

**BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO**

**VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



Lê Đức Lương

**NGHIÊN CỨU ĐỊA HÓA KHÍ TRONG TRẦM TÍCH
KHU VỰC TÂY NAM TRƯNG SÂU BIỂN ĐÔNG**

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KHOA HỌC TRÁI ĐẤT

Chuyên ngành: Khoáng vật học và địa hóa học

Mã số: 9 44 02 05

Hà Nội – 2023

Công trình được hoàn thành tại: Học viện Khoa học và Công nghệ,
Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Người hướng dẫn khoa học 1: **PGS.TS. Nguyễn Hoàng**

Người hướng dẫn khoa học 2: **PGS.TSKH. Renat B. Shakirov**

Phản biện 1: ...

Phản biện 2: ...

Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ cấp
Học viện, họp tại Học viện Khoa học và Công nghệ - Viện Hàn lâm
Khoa học và Công nghệ Việt Nam vào hồi ... giờ ..., ngày ... tháng
... năm 20....

Có thể tìm hiểu luận án tại:

1. Thư viện Học viện Khoa học và Công nghệ
2. Thư viện Quốc gia Việt Nam

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của luận án

Trong những thập kỷ gần đây, Biển Đông thu hút nhiều sự quan tâm, chú ý của các nhà khoa học. Tuy nhiên, hiện chưa có nghiên cứu nào về sự phân bố khí trong trầm tích tại phía Nam Biển Đông, mà khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông là một điển hình. Hơn nữa, một số các nghiên cứu điều tra địa chất khoáng sản biển tại Việt Nam chủ yếu được thực hiện từ 100 m nước trở vào mà hầu như chưa có nghiên cứu chi tiết nào tại vùng biển nước sâu. Bên cạnh đó, các đặc điểm địa hóa khí trong trầm tích tầng mặt là một trong những dấu hiệu và tiền đề quan trọng để đánh giá triển vọng các mỏ dầu khí trong khu vực nghiên cứu.

Do đó, đề tài luận án “*Nghiên cứu địa hoá khí trong trầm tích khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông*” được đặt ra sẽ góp phần giải quyết các vấn đề cấp thiết đã đề cập ở trên.

2. Mục tiêu và nội dung nghiên cứu của luận án

❖ *Mục tiêu:*

Làm sáng tỏ đặc điểm địa hóa khí hydrocacbon, hydro, heli và carbonic trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông làm căn cứ cho việc đánh giá, khoanh định các khu vực có triển vọng dầu khí trong khu vực nghiên cứu.

❖ *Nội dung nghiên cứu:*

- Nghiên cứu đặc điểm các thành phần và nguồn gốc khí hydrocacbon, hydro, heli và carbonic trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông.

- Nghiên cứu đặc điểm phân bố khí hydrocacbon, hydro, heli và carbonic trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông, từ đó chỉ ra các khu vực có triển vọng dầu khí trong khu vực nghiên cứu.

3. Luận điểm bảo vệ

❖ Luận điểm 1:

Khí metan trong trầm tích tầng mặt tại khu vực nghiên cứu có hàm lượng cao vượt trội so với các khí hydrocacbon khác. Hàm lượng các khí trong trầm tích tầng mặt thu được tại bồn trũng Nam Côn Sơn (BTNCS) cao hơn nhiều so với khu vực Tây Nam phụ trũng sâu Biển Đông (KVPTS). Khí hydrocacbon trong trầm tích tầng mặt tại khu vực nghiên cứu có hai kiểu nguồn gốc, là nhiệt dưới sâu tại khu vực phía Đông bể Nam Côn Sơn, và nguồn gốc hỗn hợp tại khu vực Tây Nam phụ trũng sâu biển Đông. Hệ thống đứt gãy Vách dốc Đông Việt Nam (kinh tuyến 109°), cùng với hệ thống các đứt gãy phương Đông Bắc - Tây Nam có thể đóng vai trò kênh dẫn chính của các khí có nguồn gốc nhiệt dưới sâu tại khu vực này.

❖ Luận điểm 2:

Trong vùng nghiên cứu, các khí hydrocacbon có hàm lượng giảm dần từ Tây sang Đông theo chiều tăng của độ sâu cột nước. Khu vực nghiên cứu tồn tại một đới thoát khí hydrocacbon lớn, phân bố trong khoảng rộng, từ $8^\circ 25'$ tới gần $9^\circ 40'$ vĩ Bắc, dọc theo khu vực sườn lục địa của bồn trũng Nam Côn Sơn. Hàm lượng phân của khí metan trong trầm tích tầng mặt giảm dần từ Nam lên Bắc khi so sánh khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông với bồn trũng Phú Khánh và bồn trũng Sông Hồng với các giá trị lần lượt là 103 ppm, 34 ppm và 26 ppm.

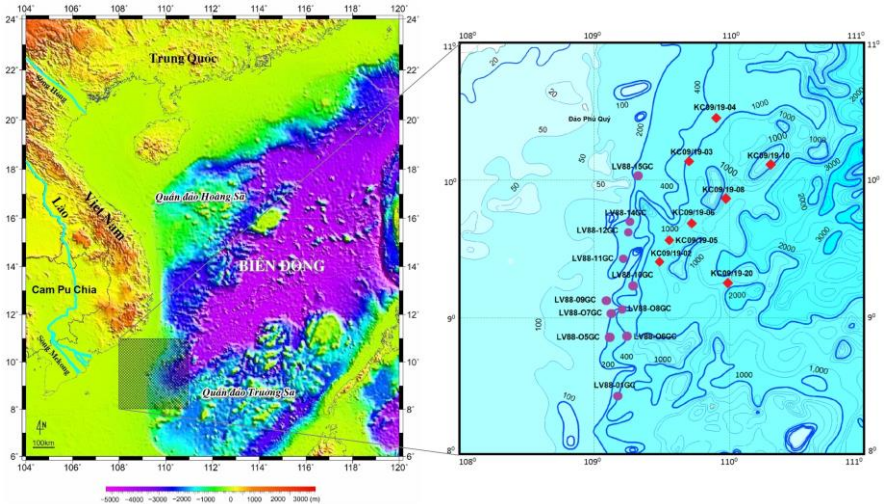
4. Cơ sở tài liệu

Trong quá trình thực hiện luận án, nghiên cứu sinh đã tiến hành thu thập 39 mẫu khí trong trầm tích tầng mặt từ 19 ống phóng trọng lực được lấy trong vùng nghiên cứu qua hai chuyến hải trình của tàu DK105 vào tháng 8, 9 năm 2019 và tàu R/V Akademik Lavrentyev vào tháng 11 năm 2019.

Các chuyến hải trình này lần lượt thuộc về Chương trình nghiên cứu quốc gia của Việt Nam KC09/16-20 và nhiệm vụ hợp tác

quốc tế “Khảo sát, nghiên cứu địa chất, địa vật lý, và hải dương học lần thứ 1 giữa VAST và FEBRAS bằng tàu Viện sĩ Lavrentyev trong vùng biển Việt Nam” mã số QTRU.02.05/19-20. Để phục vụ cho các nội dung nghiên cứu của luận án, NCS còn tiến hành thu thập và tổng hợp các kết quả phân tích mẫu trầm tích tầng mặt thuộc Đề tài “Nghiên cứu đặc điểm bùn sét đáy biển khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông và khả năng ứng dụng của chúng”, mã số VAST05.03/20-21 do chính NCS làm chủ nhiệm.

Ngoài ra, NCS đã tiến hành thu thập các tài liệu như các công trình công bố, các báo cáo đề tài khoa học, các bản đồ liên quan tới lĩnh vực nghiên cứu và khu vực nghiên cứu...



Hình 1. Vị trí lấy mẫu ống phóng trọng lực tại khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông qua hai chuyến hải trình của tàu DK105 (hình thoi màu đỏ) và tàu Lavrentyev (hình tròn màu tím)

5. Những điểm mới của Luận án

Các loại khí hydrocarbon, heli, hydro và carbonic trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông nói riêng và Việt Nam nói chung đã được nghiên cứu chi tiết và luận án đã thu được bộ số liệu địa hóa khí trong trầm tích tầng mặt tại khu vực

ngiên cứu. Đây là những số liệu địa hóa khí trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông lần đầu tiên được công bố trên các tạp chí chuyên ngành trong và ngoài nước.

Luận án đã nghiên cứu các đặc điểm địa hóa khí trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông và đã xác định đặc điểm thành phần và sự phân bố của các khí hydrocacbon, carbonic, heli và hydro. Trên cơ sở kết quả nghiên cứu bằng các phương pháp hiện đại như tỷ số khí hydrocacbon, đồng vị cacbon, địa hóa trầm tích, phân tích thống kê, luận án đã xác định được nguồn gốc của các hợp phần khí trong trầm tích tại khu vực nghiên cứu.

Từ việc luận giải các số liệu địa hóa khí kết hợp với các tài liệu nghiên cứu trước đây, luận án đã đề xuất về sự tồn tại của một đới thoát khí quy mô lớn trong khu vực nghiên cứu.

CHƯƠNG 1. ĐIỀU KIỆN TỰ NHIÊN CỦA VÙNG NGHIÊN CỨU

1.1. Vị trí địa lý và đặc điểm địa hình khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu thuộc vùng biển phía Tây Nam Biển Đông Việt Nam. Khu vực nghiên cứu nằm trong giới hạn: Từ 9°B đến 11°B, 109°Đ đến 111°Đ, kéo dài từ thềm lục địa Nam Trung Bộ đến khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông (Hình 1). Địa hình khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông nhìn chung tương đối phức tạp. Mặt cắt ở khu vực này thể hiện rõ tính liên tục của một rìa lục địa điển hình bao gồm: thềm lục địa, sườn lục địa, đáy biển thẳm và đảo ngầm.

1.2. Đặc điểm khí tượng, hải văn khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa điển hình, ít biến đổi theo mùa, hầu như nóng quanh năm. Khu vực nghiên cứu là một phần nhỏ của Biển Đông, do vậy, đặc điểm hải văn phụ thuộc vào hoạt động hải văn của Biển Đông nói chung.

1.3. Đặc điểm địa chất

1.3.1. Khái quát chung

Biển Đông Việt Nam nằm tại nút giao của các mảng Âu-Á, Thái Bình Dương và Úc-Ấn [7]. Quá trình mở Biển Đông xảy ra vào thời kỳ Kanozoi theo cơ chế tách vỡ lục địa, kéo theo tách giãn vỏ đại dương. Trong vài thập kỷ gần đây, nhiều nghiên cứu về địa chất và địa vật lý đã được tiến hành tại khu vực Tây Nam Biển Đông.

1.3.2. Địa tầng

Đặc điểm địa tầng trong khu vực nghiên cứu được tổng hợp theo hai bồn trũng Tư Chính – Vũng Mây và Nam Côn Sơn. Các thành tạo Kainozoi bao gồm:

Hệ Paleogen

- Trầm tích Oligocen: Bao gồm hệ tầng Vũng Mây ($E_2-E_3?$ vm) và hệ tầng Cau (E_3c)

Hệ Neogen

- Trầm tích Miocen dưới bao gồm hệ tầng Phúc Nguyên (N_1^1pn) và hệ tầng Dừa (N_1^1d):

- Trầm tích Miocen giữa bao gồm hệ tầng Tư Chính (N_1^2tc) và hệ tầng Thông - Mãng Cầu (N_1^2t-mc):

- Trầm tích Miocen trên (N_1^3) bao gồm hệ tầng Phúc Tân (N_1^3ph) và hệ tầng Nam Côn Sơn (N_1^3ncs)

Trầm tích Pliocen – Đệ tứ

Tại bể Nam Côn Sơn, các thành tạo Pliocen – Đệ tứ được ghép vào hệ tầng Biển Đông, có chiều dày móng ở lân cận gờ nâng Côn Sơn và tăng dần về phía Đông đến 2000 m. Hệ tầng Biển Đông liên quan đến đợt biến tiến Pliocen.

Tầng sinh dầu khí triển vọng ở bể Nam Côn Sơn được phát hiện đến nay chủ yếu là trầm tích có tuổi Oligocen (Hệ tầng Cau) giàu vật chất hữu cơ nguồn đầm hồ, phân bố trong các địa hào và trầm tích Miocen sớm (Hệ tầng Dừa) phân bố rộng rãi trong bể.

1.3.3. Các thành tạo magma

Vùng biển nghiên cứu có hoạt động magma phức tạp. Hoạt động magma Kainozoi trên toàn vùng Biển Đông Việt Nam nói chung và trong vùng nghiên cứu nói riêng là hoạt động núi lửa bazan Pliocen – Đệ tứ rất mạnh mẽ.

1.3.4. Đặc điểm kiến tạo Kainozoi

Các hệ thống đứt gãy chính trong khu vực phát triển theo phương Đông Bắc – Tây Nam và phương Tây Bắc – Đông Nam. Đứt gãy kinh tuyến 109⁰ nằm hoàn toàn trong khu vực nghiên cứu và có ảnh hưởng lớn tới cấu trúc kiến tạo khu vực này. Đặc điểm trầm tích tầng mặt khu vực nghiên cứu

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết

2.1.1. Cơ sở lý thuyết địa hóa khí trong trầm tích

2.1.1.1. Khái niệm chung

Phương pháp địa hóa khí để phục vụ cho công tác tìm kiếm khoáng sản đã được ứng dụng từ lâu. Địa hóa khí là một nhánh của địa hóa học, nghiên cứu về sự phân bố, nguồn gốc, di chuyển và khả năng sử dụng khí tự nhiên làm nguyên liệu công nghiệp.

Nội dung nghiên cứu của luận án là nghiên cứu đặc điểm và giải đoán nguồn gốc cũng như quy luật phân bố của các thành phần địa hóa khí trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông. Trong đó, thành phần khí được nghiên cứu chủ yếu là các khí hydrocacbon, khí heli và khí hydro.

2.1.1.2. Cơ sở lý thuyết nguồn gốc khí hydrocacbon

a. Về nguồn gốc dầu khí

Các nghiên cứu trước đã chỉ ra rằng, thành phần khí trong trầm tích đáy và nước biển có mối quan hệ chặt chẽ với nguồn gốc sinh thành như nguồn gốc sinh vật hoặc nguồn gốc nhiệt dưới sâu. Tiến bộ của khoa học ngày nay đã giúp cho việc củng cố vững chắc

cho quan điểm nguồn gốc hữu cơ của dầu khí.

b. Quá trình chuyển hóa và hình thành khí hydrocacbon

Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng, khí hydrocacbon trong trầm tích và nước biển được hình thành từ hai nguồn gốc chính là 1) do sự phân hủy của sinh vật; 2) là sản phẩm của quá trình chuyển hóa hydrocacbon dưới sâu.

c. Nghiên cứu nguồn gốc của khí hydrocacbon trong trầm tích tại các vùng biển và đại dương trên thế giới dựa trên các tỷ số khí hydrocacbon và thành phần đồng vị:

Liên quan đến việc xác định nguồn gốc khí hydrocacbon, các tỷ số $C_1/(C_2+C_3)$, C_1/C_2 , $C_2/C_{2,1}$, $(C_2+C_3)/C_1$ là các tỷ số quan trọng đã được sử dụng từ lâu. Trong đó, các ký hiệu C_1 , C_2 , $C_{2,1}$, C_3 lần lượt đại diện cho hàm lượng của các khí metan, etan, etylen và propan. Ngoài ra, giá trị của thành phần đồng vị cacbon của khí metan trong trầm tích tại rất nhiều các vùng biển khác nhau trên thế giới cũng đã được thống kê.

d. Sự phân bố của khí hydrocacbon trong trầm tích tại các vùng biển và đại dương trên thế giới

Sự phân bố của khí hydrocacbon trong trầm tích tại các vùng biển, đại dương trên thế giới đã được các nhà khoa học nghiên cứu từ khá sớm tại hầu khắp các đại dương và vùng biển rộng lớn. Kết quả cho thấy hàm lượng của các khí hydrocacbon trong trầm tích lớn hơn rất nhiều so với trong nước biển. Từ đó, các tác giả đã chỉ ra khí có nguồn gốc dưới sâu và khí có nguồn gốc sinh vật từ các hoạt động phân hủy hợp chất hữu cơ của các vi sinh vật là các nguồn cung cấp chính của khí hydrocacbon trong trầm tích.

e. Sự phân bố và nguồn gốc của các khí heli và hydro

Các nghiên cứu đã chỉ ra sự phân bố và nguồn gốc của các khí heli và hydro liên quan tới hoạt động magma nội mảng và rìa, các đứt gãy sâu, hoạt động núi lửa và các hệ thống phun thủy nhiệt.

2.1.2. Tình hình nghiên cứu địa chất khoáng sản trong lòng biển, đại dương trên thế giới và tại Biển Đông Việt Nam

Trên thế giới, các nước đi đầu trong lĩnh vực nghiên cứu, tìm kiếm, thăm dò và khai thác các khoáng sản trong lòng biển và đại dương bao gồm Nhật Bản, Mỹ, Nga, Úc, Trung Quốc... Tại Việt Nam, các đề tài, đề án KHHCN quốc gia về nghiên cứu biển ở nước ta đã được triển khai và đã có một số thành tựu về địa chất, địa vật lý và môi trường Biển Đông. Tuy nhiên, các đề tài, đề án đó vẫn chỉ là những nghiên cứu cơ bản về địa chất, kiến tạo, địa động lực, môi trường và khoanh vùng có triển vọng khoáng sản trên Biển Đông mà chưa có các nghiên cứu trực tiếp về đặc điểm địa hóa khí trong trầm tích Biển Đông, mà khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông là một điển hình.

2.1.3. Tình hình nghiên cứu địa hóa khí tại Biển Đông và khu vực nghiên cứu

Trong khoảng 1980 đến 1995, các nghiên cứu địa hoá khí phục vụ tìm kiếm khoáng sản rắn và dầu khí ở nước ta đã được tiến hành sử dụng các tàu nghiên cứu của Liên Xô (sau này là Liên Bang Nga). Trong nghiên cứu gần đây, các tác giả đề xuất rằng Biển Đông Việt Nam nằm trong vành đai khí hydrat (băng cháy) thuộc các biển rìa Thái Bình Dương phía đông Châu Á (Eastern Asia gas hydrate belt). Tuy nhiên, hiện chưa có nghiên cứu nào về sự phân bố khí trong trầm tích tại phía Nam Biển Đông, trong đó có khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông.

Tại Biển Đông, trong những năm gần đây có các chuyến khảo sát của tàu nghiên cứu biển Akademik Boris Petrov trong năm 2017 và tàu nghiên cứu Akademik M.A Lavrentyev vào tháng 11 năm 2019 trên vùng biển phía Tây Biển Đông. Nhiều dữ liệu quan trọng về địa vật lý, địa chất và hải dương học đã thu được trong các chuyến hải trình này và đã cung cấp những đặc trưng mới quan trọng

về địa hóa, khoáng vật của vùng thềm lục địa Việt Nam và các bồn trũng sâu lân cận.

2.2. Các phương pháp nghiên cứu

Các phương pháp nghiên cứu được áp dụng trong luận án bao gồm: Phương pháp tổng hợp và xử lý số liệu, khảo sát thực địa và lấy mẫu trên biển, phương pháp phân tích thành phần độ hạt, phương pháp phân tích thành phần nguyên tố chính, phương pháp phân tích thành phần nguyên tố vết, phương pháp phân tích địa hóa hữu cơ, phương pháp chiết tách và phân tích khí từ các mẫu trầm tích tầng mặt, phương pháp tính hàm lượng phông, ngưỡng và dị thường

CHƯƠNG 3. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA HÓA KHÍ TRONG TRẦM TÍCH TẦNG MẶT TẠI KHU VỰC TÂY NAM TRỮNG SÂU BIỂN ĐÔNG

3.1. Thành phần khí trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông

3.1.1. Các thành phần khí

Các khí được phân tích trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông bao gồm khí carbonic, các khí heli và hydro, nhóm khí hydrocacbon từ metan, etylen, etan, propen, propan, và hai đồng phân i-butan và butan.

Đối với toàn bộ khu vực nghiên cứu, hàm lượng khí metan trong trầm tích tầng mặt dao động trong khoảng rộng, từ 0,5 ppm đến 440 ppm. Khí metan được phát hiện trong các mẫu trầm tích tầng mặt tại bồn trũng Nam Côn Sơn (BTNCS) cao hơn nhiều lần so hàm lượng trong các mẫu lấy từ khu vực Tây Nam phụ trũng sâu Biển Đông (KVPTS). Các khí etylen, etan, propan có hàm lượng lần lượt dao động trong khoảng 0 - 70 ppm, 0 - 124 ppm, 0 - 50 ppm. Khí butan được trình bày với hai đồng phân là butan và i-butan, tại các mẫu trầm tích tầng mặt thuộc KVPTS, hầu như không phát hiện thấy hai khí này. Tại BTNCS, hàm lượng khí butan và i-butan trong trầm

tích tầng mặt lần lượt dao động trong khoảng 0 – 8 ppm và 0 – 5,27 ppm.

Khí carbonic trong trầm tích tầng mặt có hàm lượng trong dải từ 0,07% đến 3,13% trên toàn vùng nghiên cứu. Hàm lượng khí hydro trong trầm tích tại khu vực nghiên cứu dao động trong một dải khá rộng, từ 0,2 ppm đến 148,3 ppm. Trong khi đó, hàm lượng khí heli dao động trong khoảng 0 - 12,7 ppm. Nhìn chung, hàm lượng các khí carbonic, hydro và heli trong trầm tích tầng mặt tại BTNCS cao hơn so với KVPTS. Tuy nhiên, một số điểm thuộc KVPTS có hàm lượng khí hydro và heli trong trầm tích tầng mặt cao hơn đáng kể so với một số điểm thuộc BTNCS.

3.1.2. Kết quả tính toán hàm lượng phong, ngưỡng và các giá trị dị thường của các khí trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trung sâu Biển Đông

Việc tính toán hàm lượng phong, ngưỡng và các giá trị dị thường của các khí trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trung sâu Biển Đông sẽ được tiến hành với hai khu vực BTNCS và KVPTS để đảm bảo tính tương đồng về cấu trúc địa chất tại hai khu vực này. Phương pháp biểu đồ hộp (boxplot) đã được sử dụng trong việc xác định các giá trị ngưỡng và dị thường của các tập số liệu địa hóa. Điểm nổi bật có thể thấy được đó là giá trị cao vượt trội của hàm lượng khí metan trong trầm tích tầng mặt tại BTNCS so với KVPTS. Trong khi không phát hiện các giá trị dị thường tại KVPTS, 02 giá trị dị thường dương đã được phát hiện. Hàm lượng phong của khí metan lần lượt là 2,2 ppm và 103 ppm đối với KVPTS và BTNCS.

Tương tự như trên, tại KVPTS phát hiện thấy 01 điểm dị thường dương của khí etylen trong trầm tích tầng mặt và tại BTNCS phát hiện thấy 04 điểm dị thường dương. Hàm lượng phong tương ứng của khí etylen đối với KVPTS và BTNCS là 0,11 ppm và 7,45 ppm. Đối với khí etan, tại KVPTS và BTNCS lần lượt có 01 điểm dị

thường dương. Hàm lượng phông của khí etan của KVPTS và BTNCS được xác định là 0,0056 ppm và 24,2 ppm.

Đối với khí propan trong trầm tích tầng mặt, tại KVPTS phát hiện 01 điểm dị thường dương và tại BTNCS phát hiện 03 điểm dị thường dương. Hàm lượng phông của khí propan được tính toán cho KVPTS và BTNCS lần lượt là 0,029 ppm và 5,92 ppm.

Có 04 điểm dị thường dương được phát hiện đối với khí butan trong trầm tích tầng mặt tại BTNCS. Hàm lượng phông của khí butan của BTNCS được xác định là 0,625 ppm.

Qua phân tích thống kê, không phát hiện thấy dị thường của khí carbonic trong trầm tích tầng mặt ở cả hai chuỗi. Hàm lượng phông của khí carbonic của KVPTS và BTNCS lần lượt là 0,14% và 3,13%.

Đối với khí heli, lần lượt có 01 điểm và 02 điểm dị thường dương được phát hiện tại KVPTS và BTNCS. Hàm lượng phông của khí heli được xác định là 1,12 ppm và 1,99 ppm.

Tại BTNCS, phát hiện thấy 02 điểm dị thường dương của khí hydro. Hàm lượng phông của khí hydro trong khu vực này được tính toán là 7,83 ppm và 9,04 ppm lần lượt đối với KVPTS và BTNCS.

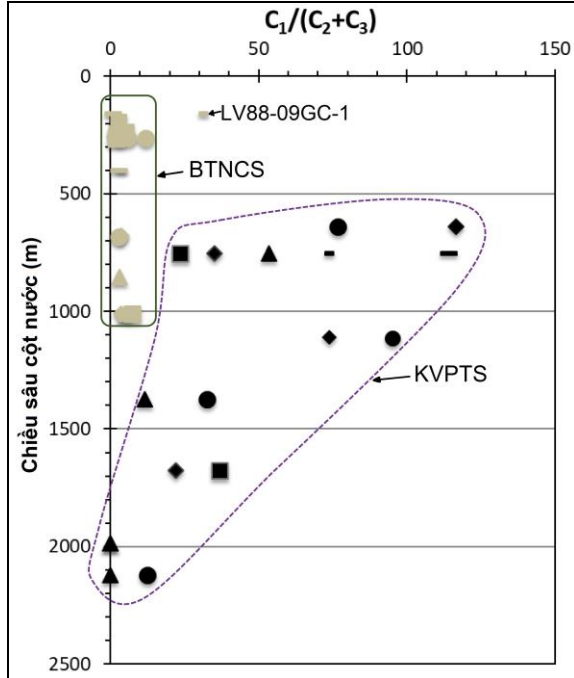
3.2. Nguồn gốc khí trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trung sâu Biển Đông

3.2.1. Luận giải nguồn gốc khí hydrocarbon theo các tỷ số hydrocarbon

3.2.1.1. Luận giải nguồn gốc khí hydrocarbon theo tỷ số $C_1/(C_2+C_3)$

Theo các nghiên cứu trước đây, khi các giá trị của tỷ số $C_1/(C_2+C_3)$ lớn hơn 1000 là dấu hiệu khí hydrocarbon có nguồn gốc sinh vật, là sản phẩm phân hủy các vật chất hữu cơ của các vi sinh vật. Trong khi giá trị nhỏ hơn 50 sẽ cho thấy nguồn gốc nhiệt và các giá trị trong khoảng 50-1000 là chỉ số nguồn hỗn hợp. Có thể thấy rằng tỷ số $C_1/(C_2+C_3)$ của khí hydrocarbon trong trầm tích tầng mặt

tại BTNCS hầu như thấp hơn hẳn tại KVPTS, với các giá trị phần lớn nhỏ hơn 10 (Hình 3.1). Điều này chỉ ra rằng, khí hydrocarbon trong các mẫu trầm tích tầng mặt tại BTNCS có nguồn gốc nhiệt còn tại KVPTS, khí hydrocarbon có nguồn gốc hỗn hợp (nguồn sinh vật + nguồn gốc nhiệt).



Hình 3.1. Tỷ số $C_1/(C_2+C_3)$ của các khí metan, etan và propan trong trầm tích tầng mặt theo độ sâu cột nước

3.2.1.2. Luận giải nguồn gốc khí hydrocarbon theo tỷ số C_1/C_2

Tỷ số C_1/C_2 của các khí metan và etan trầm tích tầng mặt tại BTNCS thấp hơn rõ rệt so với KVPTS. Điều này cho thấy rằng khí hydrocarbon tại BTNCS có nguồn gốc nhiệt dưới sâu còn khí hydrocarbon tại KVPTS nghiêng về nguồn gốc hỗn hợp.

3.2.1.3. Luận giải nguồn gốc khí hydrocarbon theo tỷ số $(C_2+C_3)/C_1$

Theo các nghiên cứu trước đây, khi tỷ số $(C_2+C_3)/C_1$ nhỏ hơn 0,1 là chỉ dấu của các khí có nguồn gốc từ trầm tích hiện tại, còn

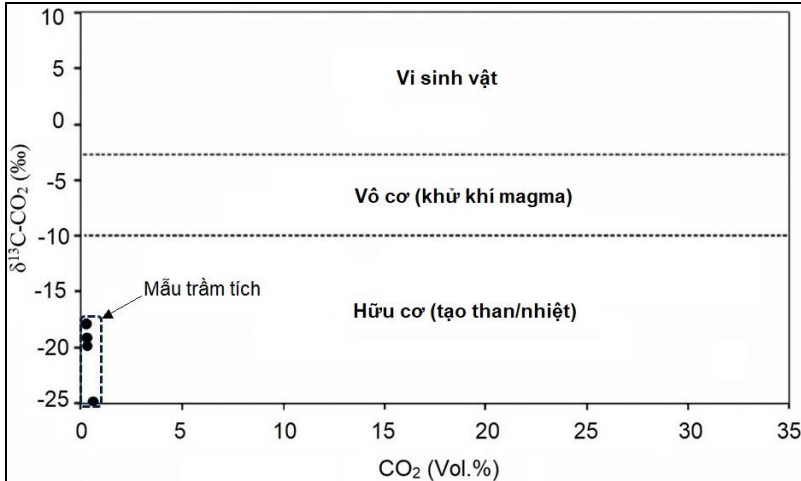
khí tỷ số này lớn hơn 0,1 sẽ là chỉ dấu của các khí có nguồn gốc dầu và khí. Tỷ số $(C_2+C_3)/C_1$ tại KVPTS đều nhỏ hơn 0,1 và tại BTNCS, tỷ số này phần lớn các giá trị lớn hơn 0,1. Do đó, khí hydrocarbon trong các mẫu trầm tích tầng mặt tại KVPTS có nguồn gốc từ trầm tích hiện đại, nghĩa là sản phẩm phân hủy các vật chất hữu cơ trong trầm tích hiện đại của các vi sinh vật. Trong khi đó, khí hydrocarbon trong các mẫu trầm tích tầng mặt tại BTNCS có nguồn gốc dầu và khí, được đưa từ dưới sâu lên.

3.2.1.4. Luận giải nguồn gốc khí hydrocarbon theo tỷ số $C_2/C_{2:1}$

Tỷ số $C_2/C_{2:1}$ của các khí etan và etylen trong trầm tích tầng mặt tại KVPTS nhỏ hơn nhiều so với BTNCS, với các giá trị đều nhỏ hơn 0.5 hoặc bằng 0. Điều này càng củng cố thêm nhận định về nguồn gốc hỗn hợp nhưng thiên về nguồn sinh vật của khí hydrocarbon trong các mẫu trầm tích tầng mặt tại KVPTS, và nguồn gốc nhiệt của khí hydrocarbon tại BTNCS.

3.2.2. Luận giải nguồn gốc khí hydrocarbon theo các đồng vị carbon

Thành phần đồng vị $\delta^{13}C$ của khí metan trong trầm tích tầng mặt tại khu vực nghiên cứu phần lớn đều cho giá trị của đồng vị nặng từ -29.4‰ đến -25.7‰. Đối sánh với các nghiên cứu trước đây cho thấy các khí metan trong khu vực nghiên cứu chủ yếu có nguồn gốc nhiệt. Các giá trị thành phần đồng vị $\delta^{13}C$ của khí carbonic trong trầm tích tầng mặt dao động từ -24,8‰ đến -17,6‰, là chỉ dấu của khí có nguồn gốc từ quá trình phân hủy nhiệt của vật chất hữu cơ, thường là sản phẩm của quá trình tạo than hoặc dầu khí (Hình 3.2).



Hình 3.2. Vị trí thành phần đồng vị $\delta^{13}\text{C}$ của khí carbonic trong trầm tích tầng mặt tại vùng nghiên cứu

3.2.3. *Mối quan hệ giữa đặc điểm trầm tích tầng mặt và đặc điểm khí trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trung sâu Biển Đông*

3.2.3.1. *Mối quan hệ giữa đặc điểm địa hóa trầm tích tầng mặt và đặc điểm khí trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trung sâu Biển Đông*

Kết quả phân tích cho thấy, các mẫu trầm tích tầng mặt tại khu vực nghiên cứu đều là sét, sét bột với hàm lượng sét chiếm ưu thế với hàm lượng không đáng kể của cát. Hàm lượng các ôxit như SiO_2 , Al_2O_3 , CaO và Fe_2O_3 cao so với các ôxit khác. Các nguyên tố vết được xác định hàm lượng bao gồm Ag, As, Ba, Bi, Cd, Cs, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Sr, Zn, Sc, Y và 15 nguyên tố thuộc dãy lanthanide. Đồ thị chuẩn hóa theo chondrite của các nguyên tố đất hiếm cho thấy các mẫu trầm tích tầng mặt tại khu vực nghiên cứu có nguồn cấp đều là lục địa. Hàm lượng tổng cacbon hữu cơ trong các mẫu dao động từ 0,18 đến 1,45%, trung bình là 0,83%. Hàm lượng protein trong các mẫu dao động trong khoảng 0,26 - 0,52%. Các giá trị tổng sulfur tại các mẫu LV88-12GC-1 và LV88-12GC-2 cao hơn hẳn các giá trị còn lại. Bên cạnh đó, hàm lượng tổng nitơ trong các mẫu dao động từ 0,067 đến 0,106%.

Qua phân tích thống kê đối với từng nguyên tố vết cho thấy, tồn tại các giá trị dị thường dương của các nguyên tố Mo, As, Cu, Pb. Đặc biệt là, các dị thường này chủ yếu tập trung ở ống phóng LV88-12GC với các giá trị rất cao so với các mẫu còn lại. Các ống phóng LV88-12GC và LV88-03GC là các điểm có biểu hiện khí H₂S, có thể liên quan đến các hoạt động phun thủy nhiệt (hydrothermal vent). Điều này cho thấy sự tương đồng khá rõ nét với các nghiên cứu trước đây.

3.2.3.2. Mối quan hệ giữa thành phần độ hạt trầm tích tầng mặt và đặc điểm khí trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông

Kết quả đánh giá cho thấy hầu như không thấy tương quan giữa thành phần khí metan và khí hydro với các cấp hạt sét và bột và cấp hạt cát, cùng với tương quan rất yếu, hầu như không đáng kể giữa thành phần khí heli với các cấp hạt nói trên. Số liệu trên cho thấy chưa tìm thấy mối quan hệ giữa hàm lượng khí trong trầm tích tầng mặt tại khu vực nghiên cứu và đặc điểm thành phần độ hạt của trầm tích tầng mặt.

3.2.4. Mối quan hệ giữa khí trong trầm tích tầng mặt và hệ thống đứt gãy khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông

3.2.4.1. Khái quát chung

Các nghiên cứu trước đã chỉ ra rằng, thành phần khí trong trầm tích đáy và nước biển có mối quan hệ chặt chẽ với nguồn gốc sinh thành ra nó đồng thời hệ thống đứt gãy được xem là kênh vận chuyển chính các chất khí này từ các cấu trúc sâu bên dưới đi lên bề mặt đáy biển. Các hoạt động kiến tạo hoặc động đất có thể tạo ra sự dị thường của hydro và helium, sự xâm nhập của magma có thể tạo ra sự dị thường về hydro và cacbonic.

3.2.4.2. Các tiền đề nghiên cứu

Chuyến khảo sát của tàu nghiên cứu biển Akademik Boris Petrov trong năm 2017 đã xác định vùng thứ 4 phân bố ở phần phía đông của bồn trũng Nam Côn Sơn và bồn trũng Tư Chính – Vũng Mây, phía Nam thềm lục địa Việt Nam, khí metan có hàm lượng rất cao và chỉ ra triển vọng dầu khí của vùng nghiên cứu.

Theo các nghiên cứu trước đây, hàm lượng metan cao tại khu vực này nghiên cứu có liên hệ mật thiết với cấu trúc địa chất.

Đây là khu vực điển hình của các biểu hiện dòng khí metan từ các tích tụ hydrocarbon (các mỏ Lan Đỏ, Lan Tây và các mỏ khác) dọc theo các đới đứt gãy sâu.

3.2.4.3. Vai trò của hệ thống đứt gãy là kênh dẫn của khí có nguồn gốc dưới sâu lên trầm tích đáy biển từ các bằng chứng địa hóa khí

Theo các phân tích đã chỉ ra ở trên, các khí hydrocarbon trong trầm tích tầng mặt tại KVPTS và BTNCS có nguồn gốc lần lượt thiên về nguồn gốc sinh vật và nguồn gốc nhiệt. Đối tượng trọng tâm nghiên cứu sẽ là các khí trong trầm tích tầng mặt phân bố tại BTNCS và nằm trong khu vực hoạt động của đứt gãy kinh tuyến 109°, cùng với hệ thống các đứt gãy phương Đông Bắc - Tây Nam. Các thông số đặc trưng địa hóa khí cho thấy vai trò rõ ràng của hệ thống đứt gãy tới thành phần khí trong trầm tích đáy biển dọc theo khu vực khảo sát. Trong nghiên cứu này, các điểm dị thường của khí heli và hydro trong trầm tích tầng mặt tại khu vực này cũng đã được chỉ ra. Hàm lượng cao của khí heli và hydro thường liên quan đến các đứt gãy sâu, có thể liên quan tới manti và hoạt động núi lửa. Chính vì thế, các đứt gãy sâu thường được nhận diện bởi các dị thường heli trong trầm tích tầng mặt và nước tầng đáy.

CHƯƠNG 4. ĐẶC ĐIỂM PHÂN BỐ KHÍ TRONG TRẦM TÍCH TẦNG MẶT TẠI KHU VỰC TÂY NAM TRƯNG SÂU BIỂN ĐÔNG

4.1. Đặc điểm phân bố khí trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trung sâu Biển Đông

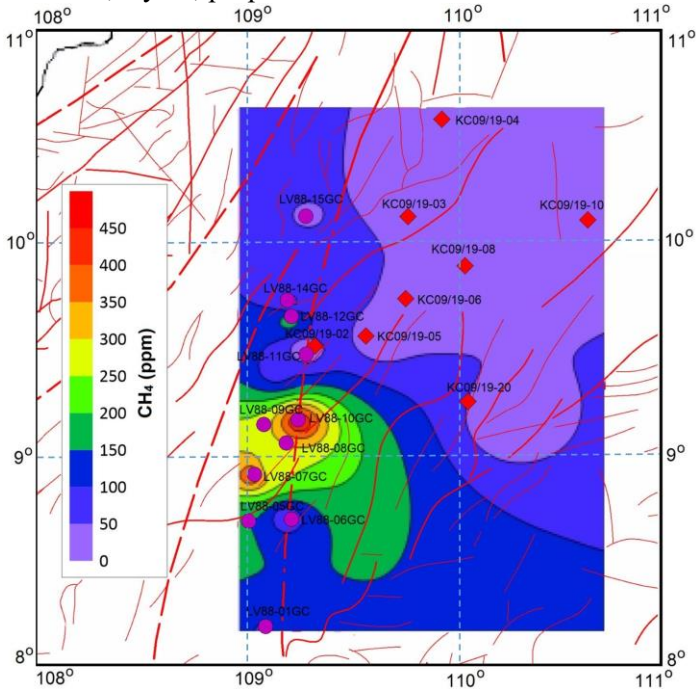
4.1.1. Đặc điểm phân bố khí hydrocarbon trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trung sâu Biển Đông

4.1.1.1. Đặc điểm phân bố khí metan khu vực Tây Bắc Đông theo các tài liệu trước đây

Các nghiên cứu trước đây đã ghi nhận sự tương phản rõ nét của hàm lượng khí metan hòa tan trong nước tầng đáy của khu vực tây Bắc Đông. Cụ thể là, khí metan có hàm lượng thấp (10-20 nl/l) đã được tìm thấy tại khu vực nước sâu (500-3800 m). Trong khi đó, tại các khu vực thềm lục địa (30-200 m) và sườn lục địa (200-500 m), giá trị phong của khí metan tăng tới 30-40 nl/l.

4.1.1.2. Đặc điểm phân bố khí hydrocacbon trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trung sâu Biển Đông

Do ảnh hưởng của cấu trúc địa chất, mà các giá trị hàm lượng khí hydrocacbon trong trầm tích tầng mặt có sự chênh lệch rõ rệt giữa hai khu vực là BTNCS và KTPTS. Cụ thể là, hàm lượng khí hydrocacbon và khí carbonic trong trầm tích tầng mặt thu được tại BTNCS cao hơn nhiều so với KVPTS. Ngoài ra, đặc điểm dễ nhận thấy nhất là sự vượt trội của thành phần khí metan so với các khí khác như etan, etylen, propan và butan.



Hình 4.1. Phân bố hàm lượng khí metan trong trầm tích tầng mặt tại khu vực nghiên cứu

Theo sơ đồ phân bố hàm lượng khí metan trong trầm tích tầng mặt (Hình 4.1), hàm lượng khí metan giảm rõ rệt từ Tây sang Đông tại khu vực nghiên cứu theo chiều tăng của độ sâu cột nước. Tại BTNCS, hàm lượng khí metan có xu hướng cao nhất ở khu vực trung tâm, và giảm về cả hai hướng Nam và Bắc.

Các khí hydrocacbon nặng hơn metan có quy luật phân bố tương tự khí metan, với hàm lượng trong trầm tích tầng mặt giảm rõ rệt từ Tây sang Đông theo chiều tăng của độ sâu cột nước. Tại BTNCS, các khí hydrocacbon nặng trong trầm tích tầng mặt với hàm lượng cao vượt trội so với KVPTS và các giá trị cao chủ yếu tập trung tại phần trung tâm của BTNCS.

4.1.1.3. Đặc điểm ngưỡng, phong và dị thường của khí hydrocacbon trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông

Các giá trị 2,2 ppm và 103 ppm lần lượt là hàm lượng phong của khí metan phân bố trong trầm tích tầng mặt tại KVPTS và BTNCS. Khu vực này tồn tại một đới thoát khí metan lớn, dọc theo khu vực sườn lục địa của BTNCS.

Các giá trị 0,11 ppm và 7,45 ppm có thể coi là hàm lượng phong của khí etylen trong trầm tích tầng mặt tại KVPTS và BTNCS. Đối với khí etan, các giá trị 0,0056 ppm và 24,2 ppm lần lượt là hàm lượng phong của khí etan trong trầm tích tầng mặt tại KVPTS và BTNCS. Hàm lượng phong của khí propan trong trầm tích tầng mặt tại KVPTS và BTNCS lần lượt là 0,029 ppm và 5,92 ppm. Khí butan có hai đồng phân là butan và i-butan. Tuy nhiên tại KVPTS, hai khí này hầu như không phát hiện thấy và chỉ thấy được tại BTNCS, với lần lượt là 38,5% và 17,9% mẫu phân tích. Hàm lượng phong của khí butan trong trầm tích tại BTNCS là 0,625 ppm.

4.1.2. Đặc điểm phân bố khí carbonic, hydro và heli trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông

4.1.2.1. Đặc điểm phân bố khí carbonic, hydro và heli trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông

Tương tự như các khí hydrocacbon, khí carbonic cũng có xu hướng giảm hàm lượng rõ rệt từ Tây sang Đông trong vùng nghiên cứu, từ khu vực thềm và sườn lục địa tới khu vực nước sâu. Sự phân bố khí hydro trong trầm tích tại vùng nghiên cứu không thể hiện tính quy luật giống như khí hydrocacbon và khí carbonic. Các vị trí có

hàm lượng khí hydro cao nằm rải rác tại BTNCS và KVPTS. Hàm lượng khí heli trong trầm tích tầng mặt nhìn chung giảm dần theo chiều sâu cột nước. Điều này khá tương đồng với quy luật phân bố của các khí hydrocacbon.

4.1.2.2. Đặc điểm phong, ngưỡng và dị thường khí carbonic, hydro và heli tại khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông

Các giá trị phong, ngưỡng và dị thường các khí carbonic, hydro và heli tại vùng nghiên cứu cũng được tính toán theo số liệu tại hai khu vực là BTNCS và KVPTS để đảm bảo sự thống nhất về cấu trúc địa chất. Các giá trị 0,11 ppm và 1,34 ppm có thể coi là hàm lượng phong của khí carbonic trong trầm tích lần lượt tại KVPTS và BTNCS. Đối với khí hydro, tại KVPTS và BTNCS lần lượt tồn tại bốn điểm và hai dị thường khí hydro trong trầm tích tầng mặt. Giá trị 7,83 ppm và 9,04 ppm có thể xem là hàm lượng phong của khí hydro trong trầm tích tầng mặt thuộc KVPTS và BTNCS tại vùng nghiên cứu.

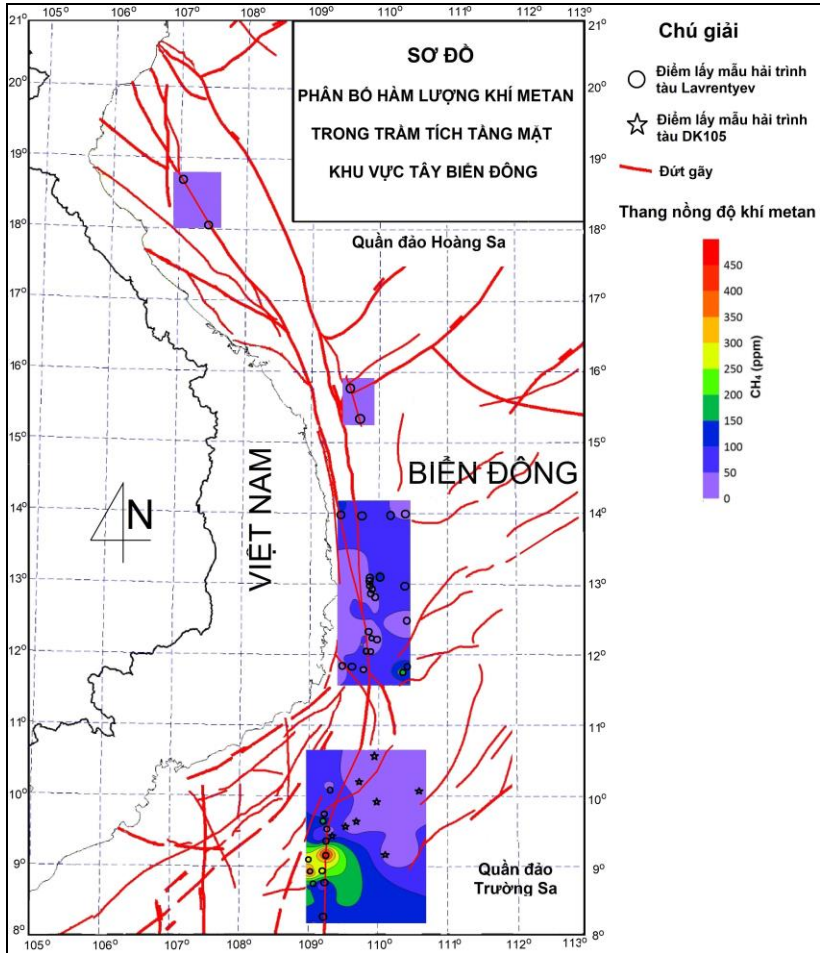
Kết quả phân tích số liệu cho thấy, giá trị 1,12 ppm và 1,99 ppm có thể coi là hàm lượng phong của khí heli trong trầm tích tầng mặt thuộc KVPTS và BTNCS tại vùng nghiên cứu. Tại hai chuỗi này lần lượt ghi nhận một điểm và hai điểm dị thường dương.

4.2. So sánh khí trong trầm tích tầng mặt giữa khu vực nghiên cứu với bồn trũng Phú Khánh, bồn trũng Sông Hồng, và khu vực vịnh Bắc Bộ

4.2.1. So sánh đặc điểm khí trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông và các bồn trầm tích Phú Khánh và Sông Hồng

Ngoại trừ các khí carbonic, tất cả các khí hydrocacbon trong trầm tích tuân theo quy luật giảm dần về hàm lượng từ khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông tới bồn trầm tích Phú Khánh và cuối cùng là bồn trầm tích Sông Hồng khi xét cả về giá trị lớn nhất và giá trị trung bình. Hàm lượng phong của khí metan trong trầm tích tại bồn

trũng Nam Côn Sơn, bồn trũng Phú Khánh và bồn trũng Sông Hồng lần lượt có giá trị là 103 ppm, 34 ppm và 26 ppm.



Hình 4.2. Sơ đồ phân bố của hàm lượng khí metan trong trầm tích tầng mặt trong các ống phóng trọng lực tại khu vực Tây Biển Đông

Đặc điểm phân bố khí metan trong trầm tích tầng mặt khu vực Tây Biển Đông có sự tương đồng rõ rệt với khí metan trong cột nước biển tầng mặt và tầng đáy khu vực Tây Biển Đông theo hải trình của tàu Lavrentyev năm 2019.

4.2.2. So sánh đặc điểm khí trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông và khu vực vịnh Bắc Bộ

Các trường địa hóa khí tại khu vực Vịnh Bắc Bộ đã được nghiên cứu và đã chỉ ra hàm lượng trung bình các khí hydrocarbon, heli và hydro theo các tuyến đo. Theo đó, hàm lượng trung bình trong các tuyến đo đối với khí metan, etylen, etan, propan và butan lần lượt là 3,98 ppm; 1,12 ppm; 0,18 ppm; 0,1 ppm và 0,38 ppm. Các giá trị này thấp hơn nhiều lần khi so sánh với khí hydrocarbon trong trầm tích tại khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông thuộc BTNCS nhưng lại cao hơn khi so với KVPTS.

Trong khi đó, hàm lượng trung bình của khí hydro trong trầm tích tầng mặt tại KVPTS và BTNCS đều cao hơn so với khu vực Vịnh Bắc Bộ. Ngược lại, hàm lượng khí heli trong trầm tích tầng mặt tại KVPTS và BTNCS thấp hơn nhiều so với khu vực Vịnh Bắc Bộ.

4.2.3. So sánh khí metan trong trầm tích tầng mặt giữa khu vực nghiên cứu và các vùng biển khác trên thế giới

Các số liệu cho thấy rằng, khí metan trong trầm tích tầng mặt tại cả hai khu vực BTNCS và KVPTS có giá trị nhỏ hơn hẳn so với với các vùng biển rìa phía Tây Thái Bình Dương khác như Biển Okhotsk, Biển Nhật Bản, và Biển Đông Siberi khi so sánh về các giá trị trung bình và lớn nhất. Các khu vực biển trên đều có các giá trị dị thường khí metan rất lớn, thể hiện các đới thoát khí quy mô lớn từ các đới đứt gãy hoạt động.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

KẾT LUẬN

1. Các loại khí trong trầm tích bao gồm hydrocacbon, carbonic, heli và hydro thu được từ bồn trũng Nam Côn Sơn có hàm lượng cao hơn so với khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông. Sự khác biệt về cấu trúc địa chất là nguyên nhân chính gây ra sự chênh lệch này.
2. Khí metan trong trầm tích tầng mặt có hàm lượng dao động từ 0,5 ppm đến 440 ppm. Hàm lượng phong của khí metan trong trầm tích tại khu vực Tây Nam phụ trũng sâu Biển Đông (KVPTS) và bồn trũng Nam Côn Sơn (BTNCS) có các giá trị lần lượt là 2,2 ppm và 103 ppm. Hàm lượng phong của các khí hydrocacbon khác như etan, etylen và propan trong trầm tích tầng mặt thuộc bồn trũng Nam Côn Sơn cao hơn nhiều lần so với khu vực Tây Nam phụ trũng sâu Biển Đông.
3. Các tỷ số khí hydrocacbon $C_1/(C_2+C_3)$, C_1/C_2 , $C_2/C_{2:1}$, $(C_2+C_3)/C_1$ được tính toán để luận giải nguồn gốc khí hydrocacbon tại khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông cho thấy khí hydrocacbon trong các mẫu trầm tích thuộc phía Đông bồn trũng Nam Côn Sơn có nguồn gốc nhiệt, còn tại khu vực Tây Nam phụ trũng sâu có nguồn gốc hỗn hợp (nguồn sinh vật + nguồn gốc nhiệt).
4. Nhận định về nguồn gốc nhiệt của khí hydrocacbon trong trầm tích tầng mặt tại bồn trũng Nam Côn Sơn đã được củng cố bằng các giá trị thành phần đồng vị $\delta^{13}C$ của khí carbonic và khí metan.
5. Phân tích mối quan hệ giữa đặc điểm trầm tích và khí trong trầm tích tại khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông cho thấy, tại vị trí

ồng phóng LV88-12GC có các biểu hiện có thể liên quan đến hoạt động phun thủy nhiệt (hydrothermal vent) do hàm lượng các nguyên tố Mo, As, Cu, Pb rất cao so với các mẫu còn lại.

6. Tổng hợp các đặc trưng địa hóa khí khẳng định nguồn gốc nhiệt sâu của khí trong trầm tích đáy biển tại phía Đông bồn trũng Nam Côn Sơn thuộc khu vực nghiên cứu. Hệ thống đứt gãy Vách dốc Đông Việt Nam (Kinh tuyến 109°), cùng với hệ thống các đứt gãy phương Đông Bắc-Tây Nam được xem là các kênh dẫn chính của các khí này.

7. Hàm lượng các loại khí hydrocarbon, carbonic và heli trong trầm tích tầng mặt giảm rõ rệt từ Tây sang Đông theo chiều tăng của độ sâu cột nước. Kết quả này cùng với các dữ liệu đã công bố cho thấy tại khu vực nghiên cứu tồn tại một đới thoát khí hydrocarbon lớn. Hàm lượng phông của khí metan trong trầm tích tầng mặt giảm dần từ Nam lên Bắc, cụ thể là tại bồn trũng Nam Côn Sơn là 103 ppm, bồn trũng Phú Khánh là 34 ppm và bồn trũng Sông Hồng là 26 ppm.

8. Khí metan trong trầm tích tầng mặt tại bồn trũng Nam Côn Sơn cao vượt trội so với tại khu vực Vịnh Bắc Bộ; dù vậy, so với các vùng biển rìa phía Tây Thái Bình Dương như Biển Okhotsk, Biển Nhật Bản, và Biển Đông Siberi, chúng có giá trị thấp hơn rõ rệt về các giá trị trung bình và lớn nhất. Một trong những nguyên nhân chính là hoạt động địa chấn ít tích cực tại khu vực Tây Biển Đông.

KIẾN NGHỊ

Những kết quả nghiên cứu ban đầu của luận án có tính chất tổng hợp về đặc điểm địa hóa khí trong trầm tích tầng mặt tại khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông nói riêng, và tại khu vực Tây Biển Đông nói chung. Chúng là thông tin tổng quát về đặc điểm địa hóa khí trong trầm tích tầng mặt cũng như nguồn gốc của chúng trong khu vực nghiên cứu. Do đó, cần có những nghiên cứu chi tiết hơn khi tiến hành thăm dò khảo sát dầu khí tại từng khu vực cụ thể trong vùng nghiên cứu, đặc biệt tại khu vực bồn trũng Nam Côn Sơn.

DANH MỤC CÁC BÀI BÁO ĐÃ XUẤT BẢN LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. **Le Duc Luong**, Ryuichi Shinjo, Nguyen Hoang, Renat B. Shakirov, Nadezhda Syrbu (2018). *Spatial variations in dissolved rare earth element concentrations in the East China Sea waters*. Marine Chemistry, No 205, page 1 -15. ISSN: 0304 – 4203. DOI: 10.1016/j.marchem.2018.07.004.
2. **Le Duc Luong**, Renat B. Shakirov, Nguyen Hoang, Ryuichi Shinjo, Anatoly Obzhairov, Nadezhda Syrbu, Maria Shakirova (2019). *Features in REE and methane anomalies distribution in the East China Sea water column: a comparison with the South China Sea*. Water Resources, Vol 46, No 205, page 807 - 816. ISSN: 0097 – 8078. DOI: 10.1134/S0097807819050142.
3. Syrbu Nadezhda, **Le Duc Luong**, Kholmogorov Andrei, Nguyen Hoang, 2021. *Formation of anomalous gas fields of helium and hydrogen in the Cat Ba, Co To and Bach Long Vi islands, northern Vietnam*. Vietnam Journal of Earth Sciences, 43, 3, 301-315. ISSN: 0866-7187. DOI: <https://doi.org/10.15625/2615-9783/16197>
4. **Le Duc Luong**, Anatoly Obzhairov, Nguyen Hoang, Renat B. Shakirov, Le Duc Anh, Nadezhda Syrbu, Dang Minh Tuan, Nguyen Van Tao, Tran Thi Huong, Do Huy Cuong, Kholmogorov Andrei, Phan Van Binh, Mishukova Olga, A.I. Eskova, 2021. *Distribution of Gases in Bottom sediments of the Southwestern Sub-Basin South China Sea (Bien Dong)*. Russian Journal of Pacific Geology, 15, 2, 144-154. ISSN: 1819 – 7140. DOI: 10.1134/S1819714021020044.
5. **Le Duc Luong**, Nguyen Hoang, Ryuichi Shinjo, Renat B. Shakirov, Anatoly Obzhairov, 2021. *Chemical, mineralogical, and physicochemical features of surface saline muds from southwestern sub-basin of the East Vietnam Sea: Implication for new peloids*. Vietnam Journal of Earth Sciences, 43, 4, 496-508. ISSN: 0866-7187.
6. Nguyen Hoang, Shinjo Ryuichi, Tran Thi Huong, **Le Duc Luong**, Le Duc Anh, 2021. *Mantle geodynamics and source domain of the East Vietnam Sea opening-induced volcanism in Vietnam and neighboring regions*. Vietnam Journal of Marine Science and Technology, 21, 4, 393-417.