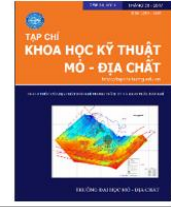




Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn/>



Đánh giá định lượng khả năng chắn đứt gãy cho một mỏ khí Condensate trong bể trầm tích Cửu Long

Bùi Huy Hoàng ^{1,*}, Nguyễn Thanh Lam ¹, Nguyễn Văn Sáng ¹, Đinh Đức Huy ¹, Nguyễn Thanh Tùng ¹, Cao Lê Duy ², Nguyễn Ngọc Tuấn Anh ², Lê Nguyễn Vũ ²

¹ Viện Dầu khí Việt Nam, Việt Nam

² Công ty liên doanh Điều hành Cửu Long (Cuu Long JOC), Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:

Nhận bài 26/2/2017
Chấp nhận 19/5/2017
Đăng online 28/6/2017

Từ khóa:

Rakhine
M-2
Sein Phyu
Đá mẹ

TÓM TẮT

Đánh giá định lượng khả năng chắn đứt gãy được áp dụng cho một mỏ khí condensate A ở lô 15, bể Cửu Long để nghiên cứu ảnh hưởng của các đứt gãy tới sự phân khối tầng chứa trong quá trình khai thác. Khả năng chắn đứt gãy được đánh giá dựa trên nhiều yếu tố, bao gồm tỉ phần sét đứt gãy (Shale gouge ratio-SGR), hệ áp thạch học, biên độ dịch chuyển và bề dày đới đứt gãy, độ thấm qua đứt gãy và ảnh hưởng của biến đổi thứ sinh. Kết quả các phân tích này sẽ là đầu vào để tính hệ số truyền chất lưu (transmissibility multiplier –TM) qua đứt gãy. Phân tích trên mô hình đứt gãy 3D và tính toán hệ số TM qua đứt gãy được thực hiện trên phần mềm mô hình RMS. Hệ số TM qua đứt gãy sau đó được thử nghiệm và hiệu chỉnh bằng việc khớp lịch sử khai thác trên mô hình động. Kết quả phân tích chắn đứt gãy cho thấy mặc dù các tham số SGR, biên độ dịch chuyển và bề dày đới đứt gãy tương đối thấp, thông thường chỉ thị khả năng chắn kém, nhưng do mỏ có độ sâu chôn vùi lớn (>3.5km), quá trình nén ép và biến đổi thứ sinh của đá trầm tích lục nguyên có thể đã làm tăng cường khả năng chắn của các đứt gãy. Phương pháp Sperrevik ước lượng độ thấm đứt gãy được xem là phương pháp hiệu quả nhất để tính toán hệ số truyền chất lưu (TM) qua đứt gãy trong mô hình mô phỏng khai thác đối với tầng chứa đá trầm tích lục nguyên có độ sâu chôn vùi lớn. Sử dụng hệ số TM tính được từ mô hình chắn đứt gãy giúp việc đánh giá khả năng chắn đứt gãy trong mô phỏng khai thác được nhanh và chính xác hơn, giảm thiểu yếu tố chủ quan.

© 2017 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

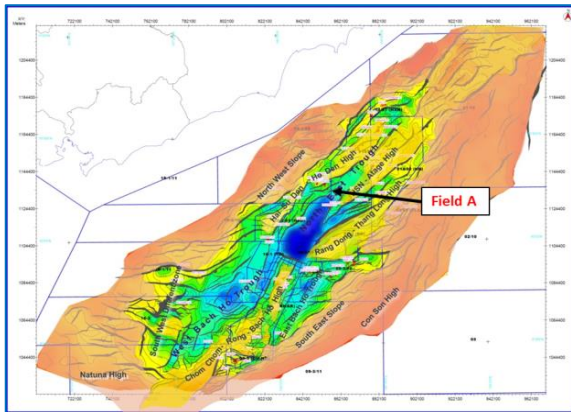
Nghiên cứu định lượng khả năng chắn đứt gãy được thực hiện cho một mỏ khí condensat A ở

lô 15, bể Cửu Long. Mỏ này tại thời điểm nghiên cứu đã được khai thác hơn 2 năm trong tầng chứa cát kết Oligocen tập E, F với độ sâu từ 3000-4500m. Ảnh hưởng của đứt gãy lên lưu lượng khai thác là một thách thức lớn do tác động của chúng đến sự phân khối tầng chứa. Thông thường, để đánh giá khả năng chắn của các đứt gãy trong

*Tác giả liên hệ

E-mail: hoangbh.epc@vpi.pvn.vn

trong mô hình khai thác, hệ số truyền chất lưu TM được hiệu chỉnh một cách thủ công để khớp lịch sử khai thác. Trong nghiên cứu này, hệ số TM được tính toán từ các phân tích định lượng khả năng chặn đứt gãy thông qua các tham số như biên độ dịch chuyển, bề dày đới đứt gãy, SGR, độ thấm qua đới đứt gãy... nhằm tăng cường độ tin cậy trong việc đánh giá khả năng phân khối tầng chứa của đứt gãy.



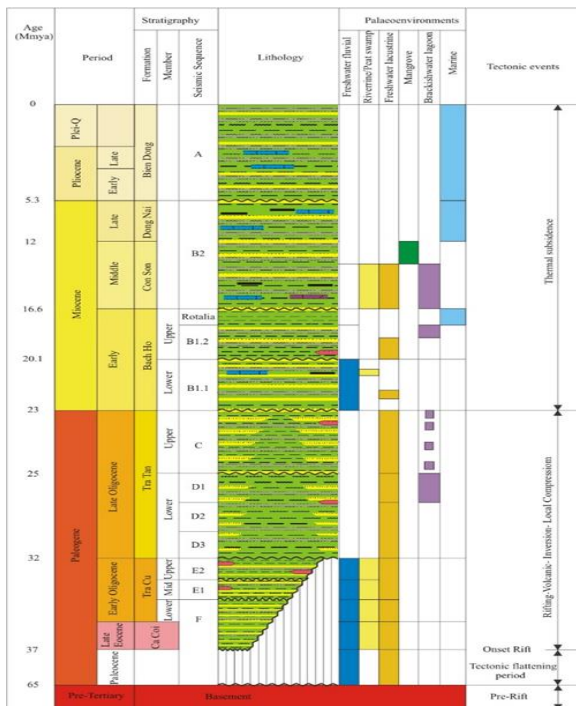
Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu (Nguyễn Thị Thanh Lam, 2014).

2. Khái quát về mỏ A

2.1. Đặc điểm địa chất

Mỏ A thuộc lô 15, nằm ở phía Đông Bắc của khu vực trung tâm bể Cửu Long, thềm lục địa Việt Nam (Hình 1). Cột địa tầng tổng hợp khu vực nghiên cứu gồm đá móng kết tinh trước Cenozoi, và nằm bên trên là trầm tích lục nguyên Đệ Tam, đôi lúc xen kẽ phun trào. Nghiên cứu tập trung vào tập E và F có tuổi Oligocen (Hình 2). Tập F được đặc trưng bởi một tập sét-bột ở phần trên (tập sét F) và tập cát F ở phần dưới có thành phần chủ yếu là cát kết thành tạo trong môi trường sông bên năng lượng cao. Tập E nằm bên trên tập F, có thể chia làm hai phần. Phần dưới chủ yếu là cát kết xen kẹp sét-bột kết (Tập cát E) thành tạo trong môi trường sông bên và hồ. Phần trên chủ yếu là trầm tích môi trường sông xếp chồng và ven hồ bị bào mòn bất chỉnh hợp góc bởi mặt Nóc E/Đáy D (CLJOC, 2007; Nguyễn và nnk, 2014).

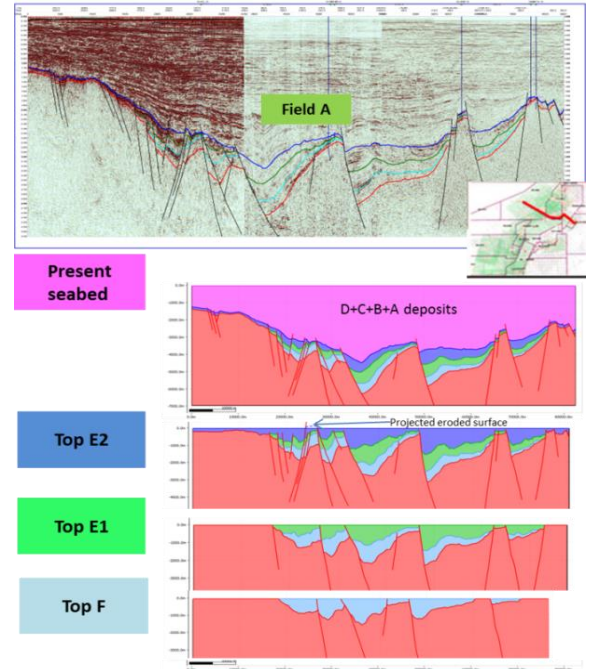
Các tầng chứa E và F bị ảnh hưởng mạnh bởi quá trình biến đổi thứ sinh. Hàm lượng sét tại sinh lớn, chủ yếu là thạch anh (3-10%), calcite (thông thường 1-4%, có thể lên tới 20-40%), zeolite (thông thường 5-8%, có thể lên tới 17%). Các khoáng vật này lấp nhét trong lỗ rỗng và khe nứt làm giảm độ rỗng một cách đáng kể (Hình 3). Kết quả phân tích XRD cho hàm lượng sét cho thấy các khoáng vật sét chủ yếu là illite và chlorite với một ít hỗn hợp illite-smectite. Kaolinite, smectite và hỗn hợp illite-smectite có xu thế giảm theo chiều sâu, trong khi chlorite có xu thế ngược lại. Thành phần sét cho thấy đá đang trong giai đoạn biến đổi thứ sinh giữa (tập E) và muộn (tập F), thể hiện bởi hàm lượng smectite và kaolinite bị thay thế bởi chlorite và illite khi độ sâu chôn vùi lớn dẫn đến nhiệt độ và áp suất tăng (Nguyễn Thị Thanh Lam, 2014). Trong lịch sử phát triển địa chất của mỏ A có 3 sự kiện nâng lên và bào mòn chính: sự kiện cuối tập F, E (Oligocen sớm) và cuối tập C (Oligocen muộn). Đầu tiên, tập F thành tạo trong thời kỳ đầu của giai đoạn rift, sau đó bị nâng lên vào bào mòn tạo bất chỉnh hợp góc trên đỉnh cấu tạo. Tiếp theo là tập E thành tạo trong cao trào của giai đoạn rift, sau đó lại bị nâng lên và bào mòn. Sự kiện nâng lên và bào mòn này về căn bản đã hoàn thành cấu trúc của mỏ A. Cuối cùng, sau khi thành tạo tập C và D, khu vực này chịu ảnh hưởng thêm một pha nén ép nữa, làm tái hoạt động đứt gãy trong tập E và F (Hình 4).



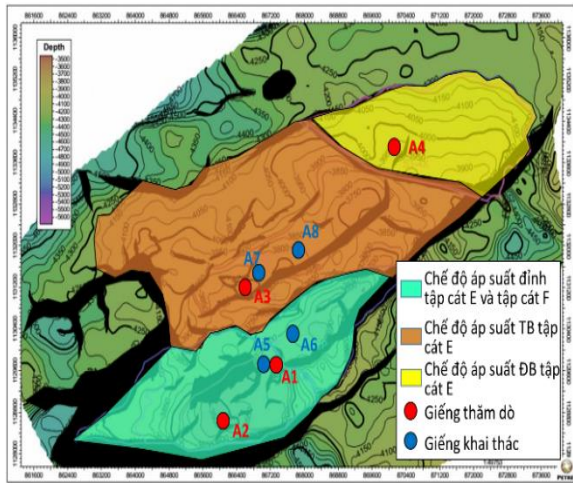
Hình 2. Cột địa tầng tổng hợp khu vực nghiên cứu (Nguyễn Thị Thanh Lam, 2014).



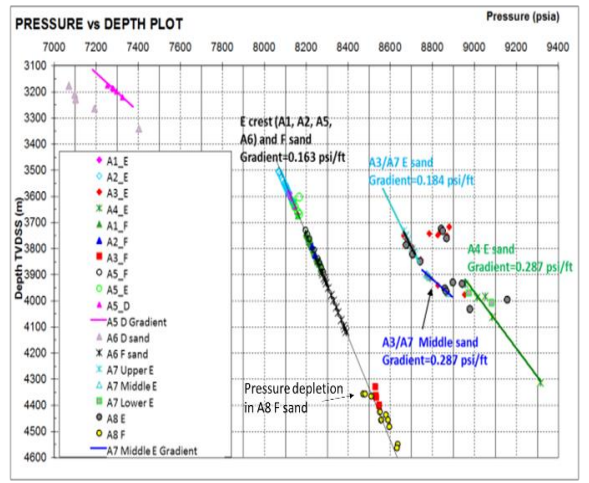
Hình 3. Xi măng và khoáng vật sét lấp nhét trong khe nứt/đứt gãy (hình trên) và lỗ rỗng (hình dưới) (CLJOC, 2007).



Hình 4. Mặt cắt phục hồi địa chất phương TB-ĐN qua khu vực nghiên cứu (VPI-EPC, 2014).



Hình 5. Vị trí các giếng và phân khối tầng chứa trên bản đồ nóc tập cát E (CLJOC, 2007).



Hình 6. Các chế độ áp suất trong khu vực nghiên cứu (CLJOC, 2007).

2.2. Đặc điểm công nghệ mỏ (reservoir engineering)

Có 8 giếng khoan trong khu vực nghiên cứu (A1 đến A8) có vị trí như trên Hình 5. Từ tài liệu giếng khoan đã xác định 3 chế độ áp suất trong khu vực mỏ A (Hình 6): khu vực đỉnh tập cát E và toàn bộ tập cát F gồm các giếng A1/A2/A5/A6 chứa khí condensate; khu vực Tây Bắc của tập cát E gồm các giếng A3/A7 chứa condensat giàu khí

hơn; và khu vực Đông Bắc của tập các E – giếng A4 chứa dầu nhẹ. Áp suất thử RFT trong tập F sand của giếng A8 có dấu hiệu suy giảm so với xu thế áp suất, có thể là do sự liên thông tốt giữa giếng A6 và A8 trong tập F sand. Tài liệu áp suất cho thấy tập E và F có dị thường áp suất rất cao. Biểu hiện khai thác trong giếng A5 và A6 cho thấy chúng không liên thông với nhau. Kết hợp tài liệu áp suất và mô hình địa chất có thể phân chia mỏ A thành 3 khối tầng chứa như trên Hình 5 (CLJOC, 2007).

3. Cơ sở dữ liệu

Tài liệu được sử dụng trong nghiên cứu gồm có tài liệu địa chất, tài liệu địa chấn, minh giải địa chấn các tầng chính và đứt gãy, tài liệu giếng khoan (log, áp suất, thử vỉa, mẫu lõi...), mô hình địa chất 3D, và mô hình mô phỏng khai thác mỏ A. Ngoài ra, phần mềm Roxar RMS được sử dụng trong phân tích định lượng chấn đứt gãy và phần mềm Eclipse được sử dụng để khớp lịch sử khai thác.

4. Phương pháp luận

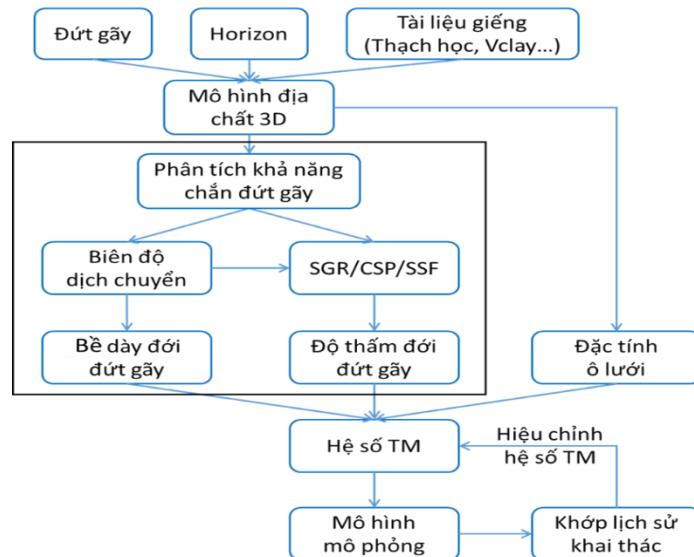
Quy trình nghiên cứu chấn đứt gãy cho mỏ A được thể hiện trên Hình 7. Các yếu tố khác nhau ảnh hưởng đến khả năng chấn của đứt gãy được

sử dụng làm đầu vào để tính độ thấm qua đứt gãy và hệ số truyền chất lưu (transmissibility multiplier-TM) qua đứt gãy. Hệ số TM qua đứt gãy sau đó được đưa vào mô hình mô phỏng khai thác phục vụ công tác khớp số liệu lịch sử khai thác.

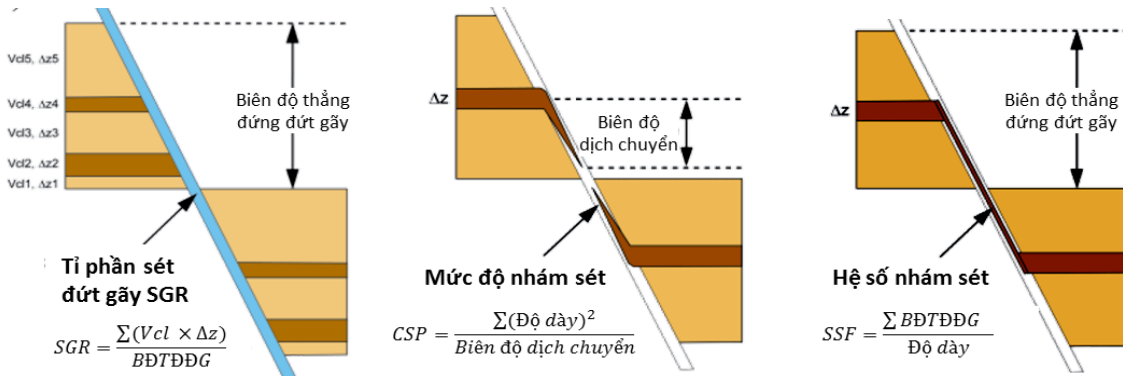
4.1. Phân tích khả năng chấn của đới đứt gãy

Nhìn chung có hai kiểu chấn đối với một điểm trên đứt gãy:

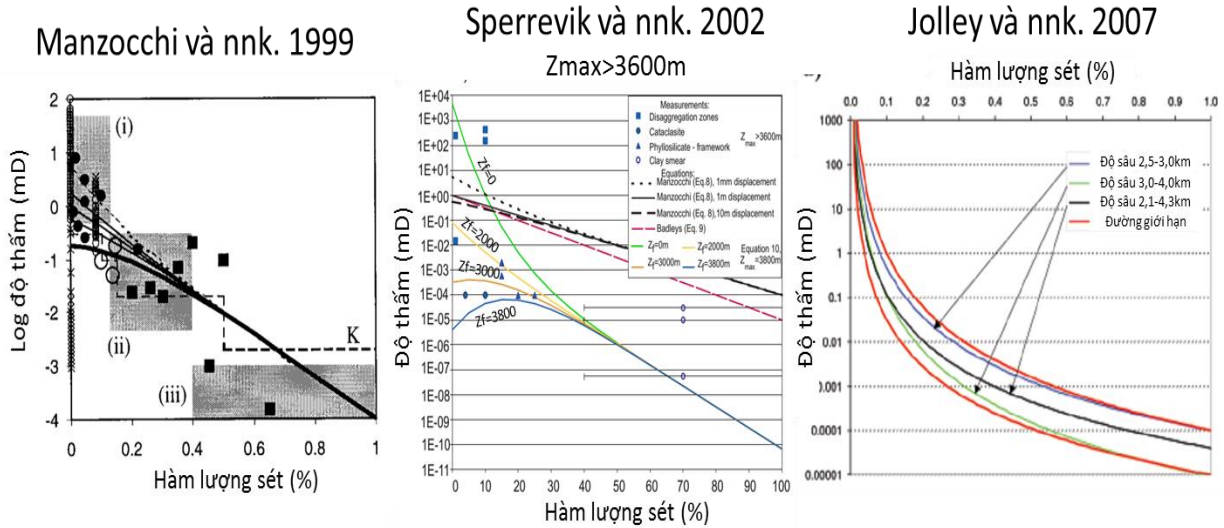
1. Chấn do kè áp thạch học: do tầng chứa kè áp thạch học với tầng chấn qua đứt gãy.
2. Chấn bởi đới phá hủy đứt gãy (fault damage zone): màn chấn được tạo bởi sét đứt gãy (fault gouge) có độ rỗng và độ thấm kém do trầm tích bị đập vỡ hoặc có sự pha trộn với khoáng vật sét từ các vỉa sét trong quá trình dịch chuyển (Al-Busafi, 2005).



Hình 7. Quy trình nghiên cứu phân tích chấn đứt gãy áp dụng cho mỏ đang khai thác



Hình 8. Các phương pháp khác nhau nhằm đánh giá khả năng chấn đứt gãy. (a) Tỷ phần sét đứt gãy (SGR, Yielding và nnk, 1997); (b) Mức độ nhám sét (CSP, Bouvier và nnk, 1989; Full James và nnk, 1997); (c) Hệ số nhám sét (SSF, Lindsay và nnk, 1993).



Hình 9. Ba phương pháp khác nhau để tính độ thấm qua đứt gãy.

Phương pháp thông dụng nhất để tính toán khả năng chắn của đới đứt gãy là phương pháp SGR (Shale Gouge Ratio-Tỉ phần sét đứt gãy), sử dụng để ước lượng hàm lượng sét trong đới đứt gãy. Công thức tính SGR (Yielding và nnk, 1997) là như sau:

$$SGR = \frac{\sum(\text{Hàm lượng sét trong lớp} \times \text{Độ dày lớp})}{\text{Biên độ thẳng đứng đứt gãy}} = \frac{\sum(V_{cl} \times \Delta z)}{BDTĐĐG}$$

Ngưỡng chắn của SGR thay đổi tùy theo loại chất lưu được kê áp ở hai bên đứt gãy. Đối với trầm tích hạt vụn, thông thường SGR>0,4 là chắn đối với các tầng chứa hydrocacbon kê áp, trong khi đối với tầng chứa hydrocacbon kê áp tầng chứa nước thì ngưỡng chắn ít nhất là SGR>0,2 (Bretan và nnk, 2003). Nếu tầng sét trong khu vực nghiên cứu có bề dày lớn thì lớp sét có thể bị trám lên mặt đứt gãy trong khi dịch chuyển. Khi đó, ta có thể xem xét sử dụng các phương pháp phân tích chắn khác như Mức độ nhám sét (Clay Smear Potential - CSP) hoặc Hệ số nhám sét (Shale Smear Factor - SSF) (Hình 8). Khả năng chắn đứt gãy có thể được tăng cường do quá trình biến đổi thứ sinh mạnh trong trầm tích hạt vụn ở độ sâu chôn vùi lớn. Hàm lượng sét dọc đới đứt gãy tính được ở trên có thể được sử dụng để tính độ thấm qua đứt gãy, thông qua ba công thức thực nghiệm (Hình 9):

(Manzocchi, 1999): $\log k_f = -4SGR - 1/4 \log(D)(1 - SGR)^5$; trong đó k_f là độ thấm đứt gãy

(mD), D là biên độ dịch chuyển (m).

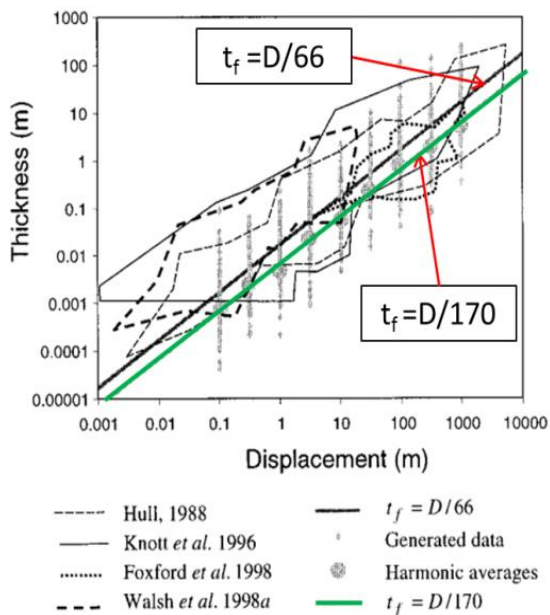
(Sperrevik, 2002): $k_f = a_1 \exp -[a_2 V_f + a_3 z_{max} + (a_4 z_f - a_5)(1 - V_f)^7]$; trong đó k_f là độ thấm đứt gãy (mD), z_f là độ sâu tại thời điểm hoạt động đứt gãy (m), z_{max} là độ sâu chôn vùi lớn nhất (m), $a_1, a_2... a_5$ thay đổi tùy z_{max} . Đối với $z_{max}>3600m$ thì $a_1=80000 a_2=19,4 a_3=0,00403 a_4=0,0055 a_5=12,5$.

(Jolley, 2007): $k_f = aSGR^{-b}$; trong đó k_f là độ thấm đứt gãy (mD), a và b thay đổi tùy độ sâu chôn vùi. Đối với độ sâu chôn vùi 3-4km, $a=-5, b=-4,07$.

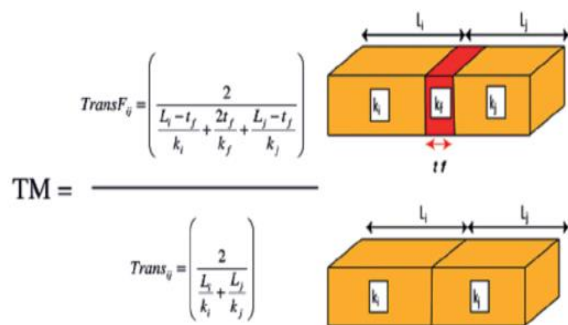
Phương pháp của Manzocchi chỉ dựa vào SGR và biên độ dịch chuyển của đứt gãy mà không tính đến quá trình biến đổi thứ sinh của đá. Trong khi đó phương pháp của Jolley và Sperrevik có tính đến điều này, được đặc trưng bởi độ sâu chôn vùi. Ngoài ra phương pháp Sperrevik còn sử dụng độ sâu tại thời điểm đứt gãy hoạt động, để tính đến ảnh hưởng của quá trình dập vỡ kiến tạo dọc đới đứt gãy.

4.2. Bề dày đới đứt gãy

Mối quan hệ giữa biên độ dịch chuyển (D) và bề dày đới đứt gãy (T) được thể hiện trên Hình 10, gồm 2 quan hệ thực nghiệm là $T=D/66$ (đối với đứt gãy có biên độ >1m) và $T/170$ (toàn bộ các đứt gãy). Công thức $T=D/66$ phù hợp với các đứt gãy có biên độ dịch chuyển lớn được sử dụng trong mô hình động (Manzocchi, 1999). Do đó nhóm tác giả sử dụng công thức $T=D/66$ trong nghiên cứu này.



Hình 10. Quan hệ giữa biên độ dịch chuyển và bề dày đới phá hủy đứt gãy dựa trên số liệu thực địa (Manzochi và nnk, 1999).



Hình 11. Mô hình tính hệ số TM qua đứt gãy giữa hai ô lưới trong mô hình mô phỏng (Jolley và nnk, 2007).

4.3. Hệ số truyền chất lưu (TM) qua đới đứt gãy và hiệu chỉnh mô hình chấn

Hệ số TM qua đứt gãy được sử dụng bởi các phần mềm mô phỏng để tích hợp khả năng chấn từng phần hoặc toàn phần lưu lượng dòng chảy qua đứt gãy. Tính toán hệ số TM qua đứt gãy cần có các yếu tố: độ thấm qua đứt gãy, bề dày đới đứt gãy, và cấu trúc hình học của các ô lưới trong mô hình mô phỏng (Hình 11). Quá trình tính toán được thực hiện tự động bởi phần mềm mô hình Roxar RMS. Sau đó các hệ số TM được xuất sang Eclipse để thực hiện khớp số liệu khai thác.

5. Kết quả đạt được

5.1. Phân tích chấn đứt gãy

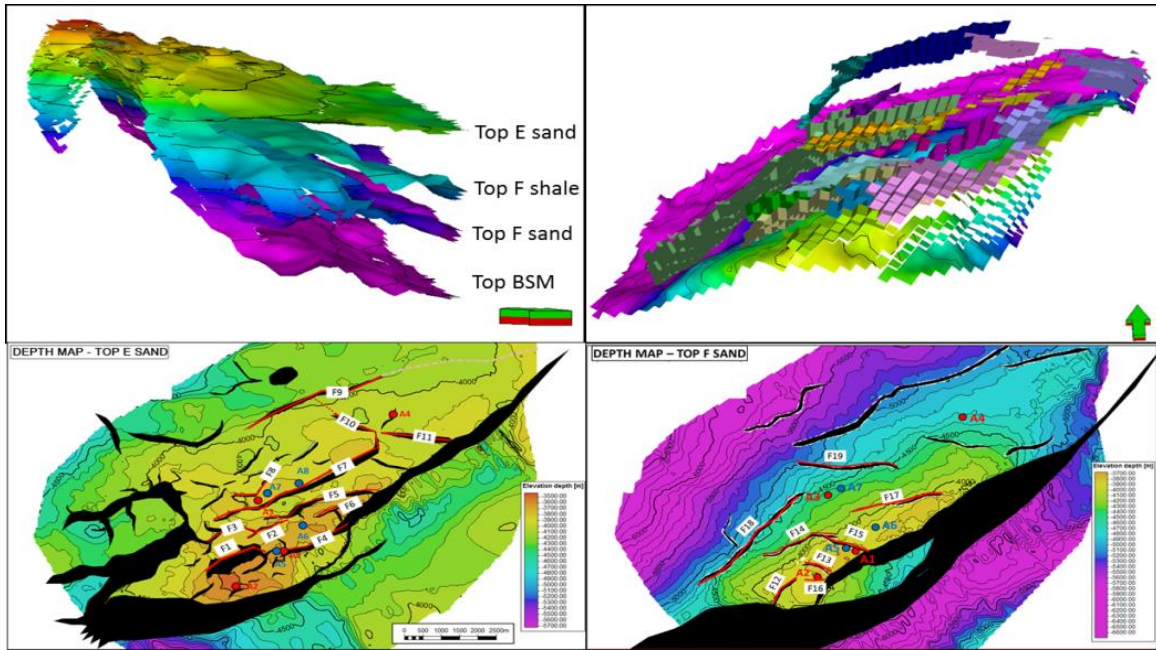
Có tất cả 77 đứt gãy trong mô hình địa chất được phân tích khả năng chấn, trong đó có 19 đứt gãy có khả năng ảnh hưởng đến phân khối tầng chứa được chọn để hiệu chỉnh TM khi khớp lịch sử khai thác (Hình 12). Áp dụng ba công thức đã nêu trên để ước lượng độ thấm qua đứt gãy. Đối với phương pháp Sperrevik, độ sâu tại thời điểm hoạt động đứt gãy được ước tính bằng độ dày từ nóc tầng C sau khi phục hồi phần bào mòn xuống đến nóc tầng E, do pha nghịch đảo kiến tạo kết thúc vào cuối tập C. Độ sâu này được ước tính khoảng 900m ở phần đỉnh cấu tạo và 1500m ở phần cánh cho tập E, và 1500m ở phần đỉnh và 2000m ở phần cánh cho tập F.

Kết quả phân tích chấn đứt gãy cho thấy phần lớn các đứt gãy trong tập E và F có biên độ dịch chuyển nhỏ (100-200m), và kê áp thạch học cát-cát qua đứt gãy (Hình 13). Nhìn chung, giá trị SGR tăng dần từ 0,2-0,3 ở phần đỉnh cấu tạo cho tới SGR>0,35 ở phần cánh. Bề dày đới phá hủy đứt gãy phần lớn dưới 5m (Hình 14).

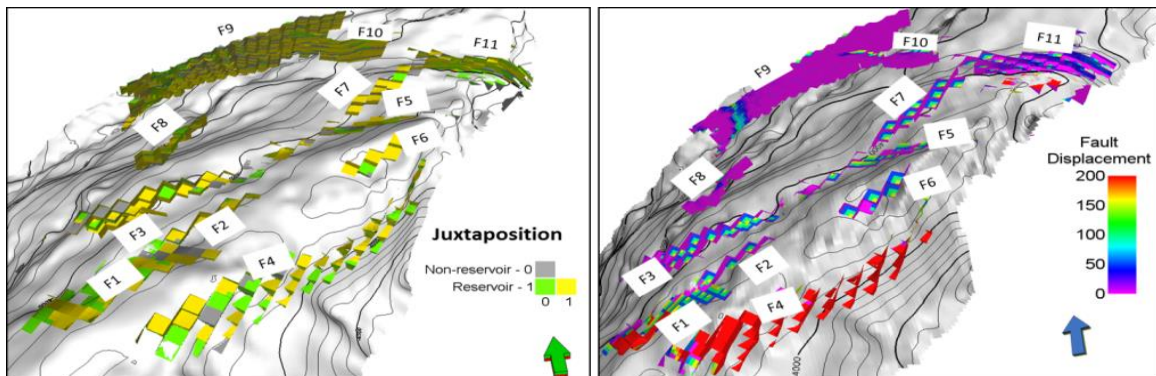
Tính toán độ thấm và hệ số TM cho thấy phương pháp Manzocchi cho giá trị độ thấm (0,005-0,3mD) và TM (phần lớn tiệm cận 1) cao nhất. Phương pháp Jolley cho độ thấm thấp hơn khoảng 10-100 lần so với phương pháp Manzocchi, và giá trị TM cũng thấp hơn. Phương pháp Sperrevik cho độ thấm và TM thấp nhất (Hình 15). Giá trị độ thấm thấp tính bởi phương pháp Jolley và Sperrevik có vẻ phù hợp với kết quả phân tích chế độ áp suất và chất lưu (Hình 5 và 6) cho thấy tầng chứa bị phân khối bởi các đứt gãy có khả năng chấn cao.

5.2. Hiệu chỉnh mô hình chấn đứt gãy với khớp số liệu khai thác

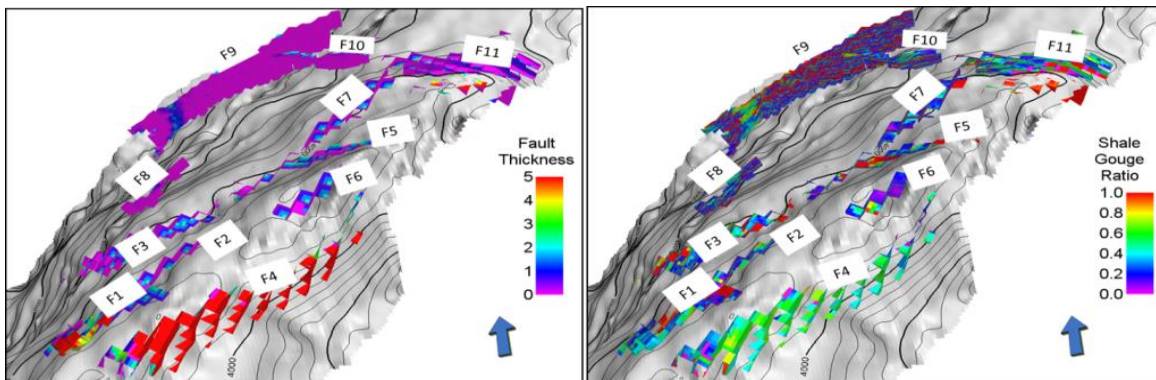
Sau khi phân tích chấn đứt gãy, hệ số TM của đứt gãy tính được theo ba phương pháp trên được xuất sang mô hình động để khớp số liệu lịch sử khai thác. Thông số khớp chính là tài liệu áp suất đáy giếng trong quá trình khai thác cho giếng A5 và A6, trong khi với giếng A8 đó là áp suất thành hệ từ tài liệu thử vỉa RFT. Sau lần chạy đầu tiên, phương pháp phù hợp nhất được chọn để tiếp tục hiệu chỉnh và tối ưu hóa mô hình.



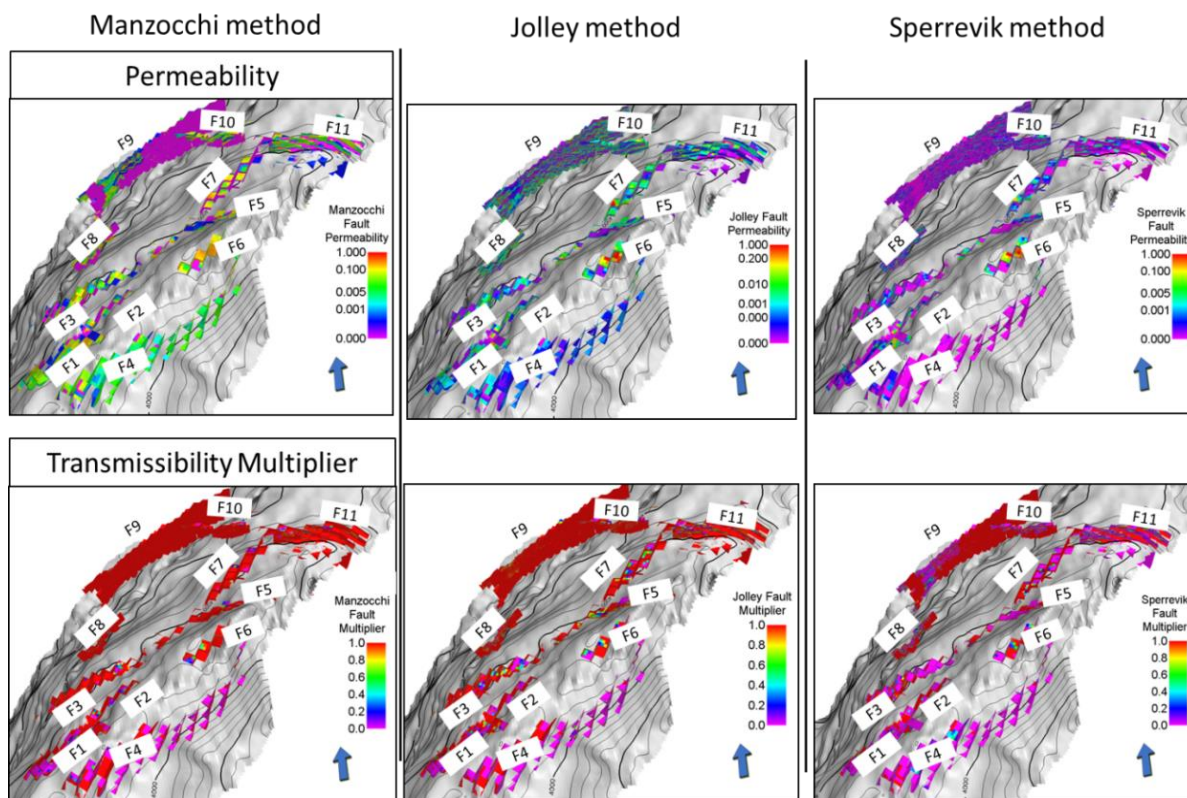
Hình 12. Horizon và đứt gãy trong mô hình 3D (hình trên) và các đứt gãy được chọn trong tầng E (hình dưới bên trái) và F (hình dưới bên phải).



Hình 13. Thuộc tính kề áp (bên trái) và biên độ dịch chuyển (bên phải) cho đứt gãy trong tầng E.



Hình 14. Thuộc tính bề dày đới đứt gãy (bên trái) và tỷ phần sét đứt gãy SGR (bên phải) cho đứt gãy trong tầng E.



Hình 15. Tính toán độ thấm và hệ số truyền chất lưu TM cho các đứt gãy trong tập E.

Trong giếng A5, phương pháp Manzocchi cho kết quả cao hơn so với số liệu đo được khoảng 200-300psia, trong khi phương pháp Jolley cao hơn khoảng 100-250psia. Phương pháp Sperrevik khớp rất tốt với kết quả đo trong quý 3 năm 2013, nhưng sau đó cao hơn khoảng 100-200psia vào thời gian sau đó (Hình 16). Trong giếng A6, tất cả các phương pháp có chất lượng khớp số liệu giảm dần theo thời gian. Ở cuối giai đoạn chạy mô phỏng, phương pháp Manzocchi cho kết quả cao hơn 120psia so với số liệu đo, trong khi phương pháp Jolley cao hơn khoảng 80psia và phương pháp Sperrevik cao hơn khoảng 40psia (Hình 17).

Trong giếng A8, phương pháp Manzocchi khớp tốt hơn ở phần trên, nhưng kém hơn ở phần dưới. Phương pháp Jolley tốt hơn phương pháp Manzocchi một chút ở phần dưới, nhưng phần trên lại kém hơn. Phương pháp Sperrevik khớp rất tốt ở phần dưới nhưng phần trên lại khớp kém hơn. Tất cả các phương pháp đều cho thấy động thái suy giảm áp suất ở phần trên giống với xu thế từ kết quả đo RFT (Hình 18).

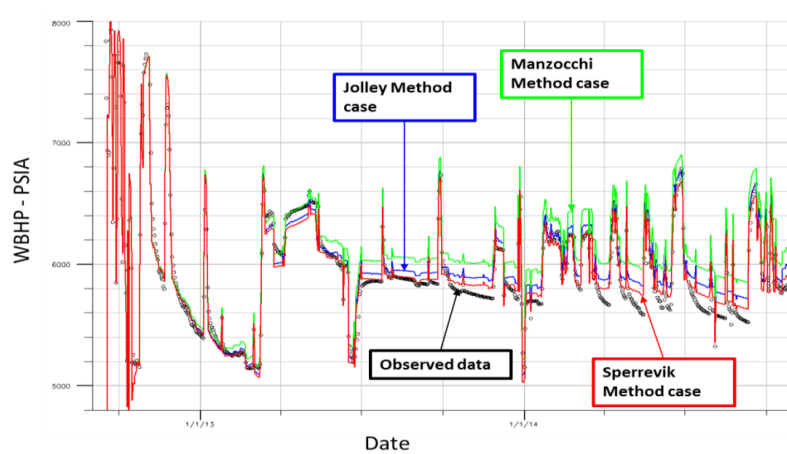
Có thể thấy phương pháp Sperrevik cho kết quả khớp tốt nhất, phương pháp Jolley đứng thứ hai, và phương pháp Manzocchi khớp kém nhất.

Do đó phương pháp Sperrevik được chọn để tiếp tục hiệu chỉnh hệ số TM trong mô phỏng khai thác.

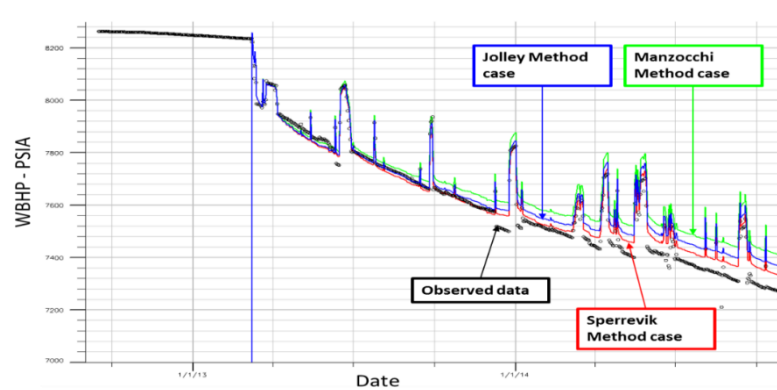
Để khớp lịch sử khai thác tốt hơn, phương pháp Sperrevik được sử dụng với việc đóng lại một số đứt gãy giữa các giếng khai thác (Hình 19). Tại giếng A5, việc đóng các đứt gãy này cho kết quả khớp rất tốt ở giai đoạn sau của lịch sử khai thác, nhưng kết quả khớp ở giai đoạn trước lại kém đi (Hình 20). Ở giếng A6, đóng các đứt gãy này cho kết quả khớp tốt hơn một chút (Hình 21). Ở giếng A8, việc hiệu chỉnh này không gây ảnh hưởng đến kết quả mô hình khớp RFT (Hình 22). Sự sai lệch giữa mô hình và số liệu đo có thể do các yếu tố ngoài khả năng chặn đứt gãy, như khe nứt thủy lực sinh ra trong môi trường áp suất cao.

Thảo luận

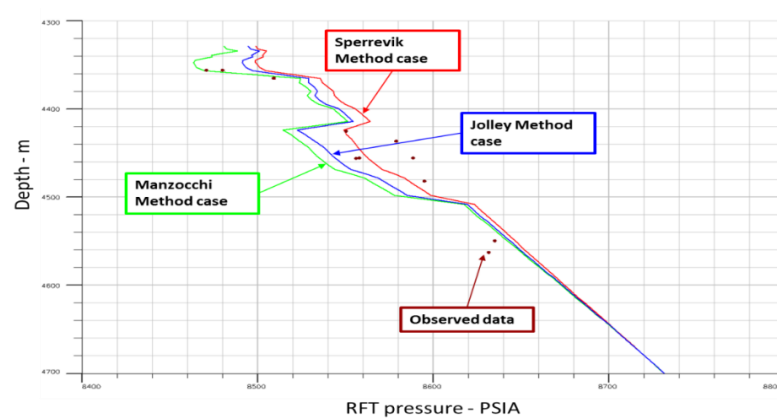
Phân tích chặn đứt gãy cho thấy các gãy ở phần đỉnh cấu tạo có hệ số SGR 0,2-0,3 (thấp hơn ngưỡng chặn thông thường là 0,4), biên độ dịch chuyển và bề dày đới đứt gãy thấp, tuy vậy chúng có khả năng chặn cao có thể do quá trình nén ép và biến đổi thứ sinh của đá trầm tích lục nguyên ở độ sâu chôn vùi lớn.



Hình 16. Kết quả chạy mô phỏng áp suất đáy giếng A5 sử dụng 3 phương pháp tính độ thấm qua đứt gãy.



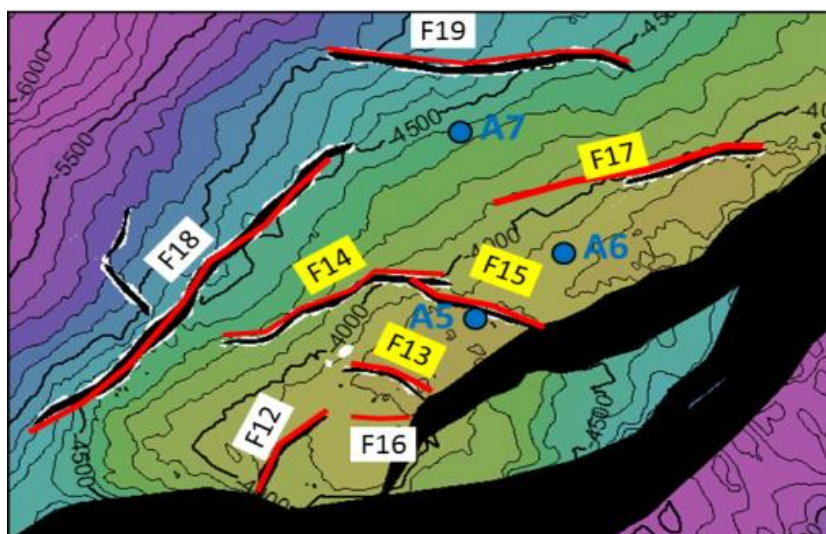
Hình 17. Kết quả chạy mô phỏng áp suất đáy giếng A6 sử dụng 3 phương pháp tính độ thấm qua đứt gãy.



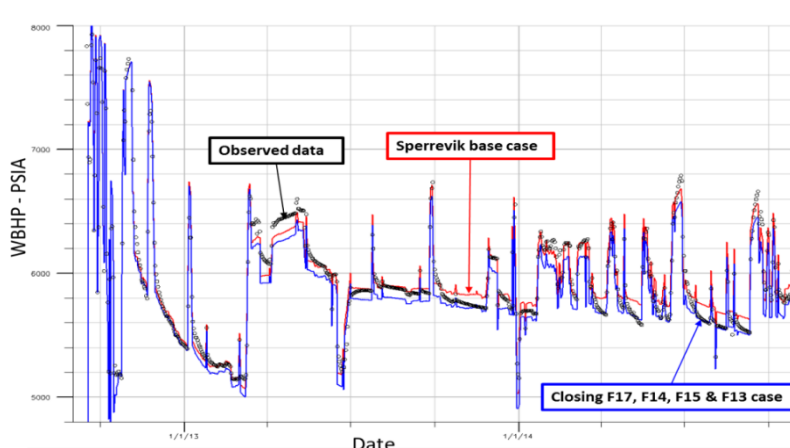
Hình 18. Kết quả chạy mô phỏng áp suất RFT giếng A5 sử dụng 3 phương pháp tính độ thấm qua đứt gãy.

Tập E và F chịu ảnh hưởng lớn của quá trình biến đổi thứ sinh, bằng chứng là mức độ nén ép mạnh, độ sâu chôn vùi lớn (>3,5km), một hàm lượng lớn các khoáng vật tại sinh (thạch anh, zeolite, calcite và sét) lấp nhét vào lỗ rỗng và khe

nứt, tỉ phần kaolinite nhỏ, sự hiện diện của illite và hỗn hợp smectite-illite, và hàm lượng chlorite chiều sâu. Tập E đang trong giai đoạn giữa và tập F đang trong giai đoạn muộn của quá trình biến đổi thứ sinh tăng theo.



Hình 19. Các đứt gãy (màu vàng) được chọn để hiệu chỉnh hệ số TM.



Hình 20. So sánh kết quả khớp áp suất đáy giếng A5 trước và sau khi hiệu chỉnh hệ số TM theo phương pháp Sperrevik.

Do đó quá trình giảm độ rỗng do biến đổi thứ sinh diễn ra trong đá gốc chưa biến dạng cũng có thể xảy ra trong đới phá hủy đứt gãy, do đó tăng cường khả năng chắn.

Trong ba phương pháp tính độ thấm qua đứt gãy, phương pháp Sperrevik cho kết quả khớp lịch sử khai thác tốt nhất. Kết quả khớp đạt chất lượng tốt chỉ sau một vài lần hiệu chỉnh hệ số TM, trong khi vẫn phù hợp với mô hình địa chất.

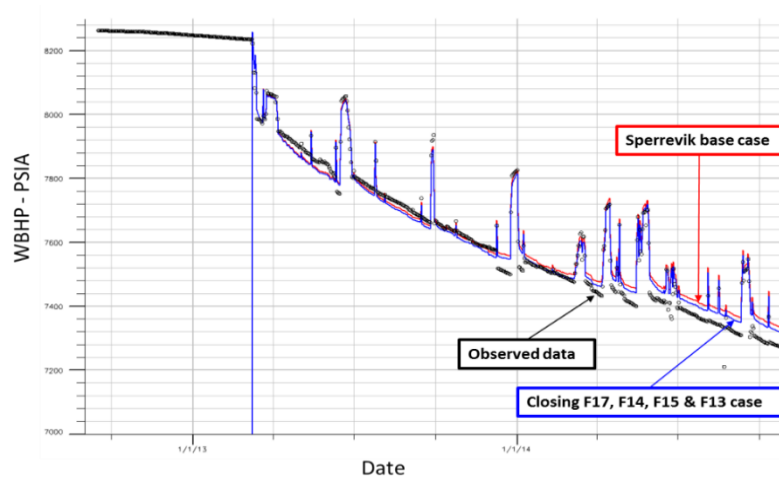
Trong giếng A6, số liệu đo vẫn thấp hơn so với kết quả chạy mô phỏng sau khi tối ưu hệ số TM. Đây có thể do các yếu tố ngoài khả năng chắn đứt gãy, như khe nứt thủy lực sinh ra trong môi trường áp suất cao.

6. Kết luận và kiến nghị

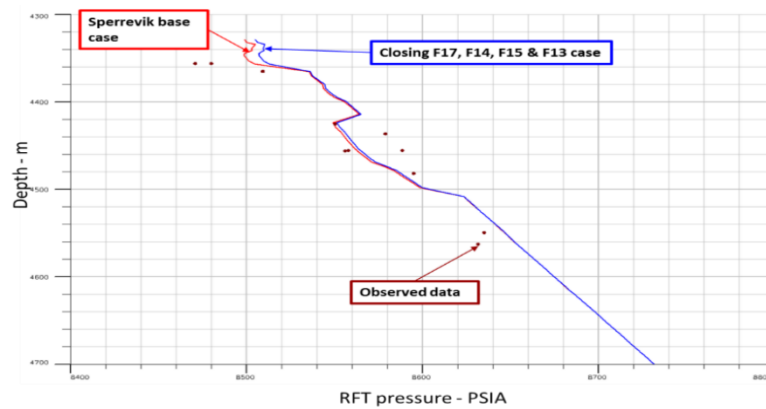
6.1. Kết luận

Tập E và F trong khu vực nghiên cứu nằm ở độ sâu chôn vùi 3,5-4,5km, gồm cát kết arkose và litho-arkose, chịu ảnh hưởng lớn bởi quá trình biến đổi thứ sinh làm giảm độ rỗng-thấm đáng kể. Tập E đang trong giai đoạn biến đổi thứ sinh giữa-muộn và tập F đang trong giai đoạn biến đổi thứ sinh muộn.

Phần lớn các đứt gãy trong tập E và F có biên độ dịch chuyển nhỏ (100-200m), và kê áp chủ yếu là cát-cát. Giá trị SGR thấp ở phần đỉnh cấu tạo (phần lớn 0,2-0,3), nhưng cao hơn ở phần cánh



Hình 21. So sánh kết quả khớp áp suất đáy giếng A6 trước và sau khi hiệu chỉnh hệ số TM theo phương pháp Sperrevik.



Hình 22. So sánh kết quả khớp áp suất RFT cho giếng A8 trước và sau khi hiệu chỉnh hệ số TM theo phương pháp Sperrevik.

(>0,4). Tuy nhiên các đứt gãy có xu thế chẵn do quá trình biến đổi thứ sinh mạnh mẽ ở độ sâu lớn (>3,5km).

Việc hiệu chỉnh mô hình chắn đứt gãy với việc khớp lịch sử khai thác cho thấy phương pháp Sperrevik cho kết quả phù hợp nhất đối với mỏ A. So với việc hiệu chỉnh thủ công hệ số TM cho từng đứt gãy, phương pháp này đỡ mất thời gian, mang yếu tố khách quan hơn, và cho chất lượng tốt. Tuy vậy, một số sai lệch giữa mô hình và số liệu đo có thể do các yếu tố ngoài khả năng chắn đứt gãy, như khe nứt thủy lực sinh ra trong môi trường áp suất cao.

Sử dụng hệ số TM tính được từ mô hình chắn đứt gãy giúp việc đánh giá khả năng chắn đứt gãy trong mô hình mô phỏng khai thác được chính xác hơn, giảm thiểu yếu tố chủ quan.

6.2. Kiến nghị

Với các mỏ có độ sâu chôn vùi lớn (>3,5km), quá trình nén ép và biến đổi thứ sinh có vai trò quan trọng làm tăng khả năng chắn của đứt gãy. Ngưỡng chắn thông thường $SGR > 0,35-0,4$ có thể không khả dụng trong trường hợp này.

Phương pháp Sperrevik ước lượng độ thấm đứt gãy được xem là phương pháp hiệu quả nhất để tính toán hệ số truyền chất lưu (TM) qua đứt gãy trong mô phỏng khai thác đối với tầng chứa lục nguyên có độ sâu chôn vùi lớn.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả gửi lời cảm ơn tới Petrovietnam và CLJOC đã tạo điều kiện và cung cấp tài liệu

nghiên cứu, cũng như Roxar đã cung cấp phần mềm mô hình RMS phục vụ nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- Bouvier J.D., Kaars-Sijpesteijn C.H., Kluesner D.F., Onyejekwe C.C., and Van der Pal, R.C., 1989. Three-dimensional seismic interpretation and fault sealing investigations, Nun River field, Nigeria. *AAPG Bulletin* 73, 1397-1414. <http://dx.doi.org/10.1306/44b4aa5a-170a-11d7-8645000102c1865d>
- Bretan P., Yielding G., and Jones H., 2003. Using calibrated shale gouge ratio to estimate hydrocarbon column heights. *AAPG Bullentin* 87, 397-413.
- CLJOC, 2007. Hydrocarbon initially in place and reserves assessment report (confidential), 212 pages.
- Fulljames J.R., Zijerveld L.J.J., Franssen R.C.M.W., Ingram G.M., and Richard P. D., 1996. Fault seal processes, in Norwegian Petroleum Society, eds., Hydrocarbon seals—importance for exploration and production (conference abstracts). Oslo, *Norwegian Petroleum Society*, pp.5. [http://doi.org/10.1016/S0928-8937\(97\)80006-9](http://doi.org/10.1016/S0928-8937(97)80006-9)
- Jolley S.J., Dijk H., Lamens J.H., Fisher Q.J., Manzocchi T., Eikmans H., and Huang, Y., 2007. Faulting and fault sealing in production simulation models: Brent Province, northern North Sea. *Petroleum Geoscience* 13, 321-340. <http://doi.org/10.1144/1354-079306-733>
- Lindsay N.G., Murphy F.C., Walsh J.J., and Watterson J., 1992. "Outcrop studies of shale smears on fault surfaces". In *The Geological Modelling of Hydrocarbon Reservoirs and Outcrop Analogues*, 15, 113-23. <http://doi.wiley.com/10.1002/9781444303957>.
- Manzocchi T., Walsh J.J., Nell P., and Yielding G., 1999. Fault transmissibility multipliers for flow simulation models. *Petroleum Geoscience* 5, 53-63. <http://doi.org/10.1144/petgeo.5.1.53>.
- Nguyễn Thị Thanh Lam (chủ nhiệm), 2014. Báo cáo Nghiên cứu sự phân bố, đặc điểm môi trường trầm tích và dự báo chất lượng đá chứa của trầm tích tập E, F và cổ hơn Oligocen trong bể trầm tích Cửu Long. Viện Dầu khí Việt Nam. Số hiệu lưu trữ: ĐC 261. 291 trang.
- Sperrevik S., Gillespie P.A., Fisher Q.J., Halvorsen T., and Knipe R.J., 2002. Empirical estimation of fault rock properties. In *Hydrocarbon Seal Quantification* (Eds. Koestler A.G. & Hunsdale R.). Norwegian Petroleum Society Special Publications. [http://doi.org/10.1016/S0928-8937\(02\)80010-8](http://doi.org/10.1016/S0928-8937(02)80010-8).
- VPI-EPC, 2014. 3D Fault seal study report (confidential), 128 pages.
- Yielding G., Freeman B., and Needham D.T., 1997. Quantitative Fault Seal Prediction. *AAPG Bulletin* 81, 897-917. <http://dx.doi.org/10.1306/522b498d-1727-11d7-8645000102c1865d>.

ABSTRACT

Quantitative fault seal evaluation for a gas condensate field in Cuu Long Basin

Hoang Huy Bui ^{1,*}, Lam Thanh Nguyen ¹, Sang Van Nguyen ¹, Huy Duc Dinh ¹, Tung Thanh Nguyen ¹, Duy Le Cao ², Anh Tuan Ngoc Nguyen ², Vu Nguyen Le ²

¹ Vietnam Petroleum Institute - Exploration and Production Center, Vietnam

² Cuu Long Joint Operating Company, Vietnam

Fault seal analysis has been used for a gas condensate field in the Cuu Long Basin to study the fault seal influence on fluid compartmentalization and flow retardation. Fault seal capacity is evaluated based on many factors, including shale gouge ratio (SGR), juxtaposition, fault throw, fault thickness, fault permeability and the effect of diagenesis. The results of such analyses are used as input for calculating the fault transmissibility multiplier (TM), which is used in the simulation model for mimicking the flow retardation effect of faults. The 3D fault model analysis and TM calculation are done using the RMS modeling software. The fault TMs are then validated through history matching on a production simulation model. It has been found that despite having low SGR, low displacement and fault thickness, which imply leaking faults, diagenesis due to great burial depth (>3.5km) has significantly enhanced the sealing potential, leading to most faults having high sealing capacity. The Sperrevik method for estimating fault permeability was found to be the most appropriate in calculating fault TM for the simulation model of reservoirs with high burial depth. Using fault TM calculated from fault seal model help to not only evaluate the fault seal capacity faster and more accurately, but also reduce subjectivity in the evaluation process.

Key words: fault seal, SGR, condensate, Cuu Long basin, dynamic model, TM factor.