

SỬ DỤNG TÀI LIỆU ĐỊA CHẤN VÀ GIẾNG KHOAN ĐỂ DỰ BÁO ÁP SUẤT THÀNH HỆ TRƯỚC KHI KHOAN: NGHIÊN CỨU CỤ THỂ TẠI MỘT SỐ GIẾNG KHOAN BỂ CỬU LONG VÀ BỂ SÔNG HỒNG

Nguyễn Văn Hoàng¹, Phạm Quý Ngọc², Nguyễn Minh Quý², Đoàn Huy Hiền²

¹Tổng công ty Thăm dò Khai thác Dầu khí

²Viện Dầu khí Việt Nam

Email: ngocpq@vpi.pvn.vn

<https://doi.org/10.47800/PVJ.2022.08-01>

Tóm tắt

Áp suất lỗ rỗng có thể thu được từ vận tốc khoảng của địa chấn bằng kỹ thuật biến đổi vận tốc thành áp suất lỗ rỗng. Trong bài báo này, nhóm tác giả trình bày phương pháp thực nghiệm Eaton để tính toán áp suất thành hệ cho một số giếng khoan ở bể Cửu Long và bể Sông Hồng, nơi trải qua quá trình sụt lún, chôn vùi, biến đổi địa chất và hoạt động địa nhiệt phức tạp, gây ra các đối dị thường áp suất.

Kết quả thu được cho thấy áp suất lỗ rỗng được tính toán dựa vào tài liệu vận tốc khoảng của địa chấn có sự tương quan với giá trị áp suất được đo bằng các phương pháp địa vật lý giếng khoan và tỷ trọng dung dịch sử dụng trong khi khoan. Do đó, việc sử dụng vận tốc khoảng của địa chấn để tính toán giá trị áp suất lỗ rỗng, xác định và dự đoán đối dị thường bằng phương pháp Eaton có thể được áp dụng hiệu quả tại các khu vực chưa có giếng khoan để nâng cao độ an toàn, giảm thiểu rủi ro cho quá trình thi công khoan.

Từ khóa: Áp suất thành hệ, áp suất lỗ rỗng, dị thường áp suất, phương pháp Eaton, bể Cửu Long, bể Sông Hồng.

1. Giới thiệu

Trong lĩnh vực tìm kiếm và thăm dò dầu khí, địa chấn là phương pháp địa vật lý nghiên cứu sự lan truyền sóng đàn hồi nhằm xác định đặc điểm môi trường địa chất. Đặc điểm của sóng địa chấn là lan truyền trong các lớp đất đá khác nhau với tốc độ khác nhau và có xu hướng tăng theo chiều sâu (Hình 1). Một số nguyên nhân làm giảm vận tốc của sóng địa chấn theo chiều sâu như: lắng đọng trầm tích nhanh, quá trình biến đổi vật chất hữu cơ, cracking khí, hoạt động kiến tạo, giãn nở thủy nhiệt và quá trình thẩm lọc...

Những đối vận tốc thấp thường liên quan tới dị thường áp suất cao, tiềm ẩn các mối nguy hiểm như hiện tượng phun không kiểm soát. Eaton [1], Bower [2] đã xây dựng mối liên hệ giữa vận tốc truyền sóng với áp suất để từ đó có thể xác định áp suất của thành hệ đất đá.

Trong bài báo này, nhóm tác giả sử dụng tài liệu vận tốc khoảng và áp dụng công thức thực nghiệm Eaton để

tính toán áp suất thành hệ, từ đó đối chiếu với kết quả tài liệu địa vật giếng khoan (như tài liệu áp suất) để đối sánh. Từ kết quả so sánh, cho thấy việc xác định/dự đoán dị thường áp suất trong thành hệ dựa vào tài liệu vận tốc khoảng là có cơ sở. Từ đó mở ra khả năng sử dụng tài liệu này kết hợp với phương pháp Eaton để dự báo áp suất trước khi khoan nhằm giảm thiểu rủi ro trong quá trình khoan, góp phần nâng cao hiệu quả kinh tế.

2. Các thành phần áp suất và nguyên nhân gây dị thường áp suất trong thành hệ đất đá

Trong thành hệ đất đá tồn tại những thành phần áp suất sau:

Áp suất lớp phủ (overburden stress, OBV) là áp suất gây ra bởi tổng trọng lượng của thành hệ phủ lên trên. Áp suất lớp phủ tăng theo chiều sâu bởi càng xuống sâu thì chiều dày lớp phủ và mật độ đất đá càng tăng còn độ rỗng càng giảm (Hình 2).

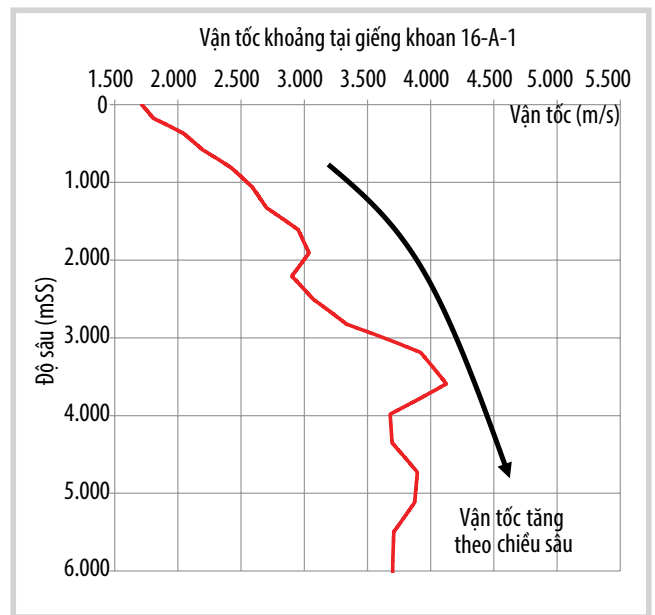
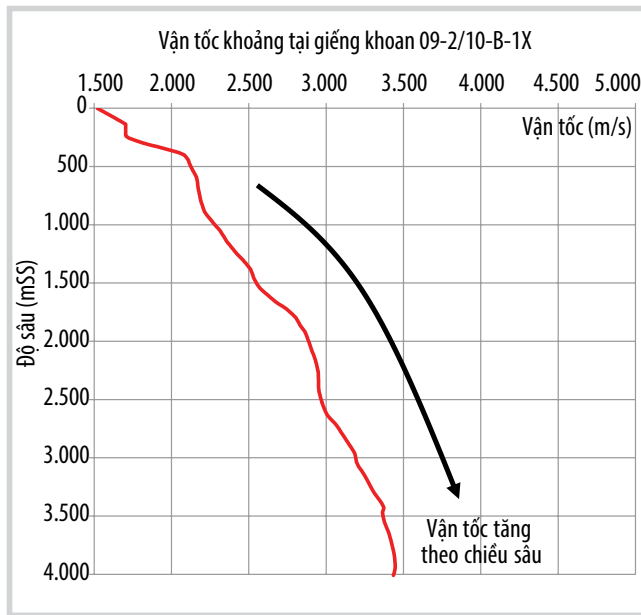
Áp suất vỡ vĩa (fracture pressure, FP, psi) là áp suất đủ để gây ra phá hủy thành hệ.

Áp suất thủy tĩnh (hydrolic pressure, P_{hyd} , psi) là áp suất gây ra bởi tải trọng của toàn bộ cột dung dịch phía trên.

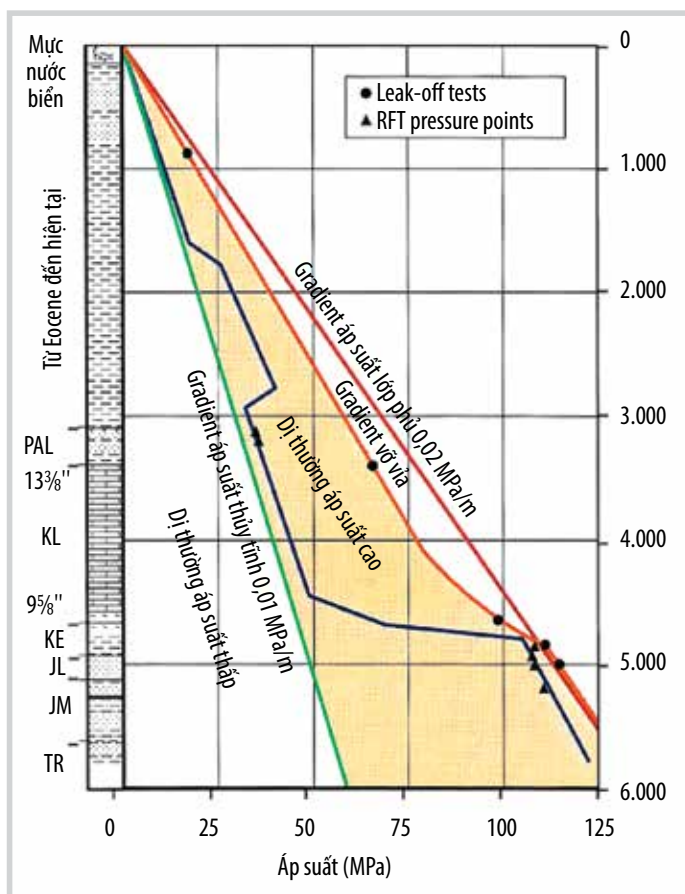


Ngày nhận bài: 30/7/2022. Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 30/7 - 5/8/2022.

Ngày bài báo được duyệt đăng: 12/8/2022.



Hình 1. Mô tả vận tốc địa chấn tại giếng khoan thuộc Lô 09-2 và Lô 16 thuộc bể Cửu Long [3].



Hình 2. Biểu đồ áp suất theo chiều sâu [4].

Dị thường áp suất (abnormal pressure, psi) là giá trị áp suất (pore pressure, psi) gây ra bởi sự tồn tại của chất lưu trong không gian rỗng của đất đá mà có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn so với áp suất thủy tĩnh ở điều kiện bình thường. Tại những nơi hydrocarbon tích tụ thường tồn tại dị thường áp suất dương.

Trong tìm kiếm thăm dò và khai thác dầu khí, việc dự báo phân bố của áp suất là rất quan trọng, góp phần giảm thiểu rủi ro trong công tác thi công khoan. Các cơ chế gây ra dị thường áp suất như: cơ chế nén ép, biến đổi vật chất hữu cơ thành hydrocarbon, quá trình cracking khí, quá trình giãn nở thủy nhiệt, hoạt động kiến tạo, biến đổi khoáng vật và quá trình thẩm lọc...

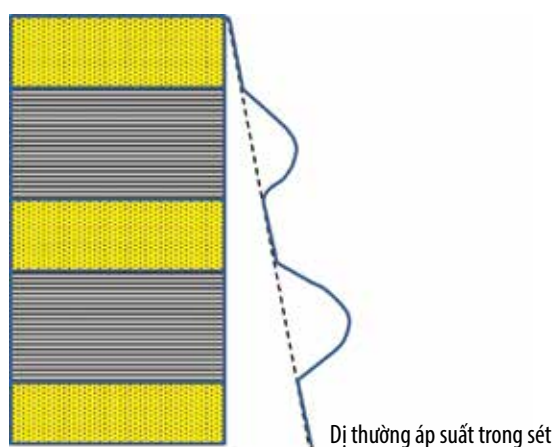
Các kết quả nghiên cứu cho thấy, dị thường áp suất thường xuất hiện ở các bể trầm tích rìa lục địa thụ động, nơi có quá trình sụt lún diễn ra nhanh và mạnh. Ở khu vực này, trầm tích hạt thô nhanh chóng bị bao bọc, phủ kín bởi các trầm tích hạt mịn. Các hạt mịn này sẽ bao bọc tạo thành màn chắn cản trở quá trình thoát nước trong khe rỗng trong khi vẫn chịu tải do quá trình trầm tích tiếp diễn, tạo nên vùng áp suất cao [5].

Quá trình biến đổi vật chất hữu cơ thành hydrocarbon: Ở các vỉa sét dày, khi đủ điều kiện nhiệt độ và áp suất, hàm lượng vật chất hữu cơ cao biến đổi thành hydrocarbon và dịch chuyển ra bên ngoài. Do sét có độ thấm kém, đôi chỗ chất lưu hình thành vẫn còn tồn tại giữa các lớp sét (Hình 3), trong khi đó quá trình sinh dầu khí vẫn đang tiếp tục sẽ tạo nên đối dị thường áp suất.

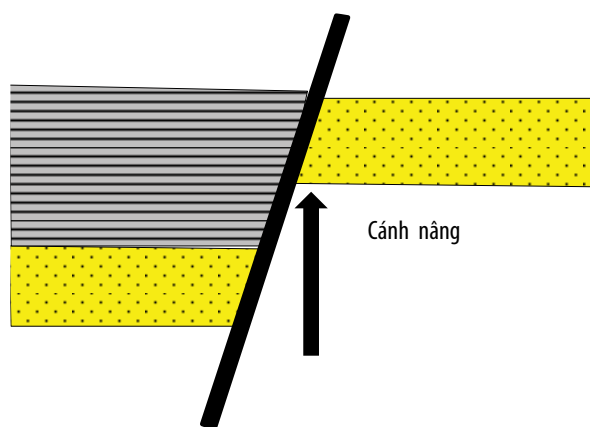
Đối với quá trình cracking khí: Do ảnh hưởng của nhiệt độ cao áp suất cao, hydrocarbon được sinh ra sẽ cracking thành các thành phần nhẹ hơn làm giãn nở thể tích tạo nên khu vực có áp suất cao.

Hoạt động kiến tạo (Hình 4): Sự dịch chuyển của đứt gãy có thể chia cắt hoặc tái phân bố áp suất ở những nơi đứt gãy cắt qua. Ở những khu vực này, dị thường áp suất sẽ hình thành ngay trong lớp sét nằm trên bề mặt đứt gãy (shale smear). Việc dịch chuyển của đứt gãy thuận có thể tạo nên sự tiếp xúc giữa vùng áp suất thấp với vùng áp suất cao dọc theo bề mặt đứt gãy.

Quá trình giãn nở thủy nhiệt (aquathermal pressuring): Dưới tác dụng của các dòng nhiệt, chất lưu trong các lỗ



Hình 3. Dị thường áp suất trong vỉa sét do ngậm nước và biến đổi vật chất hữu cơ [6].



Hình 4. Sự tiếp xúc giữa đới ngấm và không ngấm do dịch chuyển của đứt gãy có thể bảo tồn áp suất trong vỉa [6].



Hình 5. Bản đồ phân bố khu vực dị thường áp suất trong các bể trầm tích Đệ Tam trên thế giới [7].

rỗng bị đun nóng và giãn nở tạo nên vùng áp suất cao.

Quá trình thẩm lọc (osmosis) là quá trình dịch chuyển ion trong nước từ nơi có mật độ ion cao đến nơi có mật độ thấp hơn, tuy nhiên khi gặp đới không thấm các ion này không dịch chuyển được tạo thành vùng áp suất cao.

Quá trình biến đổi sét: Thông thường sét smectite có khả năng ngậm nước, còn sét illite thì không. Khi bị chôn vùi sâu, sét smectite sẽ biến đổi thành illite. Nước trên bề mặt của smectite được giải phóng và làm tăng thể tích khối đất đá tạo nên đới áp suất cao.

Trên thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng, dị thường áp suất thường phân bố tại các bể trầm tích Đệ Tam nơi có quá trình bồi đắp và sụt lún diễn ra nhanh, mạnh. Ở Việt Nam thường gặp trong các tập sét Miocene, Oligocene thuộc bể Cửu Long và bể Sông Hồng (Hình 5).

3. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu có độ tin cậy cao đang được sử dụng rộng rãi cho việc xác định dị thường áp suất là dựa vào các biểu hiện trên tài liệu địa vật lý giếng khoan như điện trở suất cao, mật độ thấp và khoảng thời gian truyền sóng cao khi gặp đới dị thường áp suất... Tuy nhiên, các thông tin này chỉ có được khi có giếng khoan. Do đó, đối với khu vực hoàn toàn mới và chưa có giếng khoan thì thông tin từ tài liệu địa chấn (Hình 6) cần được sử dụng để tính toán và dự báo đới dị thường áp suất nhằm hạn chế rủi ro trong thi công khoan và góp phần đảm bảo hiệu quả kinh tế trong công tác thăm dò và khai thác dầu khí [8 - 10].

Quá trình chôn vùi trầm tích làm độ rỗng giảm, sự tiếp xúc giữa các hạt tăng lên, nhất là với các hạt khoáng vật sét sắp xếp trùng với trường ứng suất tại chỗ làm cho vận tốc sóng đàn hồi tăng lên. Với giả thiết là nén ép đẳng hướng, độ rỗng và áp suất chỉ phụ thuộc vào thành phần thẳng đứng của ứng suất phân dị, bằng thực nghiệm Eaton [1] đã đưa ra công thức tính áp suất thành hệ như sau:

$$PP = OBV - (OBV - PP_{hyd}) \times a \times \left(\frac{Vp_{obs}}{Vp_{normal}} \right)^n \quad (1)$$

Trong đó:

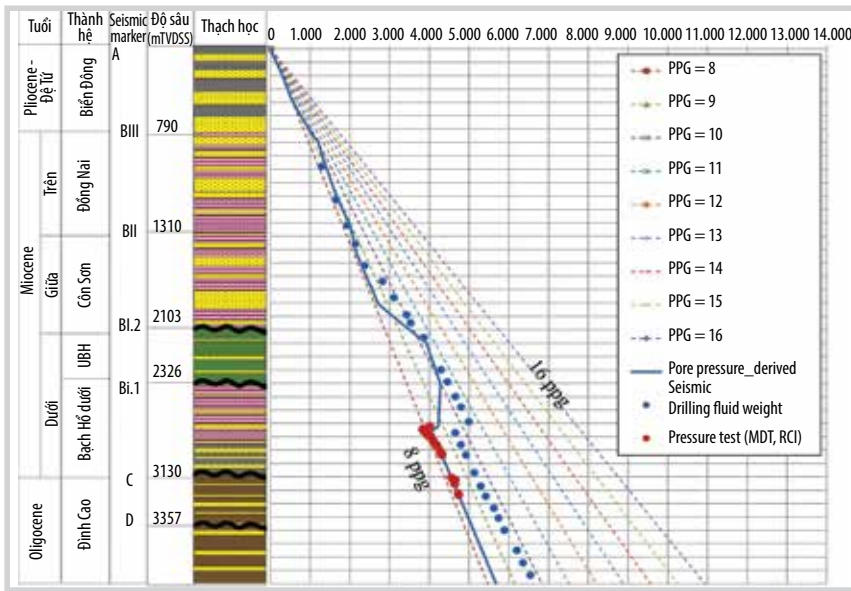
PP: Áp suất thành hệ (psi);

OBV: Áp suất lớp phủ trên (psi);

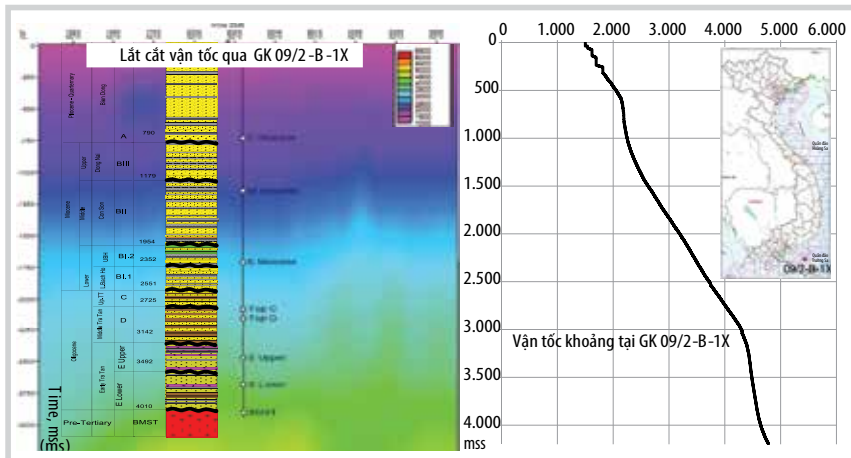
PP_{hyd} : Áp suất cột thủy tĩnh (psi);

Vp_{obs} : Vận tốc truyền sóng (m/s);

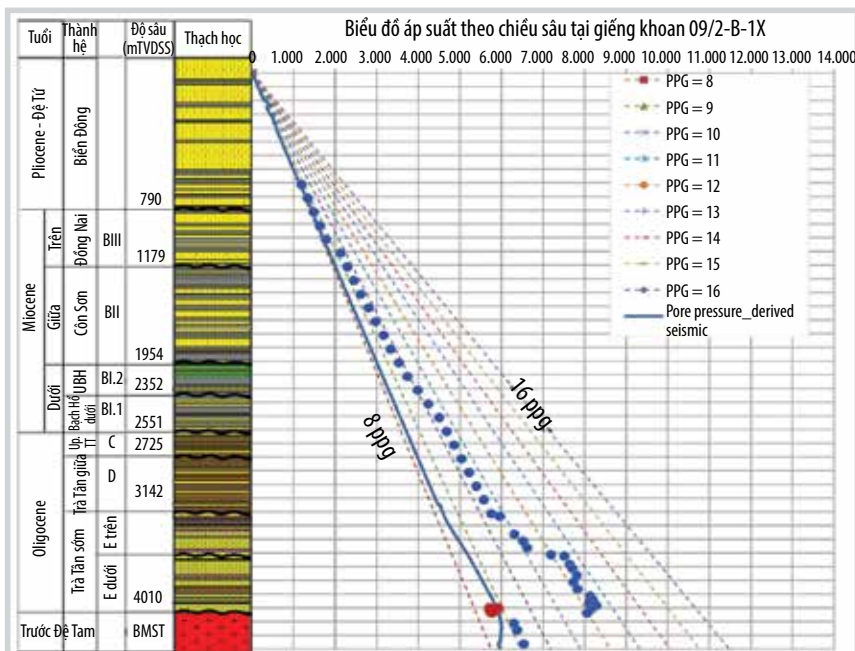
a, n: Hệ số kinh nghiệm;



Hình 9. Biểu đồ áp suất và cột thạch học tại giếng khoan Lô 16, bể Cửu Long.



Hình 10. Lát cắt vận tốc và vận tốc chiết xuất theo giếng khoan Lô 09/2, bể Cửu Long.



Hình 11. Biểu đồ áp suất và cột thạch học tại giếng khoan Lô 09/2, bể Cửu Long.

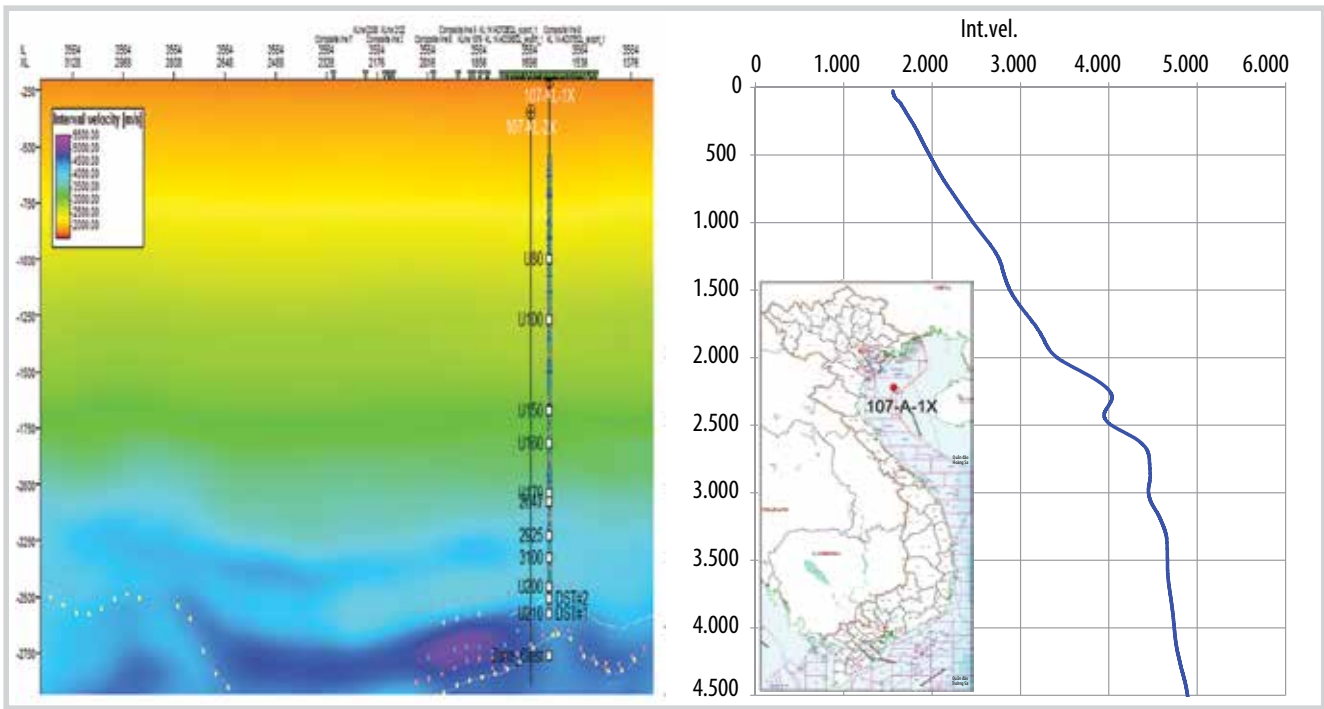
4. Áp dụng tài liệu địa chấn để tính áp suất thành hệ tại một số giếng khoan bể Cửu Long và bể Sông Hồng

4.1. Bể Cửu Long

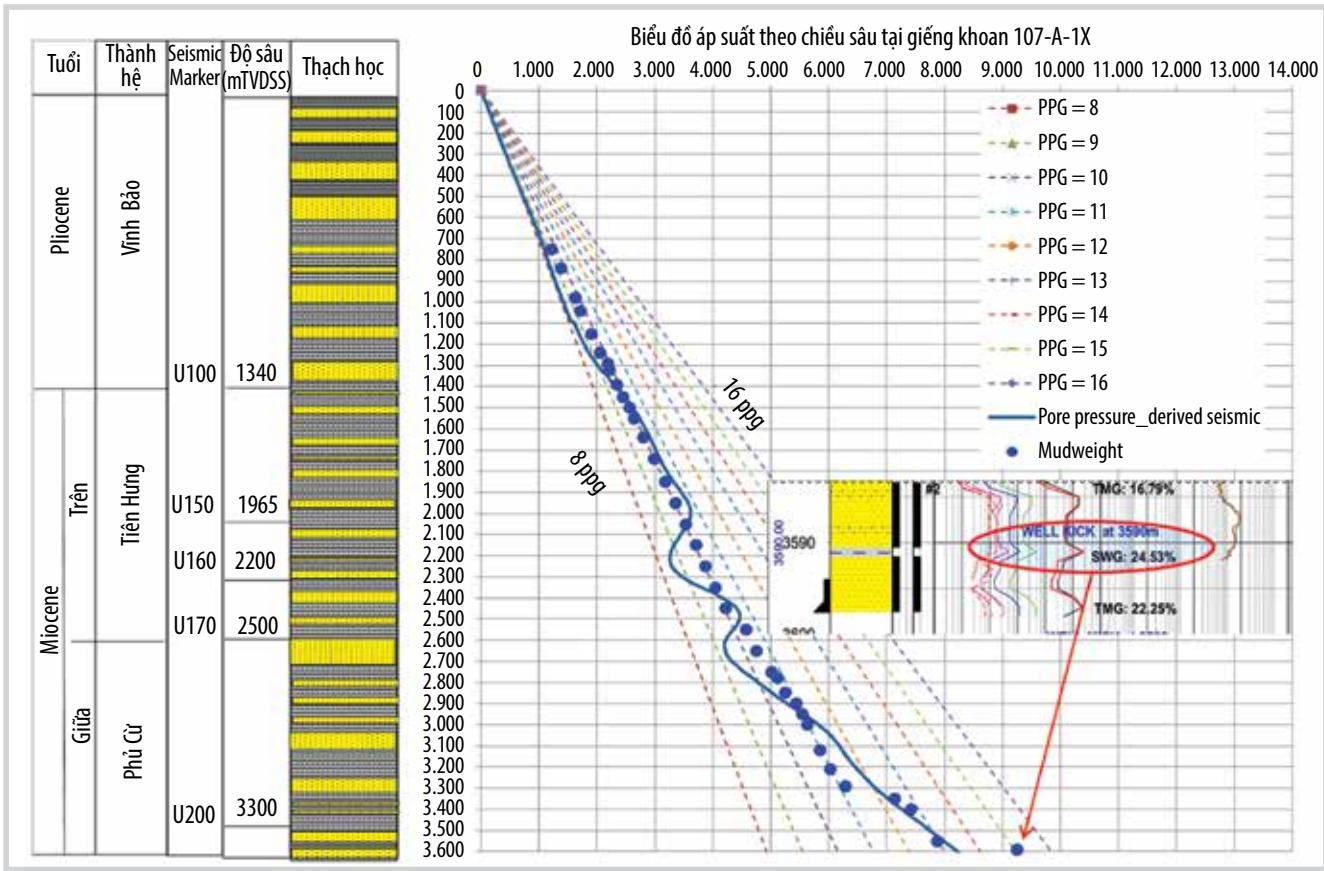
Tại lát cắt vận tốc qua giếng khoan Lô 16, bể Cửu Long xung quanh nóc tập sét Bạch Hồ (Hình 7, 8) ở khoảng độ sâu từ 2.000 - 3.000 mSS thuộc hệ tầng Bạch Hồ tuổi Miocene cho thấy sự thay đổi về màu sắc biểu thị vận tốc không liên tục, vận tốc chiết xuất dọc theo giếng khoan bị nghịch đảo, ngược với xu hướng vận tốc tăng theo chiều sâu. Khi xuống tới nóc tập C thuộc phụ hệ tầng Trà Tân trên (tuổi Oligocene muộn) thì xu hướng vận tốc sóng địa chấn trở lại bình thường, có thể hiểu là do thay đổi áp suất gây ra bởi cơ chế lắng đọng trầm tích trong hệ tầng tuổi Oligocene khác với trầm tích phía trên [13].

Dựa vào số liệu vận tốc khoảng có được tại giếng khoan và áp dụng công thức (1), kết quả tính toán cho thấy: áp suất tính theo vận tốc khoảng của địa chấn cho thấy dị thường áp suất xuất hiện tại cửa tập sét Miocene dưới ở khoảng độ sâu 2.000 - 2.900 mSS với giá trị dao động từ 8,6 - 10,5 ppg, áp suất trở về bình thường từ khoảng 2.900 mSS tới đáy giếng khoan. So sánh với kết quả lấy mẫu áp suất trong khi khoan (MDT, RCI) và tỷ trọng dung dịch sử dụng trong quá trình khoan (Hình 9), nhận thấy kết quả tính toán bằng tài liệu địa chấn khá tương đồng với tài liệu giếng khoan.

Tại lát cắt vận tốc qua giếng khoan Lô 09/2, bể Cửu Long (Hình 10): Màu sắc biểu thị sự liên tục từ vận tốc thấp đến vận tốc cao. Tại giếng khoan Lô 09/2, tồn tại 2 xu thế vận tốc ở tầng Miocene (khoảng độ sâu từ 1.000 - 2.700 mSS) và tầng Oligocene (khoảng độ sâu từ 2.700 - 4.000 mSS). Kết quả tính toán từ vận tốc địa chấn xác định toàn bộ lát cắt giếng khoan



Hình 12. Lát cắt vận tốc và vận tốc chiết xuất theo giếng khoan Lô 107, bể Sông Hồng.



Hình 13. Biểu đồ áp suất và cột thạch học tại giếng khoan Lô 107, bể Sông Hồng.

này không ghi nhận dị thường áp suất, áp suất tương đương với áp suất thủy tĩnh (Hình 10). Tuy nhiên, so sánh với kết quả thi công khoan, trong suốt quá trình khoan qua tập sét tuổi Miocene và Oligocene nhà điều hành sử

dụng tỷ trọng dung dịch từ 10,5 - 12,5 ppg cho thấy áp suất đo được từ tài liệu địa vật lý giếng khoan (MDT, RCI - màu đỏ, Hình 11) cho thấy tại các tập cát trong Oligocene có áp suất tương đương 8,6 - 8,7 ppg.

4.2. Bể Sông Hồng

Tại lát cắt vận tốc qua giếng khoan 107-A-1X: Từ độ sâu khoảng 2.200 mSS trở xuống biểu thị về màu sắc cho thấy sự không liên tục tại một số độ sâu (Hình 12). Vận tốc địa chấn trích xuất dọc giếng khoan có xu thế lệch về phía trái khi xuống sâu hơn [14]. Kết quả tính toán bằng vận tốc khoảng của tài liệu địa chấn xác định đối dị thường áp suất từ khoảng độ sâu 2.500 mSS trở xuống, với áp suất thay đổi từ 10 - 13,5 ppg (Hình 13), trong quá trình thi công nhà thầu đã sử dụng tỷ trọng dung dịch tương đối phù hợp với kết quả tính toán. Tuy nhiên, tại độ sâu khoảng 3.600 mSS thì tỷ trọng dung dịch tăng lên 153 ppg do xuất hiện hiện tượng phun không kiểm soát mức độ nhẹ (wellkick), khác so với kết quả tính toán, nhóm tác giả cho đây là hạn chế của phương pháp.

5. Kết luận

Bể Cửu Long và Sông Hồng là các bể trầm tích Đệ tam trải qua quá trình sụt lún, chôn vùi, biến đổi địa chất và hoạt động địa nhiệt phức tạp do đó rất dễ hình thành các đối dị thường áp suất. Công thức của Eaton miêu tả mối quan hệ giữa vận tốc sóng và áp suất được xây dựng trên việc nghiên cứu thực nghiệm ở khu vực vịnh Mexico. Kết quả áp dụng công thức này cho một số lô thuộc bể Cửu Long và bể Sông Hồng, cho thấy áp suất lỗ rỗng được tính toán dựa vào tài liệu vận tốc khoảng của địa chấn có sự tương quan với giá trị áp suất được đo bằng các phương pháp địa vật lý giếng khoan và tỷ trọng dung dịch sử dụng trong khi khoan. Mặc dù phương pháp đáng tin cậy nhất trong tính toán áp suất thành hệ là các phương pháp địa vật lý giếng khoan nhưng ở khu vực chưa có giếng khoan thì việc sử dụng vận tốc khoảng của địa chấn để tính toán giá trị áp suất lỗ rỗng, xác định và dự đoán đối dị thường là phương pháp tối ưu nhằm giảm thiểu rủi ro cho quá trình thi công khoan.

Nghiên cứu này chỉ xác định sự thay đổi của áp suất thành hệ theo chiều sâu tại 1 vị trí (1D), do vậy cần mở rộng nghiên cứu này để có thể tiến hành xác định phân bố của áp suất theo 3 chiều (3D). Phương pháp này còn có hạn chế như mức độ phân giải thẳng đứng của địa chấn, đặc biệt ở khu vực hoàn toàn mới thì mức độ tin cậy dự báo chính xác giá trị áp suất theo độ sâu sẽ thấp hơn dùng giếng khoan ở các vùng lân cận để hiệu chỉnh tốc độ với tài liệu địa chấn.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn Bộ Công Thương

(theo Hợp đồng số 006.2021.CNKK.QG/HĐKHCHN ngày 03/02/2021) và Viện Dầu khí Việt Nam (theo Quyết định số 5876/QĐ-VDKVN ngày 29/10/2021) đã hỗ trợ nguồn lực và tài trợ kinh phí thực hiện nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Ben A. Eaton, "The equation for geopressure prediction from well logs", *Fall Meeting of the Society of Petroleum Engineers of AIME, Dallas, Texas, 28 September - 1 October 1975*. DOI: 10.2118/5544-MS.
- [2] L.Bowers, "Pore pressure estimation from velocity data: Accounting for overpressure mechanisms besides undercompaction", *SPE Drilling & Completion*, Vol. 10, No. 2, pp. 89 - 95, 1995. DOI: 10.2118/27488-PA.
- [3] PVEP, "Block 09/2 Cuu Long basin, Ca Ngu Vang field geopressure study", Technical report, 2008.
- [4] W.H. Fertl, R.F. Chapman, and R.F. Hotz, *Studies in abnormal pressure*. Elsevier, 1994.
- [5] M.King Hubbert and William W. Rubey, "Role of fluid pressure in mechanics of overthrust faulting", *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 70, No. 2, pp. 115 - 166, 1959. DOI: 10.1130/0016-7606(1959)70[115:ROFPIM]2.0.CO;2.
- [6] Tuy Le Giang, "A study on geopressure for a site in the eastern part of Block 15-2/01 Cuu Long basin, Vietnam", Master Thesis, Asian Institute of Technology, Thailand, 2012.
- [7] Alan R. Huffman, "The future of pressure prediction using geophysical methods", *Pressure regimes in sedimentary basins and their prediction*. AAPG Memoir, 2002.
- [8] C.M. Sayers, G.M. Johnson, and G. Denyer, "Predrill pore pressure prediction using seismic data", *Geophysics*, Vol. 67, No. 4, pp. 1286 - 1292, 2002. DOI: 10.1190/1.1500391.
- [9] Patrizia Cibin, Luigi Pizzaferrri, and Mauro Della Martera, "Seismic velocities for pore prediction. Some cases histories", *Proceedings of the 7th International Conference and Exposition on Petroleum Geophysics*, 14 - 16 January 2008.
- [10] Satinder Chopra and Alan Huffman, "Velocity determination for pore pressure prediction", CSEG Recorder, 2006.
- [11] G.H.F. Gardner, L.W. Gardner, and A.R. Gregory, "Formation velocity and density - The diagnostic basics

for stratigraphic traps", *Geophysics*, Vol. 39, No. 6, pp. 770 - 780, 1974. DOI: 10.1190/1.1440465.

[12] Dave Hawker, *Abnormal formation pressure analysis*. Datalog, 2001.

[13] Lê Vũ Quân, Nguyễn Minh Quý, Nguyễn Văn Đô, và Nguyễn Văn Khương, "Các phức tạp địa chất ảnh hưởng

đến công tác khoan ở bể Nam Côn Sơn", *Tạp chí Dầu khí*, Số 5, trang 31 - 36, 2012.

[14] Nguyễn Dương Trung, Trần Như Huy và Nguyễn Quốc Quân, "Dự báo chất lượng đá chứa tầng Miocene trung của một số cấu tạo phía Bắc Bể sông Hồng", *Tạp chí Dầu khí*, Số 4, trang 12 -16, 2013.

PRE-DRILL PORE PRESSURE PREDICTION USING SEISMIC INTERVAL VELOCITY AND WIRELINE LOG: CASE STUDIES FOR SOME WELLS IN CUU LONG AND SONG HONG BASINS

Nguyen Van Hoang¹, Pham Quy Ngoc², Nguyen Minh Quy², Doan Huy Hien²

¹Petrovietnam Exploration Production Corporation (PVEP)

²Vietnam Petroleum Institute

Email: ngocpq@vpi.pvn.vn

Summary

Pore pressure can be obtained from seismic interval velocity by the velocity to pore pressure transform technique. In this paper, the authors present the Eaton experimental method to calculate pore pressure for some wellbores in the Cuu Long and Song Hong basins, where complex processes of subsidence, burial, geological transformation, and geothermal activity took place, causing abnormal pressure zones.

The obtained results show that the pore pressures calculated from the seismic interval velocity data are closely correlated with the values measured by well logging methods and the density of the drilling fluids. Therefore, using seismic interval velocities to calculate pore pressure values, identify and predict abnormal zones by the Eaton method can be effectively applied in frontier areas to improve safety, reduce risks while drilling.

Key words: Abnormal pressure, Eaton method, Cuu Long basin, Song Hong basin.