

HỆ PHƯƠNG PHÁP ĐỊA CHẤT PHỤC VỤ NGHIÊN CỨU, ĐIỀU TRA VÀ ĐÁNH GIÁ TIỀM NĂNG BĂNG CHÁY (GAS HYDRATE)

MAI TRỌNG TÚ, NGUYỄN LINH NGỌC, NGUYỄN MINH TRUNG

Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Km 9, Thanh Xuân, Hà Nội

Tóm tắt: Gần đây, với kinh nghiệm của nhiều năm nghiên cứu, TSKH Obzhirov A.I. và các cộng sự của Viện Thái Bình Dương (LB Nga) đã xác lập “Hệ phương pháp tìm kiếm, thăm dò, đánh giá trữ lượng băng cháy trên các đới thềm đại dương thế giới”, trong đó hệ phương pháp địa chất chủ yếu là nghiên cứu cấu trúc, nghiên cứu trầm tích, nghiên cứu địa hóa khí (trầm tích mặt ở đáy biển, nước tầng đáy) và đo hồi âm (echolot). Hiệu quả của sự kết hợp phương pháp địa hóa khí và echolot đã được minh chứng thông qua việc phát hiện hàng loạt điểm băng cháy ở biển Okhot. Bài báo giới thiệu các phương pháp địa chất đã được áp dụng hiệu quả trong công tác tìm kiếm băng cháy.

Tìm kiếm, đánh giá và dự báo băng cháy (gas hydrate) đang được tiến hành ở nhiều nước trên thế giới mới chỉ là những bước đi ban đầu. Các phương pháp nghiên cứu, điều tra băng cháy được các nước tiên tiến đang sử dụng là hệ phương pháp địa vật lý - địa chất, bao gồm:

1. Hệ các phương pháp tìm kiếm gián tiếp:

- Các phương pháp địa vật lý, mà chủ yếu là địa chấn phân giải cao, mặt cắt điện trở và địa vật lý giếng khoan;

- Phân tích cấu trúc địa chất nhằm khoanh định các khu vực có cấu trúc địa chất thuận lợi cho tích tụ hydrat (chủ yếu là sườn thềm lục địa).

2. Hệ phương pháp tìm kiếm trực tiếp bao gồm:

- Khảo sát lấy mẫu (khoan, ống phóng trọng lực);

- Các phương pháp nghiên cứu trầm tích;

- Các phương pháp địa hóa (địa hóa khí trong trầm tích đáy, thủy địa hóa nước tầng đáy, địa hóa đồng vị, địa hóa mẫu lõi khoan v.v..).

I. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU CẤU TRÚC ĐỊA CHẤT, ĐỊA MẠO

Kết quả tìm kiếm, phát hiện các mỏ băng cháy cho thấy các cấu trúc chứa băng cháy thường phân bố trong hệ thống đứt gãy hay nơi giao cắt của các đứt gãy, địa hình vòm, gò, các vòm muối diapir, các đới nâng, hạ kiến tạo. Do đó, việc nghiên cứu cấu trúc địa chất, địa hình, địa mạo bề mặt đáy biển là rất cần thiết nhằm khoanh định dự báo các vùng có tiềm năng, phục vụ cho công tác tìm kiếm phát hiện.

Công tác đo vẽ khảo sát sườn được thực hiện bằng các thiết bị khảo sát định vị thủy âm và video dưới nước. Hiện tại, Nga sử dụng tàu ngầm khảo sát Mir để khảo sát đáy biển. Kết quả điều tra khảo sát bề mặt đáy biển Okhot đã giúp phát hiện các hố và gò với độ cao 10-20 m. Đồng thời, giúp khoanh định trường phá hủy của bề mặt có đường kính 200 m (Hình 1). Ngoài ra, trên bề mặt

đã phát hiện rất nhiều vỏ sò và bắt gặp các mảnh đá carbonat. Công tác điều tra ở sườn tây bắc đảo Paramushi và sườn đông bắc biển Okhot đã khoan định và phát hiện thêm nhiều điểm băng cháy ở hai vùng nêu trên.

II. LẤY MẪU TRẦM TÍCH

Thông thường các mỏ băng cháy thường phân bố ở độ sâu gần 500 m nước, hiếm khi bắt gặp ở độ sâu 400 m (Biển Okhot được xem là nơi có mỏ hydrat nông nhất thế giới 385 và 390 m), do đó để lấy được mẫu phục vụ cho mục đích tìm kiếm, điều tra băng cháy phải có các thiết bị chuyên dụng. Hiện nay các nước tiên tiến đang sử dụng hệ thống thiết bị gồm ống phóng trọng lực kèm pit-tông để lấy mẫu địa chất. Các mẫu có chiều dài thường là 5- 10 m, đôi khi đạt 15 m, thậm chí 25 m, đường kính của mẫu đạt 12-19 cm (Hình 2a và 2b). Trong nhiều trường hợp khi gặp lớp băng cháy, do đặc tính độ nén chặt khá cao nên các mẫu thường không xuyên thủng qua được lớp này.

Ngoài ra, để lấy mẫu có thể sử dụng các tàu ngầm mini hoặc các tàu lặn được thiết kế chuyên dụng. Thông thường, việc lấy các loại mẫu trầm tích, nước và khí được tiến hành đồng thời.

Mẫu được lấy phải được bảo quản ở điều kiện áp suất, nhiệt độ tương tự áp suất nhiệt độ của đới băng cháy ổn định dưới đáy biển hoặc giữ trong điều kiện áp suất bề mặt nhưng trong dung dịch nitơ lỏng có độ lạnh tuyệt đối.

III. CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU TRẦM TÍCH

Phần lớn băng cháy chứa methan có nguồn gốc sinh học. Dưới đáy biển, các vật chất hữu cơ bị phân huỷ nên trầm tích bão hoà khí CO₂, methan, ethan, hydrosulfur... và dưới điều kiện áp suất cao, nhiệt độ thấp, băng cháy được hình thành trong trầm tích đáy và trầm tích gần đáy biển. Các lớp trầm tích này lại bị phủ bởi các lớp trầm tích mới có thành phần thạch học khác nhau cũng chứa chất hữu cơ, và quá trình hình thành băng cháy lại tiếp tục. Hàm lượng hydrat trong các trầm tích có độ rỗng cao như cát kết, cát kết hạt thô có thể lên tới 60%. Các tập sét, bột và carbonat cũng là đối tượng chứa hydrat. Vì vậy các trầm tích vụn là các đối tượng tìm kiếm tiềm năng.

Các yếu tố quan trọng cần thiết phải được lưu tâm trong tìm kiếm phát hiện băng cháy là: cấu tạo (dạng hạt - phân lớp, giả sạn do trầm tích chứa khí), dấu vết của sự tích tụ sinh học cao, sự có mặt của băng cháy, sắc thái sẫm màu của trầm tích liên quan đến môi trường khử điển hình với hàm lượng cao của các sulfur sắt (hydrotroilit), sự tăng cao hàm lượng C hữu cơ, đậm mùi hydro lưu huỳnh (H₂S), sự có mặt của các kết hạch carbonat, da và vỏ sò của động vật Thân mềm (chủ yếu là *Calypptogena*) và v.v.. Càng gần tâm của tụ khí methan thì mức độ tập trung của các dấu hiệu đó càng tăng cao.

Các yếu tố về thành phần, kiến trúc, độ hạt, nhiệt độ, lý hóa v.v. có thể mô tả bằng mắt thường hoặc qua kính hiển vi, mô tả độ hạt và phương pháp chiếu mẫu lõi bằng ảnh màu kỹ thuật số ...

1. Phân tích độ hạt: Có thể phân tích độ hạt bằng mắt thường trên kính hiển vi. Thông thường, tỷ trọng của kích cỡ hạt khác nhau được quyết định bởi ước lượng % của mắt thường, sử dụng phương pháp so sánh của Terry and Chilingarian 1995. Tên được xác định bởi kích thước hạt (cát, bùn và sét). Nếu bất cứ thành phần nào đạt 25% thì nó trở thành tên chính. Ví dụ: trầm tích có 10% sét, 90% bùn thì gọi là bùn; mặt khác nếu 30% sét và 70% bùn thì gọi là bùn sét.

2. Phân tích thành phần khoáng vật, kiến trúc, cấu tạo trên kính hiển vi phân cực, kính hiển vi điện tử:

Các trầm tích có thành phần hỗn hợp của sinh vật và thành phần khác nhau, vì vậy đơn khoáng chiếm 5-10% trầm tích được viết bằng gạch nối với từ “chứa”, nếu 11-40% được thêm từ “giàu”.

Ví dụ trầm tích 15% glauconit, 30% bùn, 55% sét gọi là sét bùn giàu glauconit. Nếu thành phần thủy tinh núi lửa >40% gọi là bụi núi lửa.

Không giống đá vụn silic, trầm tích nguồn gốc sinh học chứa hơn 60% thành phần sinh vật. Tên gọi thường được sử dụng theo quy ước. Trầm tích bao gồm 30 % đất sét và 70 % Trùng tia được gọi là sét giàu Trùng tia, trầm tích 30 % vi hóa thạch (nannofossil) và 70 % Trùng lỗ được gọi là vi hóa thạch giàu Trùng lỗ ... Cần lưu ý là trong trầm tích gần tâm phát khí thường rất giàu các kết hạch carbonat (chủ yếu là Mg-calcit, ít hơn - aragonit).

Với các loại trầm tích hỗn hợp: trầm tích chứa 5 % Trùng lỗ, 40 % vi hóa thạch và 55 % bùn sét được gọi là bùn sét vi hóa thạch chứa Trùng lỗ, ... Song song với việc mô tả trầm tích là xác định kiến trúc, cấu tạo của trầm tích và mô tả hóa thạch lớn (ví dụ, mảnh vỡ, mức độ bảo tồn, tên của hóa thạch ...).

3. Tham số vật lý: Ngoài ra, các mẫu cũng được xác định các tham số vật lý có liên quan đến sự tồn tại của băng cháy, như điện trở suất, từ tính, vận tốc sóng, mật độ, độ ẩm ... do băng cháy đặc trưng bởi thành phần hóa học đồng nhất và sự khác biệt điện trở suất cũng như các đặc tính âm thanh, nên các thiết bị điện trở suất, tốc độ truyền sóng và dải phổ neutron, ... là các thông tin về độ bão hòa băng cháy với độ chính xác cao.

4. Xác định nhiệt độ dọc mẫu lõi khoan vì sự phân hủy của băng cháy sẽ sinh ra phản ứng thu nhiệt nên để lại những điếm lạnh.

Hiện tại người ta sử dụng camera quét với tính năng:

- Đánh giá cấu trúc nhiệt của toàn bộ lõi;
- Ước lượng đường biến đổi gradient nhiệt độ trong lõi;
- Nhanh chóng xác định các dị thường chứa băng cháy;
- Định lượng hóa tương đối các loại băng cháy với kết cấu khác nhau;
- Ước đoán hàm lượng băng cháy thông qua xử lý hình ảnh.

IV. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐỊA HÓA

Các mẫu lõi được lấy ra từ ống phóng được loại bỏ phần đỉnh và phần cuối, cạo sạch để tránh sự nhiễm bẩn từ nước biển và cặn bẩn trong ống mẫu.

1. Phân tích hóa cơ bản nhằm xác định các thành phần quan trọng như SiO_2 , Al_2O_3 , FeO , Fe_2O_3 , CaO , NaO , K_2O , MgO ...

- Phân tích hóa môi trường: pH, Eh, Fe^{+2}S / carbon hữu cơ, Fe^{+2}HCl , Fe^{+3} , Na^+/Cl , Cl/Br , Br/I , v.v..

Các chỉ tiêu nghiên cứu hóa hữu cơ chủ yếu tập trung cho việc phát hiện môi trường tiềm năng cho thành tạo băng cháy, bao gồm:

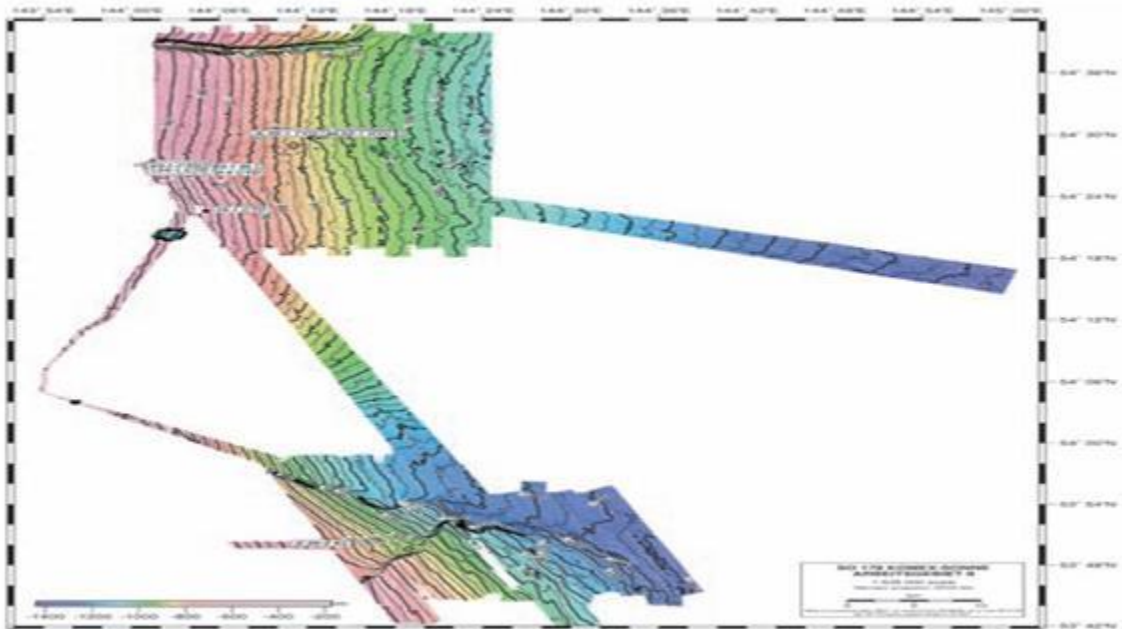
- Phân tích các hydrocarbon nặng, CO_2 , N_2+Ar , H_2S , và O_2 trong trầm tích;
- Đo khí tự do hoặc khí thu hồi CO_2 , $\text{N}_2 + \text{Ar}$, H_2S , O_2 ;
- Phân tích khí (CO_2 , N_2+Ar , H_2S , và O_2) thu được từ mẫu lõi.

- Phân tích xác định gradient sulfat nhằm tính toán thông lượng¹ methan, từ đó dự báo được sự tồn tại của băng cháy ở phần sâu. Bằng cách đo nồng độ sulfat tại các lõi khoan ở các độ sâu khác nhau có thể chiếu được bề sâu của SMI, và suy đoán được thông lượng methan. Mặc dù gradient sulfat ở nông thì có thể là sản phẩm của các quá trình địa hóa, không đi kèm các biểu hiện băng cháy, nhưng gradient sulfat lại có thể sử dụng để định vị các mỏ băng cháy mà tài liệu địa

chấn không thể nhận ra được do thiếu các điều kiện đặc biệt để xác định được mô hình phản xạ đáy cũng như do các đặc tính địa chấn khác.

- Ngoài ra, việc nghiên cứu vi sinh vật cũng được tiến hành nhằm xác định mối liên quan giữa đặc tính của vi sinh vật với quá trình hydrat hóa trong trầm tích. Các mẫu được gói và bảo quản với nitơ lỏng, sau đó mẫu được làm lạnh (4°C).

^[1] Một hệ khi đạt trạng thái cân bằng thì thành phần tham gia vào hệ và sản phẩm của quá trình bằng nhau. Tuy vậy quá trình vẫn xảy ra, nhưng lượng chất tham gia khi hệ cân bằng sẽ tương đương lượng chất phân hủy của sản phẩm. Hai lượng chất này được gọi là thông lượng.



Hình 1. Bản đồ cấu trúc địa mạo đáy biển sườn đông bắc Sakhalin được thành lập bằng phương pháp đo hồi âm đa tia trên tàu Zonne của Đức năm 2004. Trên bản đồ đã phân tách các cấu trúc tròn nhỏ tạo nên bởi sự phát khí methan trong trầm tích đáy vào nước (Theo Obzhirov A.I., 2006. Lịch sử phát hiện băng cháy ở biển Okhot. TC Nghiên cứu dưới nước và Công nghệ, 2. Moskva).

Hình 2a. Ống phóng trọng lực lấy mẫu trầm tích trên tàu Zonne của Đức. Hệ thống này cho phép lấy mẫu tới độ sâu 25 m tính từ mặt đáy biển.



Hình 2b. Mẫu băng cháy từ ống phóng trọng lực.

(Theo Obzhirov A.I., 2006. Lịch sử phát hiện băng cháy ở biển Okhot. TC Nghiên cứu dưới nước và Công nghệ, 2. Moskv.)

2. Địa hóa đồng vị: Thành phần đồng vị carbon của methan từ băng cháy dao động trong khoảng nhỏ và carbon của các kết hạch carbonat minh chứng cho nguồn gốc sinh vật của khí methan do sự phân rã vi sinh các vật chất hữu cơ của trầm tích.

3. Địa hóa khí:

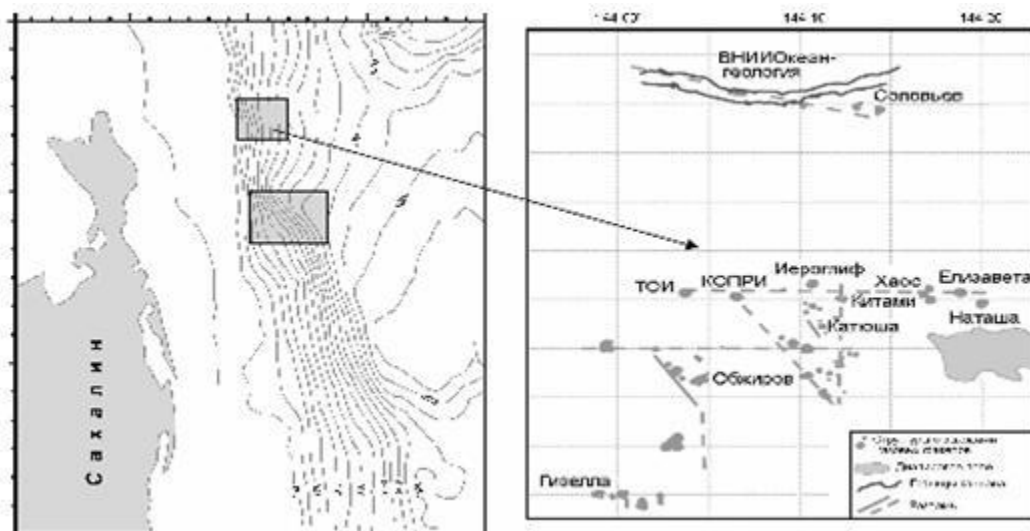
- Mẫu khí thường được thu hồi từ mẫu trọng lực kèm pit-tông và qua xử lý trước khi phân tích. Các mẫu khí được phân tích các chỉ tiêu hydrocarbon C_1-C_4 , O_2 , N_2+Ar , H_2S , CO_2 và CO đồng thời xác định hàm lượng methan, butan với thiết bị đo có độ nhạy cao: 15 ppmv (phần triệu thể khối) đối với methan, 100 ppmv đối với butan, độ chính xác cao (sai số 0,5 đến 2%).

- Các mẫu bùn đáy (biển) cũng được lấy và phân tích xác định khí methan. Trong khuôn khổ hợp tác Nga-Đức (KOMEX, 1998-2004) và Nga-Nhật-Hàn (CHAOS, 2003-2007) đã tiến hành lấy mẫu trầm tích tầng đáy và kết quả phân tích đã xác định khí methan và đã thành lập được sơ đồ cấu trúc chứa dòng khí methan và băng cháy (Hình 3 và 4). Phương pháp này thực hiện theo các nguyên tắc cơ bản sau:

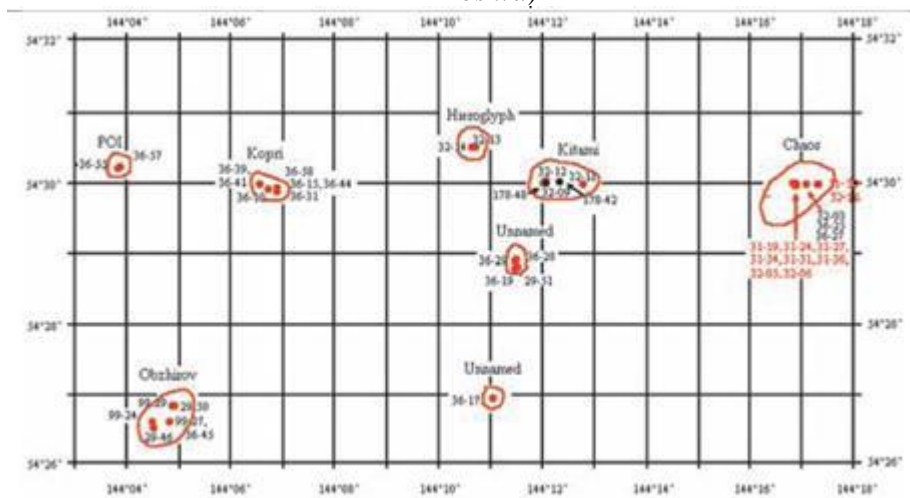
1/ Phương pháp dự báo thể hydrocarbon bằng cách lấy mẫu khí dưới lớp thổ nhưỡng và tiếp theo là phân tích địa hóa khí và các hydrocarbon nặng khác biệt bởi các mẫu khí được lấy từ hai tầng. Tầng trên: 0,3-0,4 m và tầng dưới: 0,8-1 m, được bịt ngăn cách với khí quyển.

2/ Phương pháp trên khác biệt bởi sự phân tích bổ sung hàm lượng khí carbonic, hydro, heli, oxy và nitơ đồng thời bổ sung phân tích địa hóa khí hydrocarbon bị hấp thụ trong các mẫu lõi khoan (vì thành phần chính của băng cháy là methan - CH_4 đến 98%, ngoài ra còn có các hydrocarbon nặng như ethan - C_2H_6 , propan - C_3H_8 , butan - C_4H_{10} , cũng như khí hydro - H_2 , dihydrosulfur - H_2S , khí carbonic - CO_2 , khí nitơ - N_2 và heli - He).

3/ Khi hàm lượng của khí vượt quá hàm lượng nền của chúng không dưới 2 lần và hàm lượng tầng dưới vượt hàm lượng tầng trên không dưới 1,5 lần thì có thể kết luận về triển vọng tồn tại thể hydrocarbon.



Hình 3. Sơ đồ phân bố các cấu trúc tích tụ khí ở sườn đông bắc Sakhalin, trong đó đã phát hiện băng cháy trong bùn đáy. Các vùng sẫm màu là các cấu trúc chứa băng cháy và các dòng khí methan, các đường đứt nét là các đứt gãy.
(Theo Obzhirov A.I., 1993. Các trường địa hóa khí lớp đáy của biển và đại dương. Nauka, Moskva)



Hình 4. Sơ đồ phân bố diện tích phát hiện băng cháy trong trầm tích đáy.
(Theo Obzhirov A.I., 2006. Lịch sử phát hiện băng cháy ở biển Okhot. TC Nghiên cứu dưới nước và Công nghệ, 2. Moskva)

- Lấy mẫu nước tầng đáy với mục đích chính là phát hiện và khoanh định các diện tích có mặt của khí methan (Hình 5 và 6).

- Phân tích hàm lượng Cl^- trong nước lấy từ mẫu lõi khoan nhằm xác định sự có mặt của băng cháy bởi chúng bị phân hủy khi bị đưa ra khỏi môi trường ban đầu và nước sẽ bị ngọt hóa, tức là hàm lượng Cl^- bị suy giảm.

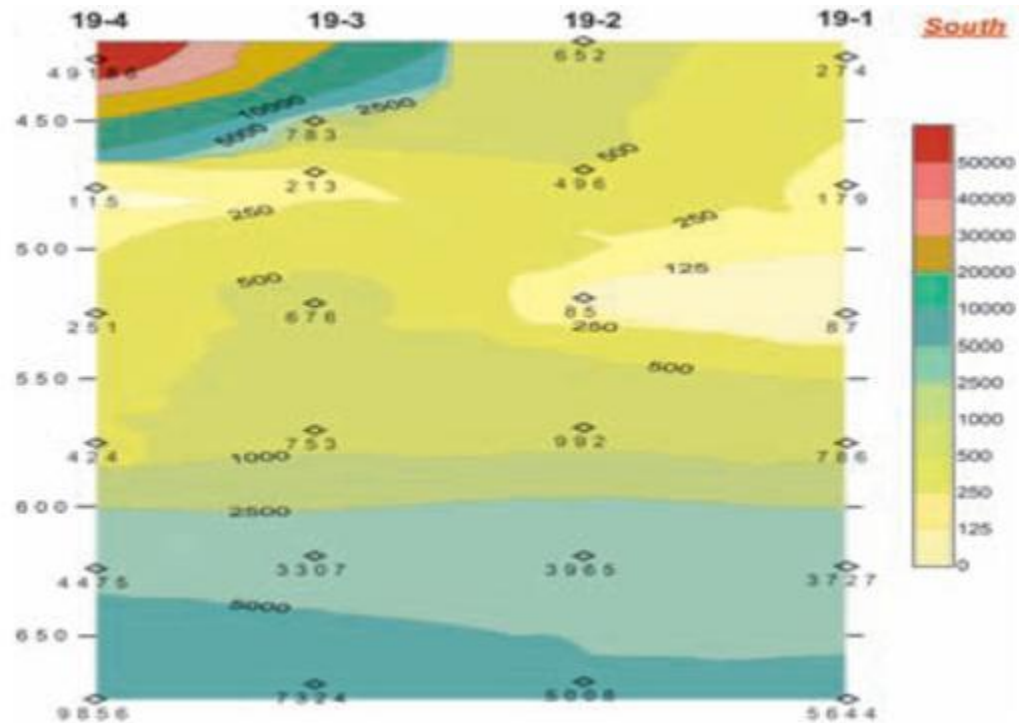


Hình 5. Sơ

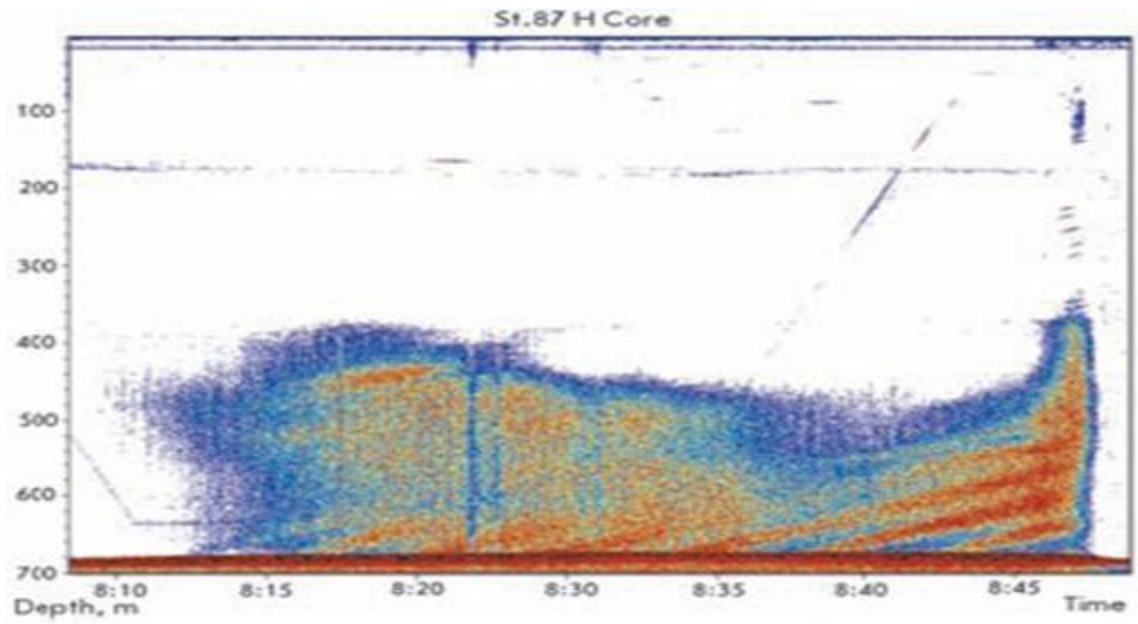
đồ phân bố khí methan trong nước tầng đáy trên diện tích phát hiện bọt khí methan:

1. Các trạm khảo sát - tử số - số hiệu của trạm khảo sát, mẫu số - hàm lượng methan trong nước tầng đáy (ml/l); 2. Tuyến địa chấn; 3.

Đường đẳng hàm lượng methan trong nước tầng đáy (Theo Obzhirov A.I., 2006. Lịch sử phát hiện băng cháy ở biển Okhot. TC Nghiên cứu dưới nước và Công nghệ, 2. Moskva)



Hình 6. Mặt cắt phân bố methan trong cột nước tại cấu trúc chứa hydrat khí “Obzirov”. Hình quả trám là vị trí lấy mẫu nước, các chữ số biểu thị hàm lượng methan (nl/l) (Theo Obzhirov A.I., 2006. Lịch sử phát hiện băng cháy ở biển Okhot. TC Nghiên cứu dưới nước và Công nghệ, 2. Moskva)



Hình 7. “Chùm tia khí Obzirov”. Xuất lộ dòng khí methan trong nước từ trầm tích tầng mặt được B.A. Kazanski phát hiện đầu tiên bằng echolot trên tàu “Địa vật lý biển” năm

1988. Phần sẫm màu là khí methan trong nước tầng đáy được A.C. Salomatina xây dựng năm 2003) (Theo Obzhirov A.I., 2006. Lịch sử phát hiện băng cháy ở biển Okhot. TC Nghiên cứu dưới nước và Công nghệ, 2. Moskva)

V. PHƯƠNG PHÁP ĐO VẼ ECHOLOT (ĐO HỒI ÂM)

Phương pháp này được sử dụng như là phương pháp tìm kiếm, điều tra khí methan trên cơ sở một tàu ngư dân đã phát hiện các dòng khí với đường kính 200 m, cao 400 m từ đáy biển bằng máy đo hồi âm vào năm 1983-1984 và sau đó B.A. Kazanski là người lần đầu tiên phát hiện dòng khí methan trên biểu đồ echogram. Dấu hiệu chỉ thị ban đầu cho tìm kiếm băng cháy ở sườn Sakhalin được Viện Thái Bình Dương sử dụng trong các năm 1988-1999, trong đó đã phát hiện các giọt khí methan trong các cột nước cũng như dị thường methan trong trầm tích tầng đáy. Dòng methan đầu tiên phát hiện năm 1988 được thể hiện trên Hình 7.

Công tác tìm kiếm, phát hiện băng cháy ở vùng biển Việt Nam đang được quan tâm và hiện đang chuẩn bị cho những bước đi ban đầu, đặc biệt là chuẩn bị về cơ sở vật chất, trang thiết bị và chuyên gia. Hệ phương pháp tìm kiếm băng cháy đã nêu trên hoàn toàn có thể áp dụng hiệu quả ở Việt Nam, trong đó việc triển khai kết hợp phương pháp địa hóa khí và echolot hoàn toàn khả thi và có thể đạt hiệu quả cao trong việc khoanh định các vùng dị thường chứa băng cháy.

VĂN LIỆU

1. Michael D. Max, Arthur H. Johnson, William P. Dillon, 2003. Economic geology of natural gas hydrate. Springer.

2. Nikolaeva N.A. và nnk., 2007. Các dấu hiệu địa hóa - khoáng vật hình thành và suy thoái băng cháy trong các tầng trầm tích gần bề mặt của sườn đông bắc đảo Sakhalin. Tuyển tập BC HTKH quốc tế lần thứ XVII về ĐC biển, 1. Moskva (tiếng Nga).

3. Obzhirov A.I., 1993. Các trường địa hóa khí lớp đáy của biển và đại dương. Nauka, Moskva (tiếng Nga).

4. Obzhirov A.I., 2006. Lịch sử phát hiện băng cháy ở biển Okhot. TC Nghiên cứu dưới nước và Công nghệ, 2. Moskva (tiếng Nga).

5. Obzhirov A.I. và nnk., 1999. Methan và tổ hợp cộng sinh khoáng vật ở biển Okhot. Nauka, Vladivostok (tiếng Nga).

6. Obzhirov A.I., Kazanski B.A, Melnichenko Iu.I., 1989. Hiệu ứng khuếch âm nước tầng đáy ở phần rìa biển Okhot. TC Địa chất đại dương, 2 (tiếng Nga).