chắn vững chắc đối với dầu khí chứa trong khối đá móng Bạch Hổ [1, 4, 8].

Các lớp sét trên trở thành lớp chắn sau khi bị lún chìm xuống độ sâu hơn 2.000m và được nén ép, gắn kết bởi xi măng sét và carbonate vào giai đoạn Miocen + Pliocen + Đệ tứ. Điều này đã tạo điều kiện cho hoạt động nhiệt dịch phát huy tác dụng mạnh trong đá móng. Lớp chắn tốt luôn giữ được lượng nhiệt, khí CO₂ và hơi nước nên dung dịch nóng sẽ tác dụng tốt với khoáng vật kém bền vững trong đá móng. Khi đó, tạo ra hang hốc sẽ phát triển hơn và liên thông nhau nhiều hơn, đồng thời khe nứt cũ được mở rộng làm tăng tính thấm chứa cho đá móng. Cũng cần



Hình 13. Biến đổi độ rỗng theo áp suất hiệu dụng ở các chu trình chất - đỡ tải của đá móng granite mỏ Bạch Hổ

nói thêm rằng, tác dụng này chỉ xảy ra mạnh ở đới phá hủy dập vỡ, nơi giao nhau giữa các hệ thống đứt gãy, vì điều kiện cần để dung dịch nhiệt dịch tồn tại là phải có đới nứt nẻ.

2. Kết luận

- Đá magma chặt sít trở thành đá chứa khí có tác động của 7 yếu tố: Thành phần thạch học và khoáng vật của đá magma; sự đông nguội và co rút thể tích của khối magma; quá trình hoạt động kiến tạo; hoạt động nhiệt dịch; hoạt động phong hóa bề mặt; áp suất địa tĩnh; tồn tại lớp chắn. Trong đó có 2 yếu tố quan trọng nhất, mang tính quyết định là hoạt động kiến tạo (để hình thành các hệ thống đứt gãy, khe nứt, vi khe nứt, đới vỏ nhàu vỡ vụn), và hoạt động nhiệt dịch (làm tăng đáng kể độ thấm chứa của đá móng). Các đới chứa dầu tốt ở vòm Trung tâm và dọc theo hệ đứt gãy theo hướng Đông Bắc - Tây Nam, cũng phù hợp với các nơi chịu tác động tích cực của hoạt động kiến tạo và hoạt động nhiệt dịch. Các yếu tố khác hỗ trợ, bổ sung cho việc tăng cường và mở rộng lỗ rỗng hang hốc hay mở rộng khe nứt.

- Các yếu tố hình thành tính thấm chứa của đá móng hoạt động theo hai cơ chế cơ bản: Cơ chế địa động lực và cơ chế hoạt hóa. Cơ chế địa động lực (hoạt động kiến tạo là chủ yếu, ngoài ra còn có phong hóa cơ học, sự đông nguội và co rút thể tích, tải trọng địa tĩnh, lớp chắn) là tác nhân làm thay đổi hình dạng, trạng thái cơ học, đặc tính vật lý thạch học của các thành phần đá chứa. Cơ chế hoạt hóa (nhiệt dịch, phong hóa hóa học, thành phần khoáng vật và khoáng hóa) là tác nhân làm thay đổi bản chất hóa học của các khoáng vật tạo đá và đá. Trong hai cơ chế này, cơ chế địa động lực là cơ chế chủ đạo mang tính khơi nguồn, cơ chế hoạt hóa là cơ chế đi sau, mang tính hệ quả của cơ chế địa động lực, làm tăng độ rỗng, độ thấm do hòa tan khoáng vật kém bền vững, mở rộng khe nứt và tạo thành hang hốc mới.

- Các đới phá hủy tăng tính thấm chứa chỉ phát triển ở phần trên 1.500m - 1.600m kể từ bề mặt móng của đá móng, càng xuống sâu số lượng đứt gãy khe nứt càng giảm dần và bị lấp đầy bởi các khoáng vật thứ sinh.

Tài liệu tham khảo

1. Hoàng Đình Tiến. *Địa chất dầu khí và phương pháp tìm kiếm, thăm dò, theo dõi mỏ*. NXB Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh, tái bản lần 2 - 2012.
2. Hoàng Đình Tiến, Nguyễn Thúy Quỳnh. *Nguồn gốc dầu khí trong đá granite 2 mica bị nứt nẻ và phát triển hang hốc ở mỏ Bạch Hổ trũng Cửu Long*. Tạp chí Dầu khí. 2000; 8: trang 1 - 12.
3. Hoang Dinh Tien, Nguyen Thuy Quynh. *The basement rocks and relation with oil and gas in White Tiger structure, Cuu Long basin*. International Conference - Vietsovetro. 2006.
4. Trần Lê Đông, Hoàng Đình Tiến, Nguyễn Thúy Quỳnh. *Quá trình hình thành thân dầu móng mỏ Bạch Hổ, trũng Cửu Long*. Tạp chí Dầu khí. 2002; 1: trang 12 - 25.

5. Trần Lê Đông, Trần Văn Hải, Phạm Tất Đắc, Phạm Đình Hiến. *Cơ chế hình thành kiểu bể chứa dầu trong các đá móng magma ở mỏ Bạch Hổ và Rồng*. Hội nghị Khoa học Công nghệ 2000 "Ngành Dầu khí Việt Nam trước thềm thế kỷ 21".
6. Trần Lê Đông, F.A.Kireev. *Đá hỏa thành của móng mỏ Bạch Hổ và đặc điểm hình thành đới collector trong móng*. Tuyển tập Báo cáo Hội nghị Khoa học kỷ niệm 15 năm thành lập Vietsovpetro và 10 năm khai thác tấn dầu thô đầu tiên. Tp. Vũng Tàu. 7/1996.
7. Trần Lê Đông, F.A.Kireev. *Vai trò của kiến tạo khối dạng lưỡng chông trong sự hình thành các cấu trúc ở trung Cửu Long và Nam Côn Sơn*. Tuyển tập Báo cáo Hội nghị Khoa học kỷ niệm 15 năm thành lập Vietsovpetro và 10 năm khai thác tấn dầu thô đầu tiên. Tp. Vũng Tàu. 7/1996.
8. A.V.Borisov. *Giếng khoan BH-450 có thể là chìa khóa mở ra nguồn gốc cấu tạo Bạch Hổ*. Tuyển tập Báo cáo Hội nghị Khoa học kỷ niệm 15 năm thành lập Vietsovpetro và 10 năm khai thác tấn dầu thô đầu tiên. Tp. Vũng Tàu. 7/1996.
9. B.K.Grokhov, Trần Văn Kim, Phùng Đắc Hải, Hoàng Phước Sơn. *Bạch Hổ - Mỏ dầu đặc biệt của bể chứa dầu thuộc bồn trung Cửu Long*. Tuyển tập Báo cáo Hội nghị Khoa học kỷ niệm 15 năm thành lập Vietsovpetro và 10 năm khai thác tấn dầu thô đầu tiên. Tp. Vũng Tàu. 7/1996.
10. Trịnh Xuân Cường. *Đặc trưng đá chứa móng phong hóa và nứt nẻ tự nhiên ở mỏ Bạch Hổ*. Tạp chí Dầu khí. 2002; 5: trang 2 - 18.
11. Hoàng Văn Quý. *Lịch sử phát hiện và cơ chế hình thành thân dầu trong đá móng trước Kainozoi mỏ Bạch Hổ*. Tạp chí Dầu khí. 2004; 8: trang 2 - 5.
12. Nguyễn Tuấn Anh. *Nhận diện và phát hiện đới phong hóa, nứt nẻ móng và đánh giá khả năng chứa của móng dựa trên tài liệu carota khí*. Tạp chí Dầu khí. 2002; 2: trang 11 - 18.
13. Nguyễn Tuấn Anh, Nguyễn Liên Thủy, Hoàng Thị Minh Châu. *Ứng dụng tài liệu địa chất - địa vật lý minh giải một vài thể địa chất trong lát cắt giếng khoan*. Tạp chí Dầu khí. 2004; 8: trang.
14. W.J.Schmidt, Nguyễn Văn Quế, Phạm Huy Long. *Tiến hóa kiến tạo bể Cửu Long Việt Nam*. Tạp chí Dầu khí. 2004; 2: trang 2 - 17.
15. Hoàng Ngọc Đăng, Lê Văn Cự. *Các bể trầm tích Kainozoi Việt Nam - Cơ chế hình thành và kiểu bể*. Hội nghị Khoa học Công nghệ 2005.
16. Lê Phước Hào, Phạm Anh Tuấn, Lê Đình Lăng. *Tính chất cơ lý của đá chứa dầu*. 2001.

Factors controlling the formation and development of permeability and porosity of Bach Ho basement reservoir

Nguyen Thi Thu Huyen, Hoang Dinh Tien
Ho Chi Minh City University of Technology

Summary

The presence of crude oil in magmatic rocks in the Bach Ho field in particular and in the Cuu Long basin in general is a very special (unconventional) phenomenon which has opened a new period for oil and gas exploration and production. In this paper, the authors present 7 important factors which control the formation and development of permeability and porosity of these magmatic rocks, namely mineral composition, cooling and shrinkage, tectonic, hydrothermal and weathering activities, geostatic loading and presence of seal. However, only two among them are identified as the decisive factors: tectonic activity to form fractures and deformed zones; and hydrothermal activity to form, develop and enlarge available vugs, fractures and create fluid circulations to enhance the permeability and porosity of magmatic rocks.

Key words: Bach Ho field, magmatic rocks, permeability, porosity, tectonic activity, hydrothermal activity.