

CÁC DẤU HIỆU TRỰC TIẾP DỰ BÁO SỰ TỒN TẠI CỦA KHÍ HYDRATE TỪ TÀI LIỆU ĐỊA CHẤN TRÊN KHU VỰC NƯỚC SÂU THỀM LỤC ĐỊA VIỆT NAM

Nguyễn Thu Huyền¹, Trịnh Xuân Cường², Nguyễn Thanh Tùng¹, Nguyễn Trung Hiếu¹, Tống Duy Cường¹

Nguyễn Hoàng Sơn¹, Vũ Quang Huy¹, Nguyễn Mạnh Hùng³, Trần Ngọc Minh¹

¹Viện Dầu khí Việt Nam

²Tập đoàn Dầu khí Việt Nam

³Công ty Dầu khí Sông Hồng

Email: huyennt@vpi.pvn.vn

Tóm tắt

Địa chấn là phương pháp được sử dụng rộng rãi nhất trên thế giới để dự báo sự tồn tại và đánh giá định lượng khí hydrate (gas hydrate) trong trầm tích biển. Có thể dự báo sự tồn tại của khí hydrate từ tài liệu địa chấn khi xác định được mặt phản xạ mô phỏng đáy biển (BSR - bottom simulating reflector) và đới bình ổn (GHSZ - gas hydrate stability zone). Tuy nhiên, một số khu vực không tồn tại mặt phản xạ mô phỏng đáy biển nhưng đã phát hiện thấy khí hydrate. Trong trường hợp này, để dự báo sự tồn tại của khí hydrate từ tài liệu địa chấn, sẽ dựa vào các dấu hiệu dị thường biên độ.

Bài báo giới thiệu các dấu hiệu trực tiếp liên quan đến sự tồn tại của khí hydrate trên tài liệu địa chấn như BSR, GHSZ, các dấu hiệu dị thường biên độ ở một số phát hiện khí hydrate trên thế giới và dự báo sự tồn tại của chúng trên tài liệu địa chấn ở khu vực nước sâu thềm lục địa Việt Nam. Từ kết quả phân tích tài liệu địa chấn cho phép nhận định trên khu vực nước sâu thuộc thềm lục địa Việt Nam, xuất hiện nhiều dấu hiệu trực tiếp có liên quan tới sự tồn tại của khí hydrate.

Từ khóa: Khí hydrate, mặt phản xạ mô phỏng đáy biển (BSR), đới bình ổn (GHSZ), dị thường biên độ.

1. Giới thiệu

Phương pháp địa chấn là phương pháp sử dụng rộng rãi nhất để dự báo, phát hiện gián tiếp và đánh giá định lượng khí hydrate trong trầm tích biển. Sự hiện diện của hydrate đã được dự báo trên cơ sở mặt phản xạ mô phỏng đáy biển (BSR), đánh dấu ranh giới giữa khí hydrate và vùng khí tự do [1]. Mặt BSR là mặt chạy song song và đảo cực với mặt phản xạ đáy biển. Trong đá trầm tích, khí hydrate thường phát triển bên trong khoảng không gian lỗ rỗng của đất đá. Thực nghiệm chỉ ra rằng khí hydrate tinh khiết có vận tốc là 3,65 - 3,75km/s [2]. Vì khí hydrate có vận tốc cao hơn vận tốc của chất lỏng chiếm chỗ trong khoảng không gian lỗ rỗng của đất đá, đá trầm tích chứa khí hydrate bão hòa có vận tốc tương đối cao so với trầm tích chứa nước. Bên dưới mặt BSR thường quan sát thấy một lớp vận tốc thấp khoảng 1,2 - 1,5km/s được sinh ra bởi khí chiếm chỗ thay thế nước trong không gian lỗ rỗng. Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu

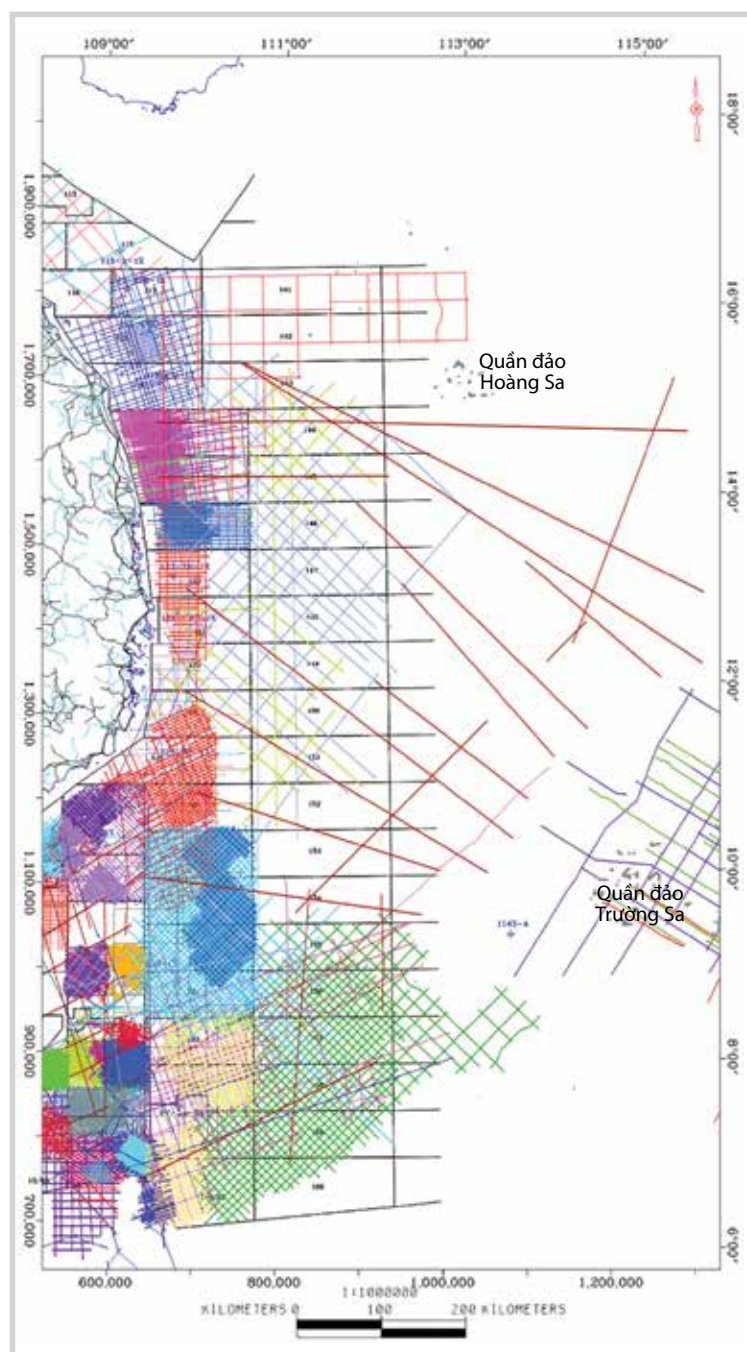
đã chỉ ra đó là sự hiện diện của một mặt BSR không liên quan với hàm lượng khí hydrate cao bên trên [3]. Mặt khác, một số khu vực không tồn tại mặt BSR nhưng đã phát hiện thấy khí hydrate - như vịnh Mexico [4, 5]. Trong trường hợp này để dự báo sự tồn tại của khí hydrate từ tài liệu địa chấn, sẽ dựa vào các dấu hiệu dị thường biên độ điểm sáng (bright spot), khoảng trắng (blank zone) và cột khí (gas chimney) [4 - 6].

Phân tích tài liệu địa chấn với áp dụng tích hợp các phương pháp nghiên cứu kể trên đã cho phép dự báo sự tồn tại của khí hydrate ở khu vực nước sâu thuộc thềm lục địa Việt Nam.

Tài liệu sử dụng để dự báo sự tồn tại của khí hydrate qua các dấu hiệu trực tiếp chủ yếu dựa vào nguồn tài liệu quý giá trong tìm kiếm thăm dò dầu khí, đó là tài liệu địa chấn. Dự báo sự tồn tại khí hydrate từ tài liệu địa chấn trên khu vực nước sâu thềm lục địa Việt Nam (trình bày ở mục 3) là kết quả tổng hợp từ công tác minh giải, phân tích trên 50.000km tuyến địa chấn 2D trên khu vực nước sâu thềm lục địa Việt Nam [7, 8] (Hình 1, 7, 8).

Ngày nhận bài: 9/12/2019. Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 9 - 13/12/2019.

Ngày bài báo được duyệt đăng: 15/1/2020.

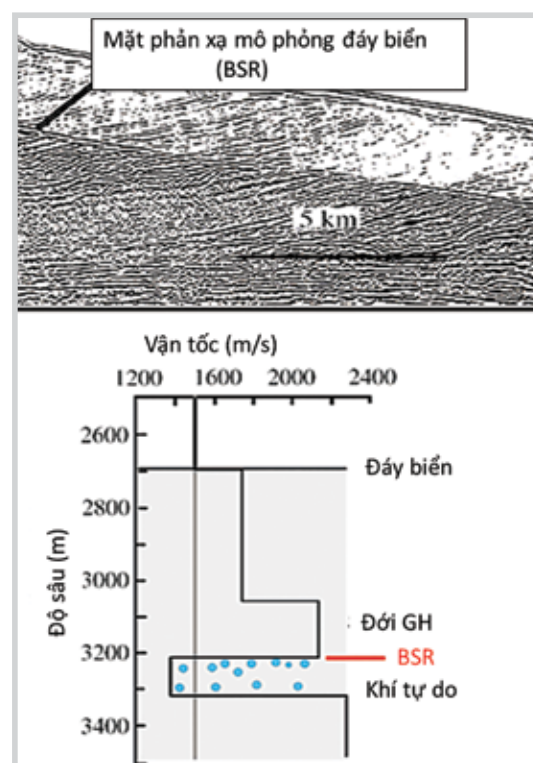


Hình 1. Sơ đồ vị trí tài liệu địa chấn sử dụng trong dự báo dấu hiệu trực tiếp liên quan tới khí hydrate [7]

2. Cơ sở lý thuyết phương pháp dự báo khí hydrate từ tài liệu địa chấn

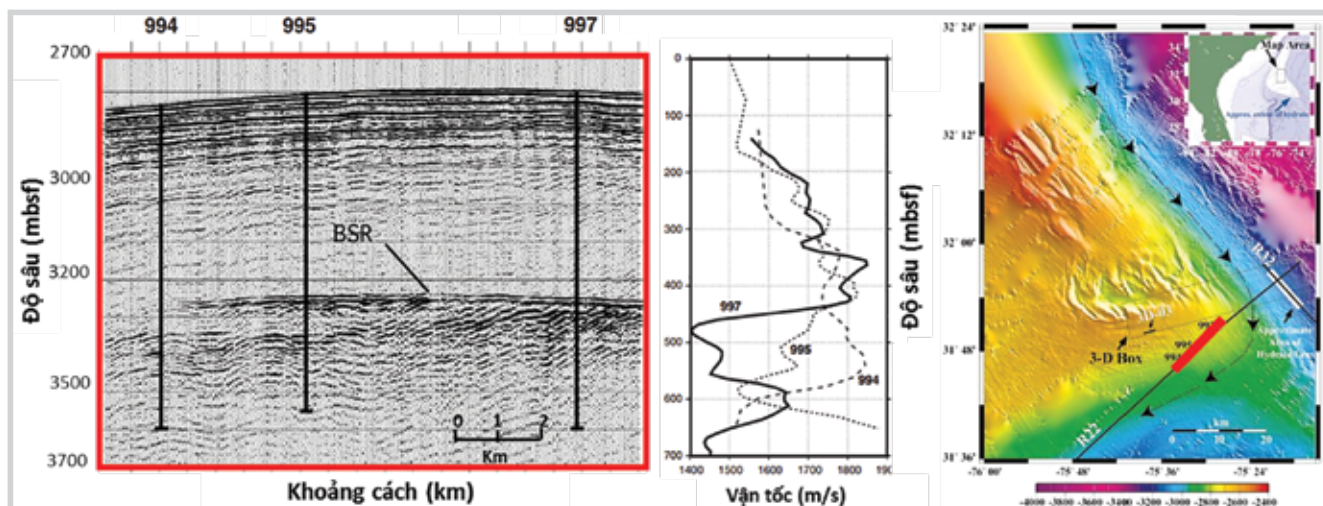
2.1. BSR

BSR là dấu hiệu trực tiếp được sử dụng để tìm kiếm khí hydrate trong trầm tích biển. BSR tồn tại ở đáy của đới bình ổn (GHSZ), nơi điều kiện áp suất và nhiệt độ ở ranh giới giữa pha hydrate và khí tự do. Sự ổn định này nhạy cảm với nhiệt độ nhiều hơn là với áp suất, do đó nơi xuất hiện BSR hầu như là đới đẳng nhiệt. Trong trầm tích không bị phá hủy, đới đẳng nhiệt song song với mặt đáy biển [1, 2,



Hình 2. Mặt BSR có hình dáng lặp lại mặt đáy biển (hình trên); mô hình vận tốc (hình dưới) thể hiện sự phân dị vận tốc của BSR [2]

5], đó là lý do mặt BSR có hình dáng lặp lại mặt đáy biển (Hình 2). Đặc tính của BSR phụ thuộc vào tần số. Độ phân giải thấp hơn của bề mặt địa chấn làm mờ các dạng phản xạ khác, tạo ra một dải phản xạ liên tục phẳng [6, 9]. Sự đảo cực của mặt BSR là do vận tốc sóng dọc V_p giảm khi truyền qua ranh giới đới ổn định. Về nguyên tắc, độ tương phản này có thể được gây ra bởi V_p cao trong đới trầm tích chứa hydrate bên trên của đới ổn định [9] và/hoặc vận tốc thấp trong lớp trầm tích chứa khí bên dưới nó [4] (Hình 2). Kết quả từ các nghiên cứu khác nhau cho thấy với một số trường hợp ngoại lệ, có xuất hiện một số mặt phản xạ mạnh BSR chủ yếu gây ra do V_p giảm mạnh (Hình 3) vì khí tự do, với sự đóng góp tương đối nhỏ từ "nêm hydrate" nằm phía trên [4]. Tại một số nơi, phản xạ BSR yếu hơn có thể được gây ra do khí hydrate không có đới khí tự do bên dưới [10]. Bằng chứng quan trọng chứng minh sự đảo cực của mặt BSR là nghịch đảo sóng (Waveform inversion): tối ưu hóa mô hình vận tốc bề mặt bằng cách so sánh với băng địa chấn tổng hợp để có thể làm sáng tỏ các đặc tính của đới vận tốc xung quanh mặt BSR [1 - 4, 6], bởi vì những đới này thường rất mỏng (nhỏ hơn một bước sóng địa chấn). Do đó, dạng sóng của BSR



Hình 3. Mặt phản xạ BSR (hình trái); vận tốc truyền sóng V_p giảm mạnh (hình phải) [2]

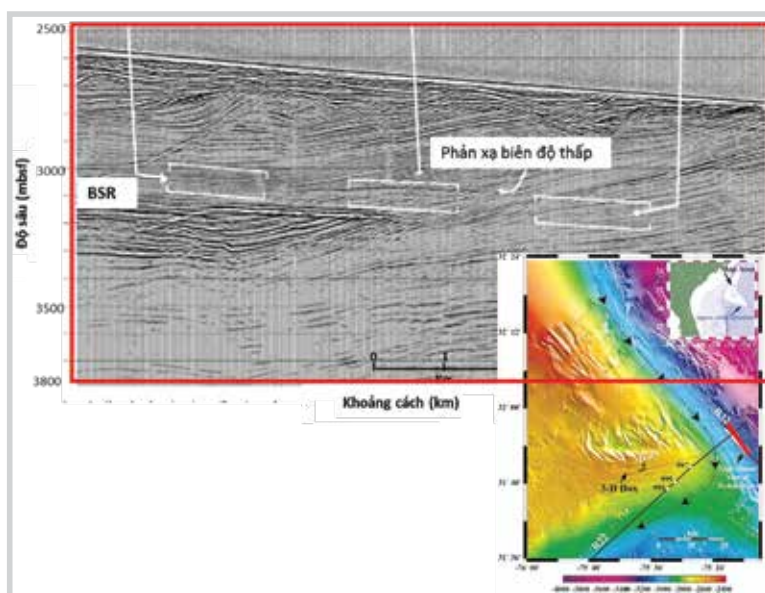
khi các phản xạ mạnh bên dưới mặt BSR chỉ đơn giản là điểm sáng liên quan tới một khu vực khí tự do dày. Hiện tượng của vùng Blake Ridge có thể là do lượng khí hydrate lớn trong những lớp có độ rỗng cao, lượng hydrate cao gây ra sự triệt tiêu phản xạ trong khu vực này.

Ngoài khoảng trắng, các dấu hiệu như (gas chimney) (Hình 5), điểm sáng (bright spot), điểm mờ (dim out), là các dấu hiệu trực tiếp (DHI) tìm kiếm dầu khí và cũng là dấu hiệu tìm kiếm khí hydrate.

Sự thay đổi vận tốc truyền sóng trong trầm tích chứa khí, chứa khí hydrate và chứa nước tạo ra các hiệu ứng điểm sáng, điểm mờ. Do đó các dấu hiệu này cũng được ứng dụng để dự báo sự tồn tại của khí hydrate [1, 3, 5, 9 - 11, 14, 15].

Điểm sáng: Có thể xác định được nơi trầm tích chứa khí dựa vào đặc trưng phản xạ địa chấn pha dương do vận tốc truyền sóng thấp, trong khi tại những khu vực trầm tích chứa khí hydrate thì dựa vào đặc trưng phản xạ địa chấn pha âm do vận tốc truyền sóng cao. Dạng phản xạ địa chấn này được gọi là điểm sáng. Nơi nào có xuất hiện khí hoặc khí hydrate thì có thể sẽ xuất hiện hàng loạt các dị thường này.

Cột khí là dị thường phát triển rộng rãi và đa dạng gồm kiểu dạng vòm, dạng thước thường gặp tại các đới nâng rìa, đới nâng trung tâm và thường tạo thành các hố lõm phân bố dọc theo các đứt gãy, thường đứt gãy

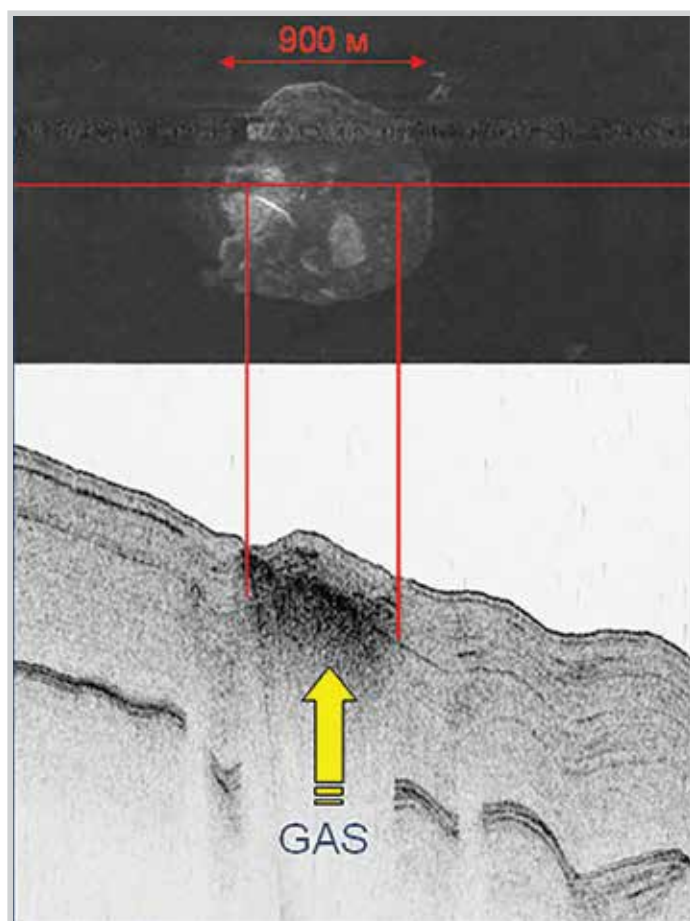


Hình 4. Mặt cắt địa chấn trong vùng Blake Ridge: Tương phản nổi bật của phản xạ bên trên và dưới mặt BSR - khoảng trắng [6]

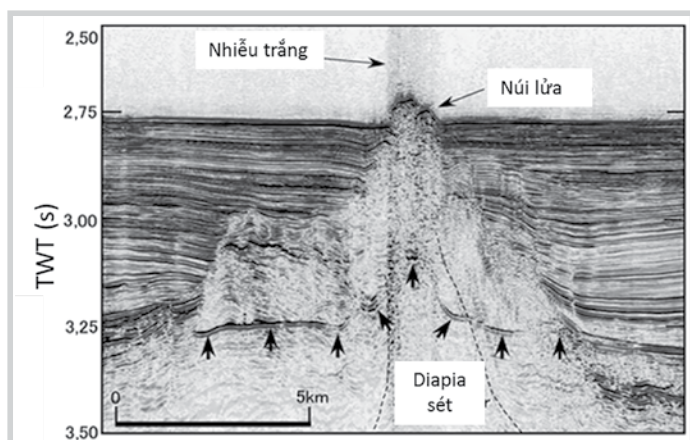
là một chuỗi phức tạp các tín hiệu phản xạ từ nóc tới đáy lớp, thực chất là mô hình AVO đơn giản.

2.2. Dị thường biên độ: khoảng trắng, điểm sáng, cột khí

Khoảng trắng có thể được sử dụng để dự báo vị trí nơi khí hydrate thành tạo. Khái niệm khoảng trắng (blank zone) được hình thành và phát triển để giải thích hiện tượng tương phản nổi bật của phản xạ bên trên và dưới mặt BSR ở vùng Blake Ridge (thuộc vùng biển phía Đông Nam nước Mỹ) [4, 6]: Biên độ phản xạ bên trên mặt BSR nói chung là thấp hơn nhiều so với phản xạ bên dưới (Hình 4). Theo giả thuyết về khoảng trắng, độ tương phản này được gây ra bởi sự giảm trở kháng bên trên mặt BSR và phản xạ "bình thường" dưới mặt BSR [11]. Tuy nhiên, khi khoan và đo VSP tại chặng 164 (Blake Ridge) [6] cho thấy tình trạng ngược lại: phản xạ thấp bên trên mặt BSR "bình thường" là do trầm tích đồng nhất một cách bất thường [12] trong



Hình 5. Dị thường biên độ (cột khí) có liên quan tới khí hydrate tại vùng biển Otkhosk [13]



Hình 6. Khí hydrate tại khu vực Kumanonada có nguồn gốc liên quan tới diapir sét và hoạt động núi lửa [16]

sâu hoặc đồng tạo rift. Khi điều kiện bền vững (nhiệt độ - áp suất) của GHSZ bị phá vỡ (do mực nước biển hạ thấp trong Đệ Tứ, đáy biển nâng lên do hoạt động tân kiến tạo, magma) tạo cơ hội đẩy khí thoát lên phía trên gây xáo trộn các lớp trầm tích gắn kết yếu và thay đổi địa hình đáy biển [12, 16]. Khí thoát ra từ đáy biển làm lõm địa hình tạo nên dạng địa mạo như trên, có khi tạo nên dạng địa hình nhô lên (Hình 5). Vùng phát triển diapir sét, san hô và núi lửa hoạt động cũng gây ra các dị thường biên độ có liên quan tới khí hydrate (Hình 6). Ở nhiều

nơi trên thế giới, khí hydrate tồn tại trong trầm tích nơi có diapir sét, núi lửa hoạt động [5, 12, 16].

2.3. Phản xạ đáy biển

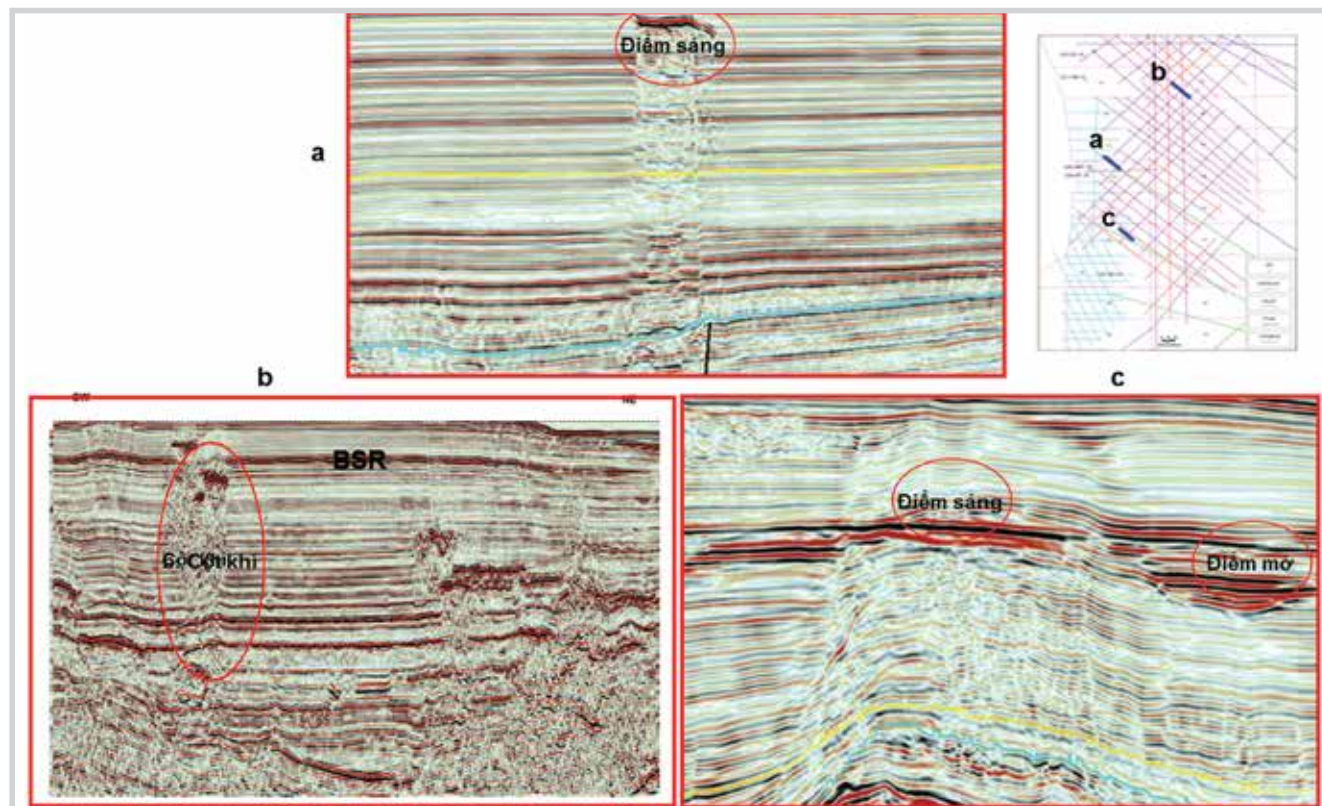
Phản xạ của đáy biển có thể là một dấu hiệu tốt để dự báo sự có mặt của khí hydrate [5, 13, 14, 17]. Các điểm lộ khí hydrate đáy biển bao gồm gần 100% khí hydrate và thường được bao quanh bởi các trầm tích với vận tốc V_p cao hơn vận tốc nước biển, vì thế có hiện tượng hệ số phản xạ đáy biển tăng.

3. Dự báo sự tồn tại khí hydrate từ tài liệu địa chấn trên khu vực nước sâu thềm lục địa Việt Nam

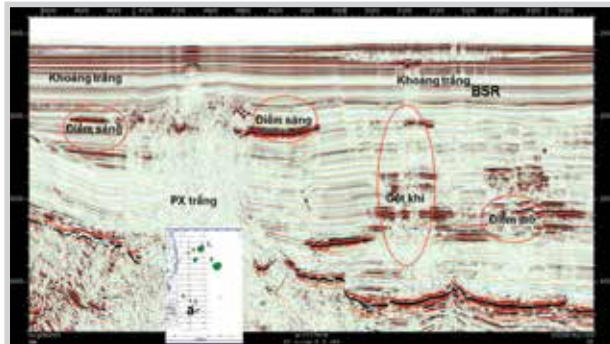
Nhiều nghiên cứu trên thế giới chỉ ra rằng, những nơi có điều kiện lý tưởng cho sự thành tạo khí hydrate là vùng trầm tích đáy biển sâu, nơi có nhiệt độ thấp và áp suất thủy tĩnh cao và gần các tích tụ khí thiên nhiên [2, 5, 17].

Theo kết quả phân tích do Viện Dầu khí Việt Nam thực hiện và đã công bố trên Tạp chí Dầu khí [7, 8], dựa trên các dấu hiệu DHI từ tài liệu địa chấn, dự báo có khả năng tồn tại khí hydrate ở khu vực nước sâu thuộc thềm lục địa Việt (Hình 7 và 8).

Khí hydrate có thể được phát hiện từ tài liệu địa chấn khi xác định được mặt phản xạ mô phỏng đáy biển và đới bình ổn. Trên một số lát cắt địa chấn thuộc khu vực nước sâu thềm lục địa Việt Nam, xuất hiện một ranh giới phản xạ mạnh, chạy song song và đảo cực với mặt phản xạ đáy biển với biên độ phản xạ cao, độ liên tục lớn. Với các đặc tính này có thể dự đoán, đây chính là mặt phản xạ mô phỏng đáy biển BSR. Ở khu vực nước biển có chiều sâu lớn trên 500m thuộc khu vực phía Đông bể Phú Khánh, mặt BSR xuất hiện khá liên tục và có thể liên kết được (Hình 7b). Các hiệu ứng điểm sáng, điểm mờ có thể do sự thay đổi vận tốc truyền sóng trong các môi trường khác nhau là các dấu hiệu dự báo tồn tại hàm lượng khí hydrate cao gây các phản xạ mạnh hoặc phản xạ trắng mà quan sát thấy trên Hình 7b, 7c và 8. Mặt khác, hiện tượng dị thường biên độ có thể liên quan tới khí hydrate này nằm ở vị trí rất gần với khu vực có mỏ khí tự nhiên, như vậy kết quả dự báo này dường như rất trùng hợp với các nghiên cứu về khí hydrate mà thế giới đã công bố [2, 5, 6, 15, 18]. Đây là dấu hiệu dị thường biên độ được cho là liên quan tới sự tồn tại của khí hydrate ở khu vực nước sâu của bể Sông Hồng, Phú Khánh, Nam Côn Sơn và Tư Chính - Vũng Mây.



Hình 7. Trích đoạn mặt cắt địa chấn dự báo có khả năng tồn tại khí hydrate trên khu vực nước sâu bể Sông Hồng và Phú Khánh [7]



Hình 8. Trích đoạn mặt cắt địa chấn dự báo có khả năng tồn tại khí hydrate trên khu vực nước sâu bể Tư Chính - Vũng Mây [8]

4. Kết luận

Phương pháp địa chấn là phương pháp sử dụng rộng rãi nhất để dự báo gián tiếp và định lượng khí hydrate trong trầm tích biển. Khí hydrate có thể được khoan vùng phát hiện từ tài liệu địa chấn khi xác định được mặt phản xạ mô phỏng đáy BSR hoặc từ các dị thường biên độ (khoảng trống, điểm sáng, điểm mờ, cột khí).

Theo kết quả phân tích tài liệu địa chấn trên khu vực nước sâu thềm lục địa Việt Nam, đã phát hiện, liên kết được mặt phản xạ mô phỏng đáy biển - BSR và xác định các dị thường biên độ địa chấn có khả năng liên quan tới khí hydrate phân bố ở khu vực Nam bể Phú Khánh, Đông Nam bể Nam Côn Sơn và Tư Chính - Vũng Mây.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn chân thành tới Lãnh đạo Tập đoàn Dầu khí Việt Nam và Viện Dầu khí Việt Nam đã tạo điều kiện và cho phép sử dụng tài liệu. Xin trân trọng cảm ơn Bộ Khoa học và Công nghệ cùng Ban chủ nhiệm đề tài "Nghiên cứu cấu trúc địa chất và các điều kiện hình thành khí hydrate ở vùng nước sâu thềm lục địa miền Trung và Đông Nam bộ Việt Nam" đã hỗ trợ nghiên cứu và viết bài.

Tài liệu tham khảo

1. Thomas H.Shipley, Mark H.Houston, Richard T.Bufler, F.Jeanne Shaub, Kenneth J.Mcmillen, John W.Ladd, J.Lamar Worzel. *Seismic evidence for widespread possible gas hydrate horizons on continental slopes and rises*. American Association Petroleum Geologists Bulletin. 1979; 63(12): p. 2204 - 2213.
2. M.B.Helgerud, J.Dvorkin, A.Nur, A.Sakai, T.Collett. *Elastic-wave velocity in marine sediments with gas hydrates: Effective medium modeling*. Geophysical Research. 1999; 26(13): p. 2021 - 2024.
3. Anne M.Trehu, Guibiao Lin, Edward Maxwell, Chris Goldfinger. *A seismic reflection profile across the cascadia subduction zone offshore central Oregon: New constraints on methane distribution and crustal structure*. Journal of Geophysical Research Solid Earth. 1995; 100: p. 15101 - 15116.

4. J.Korenaga, W.S.Holbrook, S.C.Singh, T.A.Minshull. *Natural gas hydrates on the southeast U.S. margin: Constraints from full waveform and travel time inversions of wide-angle seismic data*. Journal Geophysical Research. 1997; 102: p. 15345 - 15365.
5. Michael D.Max. *Natural gas hydrate in oceanic and permafrost environments*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. 2003.
6. W.T.Wood, C.Ruppel. *Seismic and thermal investigations of the Blake Ridge gas hydrate area*. Proceedings of the Ocean Drilling Program Scientific Results. 2000; 164: p. 253 - 264.
7. Nguyễn Thu Huyền, Nguyễn Trung Hiếu, Tống Duy Cường, Nguyễn Mạnh Hùng, Nguyễn Danh Lam, Trịnh Xuân Cường. *Sử dụng phương pháp phân tích AVO trong tìm kiếm thăm dò khí hydrate và khả năng áp dụng tại Việt Nam*. Tạp chí Dầu khí. 2015; 4: trang 14 - 20.
8. Trịnh Xuân Cường, Nguyễn Mạnh Hùng, Nguyễn Hoàng Sơn, Tạ Quang Minh. *Dấu hiệu và dự báo vùng có triển vọng khí hydrate ở Biển Đông Việt Nam*. Tạp chí Dầu khí. 2016; 7: trang 23 - 32.
9. R.D.Hyndman, G.D.Spence. *A seismic study of methane hydrate marine bottom-simulating reflectors*. Journal Geophysical Research. 1992; 97: p. 6683 - 6698.
10. Timothy A.Minshull, Satish C.Singh, G.K.Westbrook. *Seismic velocity structure at a gas hydrate reflector, offshore western Colombia, from full waveform inversion*. Journal of Geophysical Research Atmospheres. 1994; 99: p. 4715 - 4734.
11. Myung Woong Lee, D.R.Hutchinson, Warren F.Agena, W.P.Dillon, John J.Miller, B.A.Swift. *Seismic character of gas hydrates on the southeastern U.S. continental margin*. Marine Geophysical Research. 1994; 16(3): p. 163 - 184.
12. Charles K.Paull, William J.Beulow, William Ussler III, Walter S. Borowski. *Increased continental-margin slumping frequency during sea-level lowstands above gas hydrate-bearing sediments*. Geology. 1996; 24(2): p. 143 - 146.
13. G.D.Ginsburg, V.A.Soloviev. *Submarine gas hydrate*. 1998.
14. E.Dendy Sloan, Jr.Marcel Dekker. *Clathrate hydrate of natural gases*. Second edition. 1998.
15. W.F.Waite, et all. *First measurements of P- and S-wave speed on pure methane gas hydrate*. EOS. 1998; 79.
16. Takashi Uchida. *Methane hydrate: A future energy resource? Special lecture in The Technology Research Center, Japan Oil, Gas and Metals National Corporation*. 2006.
17. I.S.Gramberg. *Complex marine geology-geophysical exploration of gas hydrate accumulations offshore Vietnam*. 2011.
18. Charles K.Paull, Ryo Matsumoto. *Proceedings of the ocean drilling program scientific results*. Leg 164 Overview. 2000; 164.

DIRECT INDICATORS FOR PREDICTING GAS HYDRATE OCCURRENCE BY SEISMIC DATA IN DEEPWATER AREAS OF VIETNAM'S CONTINENTAL SHELF

Nguyen Thu Huyen¹, Trinh Xuan Cuong², Nguyen Thanh Tung¹, Nguyen Trung Hieu¹, Tong Duy Cuong¹

Nguyen Hoang Son¹, Vu Quang Huy¹, Nguyen Manh Hung³, Tran Ngoc Minh¹

¹Vietnam Petroleum Institute

²Vietnam Oil and Gas Group

³PVEP Song Hong

Email: huyennt@vpi.pvn.vn

Summary

Seismic methods are the most widely used approach for detection and quantification of gas hydrate in marine sediments. It appears that bottom simulating reflector (BSR) distribution and gas hydrate stability zone (GHSZ) may be the best indicators for gas hydrate occurrence. However, BSRs are absent in many locations where gas hydrates are known to occur. In this case, the amplitude anomalies may be a good proxy of gas hydrate.

This paper presents several examples of gas hydrate discoveries in the world as well as gas hydrate prediction from seismic data in deepwater areas of Vietnam. From the results of Vietnamese seismic data analysis, it can be considered that there are many indicators related to the existence of gas hydrates in the deepwater areas of the continental shelf of Vietnam.

Key words: Gas hydrate (GH), Bottom Simulating Reflector (BSR), Gas Hydrate Stability Zone (GHSZ), amplitude anomaly.