

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

BÁO CÁO SINH HOẠT HỌC THUẬT

Tên báo cáo:

**Đặc điểm phân bố, thành phần vật chất vỏ, kết
hạch Fe-Mn trứng sâu Tây Nam biển Đông**

Cơ quan chủ trì: Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Chủ nhiệm báo cáo: TS. Nguyễn Khắc Du

Hà Nội, 6/2026

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU.....	1
CHƯƠNG 1	3
TỔNG QUAN VỀ NGHIÊN CỨU VỎ VÀ KẾT HẠCH Fe-Mn TRÊN THỂ GIỚI VÀ BIÊN ĐỒNG	3
1.1. KHÁI QUÁT ĐIỀU KIỆN TỰ NHIÊN VÙNG NGHIÊN CỨU VÀ TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU KHOÁNG SẢN RẮN BIÊN SÂU	3
1.2. TỔNG QUAN VỀ TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU KHOÁNG SẢN RẮN BIÊN SÂU...	6
CHƯƠNG 2	13
PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....	13
2.1. PHƯƠNG PHÁP TỔNG HỢP VÀ XỬ LÝ TÀI LIỆU	13
2.2. NHÓM PHƯƠNG PHÁP KHẢO SÁT, LẤY MẪU NGOÀI THỰC ĐỊA	13
2.3. NHÓM PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH TRONG PHÒNG THÍ NGHIỆM.....	15
CHƯƠNG 3	17
ĐẶC ĐIỂM TRẦM TÍCH TẦNG MẶT VÙNG NGHIÊN CỨU.....	17
3.1. ĐẶC ĐIỂM PHÂN BỐ TRẦM TÍCH TẦNG MẶT.....	17
3.2. ĐẶC ĐIỂM THÀNH PHẦN KHOÁNG VẬT, ĐỊA HÓA TRẦM TÍCH VÙNG NGHIÊN CỨU	17
3.3. NGUỒN CUNG CẤP VÀ QUY LUẬT PHÂN BỐ VẬT LIỆU TRẦM TÍCH VÙNG NGHIÊN CỨU	21
CHƯƠNG 4	22
ĐẶC ĐIỂM KHOÁNG VẬT, ĐỊA HÓA CỦA VỎ, KẾT HẠCH SẮT – MANGAN VÙNG NGHIÊN CỨU.....	22
4.1. ĐẶC ĐIỂM PHÂN BỐ VỎ, KẾT HẠCH Fe-Mn.....	22
4.2. ĐẶC ĐIỂM HÌNH THÁI, CẤU TRÚC KẾT HẠCH, VỎ Fe-Mn	23
4.3. ĐẶC ĐIỂM THẠCH HỌC, KHOÁNG VẬT	24
4.4. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA HÓA VỎ, KẾT HẠCH Fe-Mn	25
4.5. ĐIỀU KIỆN THÀNH TẠO VỎ, KẾT HẠCH Fe-Mn	29
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	31
I. KẾT LUẬN	31
II. KIẾN NGHỊ	32
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	33

MỞ ĐẦU

Biển Đông Việt Nam là một vùng biển rìa nằm phía Tây Nam Thái Bình Dương, mang nhiều ý nghĩa về vị thế địa chính trị cũng như tài nguyên mà nó đem lại. Từ những năm đầu thế kỷ XX, đã có nhiều cuộc khảo sát nghiên cứu nhằm thu thập đủ lượng mẫu vật để tìm hiểu, đánh giá phân tích đặc điểm tự nhiên của vùng biển này phục vụ cho nhiều mục đích khác nhau; Trong đó các nghiên cứu về đặc điểm địa hình-địa mạo, địa chất, kiến tạo, trầm tích, tài nguyên biển ở nhiều quy mô khác nhau đã được thực hiện liên tục và xuyên suốt, mang lại nhiều kết quả quan trọng.

Trên thế giới, kết vỏ và kết hạch Fe-Mn đã được phát hiện từ cuối thế kỷ 19, trải qua hơn thế kỷ đầu tư nghiên cứu. Tính đến nay, việc xác định các khu vực phân bố, đặc điểm thành phần hóa học, khoáng vật, địa hóa, mô hình nguồn gốc hình thành, cũng như kỹ thuật điều tra, tìm kiếm, thăm dò khoáng sản rạn biển sâu đã được nghiên cứu trên phạm vi toàn cầu. Khu vực Biển Đông đã được các nhà nghiên cứu Trung Quốc và quốc tế nghiên cứu, đã xác định và phân loại được các vùng tồn tại vỏ mangan và kết hạch sắt-mangan ở khu vực phía bắc Biển Đông.

Trên phạm vi khu vực Biển Đông, hiện nay kết hạch và vỏ Fe-Mn đã được tìm thấy tại nhiều vị trí như trên bề mặt cao nguyên Bắc Hoàng Sa, phía Đông Bắc Biển Đông gần eo biển Luzon, phía Tây Nam trũng sâu Biển Đông... Điều này cho thấy môi trường thành tạo, phát triển và tồn tại của vỏ, kết hạch Fe-Mn có đặc điểm hình thái địa hình, chế độ thủy động lực và đặc điểm sinh địa hóa đa dạng, phức tạp. Vùng biển sâu Nam Trung Bộ nằm về phía Tây của Biển Đông, giáp thêm lục địa Nam Trung Bộ có cấu trúc địa chất và địa hình phân dị mạnh mẽ, cùng nhiều khối nâng ngầm nổi cao và bồn trũng, địa hào nằm xen kẽ trên bề mặt địa hình, kéo theo sự phân dị trong phân bố trầm tích. Sự hình thành và phân bố trên bề mặt đáy biển của khoáng sản rạn biển sâu, điển hình như vỏ, kết hạch Fe-Mn, có sự liên hệ mật thiết với đặc điểm địa hình, địa tầng khu vực cũng như lớp phủ trầm tích tầng mặt.

Tính đến thời điểm hiện tại, mặc dù trong một số đề án hợp tác quốc tế, và một số đề tài nghiên cứu khoa học cấp Nhà nước đã được thực hiện trong những năm gần đây (KC09.30, KC09.31, KC09.32 và KC09.33) đã thu thập được một số mẫu kết vỏ và kết hạch Fe-Mn ở khu vực biển sâu Nam Trung Bộ (BSNTB), bước đầu đã đạt được những kết quả nghiên cứu nhất định. Tuy nhiên, do điều kiện khảo sát lấy mẫu rất khó khăn nên lượng mẫu vỏ, kết hạch Fe-Mn mà các đề tài, nhiệm vụ nói trên thu được là rất hạn chế. Đơn vị chủ trì thực hiện đề tài hiện đang thi công hai dự án lớn về điều tra tài nguyên môi trường biển là Dự án “Nghiên cứu, điều tra,

đánh giá khoan định các cấu trúc địa chất có tiềm năng và triển vọng khí hydrate ở các vùng biển Việt Nam” và Dự án “Điều tra đặc điểm địa chất, cấu trúc - địa động lực, hiện trạng môi trường và dự báo tai biến vùng biển Bình Thuận - Cà Mau (đến độ sâu 300m nước), tỷ lệ 1:500.000”. Phạm vi điều tra của hai dự án này triển khai tại diện tích rộng và đến độ sâu 2500m nước.

Trên cơ sở tài liệu thu thập được, mục tiêu của báo cáo học thuật này là:

- Làm rõ được đặc điểm phân bố, đặc điểm khoáng vật, địa hóa vỏ, kết hạch Fe-Mn khu vực Nam Trung Bộ Việt Nam phục vụ cho công tác điều tra cơ bản tài nguyên biển.

Ngoài phần mở đầu và kết luận, báo cáo có nội dung được biên tập thành 4 chương với bố cục như sau:

- Chương 1: Tổng quan về nghiên cứu vỏ và kết hạch Fe-Mn trên thế giới và Biển Đông.
- Chương 2: Phương pháp nghiên cứu
- Chương 3: Đặc điểm trầm tích tầng mặt vùng nghiên cứu
- Chương 4: Đặc điểm khoáng vật, địa hóa của vỏ, kết hạch Fe-Mn vùng nghiên cứu

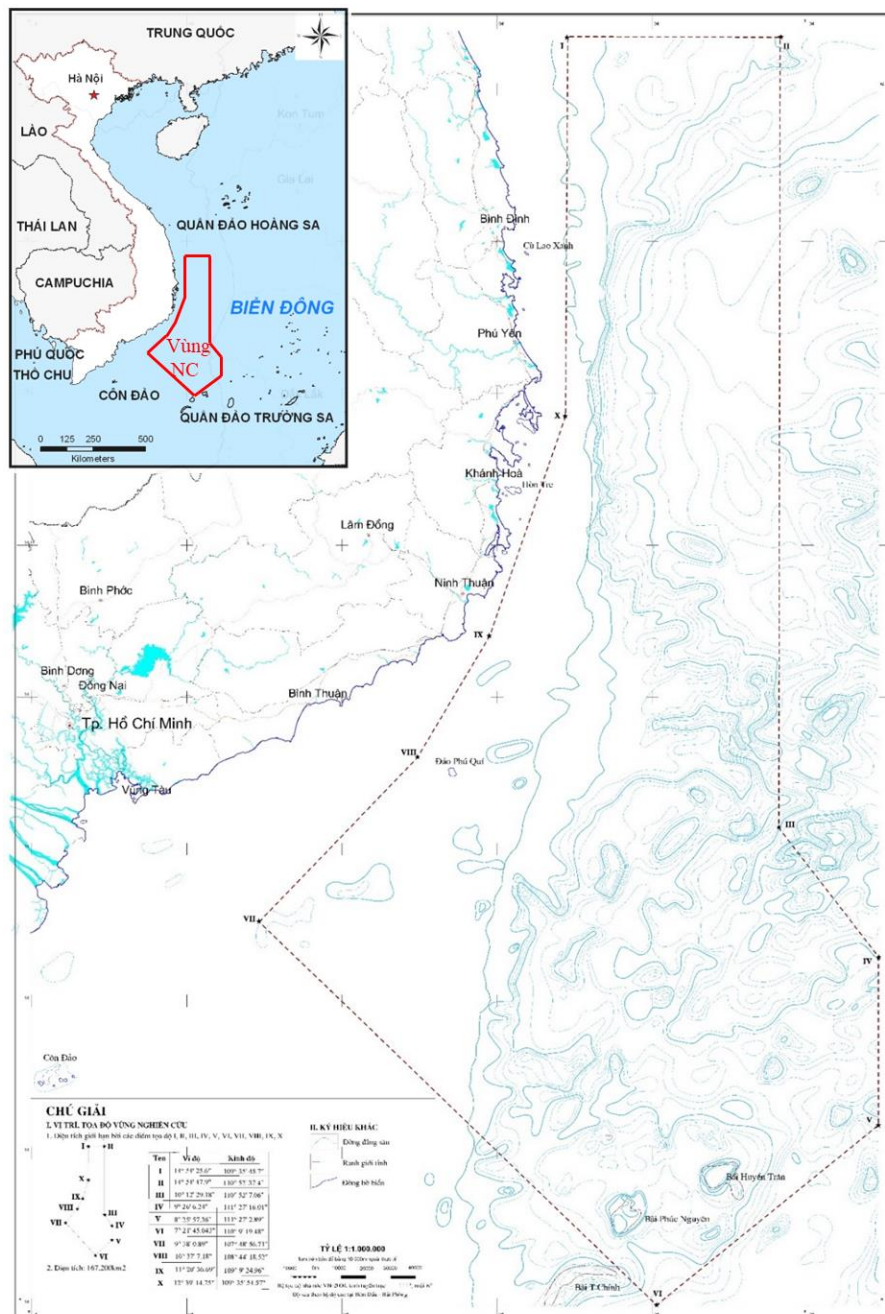
CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN VỀ NGHIÊN CỨU VỎ VÀ KẾT HẠCH Fe-Mn TRÊN THỂ GIỚI VÀ BIỂN ĐÔNG

1.1. KHÁI QUÁT ĐIỀU KIỆN TỰ NHIÊN VÙNG NGHIÊN CỨU VÀ TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU KHOÁNG SẢN RẮN BIỂN SÂU

1.1.1. Vị trí địa lý của vùng nghiên cứu

Vùng nghiên cứu biển sâu Nam Trung Bộ thuộc một phần của trũng sâu Biển Đông nằm trải dài từ đới ven bờ đến tận đồng bằng biển thẳm, và được giới hạn bởi 10 điểm góc được đánh số La Mã từ I đến X, với tọa độ địa lý từ $7^{\circ}21'45''$ đến $14^{\circ}54'48''$ vĩ độ Bắc và từ $107^{\circ}48'56''$ đến $111^{\circ}27'16''$ kinh độ Đông (Hình 1.1).



Hình 1.1. Sơ đồ vị trí địa lý vùng nghiên cứu

1.1.2. Đặc điểm cơ bản về khí tượng, hải văn vùng biển Nam Trung Bộ

a. Đặc điểm khí hậu

Vùng nghiên cứu nằm trong vùng khí hậu gió mùa xích đạo, ít biến đổi theo mùa, hầu như nóng quanh năm nhiệt độ trung bình khoảng 28°C, độ ẩm không khí khoảng 82%. Theo lượng mưa có thể chia khí hậu vùng nghiên cứu làm 2 mùa: mùa khô từ tháng 1 đến tháng 6, mùa mưa từ tháng 7 đến tháng 12 với lượng mưa trung bình năm là 1.200 - 2.200 mm/năm. Chế độ gió cũng có 2 mùa rõ rệt: gió mùa Đông Bắc vào mùa Đông và gió Tây Nam vào mùa hè. Khu vực này có số lượng các cơn bão hàng năm thấp hơn so với khu vực phía Bắc Biển Đông.

Nhìn chung vùng nghiên cứu có chế độ gió khá phức tạp do địa hình bờ biển có nhiều núi cao. Vào mùa khô hướng gió thịnh hành là Đông Bắc và Bắc. Vào mùa mưa hướng thịnh hành là Tây Nam và Tây. Hoạt động của bão: Khu vực chịu nhiều ảnh hưởng của bão hoạt động trên Biển Đông, mỗi đợt từ vài ngày đến trên 1 tuần, chủ yếu từ tháng 7 cho tới tháng 11 trong năm.

+ Chế độ thủy triều: Thủy triều ở khu vực này mang tính bán nhật triều không đều với biên độ dao động từ 2,0 - 3,5m. Hầu hết số ngày trong tháng có 2 lần triều dâng và 2 lần triều rút. Tại Vũng Tàu, độ lớn triều trung bình năm là 3,68m; triều lớn cực đại vào các tháng mùa mưa là tháng 6 đến tháng 8; triều lớn cực đại vào mùa khô từ tháng 12 đến tháng 2 năm sau. Các giá trị mực nước cao nhất đo được là 4,15m; thấp nhất là 0,40m và trung bình là 2,46m.

+ Chế độ sóng biển ở vùng nghiên cứu chịu ảnh hưởng trực tiếp của chế độ gió trong khu vực. Vào mùa Đông, từ tháng 11 - 4 hướng sóng thịnh hành Đông Bắc và Đông, độ cao sóng trung bình 1 - 1,2m; cực đại đạt tới 2,5 - 3m. Vào mùa hè, từ tháng 5 - 10, hướng sóng thịnh hành là Tây Nam, độ cao sóng trung bình là 0,8 - 1,1m; cực đại đạt 2 - 2,5m.

+ Chế độ dòng chảy: Mùa hè dòng chảy có xu thế đi từ Nam lên Bắc. Tuy nhiên, do ảnh hưởng của đường bờ và địa hình đáy mà từng nơi có xuất hiện các hướng dòng chảy riêng biệt lệch khỏi hướng chính. Ngoài khơi hướng dòng chảy đồng nhất hơn so với khu vực gần bờ với tốc độ trung bình 0,4 - 0,5 m/s. Mùa Đông dòng chảy thường có hướng từ Bắc xuống Nam và chịu ảnh hưởng liên tiếp của các đợt gió mùa Đông Bắc. Khu vực ngoài khơi, dòng chảy thường có hướng tương đối ổn định. Dòng chảy mặt mùa hè và mùa Đông có tốc độ tăng dần từ ngoài khơi vào bờ.

b. Đặc điểm hoàn lưu

Trong thời kỳ từ tháng 11 đến tháng 3 năm sau (mùa Đông), khối nước lạnh hơn và mặn hơn xâm nhập vào Biển Đông qua eo biển Đài Loan và eo biển Luson. Sau đó, chúng tiếp tục lan truyền đến tận vùng biển ven bờ miền Trung Việt Nam dưới dạng dòng nước ổn định. Dòng này được tăng cường bởi dòng nước từ vịnh Bắc Bộ chảy xuống phía Nam, ở đây tốc độ cực đại có thể đạt tới 60 -70cm/s. Trong khi đó, ở trung tâm của Biển Đông hình thành một xoáy thuận. Cùng với sự tác động của nước dâng gió mùa ở Nam Trung Bộ, một dòng nước ven bờ ở đây dồn ép khối nước ngọt của sông Mekong vào vùng ven bờ tỉnh Cà Mau.

Trong thời kỳ từ tháng 6 đến tháng 8 (mùa hè), gió mùa Tây Nam ngự trị đã tạo ra những dòng nước mạnh xuất phát từ biển Java qua eo biển phía Nam xâm nhập thẳng vào Biển Đông và hình thành dòng nước uốn theo địa hình và đường bờ biển Việt Nam chuyển động theo hướng Tây Nam – Đông Bắc và cuối cùng thoát ra eo biển Đài Loan và Bashi. Trong thời gian này, ở vùng biển phía Nam Biển Đông cũng xuất hiện một xoáy nghịch quy mô lớn có tọa độ tâm vào khoảng 7° vĩ độ Bắc và 110° kinh độ Đông, còn ranh giới phía Bắc của xoáy ở khoảng vĩ độ 14 - 15° vĩ độ Bắc. Trong khi đó dòng chảy sát bờ Borneo có hướng song song với bờ và chảy ngược lên phía Bắc theo đường bờ đảo Palawan (Philippines).

Nhìn chung, tại vùng biển nghiên cứu ở gần xích đạo nên có hiện tượng nước trời rất đặc trưng, gây ra sự phân kì dòng chảy, sự phân kì này có thể nhận dạng rõ ràng thông qua mức độ tập trung tảo biển từ vệ tinh. Nước trời là nguồn cung cấp quan trọng sản lượng về hải sản, nó thu hút hàng trăm loại động vật và được thể hiện rõ ràng qua mức độ đa dạng giống loài sinh vật dưới biển và chim biển.

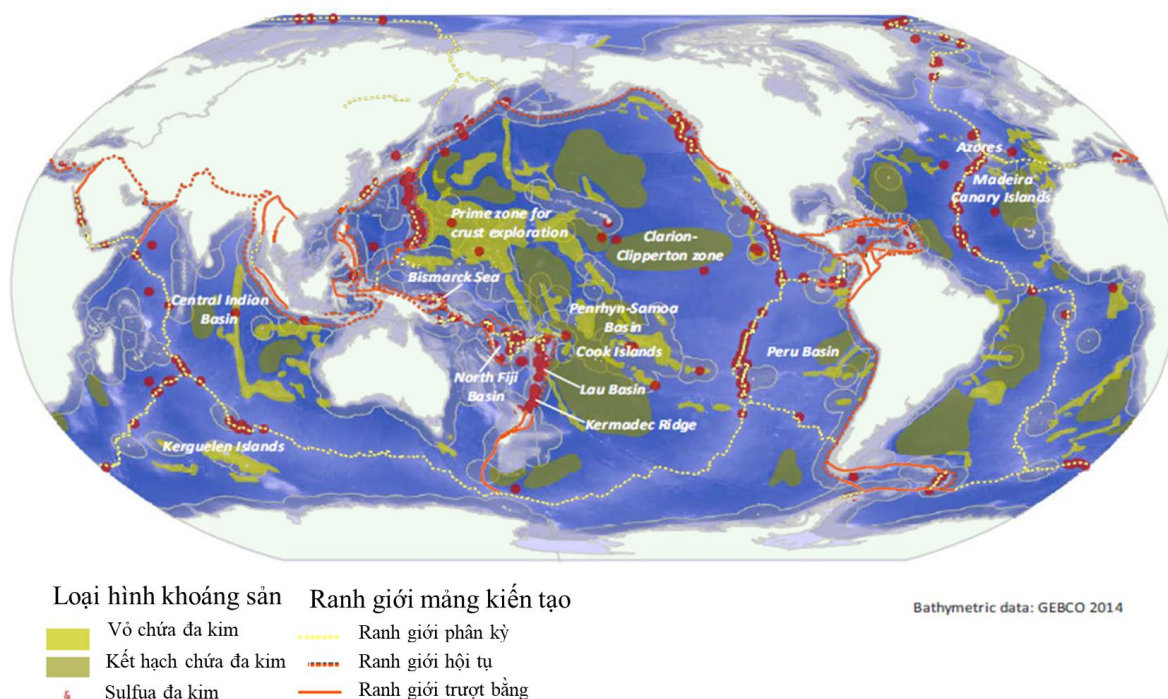
Bên cạnh đó, các nghiên cứu trước đây (Benjamin Gillard et al., 2019 Hein, 2004; I.A. Yeo et al., 2019) đã chỉ ra rằng sự phân bố, tốc độ tăng trưởng, độ dày và thành phần hóa học của vỏ và kết hạch Fe-Mn bị khống chế bởi các yếu tố địa chất, địa mạo và chế độ thủy hải văn đại dương. Trong đó, vận tốc các dòng chảy ngầm, đặc điểm phân bố tầng oxy cực tiểu, và hoạt động của các vi sinh vật là có ảnh hưởng lớn đến quá trình hình thành và tốc độ sinh trưởng của lớp vỏ, kết hạch Fe-Mn trong khu vực. Mức độ ảnh hưởng của các yếu tố này sẽ được trình bày một phần ở các chương sau và cần có thêm nhiều công trình nghiên cứu chi tiết hơn nữa trong tương lai.

1.2. TỔNG QUAN VỀ TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU KHOÁNG SẢN RẮN BIỂN SÂU

1.2.1. Tình hình nghiên cứu khoáng sản rắn biển sâu trên thế giới

a. Khái quát chung

Tài nguyên khoáng sản rắn biển sâu có nguồn gốc nội tại trong các đại dương hoặc do sự kết hợp giữa các nguồn trên đất liền và các nguồn từ đại dương. Chúng phân bố chủ yếu dọc theo các ranh giới mảng kiến tạo, gồm chủ yếu là quặng sunfua đa kim, kết hạch Fe-Mn chứa đa kim và vỏ Fe-Mn giàu coban (Hình 1.2). Nguồn tài nguyên khoáng sản này có thể xuất hiện ở các vùng biển thuộc quyền tài phán của các Quốc gia ven biển hoặc trong khu vực quản lý của Cơ quan Quyền lực Đáy đại dương quốc tế (ISA). Hiện nay, cùng sự phát triển nhanh chóng về khoa học công nghệ, nhiều nước trên thế giới đã và đang tiến hành nghiên cứu, điều tra, tìm kiếm, thăm dò và khai thác rất tuần tự, bài bản.



Hình 1.2. Sơ đồ phân bố khoáng sản rắn biển sâu thế giới.

(i) Sulfua đa kim

Các sulfua đa kim được phát hiện vào năm 1978. Quá trình thành tạo của chúng có liên quan đến các nguồn dung dịch nhiệt dịch đã tắt hoặc đang hoạt động xảy ra dưới đáy biển ở các khu vực núi lửa đang hoạt động, tại các rặng núi giữa đại dương, các đới hút chìm sâu cung và sườn của các núi lửa nội mảng ở độ sâu 1.400 - 3.500 mét. Chúng xuất hiện với các hình dạng khác nhau như cột khói, lớp trầm tích, dạng khối, mảnh vụn, dăm kết, v.v ... Chúng được tạo thành từ các lớp mịn hoặc vụn sunfua các kim loại khác nhau như pyrit hoặc pyrotin (Fe), chalcopirit

(Fe-Cu), sphalerit (Zn), galenit (Pb), liên kết với sunfat (barit, anhydrit, thạch cao), silica (thạch anh, opal, đá silic) và các khoáng vật sét.

Việc xác định tính khả thi về kinh tế của việc khai thác mỏ sunfua đa kim phụ thuộc vào một số đặc điểm của nội tại của các vùng quặng, chủ yếu là hình thái của các cấu trúc nơi các sunfua đa kim xuất hiện, độ dày trung bình của chúng, cấu trúc bên trong, sự đa dạng và hàm lượng của các kim loại khác nhau. Để đánh giá trữ lượng của các kim loại là điều cần thiết để đánh giá giá trị kinh tế của một mỏ khoáng. Hầu hết các mẫu được lấy từ bề mặt trầm tích đáy biển bằng các thiết bị nạo vét và lấy mẫu sử dụng tàu lặn. Khoan sâu lấy các loại mẫu là phương pháp duy nhất để xác định chính xác trữ lượng các khu vực có thể hình thành mỏ.

Tổng hợp các nghiên cứu, đánh giá về sunfua đa kim, dựa vào hàm lượng các kim loại, hai kiểu mỏ sunfua đa kim là mỏ trung bình và mỏ giàu đã được ghi nhận. Loại quặng giàu tương ứng với kiểu mỏ PACMANUS được phát hiện ở phía Đông Bắc của Papua-New-Guinea vào năm 1991. Kể từ thời điểm đó, Dự án 193 của Chương trình Khoan sâu Đại dương (ODP và nay là IODP) đã khảo sát chi tiết, bố trí khoan ở khu vực này vào tháng 11 - 12 năm 2000. Tuy nhiên, các lỗ khoan, do thiếu các sunfua lớn hoặc do tỷ lệ thu hồi mẫu lõi khoan thường rất thấp, nên đã không cung cấp thông tin tốt hơn về mức độ và chất lượng của mỏ khoáng. Tổng hợp tài liệu từ dự án khoan sâu Đại dương cho thấy thân quặng sunfua đa kim dưới đáy biển thường có bề dày không lớn.

(ii) Kết hạch Fe-Mn chứa đa kim

Các nghiên cứu về sự phát triển các kết hạch Fe-Mn chứa đa kim đã được tiến hành từ những năm 1960 cho thấy chúng rất có hiệu quả kinh tế. Tổng tài nguyên kết hạch Fe-Mn chứa đa kim dự báo đạt 500 tỷ tấn. Thị trường kim loại và sự phát triển của công nghệ khai thác và chế biến hiệu quả là những yếu tố chính quyết định việc bắt đầu khai thác và sản xuất thương mại kết hạch Fe-Mn trong tương lai.

Kết hạch Fe-Mn chứa đa kim (tổng hàm lượng niken và đồng $\geq 2\%$) nằm trong khu vực đáy biển quốc tế giữa đới đứt gãy Clarion và Clipperton ở phía Bắc Thái Bình Dương giữa Hawaii và Trung Mỹ. Tính từ năm 2001, ISA đã cấp các quyền khai thác độc quyền cho các vùng quặng có tổng hàm lượng $\text{Cu} + \text{Ni} + \text{Co} > 2,5\%$, và nơi có lượng kết hạch lớn hơn 10kg/m^2 cho sáu nhà đầu tư từ các quốc gia khác nhau. Tài nguyên dự báo ở vùng Clarion-Clipperton dự tính đạt 34 tỷ tấn kết hạch Fe-Mn đa kim, trong đó: mangan- 7,5 tỷ tấn, niken- 340 triệu tấn, đồng- 265 triệu tấn và coban- 78 triệu tấn (Morgan, 2000). Một khu vực tiềm năng khác nằm trong khu vực miền trung Ấn Độ Dương. Cơ quan đáy biển quốc tế đã thông qua các quy định về khảo sát (không độc quyền) và thăm dò (độc quyền) đối với các kết

hạch Fe-Mn đa kim trong khu vực đáy biển quốc tế và cũng có một số văn bản hướng dẫn các nhà thầu đánh giá các tác động môi trường khi tiến hành thăm dò các kết hạch Fe-Mn trong khu vực.

(iii) Vỏ Fe-Mn giàu cobant

Cobant là kim loại có giá trị kinh tế cao trong các thành tạo vỏ Fe-Mn. Cobant được sử dụng để chế tạo các hợp kim kim loại nhẹ, bền và chống ăn mòn. Các tính toán thống kê chỉ ra rằng sản lượng khai thác từ một mỏ dưới đáy biển trên một vỉa có thể đáp ứng tới 25% nhu cầu cobant toàn cầu. Tuy nhiên, không giống như các kết hạch Fe-Mn nằm trên bề mặt trầm tích của đáy biển sâu, các lớp vỏ Fe-Mn giàu cobant bám chặt vào nền đá gốc sẽ đặt ra những thách thức cho việc khai thác cũng như chế biến sau này.

b. Tình hình điều tra, nghiên cứu vỏ, kết hạch Fe-Mn trên thế giới

Vỏ và kết hạch Fe-Mn là những thành tạo đặc biệt dưới đại dương, mà trên lục địa không có các thành tạo tương đồng. Các mẫu vỏ và kết hạch Fe-Mn đầu tiên được đưa lên từ đáy biển Karskor vào năm 1868 bằng con tàu “Sophia” và muộn hơn một chút trong chuyến thám hiểm của tàu “Vega” vào năm 1873. Các kết hạch được phát hiện tại vị trí cách đảo Kanarsk 160 hải lý về phía Tây Nam bởi cuộc thám hiểm vòng quanh thế giới nổi tiếng trên Hải hạm “Trellendjer” (1872-1876). Mẫu vật kết hạch này đã gây nên sự chú ý rất lớn của giới khoa học bởi chúng chứa một lượng đáng kể kim loại đồng, niken, cobant, thori và thallium. Kết quả xử lý các tài liệu của cuộc thám hiểm này đã xác định được hai biến thể quặng - các kết hạch thực sự và các hạt nhỏ dioxit mangan, mà trong văn liệu hiện nay gọi là các vi kết hạch. Vào những năm 1904-1905 các nhà nghiên cứu Mỹ đã nhận được những tin tức về kết hạch Fe-Mn từ tàu “Aibatros” đang làm việc ở khu vực Đông Nam Thái Bình Dương. Trong những năm 1924-1927 các kết hạch Fe-Mn đã được phát hiện ở nhiều vùng thuộc Đại Tây Dương bởi tàu nghiên cứu “Meteor” của Đức. Năm 1957, ở Thái Bình Dương tại vị trí cách đảo Taiti 370 km về phía Đông, ở độ sâu 700 m đã lấy được mẫu kết hạch có chứa 2,37% Co và 1,0% Ni. Vào những năm 1958-1959, các tàu của Viện Hải dương học thuộc Viện hàn lâm khoa học Liên Xô (Nga ngày nay) đã thu được những số liệu đầu tiên về kết hạch Fe-Mn ở trung Đông Bắc của Thái Bình Dương nằm giữa các đứt gãy Clarion và Clipperton.

Vào những năm 60 - 70 của thế kỷ XX, việc nghiên cứu các khoáng sản rắn ở đại dương được thực hiện chủ yếu với mục đích khoa học. Khi đó việc xác định thành phần nguyên tố được thực hiện không theo các mẫu đại diện để sử dụng đánh giá tài nguyên và tính toán trữ lượng mà lại thực hiện theo các kết hạch riêng lẻ hoặc các mảnh của chúng. Vì vậy, trong các công trình công bố thời đó thường không gặp

các kết quả phân tích mang tính đại diện mà chỉ mô tả các kết quả phân tích đơn nhất. Khi so sánh kết quả một số mẫu hiện nay với các công bố trước đây thấy có sự khác biệt lớn về giá trị hàm lượng của các nguyên tố. Ngoài ra, trong các mẫu được lấy vào những năm 80, thường thấy đặc điểm các trường quặng vôi và kết hạch Fe-Mn được đưa ra thiếu sự phân chia theo các kiểu quặng. Do vậy mà các trường kết hạch của các trũng và các núi ngầm đại dương hoặc của cả các vùng đảo đều được thống nhất vào một nhóm. Hiện nay người ta đã xác định được rằng các trũng đại dương được đặc trưng bởi chuyển hóa Mn-Ni-Cu, còn các vùng núi của đại dương lại có tính chuyển hóa Fe-Co. Ở đây người ta nhận thấy rằng quặng oxit ở các trũng và các núi đại dương thuộc các kiểu khác nhau về tất cả các chỉ thị cơ bản - từ thành phần và điều kiện thể nằm đến phương pháp tìm kiếm, thăm dò và khai thác. Đồng thời người ta cũng ước định rằng chỉ các kết hạch của các trũng đại dương với chuyển hóa Mn-Ni-Cu mới có thể được xem là một loại khoáng sản độc lập. Các kết hạch của các vùng núi đại dương - đó là những hiện tượng biến dị nhanh hơn liên quan với quặng hóa kiểu vôi.

Sự khác biệt về đặc điểm phân bố và thành phần của vôi, kết hạch Fe-Mn ở đại dương cùng với sự thiếu các số liệu về thạch-địa hóa của các đá nền lót dưới chúng đã gây ra nhiều quan điểm trái chiều về nguồn gốc của chúng và nguyên nhân các kết hạch của các vùng trũng đại dương nằm ngay trên bề mặt các thành tạo trầm tích. Các kết quả xác định tuổi tuyệt đối đã làm phức tạp thêm bản chất sinh khoáng của khoáng sản biển sâu. Trên cơ sở các số liệu tuổi tuyệt đối đã đưa ra kết luận rằng các kết hạch tăng trưởng với tốc độ rất chậm, trong khi đó thì các trầm tích đang được tích tụ với tốc độ nhanh hơn.

Vào những năm 60 - 80 của thế kỷ XX vấn đề nguồn gốc của vôi, kết hạch Fe-Mn đại dương đã được xem xét trong sự tách rời khỏi các đá nền. Điều này dẫn đến một điều là các vôi quặng và một số kết hạch đã được xem như là sản phẩm của sự lắng đọng vật liệu từ dung dịch nước biển. Một phần khác của các kết hạch được xem như là sản phẩm của quá trình thành đá sinh. Cho đến cuối những năm 1970, lớp vôi và kết hạch Fe-Mn vẫn chưa được phân biệt và cả hai thường được gọi chung là kết hạch.

Việc nghiên cứu vôi và kết hạch Fe-Mn có tính hệ thống mới được bắt đầu tiến hành vào năm 1981 ở khu vực trung tâm Thái Bình Dương. Sau 20 năm nghiên cứu (1981-2001), công tác thực địa đã được hoàn thành bởi các nước Mỹ, Đức, Anh, Pháp, Nga, New Zealand, Nhật Bản, ... Những nghiên cứu chi tiết cụ thể liên quan đến quặng Fe-Mn được xác định ở khu vực Clarion-Clipperton trung tâm Thái Bình Dương. Đã có đến 42 chuyến tàu nghiên cứu khảo sát về vôi và kết hạch Fe-Mn ở

khu vực nước sâu Thái Bình Dương. Các nhà khoa học đã đánh giá đây là nguồn tài nguyên khoáng sản tiềm năng trong tương lai của hành tinh chúng ta được phân bố trên một diện tích khoảng 6.35 triệu km². Các nguyên tố có giá trị kinh tế, phục vụ cho nhiều ngành công nghệ cao và công nghệ xanh có thể khai thác được từ vỏ và kết hạch Fe-Mn, như Co, Ti, Mn, Ni, Pt, Zr, Nb, Te, Bi, Mo, W, Th, Ni, Cu, Mn, Li, Zr, Hf, Nb, Ta, và các nguyên tố đất hiếm.

Cho đến nay thế giới đã khoanh vùng được những khu vực có triển vọng vỏ và kết hạch Fe-Mn trên các vùng biển thế giới. Sơ bộ thế giới đã khoanh được 4 vùng lớn có khả năng khai thác khoáng sản rắn với hiệu quả kinh tế cao đó là: (1) vùng Clarion-Clipperton (CCZ), (2) vùng bồn Trũng Peru, (3) quần đảo Cook trên Thái Bình Dương và (4) vùng bồn trũng Trung Tâm Ấn Độ Dương (CIOB). Một số quốc gia đã nộp hồ sơ lên ISA xin phép thăm dò và khai thác trên các vùng biển khác nhau. Nhiều vùng mỏ đã được ISA cấp giấy phép thăm dò, khai thác. Ngoài những vùng biển nước sâu, trường quặng vỏ và kết hạch Fe-Mn còn tồn tại ở những vùng nước nông như ở vùng Baltic, vùng Vịnh Cadiz và đới nâng Galicia ngoài khơi Tây Ban Nha (González và nnk., 2012, 2014).

1.2.2. Lịch sử nghiên cứu vỏ, kết hạch Fe-Mn trong khu vực Biển Đông và biển Việt Nam

Tính đến thời điểm hiện tại đã có một số công trình nghiên cứu khoa học công bố về kết quả nghiên cứu vỏ, kết hạch Fe-Mn ở khu vực Biển Đông được thực hiện bởi các nhà khoa học Trung Quốc, Đài Loan, Pháp, Hoa Kỳ, Nhật Bản, Nga và Việt Nam thực hiện với những nội dung cụ thể được tổng hợp dưới đây.

a. Nước ngoài

Nghiên cứu về kết hạch Fe-Mn khu vực Biển Đông đã được công bố tìm thấy ở khu vực phía Bắc Biển Đông, bao gồm Tây Bắc, Đông Bắc và trung tâm Biển Đông trong đó chủ yếu là các nghiên cứu của Trung Quốc (Chen và nnk., 2006, , Zhang và nnk., 2008 và 2013, Yi Zhong và nnk., 2017, Yao Guan và nnk., 2018, 2017; Yingzhi Ren và nnk., 2018, Yan Quanshu và nnk., 2019, 2008, Jiang Xiao-Dong, và nnk., 2019). Các mẫu kết hạch Fe-Mn lấy được trên Biển Đông tại các vị trí có độ sâu nước biển từ 427 mét đến 3570 mét và mẫu vỏ lấy được ở độ sâu nước biển từ 1000 đến 3430 mét.

Tại khu vực Đông Bắc Biển Đông độ sâu các mẫu kết hạch Fe-Mn lấy được ở độ sâu nước biển từ 427 – 2000 mét và độ dốc địa hình từ 0,4-5⁰. Tại khu vực này cho đến nay chưa lấy được mẫu vỏ Fe-Mn. Các mẫu thu được có kích thước, màu sắc, hình dạng rất khác nhau. Phần lớn các mẫu thu được có kích thước từ 2 - 4 cm,

có hình dạng elip và dạng cầu, có những mẫu có kích thước dài lên đến 8 cm và có hình dạng phân lớp oằn võng. Màu sắc bên ngoài của kết hạch có màu từ vàng cam đến màu đen, nhưng phổ biến là màu nâu đỏ, bên ngoài mẫu có các sinh vật phủ lên như tubeworm. Bên trong mẫu kết hạch có cấu tạo phân lớp phức tạp với các dấu hiệu oxy hóa, các khe nứt mở không liên tục và các thấu kính phosphorit.

Ở khu vực rìa Tây Bắc Biển Đông các mẫu kết hạch Fe-Mn lấy được ở độ sâu nước biển từ 1200 – 2255 mét và độ dốc địa hình từ 0-4,5⁰. Các mẫu vỏ Fe-Mn lấy được ở độ sâu nước biển từ 1250 – 2470 mét và độ dốc địa hình 3-12⁰. kết hạch có các hình dạng khác nhau gồm dạng tấm mỏng, dạng méo mó, dạng đĩa, dạng ellip, trong đó dạng tấm chiếm đa số, kiến trúc mặt ngoài nhẵn. Không giống như kết hạch giàu Fe ở rìa lục địa Đông Bắc, màu sắc của kết hạch ở đây thay đổi giữa màu nâu và đen, đường kính kết hạch từ 2-10 cm. Kết hạch được đặc trưng bởi các lớp tăng trưởng song song phủ đều quanh các nhân. Các lớp từ dày đến phiến mỏng, ranh giới giữa nhân và các lớp không rõ ràng và các lớp dày có màu sắc nhạt hơn các lớp phiến mỏng. Không quan sát thấy dần đoạn trong các vi lớp.

Tại khu vực bồn Trũng Trung tâm Biển Đông các mẫu kết hạch Fe-Mn lấy được ở độ sâu nước biển từ 815 – 3570 mét và độ dốc địa hình từ 0-3⁰. Các mẫu vỏ lấy được ở độ sâu nước biển 1000 -3430 mét và độ dốc địa hình từ 3-15⁰. Mẫu kết hạch có màu sắc, kích thước, hình dạng và cấu trúc bên trong như là các mẫu kết hạch ở rìa lục địa Tây Bắc. Kết hạch có hình dạng chủ yếu là hình elip. Mặt ngoài kết hạch có kiến trúc dạng chum nho tương đối thô ráp và rìa của kết hạch thô ráp. Một số mẫu bên trong có kiến trúc dạng lồi lõm.

Theo các kết quả nghiên cứu của [Yi Zhong và nnk., \(2017\)](#) khu vực bắc Biển Đông đã xác định được ba dạng quặng sắt-mangan, đó là: (1) Dạng kết hạch giàu sắt gồm khoáng vật goetit được hình thành ở sườn lục địa đông bắc Biển Đông, có thành phần sắt cao, thành phần mangan thấp ($Mn/Fe = 0.03$) và hàm lượng nguyên tố vết và đất hiếm thấp; (2) Dạng vỏ, kết hạch sắt- mangan trơn gồm các thành phần khoáng vật asbolane, todorokite và CFA hình thành dọc theo rìa lục địa tây bắc Biển Đông. Hàm lượng Fe và Mn gần tương đương nhau ($Mn/Fe = 1,21$), hàm lượng nguyên tố vết trung bình và dị thường Ce dương; (3) Dạng vỏ, kết hạch Fe-Mn gồm các khoáng vật asbolane, todorokite và birnessit tồn tại ở bồn trũng Trung Tâm có hàm lượng Mn cao và hàm lượng sắt thấp ($Mn/Fe = 1.45$). Hình dạng và kích thước quặng ở Biển Đông cũng rất đa dạng. Vùng đông bắc Biển Đông kết hạch sắt-mangan có các tính chất vật lý như đường kính, mật độ, trọng lượng tương tự như các kết hạch sắt- mangan hình thành ở khu vực nước nông ở rìa lục địa biển Baltic, Vịnh Phần lan, Biển Đen và vịnh Cadiz. Tại khu vực tây bắc Biển Đông các kết hạch sắt-

mangan có hình dạng tương tự như ở khu vực Thái Bình Dương và Bồn Trũng Ấn Độ Dương. Khu vực trung tâm Biển Đông hình dáng, kích thước kết hạch sắt-mangan tương tự như ở tây bắc Thái Bình Dương.

Năm 2017, Yao Guan, Xiaoming Sun, Yingzhi Ren, Xiaodong Jiang đã tiến hành các nghiên cứu về khoáng vật và địa hóa các mẫu vỏ, kết hạch được lấy ở Biển Đông, kết quả thu được như sau: Co tương đối thấp hơn (1482 ppm), Cu (556,2 ppm), Ni (3132 ppm), Mo (276,2 ppm) và Zn (598,3 ppm) so với các vỏ / kết hạch ở các đại dương, nhưng nồng độ tương đối cao của REY (1647 ppm), PGE (234,0 ppb), Ba (1056 ppm), Pb (1878 ppm), Sr (995,9 ppm), Te (28,81 ppm) và Tl (67,87 ppm).

Để xác định nguồn gốc của vỏ, kết hạch Fe-Mn phía Bắc Biển Đông, một phân tích trong phòng thí nghiệm của Trung Quốc (Yi Zhong và nnk., 2017) về các tính chất vật lý, khoáng vật học và địa hóa đã được tiến hành trên các mẫu kết hạch / vỏ Fe-Mn mới được thu thập. Kết quả cho thấy có ba loại kết hạch Fe-Mn, gồm: (1) Các kết hạch giàu Fe xuất hiện ở sườn đông bắc Biển Đông với Fe cao, Mn / Fe = 0,03 thấp và kim loại có dấu hiệu và nồng độ các nguyên tố đất hiếm; (2) Các kết hạch và vỏ Fe-Mn mịn được tạo thành từ asbolane, todorokite và CFA xảy ra dọc theo biên giới tây bắc Biển Đông có hàm lượng Fe và Mn tương tự (Mn / Fe = 1,21), giàu kim loại trung bình và dương tính Ce dị thường; (3) Các kết hạch và vỏ Fe- Mn gồm asbolane, todorokite và birnessite xảy ra trong lưu vực trung tâm Biển Đông có hàm lượng Mn cao hơn và Fe thấp hơn (Mn / Fe = 1,45).

Ở khu vực đông bắc Biển Đông, vỏ, kết hạch sắt-mangan ở sườn lục địa đông bắc Biển Đông có nguồn gốc hình thành hỗn hợp. Kết hạch Fe-Mn có tỷ lệ Mn/Fe thấp thay đổi từ 0,001-0,13 với giá trị trung bình là 0,3. Hàm lượng Cu+Ni+Co rất thấp chỉ từ 0,01 đến 0,09%, trung bình là 0,07; rất thấp so với lượng trung bình của kết hạch sắt-mangan ở vùng đồng bằng biển thẳm (1,4%). Hàm lượng các nguyên tố vết rất lớn, trong khi hàm lượng nguyên tố đất hiếm rất thấp chỉ từ 29,8 đến 441,3 ppm.

- Khu vực tây bắc Biển Đông: Tỷ lệ Mn/Fe thay đổi từ 0.76-1.67, trung bình là 1.21. Hàm lượng của Cu+Ni+Co thay đổi trong khoảng từ 0.47 đến 1.06wt%, trung bình là 0.72wt%. Hàm lượng nguyên tố đất hiếm cao, thay đổi từ 876.6 đến 1387.0 g/g. Theo kết quả phân tích đồng vị Be (Zhang và nnk., 2013) đã xác định được kết hạch sắt-mangan ở khu vực này bắt đầu kết tủa vào 3.29 triệu năm trước và hình thành 4 vi lớp có tuổi 1.83, 0.73 và 0.69 triệu năm.

CHƯƠNG 2

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Các phương pháp chủ đạo nghiên cứu vỏ, kết hạch Fe-Mn mà Đề tài đã thực hiện gồm 4 nhóm chính. Trong đó, các phương pháp nghiên cứu chủ đạo là các phương pháp phân tích mẫu trong phòng thí nghiệm mà trong đó có sử dụng những công nghệ, thiết bị hiện đại và phương pháp tổng hợp, xử lý tài liệu tổng hợp được. Nội dung các phương pháp được mô tả dưới đây.

2.1. PHƯƠNG PHÁP TỔNG HỢP VÀ XỬ LÝ TÀI LIỆU

a). Các bài báo, báo cáo hội thảo, các bài báo tóm tắt về vỏ, kết hạch Fe-Mn đã được công bố trên trang web của các tạp chí, hội thảo uy tín, ... Trong đó, một số công trình nghiên cứu tiêu biểu được trích dẫn trong phần Tài liệu tham khảo của báo cáo.

b). Các tài liệu của tổ chức ISA mà Trung tâm Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên – Môi trường biển khu vực phía Bắc và các đơn vị trong Bộ Tài nguyên Môi trường thu thập trong quá trình tham dự các cuộc họp do ISA tổ chức và đang lưu giữ.

c). Đề tài cũng đã tìm hiểu lựa chọn một số ấn phẩm có liên quan đến nội dung nghiên cứu của Đề tài đã được được các nhà xuất bản quốc tế xuất bản.

2.2. NHÓM PHƯƠNG PHÁP KHẢO SÁT, LẤY MẪU NGOÀI THỰC ĐỊA

Các bước chung để khảo sát lấy mẫu khi khảo sát biển như sau:

- Căn cứ vào tài liệu dữ liệu hiện có cần thiết kế, xác định các vị trí khảo sát lấy mẫu có thể phát hiện vỏ- kết hạch Fe-Mn (ngoài mạng lưới khảo sát phải thực hiện theo quy định kỹ thuật đã được cơ quan quản lý Nhà nước ban hành).

- Vận hành các thiết bị chuyên dụng phù hợp để lấy các mẫu trầm tích đáy, mẫu nước biển, mẫu đá gốc, đo các thông số môi trường, hải văn... tại các trạm khảo sát;

- Phân chia mẫu, gia công sơ bộ (tùy theo loại mẫu) và bảo quản mẫu trầm tích đáy biển (việc bảo quản mẫu tùy theo yêu cầu chuyên môn đối với mỗi loại mẫu).

Thông thường vỏ, kết hạch Fe-Mn thường phân bố ở độ sâu lớn, do đó để lấy được mẫu phục vụ cho mục đích nghiên cứu, điều tra cơ bản tỉ lệ nhỏ thì cần phải có đã sử dụng các thiết bị chuyên dụng sau:

- Ống phóng trọng lực: Ống phóng làm bằng thép không gỉ AISI 314, đường kính trung bình của lõi ống phóng: 90 mm, chiều dài ống phóng: 6m; chiều dài cột mẫu: 4m; tổng trọng lượng: 500kg.

- Thiết bị lấy mẫu nguyên dạng (Box core): Model: 80.250 của hãng KC – Đan Mạch; thiết bị làm bằng thép không gỉ AISI 316 dày 6mm; cao: 2,55m; chiều rộng chân đế: 178 x 220 cm; trọng lượng: 1.450kg; diện tích lấy mẫu: 2500cm²; chiều sâu cột mẫu: 50 cm.

Các thiết bị này dùng để lấy mẫu trầm tích tầng mặt (chiều sâu tối đa là 50cm tính từ đáy biển). Các mẫu tầng mặt lấy trong ống phóng và box core hoàn toàn tương đồng với nhau

+ Thiết bị cuốc thủy lực điều khiển từ xa (TV-Grab) đây là thiết bị lấy mẫu đặc biệt sử dụng lấy mẫu trầm tích và đá, vỏ và kết hạch Fe-Mn bên dưới đáy biển được đến độ sâu tối đa 3.000m nước.

- Để lấy cột mẫu trầm tích, có 02 loại thiết bị ống phóng sau:

+ Thiết bị ống trọng lực thường có đầu ống phóng thiết kế dạng thủy lực có khả năng giữ cột mẫu với chiều dài cột mẫu đến 3m.

+ Thiết bị ống phóng trọng lực cỡ lớn được lấy tại các trạm khảo sát đan dày phục vụ điều tra bổ sung, xác định vùng triển vọng khí hydrate. Số lượng trạm khảo sát sử dụng thiết bị ống trọng lực cỡ lớn, ống phóng trọng lực kết hợp piston là khoảng 5% khối lượng trạm khảo sát (tương ứng với khoảng 106 trạm khảo sát – theo quy định tại điều 38 Quy định kỹ thuật 300 – 2.500m nước).

Việc cào lấy mẫu được thực hiện bằng cách sử dụng cào hình trụ cứng được thiết kế bởi các nhà khoa học ở viện VNII Okeangeologia. Khi tàu đã được tiếp cận với vị trí cào, cào được thả từ boong tàu và ~ 30% chiều dài dây cần thiết cho việc cào đã được thả. Tốc độ của tàu là 5 hải lý. Tàu vượt qua 50-100 m đằng sau vị trí cào và dừng lại, sau đó một phần khác của một sợi dây thừng được thả; chiều dài tổng của sợi dây thả là 1,5 lần độ sâu cào.

Sau khi cào tiếp xúc với đáy biển, việc cào được thực hiện bởi các sợi dây thừng được thả xuống. Chiều dài của đường cào đáy biển là 200-300 m. Sau khi thực hiện cào, các nhà khoa học sẽ mô tả mẫu vật, các tài liệu ảnh và lấy mẫu phân tích nghiên cứu được tiến hành trên tàu.

Trong khu vực núi ngầm 1 (tuyến 1-5) mẫu đá đáy biển thu được chỉ ở ba tuyến (tuyến 1,2,3). Mẫu đá thu được ở tuyến 4, 5, được đại diện bởi bùn sét có độ dẻo cao màu xám phớt xanh. Độ sâu của điểm bắt đầu cào dao động từ 1.650 m đến

1000 m, trong khi các điểm kết thúc cào nằm trên mốc 600 m. Tổng trọng lượng của mẫu đá được kéo lên phía dưới từ núi ngầm 1 là 4,5 kg.

2.3. NHÓM PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH TRONG PHÒNG THÍ NGHIỆM

Các loại mẫu thu thập được gia công, phân tích theo nhiều phương pháp khác nhau nhằm thu được lượng thông tin nhiều nhất về khoáng sản rắn biển sâu. Do lượng mẫu thu thập được rất hạn chế, vì vậy công tác gia công, chuẩn bị mẫu phân tích đã được tiến hành theo quy trình rất nghiêm ngặt và được gửi phân tích tại Trung tâm Nghiên cứu Môi trường Địa chất, Viện Địa chất Viện Hàn lâm học công nghệ Việt Nam và Viện VNIIO Liên bang Nga.

Tổ hợp các phương pháp phân tích trong và ngoài nước có thể được chia làm 3 nhóm gồm các phương pháp sau:

(1) Nhóm phương pháp phân tích khoáng vật:

- *Phân tích thành phần trầm tích vụn bằng kính hiển vi phân cực*: Thành phần mảnh vụn được phân tích cho các hợp phần trầm tích từ cấp hạt cát trở lên. Các thành phần chính được xác định dưới dạng tỉ lệ phần trăm số hạt dưới kính hiển vi kết hợp bàn đếm, bao gồm: thành phần vô cơ (khoáng vật và các mảnh đá), thành phần hữu cơ (vỏ sinh vật).

Riêng thành phần khoáng vật sét được phân tích bằng phương pháp nhiễu xạ tia Ronghen (XRD). Phương pháp này sử dụng máy đo nhiễu xạ Rigaku Mini Flex II với bức xạ CoK α và máy đơn sắc than chì, quét từ 2 đến 70° 2 θ ở 30 kV và 100 MA, kích thước bước 0,04 (2 θ) và thời gian bước 0,5°/phút.

- *Phân tích thành phần và kiến trúc khoáng vật sét*: Thành phần và kiến trúc các khoáng vật sét trong các mẫu trầm tích được lấy nhờ ống phóng sẽ được phân tích bằng kính hiển vi điện tử quét SEM và kết hợp với phương pháp nhiễu xạ huỳnh quang tia X để xác định điều kiện phong hóa, chỉ số biến đổi hóa học và các quá trình biến đổi thứ sinh của trầm tích.

- *Xác định bán định lượng thành phần và cấu trúc khoáng vật bằng kính hiển vi điện tử quét (Scanning Electron Microscope-SEM).*

Ngoài ra, còn sử dụng phương pháp phân tích lát mỏng nhân tạo. Các hợp phần trầm tích vụn vỡ rời được gắn kết bằng chất keo nhân tạo sau đó tiến hành gia công và mài mỏng đến kích thước tiêu chuẩn để đưa vào phân tích bằng kính hiển vi phân cực giống như phân tích lát mỏng thạch học thông thường.

- *Phân tích TEM*: Sử dụng Kính hiển vi điện tử truyền qua (Transmission Electron Microscopy - TEM) nhằm xác định cấu trúc, hình thái của khoáng vật có

kích thước cỡ nano trong các mẫu kết hạch Mn - Fe, phục vụ cho việc nghiên cứu, luận giải điều kiện thành tạo chúng.

(2) Nhóm phương pháp phân tích hóa học

- Phân tích XRF: Sử dụng máy phân tích Huỳnh quang tia X (X-ray Fluorescence, XRF) nhằm xác định thành phần các oxit chính trong các mẫu trầm tích, mẫu vỏ và kết hạch Mn-Fe.

- Phân tích SEM-EDS: Đầu thu phổ tán xạ năng lượng tia X (Energy Dispersive Spectroscopy, EDS) được gắn với thiết bị SEM nhằm xác định thành phần bán định lượng của các vị trí bắn trên các mẫu kết hạch, ngoài ra cùng với phần mềm phân tích chuyên sâu trên nền tảng QEMSCAN cho phép lập bản đồ cấu trúc quặng quy mô micron.

- Phân tích nhiễu xạ tia X (X-Ray Diffraction, XRD): Sử dụng máy phân tích nhằm xác định thành phần các khoáng vật biến đổi trong các mẫu trầm tích, mẫu đá, đồng thời xác định được thành phần khoáng vật trong các mẫu vỏ, kết hạch Mn – Fe.

- Phân tích ICP-MS: Sử dụng máy Quang phổ nguồn plasma cảm ứng cao tần kết nối khối phổ (Quang phổ ICP-MS, viết tắt của tên: Inductively Coupled Plasma emission Mass Spectrometry, ICP-MS). Phương pháp phân tích này được sử dụng nhằm định lượng thành phần hóa học các nguyên tố vết, nguyên tố phóng xạ và các nguyên tố nhóm đất hiếm với độ chính xác cao.

CHƯƠNG 3

ĐẶC ĐIỂM TRẦM TÍCH TẦNG MẶT VÙNG NGHIÊN CỨU

3.1. ĐẶC ĐIỂM PHÂN BỐ TRẦM TÍCH TẦNG MẶT

Trên cơ sở các mẫu phân tích về độ hạt thu thập được, dựa trên các phương pháp xây dựng, phân chia các trường trầm tích trên thế giới. Việc xử lý kết quả phân tích độ hạt theo biểu đồ phân loại trầm tích của Folk.R, 1954, 1974 dựa trên các số liệu phân tích các cấp hạt được ghép theo các nhóm: sạn sỏi (%), cát (%), bùn (bột và sét) %, bột (%) và sét (%). Sử dụng chương trình xử lý để biểu diễn theo các biểu đồ phân loại của Folk R., 1954, 1974 để xác định tên trầm tích.

Với bộ số liệu kết quả thu thập được và các kết quả phân tích từ Đề tài, nhóm tác giả tiến hành xử lý mẫu, phân chia ra các trường trầm tích và thống kê các giá trị nhỏ nhất, lớn nhất và hàm lượng trung bình đối với mỗi kiểu trầm tích khác nhau. Kết quả này đã xác định được các trường trầm tích khác nhau, bao gồm:

- 1) Trầm tích cát sạn – gS
- 2) Trầm tích cát lẫn sạn – (g)S
- 3) Trầm tích cát bột – zS
- 4) Trầm tích bùn cát – sM
- 5) Trầm tích bột cát – sZ
- 6) Trầm tích bùn – M
- 7) Trầm tích bột cát – zS
- 8) Trầm tích sét – C
- 9) San hô – Co

Các thành tạo địa chất nằm bên dưới lớp trầm tích tầng mặt được liệt kê ở trên khá đa dạng. Chúng có thể là các thành tạo trầm tích đó có bề dày lớn hoặc các thành tạo trầm tích có tuổi cổ hơn. Đặc biệt là một số vị trí mà trầm tích tầng mặt phân bố trên các thành tạo đá gốc gồm các đá carbonat bị biến chất, và các đá phun trào núi lửa bên dưới đáy biển.

3.2. ĐẶC ĐIỂM THÀNH PHẦN KHOÁNG VẬT, ĐỊA HÓA TRẦM TÍCH VÙNG NGHIÊN CỨU

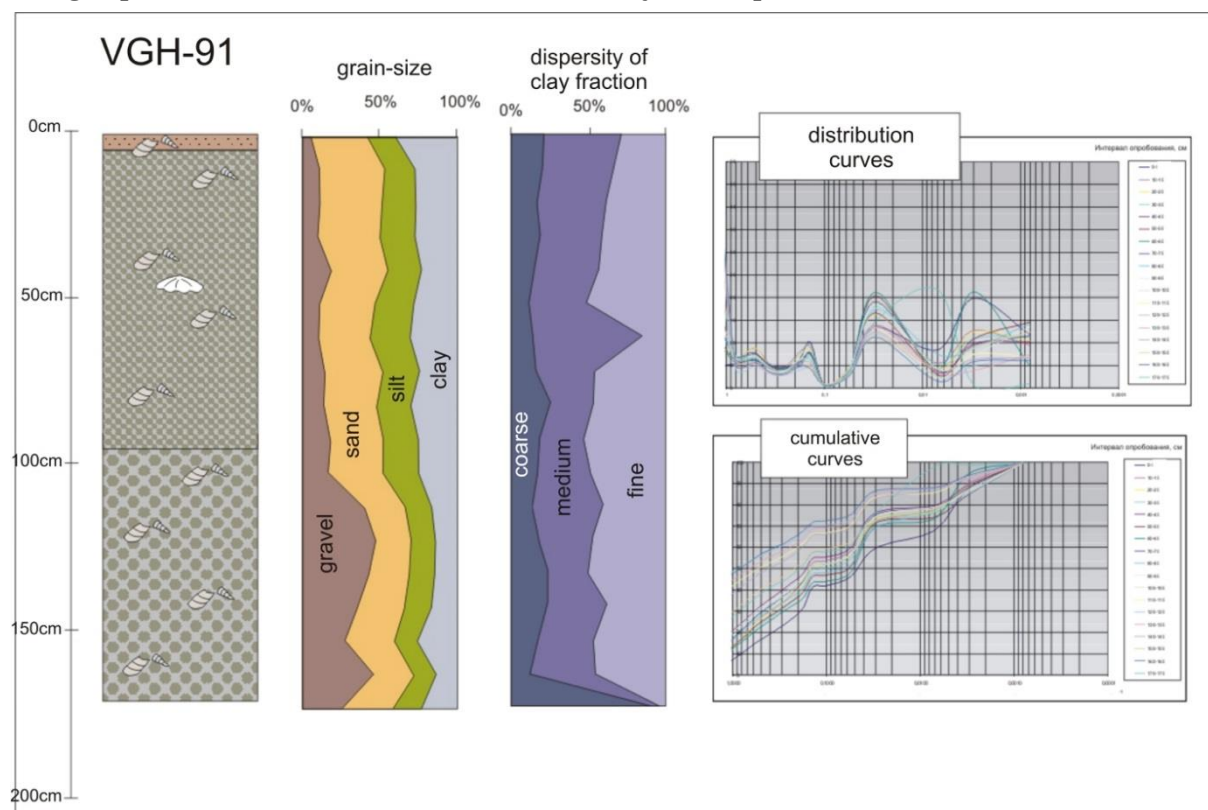
3.2.1. Đặc điểm thạch học, khoáng vật

Trên cơ sở tổng hợp, phân tích tài liệu do VNIIO (Liên Bang Nga) thực hiện tại vùng biển Việt Nam, từ kết quả khảo sát, điều tra... của Dự án Băng cháy cùng

kết quả nghiên cứu của một số Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Nhà nước có thể đưa ra những đánh giá sau về đặc điểm địa hoá, khoáng vật của trầm tích vùng nghiên cứu.

Trong vùng nghiên cứu một số cột mẫu đã được lựa chọn để phân tích thành phần thạch học, khoáng vật. Các cột mẫu thường gồm 03 lớp có đặc điểm như sau:

Lớp phía trên là lớp bùn lỏng màu nâu xám có lẫn thành phần cát chủ yếu là foraminifera. Màu của trầm tích đưa ra giả thuyết điều kiện oxy hóa chiếm ưu thế trong lớp bề mặt trên mặt cắt trầm tích. Bề dày của lớp ~3cm.

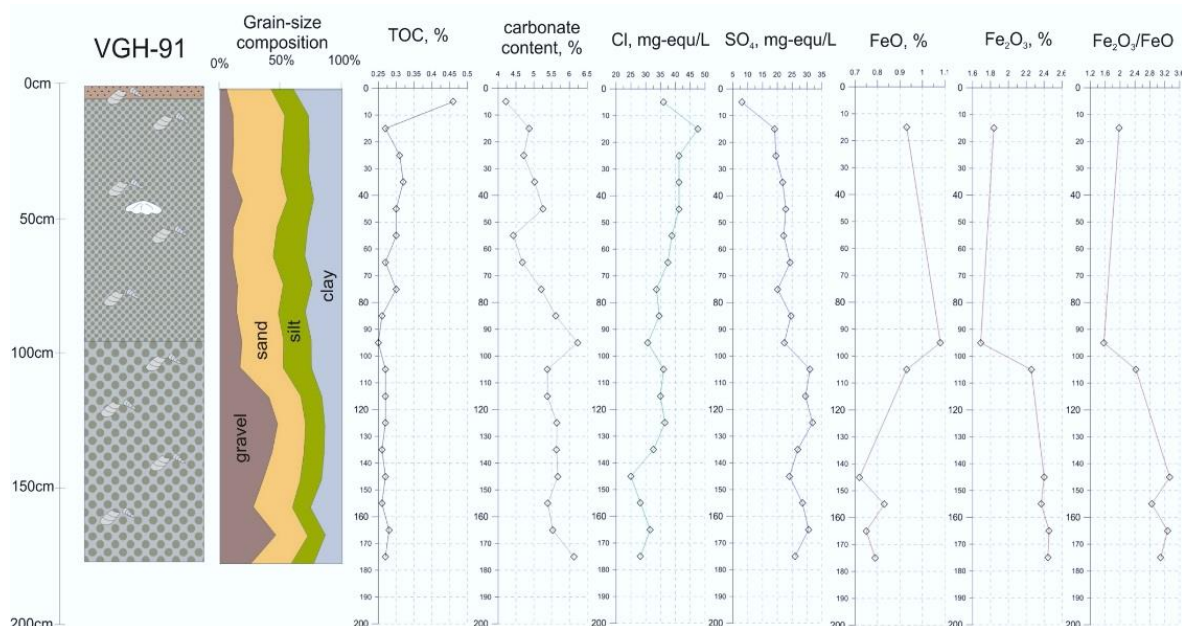


Hình 3.1. Đặc điểm thạch học cột mẫu VGH-91

Phía dưới lớp bùn oxy hóa là lớp xáo trộn màu xám. Lớp dưới cùng là cát, sét và bùn là các thành phần chính. Thành phần sạn, sỏi dao động từ 6% đến 12%. Có lẫn thành phần cacbonat động vật đáng kể có mặt foraminifera, mảnh vỏ sò và trùng gai. Ranh giới với lớp phía trên rất rõ ràng. Sự phân bố của thành phần hạt thô trong lớp nhiều nhất. Trầm tích đặc, sét và dẻo. Trầm tích đặc, sét và dẻo.

Trong cột mẫu điển hình VGH-91 cho thấy sự thay đổi đáng kể trong khoáng vật tại sinh (pirit và hydroxit sắt), trong khi khoáng vật lục nguyên (pyroxen, amphibol và epidot) thì không thay đổi. Cột mẫu VGH-91 ghi nhận hàm lượng tương đối của cacbonat. Rất có thể sự phong phú của các mảnh vụn xác định tổng hàm lượng CaCO_3 cao trong cột mẫu. Có một đoạn gấp khúc rõ rệt trên đường cong hàm lượng cacbonat tại ranh giới tiếp xúc giữa các lớp. Chúng tôi cho rằng sự khác nhau

của hàm lượng cacbonat, mà được coi là có nguồn gốc sinh vật phản ánh sự thay đổi cổ môi trường làm giảm sự phong phú của các động vật cacbonat. Hàm lượng TOC thấp đến mức không có ý nghĩa trong tất cả các lớp của cột mẫu. Hình dạng của đường cong hàm lượng Cl và SO₄ thể hiện một sự tương tự rõ ràng, đặc biệt trong lớp thứ 3.



Hình 3.2. Đặc điểm thạch học và địa hóa của cột mẫu trầm tích VGH-91

3.2.2. Đặc điểm địa hóa trầm tích tầng mặt

Tổng hợp các kết quả phân tích hóa silicat thuộc Đề tài cho thấy, các mẫu trầm tích vùng biển nghiên cứu có thành phần các oxit chính dao động rất mạnh theo từng vị trí lấy mẫu và độ sâu đáy biển, thể hiện cho nguồn gốc hỗn hợp của các vật liệu trầm tích.

Kết quả xử lý thống kê dữ liệu về thành phần hóa học và độ hạt trầm tích của khu vực nghiên cứu cho phép ta có thể xác định một số liên kết (nhóm) hóa học và thành phần độ hạt (Bảng 3.1)

Bảng 3.1. Ma trận tương quan của các nguyên tố hóa học và các thành phần độ hạt (sét, bột, cát) trầm tích khu vực nghiên cứu

	Sét	Bột	Cát	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
Sét	1												
Bột	0.393078	1											
Cát	-0.94803	-0.41012	1										
SiO ₂	0.450527	0.136953	-0.41985	1									
TiO ₂	0.463418	0.310977	-0.3698	0.739295	1								
Al ₂ O ₃	0.443099	0.141129	-0.4122	0.992292	0.755432	1							
Fe ₂ O ₃	0.71945	0.295044	-0.66621	0.852946	0.810447	0.870432	1						
MnO	0.566431	-0.02575	-0.58623	0.069485	-0.0914	0.037638	0.266799	1					
MgO	0.182759	-0.10101	-0.2005	0.863745	0.531539	0.832929	0.633015	0.030348	1				
CaO	-0.77191	-0.42095	0.755674	-0.15692	-0.3079	-0.18381	-0.52466	-0.44576	0.095747	1			
Na ₂ O	0.064926	0.167029	-0.07287	-0.81465	-0.47975	-0.79435	-0.4437	0.202975	-0.84811	-0.41341	1		
K ₂ O	0.252003	0.201788	-0.21946	0.462437	0.443324	0.430722	0.453494	-0.05386	0.501338	0.185719	-0.4383	1	
P ₂ O ₅	0.153244	-0.05262	-0.17327	0.251923	0.183929	0.269776	0.194182	0.157667	0.102872	-0.41612	-0.10457	-0.6912	1

Là một thành phần điển hình của trầm tích mảnh vụn, silic có mối tương quan thuận với thành phần trầm tích sét: hệ số tương quan $r = 0,45$ và $0,14$ tương ứng (Bảng 3.1). Nhóm nguyên tố Si, Ti, Fe, Mg có mối tương quan thuận đáng kể giữa chúng với nhau (ngoại trừ Mn có mối tương quan nghịch yếu với Ti = -0.09) và với thành phần trầm tích sét. Fe và Mn có mối tương quan thuận rõ rệt với thành phần sét lần lượt là 0.72 và 0.57 . Chúng là đặc trưng của các thành phần sét tự sinh và mảnh vụn clastic của trầm tích sét. Nhóm các nguyên tố này được xác định bởi sự hiện diện của các oxit và / hoặc sulfua của sắt và mangan trong trầm tích, chúng còn tích tụ thêm một số nguyên tố vi lượng. Một phần đáng kể của sắt và mangan trong trầm tích nằm trong thành phần của khoáng vật vụn và đất sét, các mối tương quan gần nhất trong nhóm là đặc trưng của các nguyên tố sulfophilic khác là vanadi, kẽm và molybden.

CaO có mối tương quan thuận rõ rệt với thành phần cát mịn $+0.76$. Hàm lượng của nguyên tố Ca được xác định bởi sự hiện diện của các muối cacbonat sinh học trong trầm tích. Cần làm rõ thêm về mối tương quan của các nguyên tố/thành phần của nhóm nguyên tố Si, Ti, Fe, Mg với nhóm C_{org}, chì và đồng, được cho là kết tủa từ môi trường nước bởi hydroxit sắt, hydroxit mangan hoặc chất hữu cơ. Tốc độ kết tủa của chúng phần lớn phụ thuộc vào nồng độ kim loại trong nước. Do đó, chúng có thể tăng cường kết tủa trong trầm tích ở những khu vực có các điều kiện thủy hóa cụ thể, đặc biệt, trong vùng ảnh hưởng của các nguồn nhiệt dịch. Ở nồng độ nền trong nước biển, hoạt động của các nguyên tố trên có thể khác nhau. Ví dụ, người ta tin rằng thủy ngân và kẽm được kết tủa từ cột nước chủ yếu bởi các chất hữu cơ sinh vật phù du, bao gồm sự tích tụ trong trầm tích biển cùng với tàn tích của tảo cát (Ellwood và Hunter, 2000).

3.3. NGUỒN CUNG CẤP VÀ QUY LUẬT PHÂN BỐ VẬT LIỆU TRẦM TÍCH VÙNG NGHIÊN CỨU

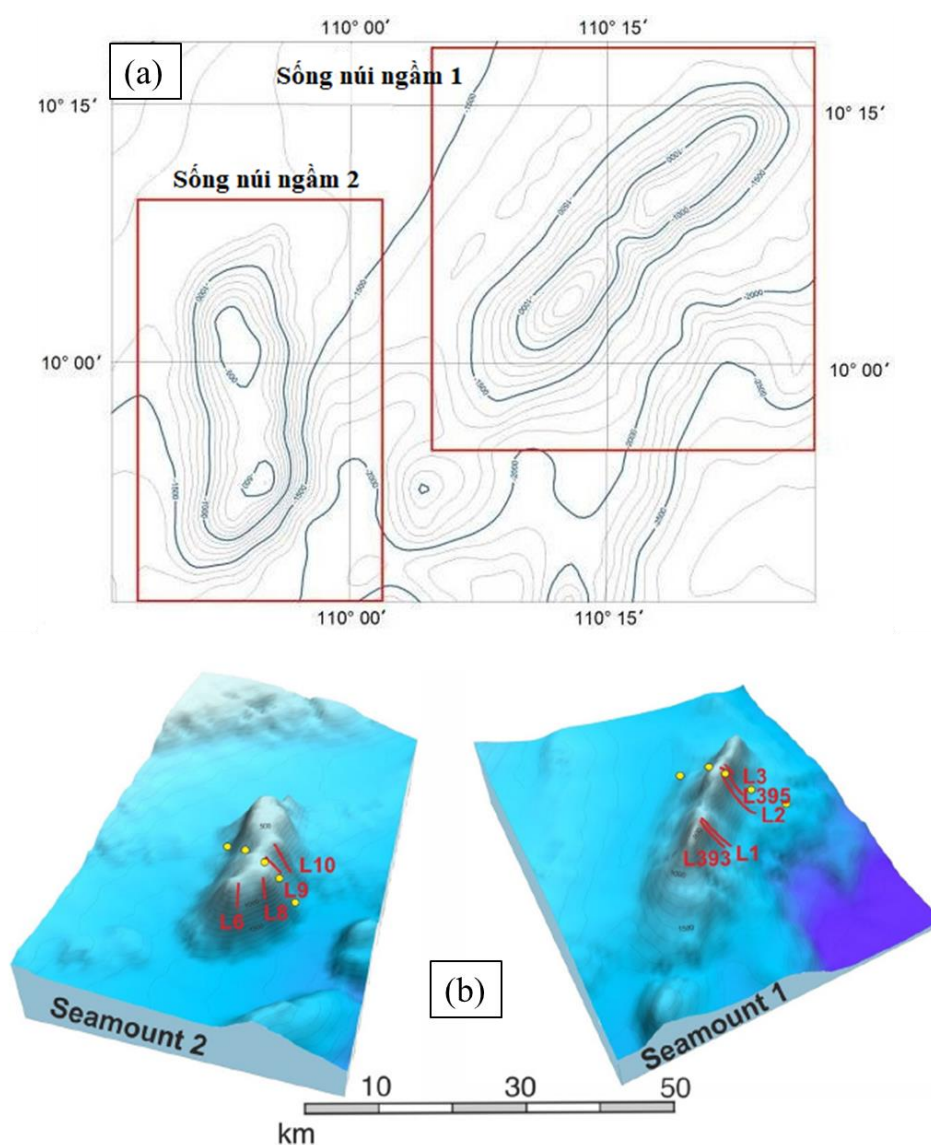
Theo quy luật phân dị độ hạt, trầm tích phân bố theo quy luật kích thước hạt mịn dần theo độ sâu đáy biển. Khu vực phía tây vùng nghiên cứu, trầm tích hạt thô nhất là sạn cát và cát sạn phân bố ở các địa hình nổi cao phía đất liền, xung quanh khu vực đảo Phú Quý. Về phía đông, ở độ sâu lớn hơn, lần lượt phân bố các trường cát bột, bột cát và độ sâu lớn hơn nữa là trường bột, bùn và sét. Khu vực xung quanh Bãi Phúc Tần và Bãi Huyền Trân có thể nhận thấy các thành tạo hạt thô như cát sạn phân bố ở các địa hình cao hơn xung quanh các bãi này, ở độ sâu khoảng từ 40 – 400m nước. Các trầm tích hạt mịn hơn như cát bột cũng phân bố chủ yếu xung quanh các bãi ngầm này nhưng ở độ sâu lớn hơn, từ khoảng 400 – 600m nước. Tiếp đến là các trường trầm tích bùn cát và bột cát phân bố ở độ sâu lớn hơn (từ 600 – 1500m) bao quanh các trường trầm tích hạt thô hơn nêu trên. Ở độ sâu lớn nhất phân bố các trường trầm tích bùn, bột và sét.

CHƯƠNG 4

ĐẶC ĐIỂM KHOÁNG VẬT, ĐỊA HÓA CỦA VỎ, KẾT HẠCH SẮT – MANGAN VÙNG NGHIÊN CỨU

4.1. ĐẶC ĐIỂM PHÂN BỐ VỎ, KẾT HẠCH Fe-Mn

Từ kết quả khảo sát, kết quả nghiên cứu trước đây của một số đề tài, dự án và đặc biệt là kết quả nghiên cứu của các nhà địa chất Liên bang Nga trong khuôn khổ các chương trình hợp tác nghiên cứu khoa học cho thấy: Trong vùng nghiên cứu có hai kiểu địa hình có thể triển vọng xuất hiện vỏ, kết hạch Fe-Mn; Đó là bề mặt phun trào trẻ; bề mặt nằm ngang mài mòn và bề mặt phân dị của các đồi, núi ngầm dưới đáy biển.



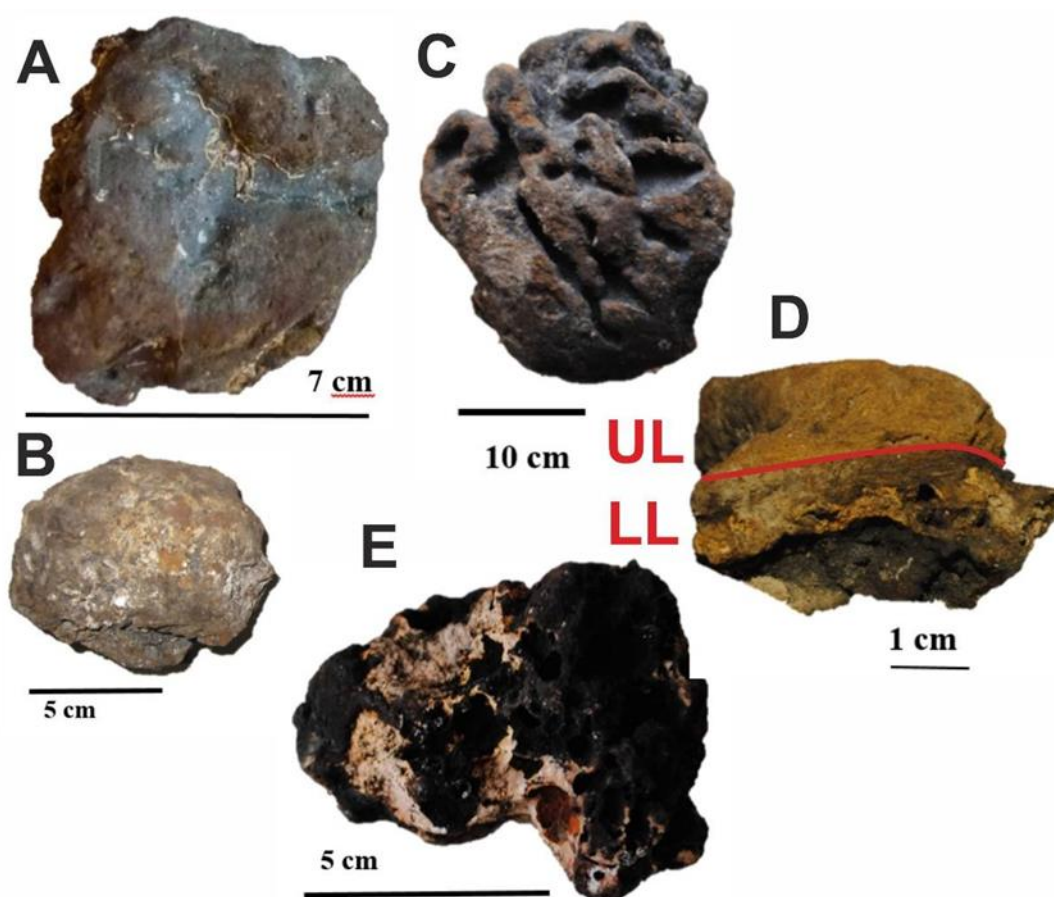
Hình 4.1. Khu vực lấy mẫu nghiên cứu lớp vỏ, kết hạch Fe-Mn. (a) Sơ đồ đẳng sâu; (b) mô hình 3D khu vực núi ngầm 1 và núi ngầm 2; đường màu đỏ là các tuyến cào lấy mẫu nghiên cứu, chấm màu vàng là các trạm đo xác định vùng oxy cực tiểu.

Kết quả khảo sát, nghiên cứu do VNII Okeangeologia (Liên bang Nga) và Cục Biển và Hải đảo Việt Nam thực hiện thực hiện ở một số khu vực trong vùng biển Nam Trung vào các năm 2009, 2010, 2014 và 2020 bước đầu chứng minh cho các quan điểm trên. Cụ thể tại hai núi ngầm trong vùng nghiên cứu (Hình 4.1) đã phát hiện được vỏ, kết hạch Fe-Mn.

4.2. ĐẶC ĐIỂM HÌNH THÁI, CẤU TRÚC KẾT HẠCH, VỎ Fe-Mn

4.2.1. Đặc điểm hình thái

Các mẫu vỏ, kết hạch Fe-Mn đã thu thập được trong vùng nghiên cứu có hình thái bên ngoài khá đa dạng, bao gồm: (1) bề mặt nhẵn của vỏ, kết hạch Fe-Mn tại núi ngầm 1 (Hình 4.2.A-B); (2) Bề mặt dạng thực vật của vỏ Fe-Mn núi ngầm 2 (Hình 4.2.C); (3) Hình thái cấu trúc 2 lớp của vỏ Fe-Mn núi ngầm 2 (Hình 4.2.D); (4) Mẫu vụn đá được bao bọc bởi lớp hydroxit Fe-Mn (Hình 4.2.E).



Hình 4.2. Hình ảnh vỏ, kết hạch Fe-Mn vùng nghiên cứu.

4.2.2. Đặc điểm cấu trúc của vỏ, kết hạch Fe-Mn

Kết hạch và Vỏ Fe-Mn thường phủ hoặc bao bọc các thành tạo vật chất có trước. Ranh giới giữa lớp vỏ và vật chất ở nhân (mảnh vụn) hoặc đá nền hoặc đá gốc là rất khác biệt: Điều này được thể hiện rõ ràng khi quan sát dưới kính hiển vi điện tử quét (SEM) và kết hợp với EDS. Thành phần của vỏ, kết hạch Fe-Mn lấp đầy các

lỗ hổng của nhân và đá nền và có ranh giới không theo quy luật nào cả. Nhân là các mảnh vụn được đặc trưng bởi đá vôi sinh học có chứa các mẫu hóa thạch được bảo tồn khá tốt, đôi chỗ bị lấp đầy bởi hydroxit Fe-Mn. Đôi chỗ phần nhân gồm goethit dạng chùm nhỏ phát triển trong các lỗ hổng bất gặp khá phổ biến.

4.3. ĐẶC ĐIỂM THẠCH HỌC, KHOÁNG VẬT

Nhằm mục đích so sánh, nghiên cứu các loại đá có điều kiện thuận lợi để các thành tạo kết hạch, vỏ Fe-Mn phát triển, bao phủ bên ngoài, chúng tôi tiến hành phân tích lát mỏng thạch học các loại mảnh vụn đá và mẫu kết hạch, vỏ Fe-Mn thu thập được. Các kết quả nghiên cứu chính được tổng hợp lại sau đây:

4.3.1. Đặc điểm thạch học - khoáng vật lớp vỏ, kết hạch Fe-Mn

Hầu hết các mẫu lát mỏng thạch học đều khá giàu các khoáng vật quặng oxit Fe – Mn có cấu tạo dạng đặc sít đến phân dải, xen kẽ với các lớp đá vôi vi hạt, đôi chỗ quan sát rõ di chỉ formaminifera.

Kết quả phân tích thạch học lát mỏng cho thấy các mẫu kết vỏ, kết hạch Fe-Mn đều chứa carbonat sinh vật, có thể nhận biết rõ ràng di tích sinh vật - hóa thạch dưới kính hiển vi phân cực. Thành phần thạch học tương đối đơn giản, với hàm lượng khoáng vật quặng oxit Fe - Mn dao động từ 30-75%, phổ biến trong khoảng 60-70%. Khoáng vật phổ biến thứ 2 là calcit, quan sát rõ di tích foraminifera, hàm lượng từ 20-30 %. Thạch anh thường có độ hạt nhỏ hơn 0.1mm, hàm lượng <3% trong tất cả các mẫu, đóng vai trò là khoáng vật phụ.

4.3.2. So sánh Đặc điểm thành phần vỏ, kết hạch Fe- Mn vùng nghiên cứu với các vùng biển khác ở biển Đông và biển thế giới

thành phần thạch học, thành phần khoáng vật của các thành tạo vỏ, kết hạch Fe-Mn trùng sâu Tây Nam Biển Đông có nhiều điểm khá tương đồng với các thành tạo vỏ, kết hạch Fe-Mn ở khu vực Thái Bình Dương.

Bảng 4.1. Tổng hợp các khoáng vật trong vỏ, kết hạch Fe-Mn vùng nghiên cứu và các vùng biển khác trong khu vực Biển Đông và Thái Bình Dương

Vùng nghiên cứu	Rìa lục địa ĐB Biển Đông	Rìa lục địa TB Biển Đông	Trung tâm Biển Đông	Thái Bình Dương
Chủ yếu: vernadite, ít phổ biến hơn là birnessite, goethit, ít Mn-feroxyhyte, manganite, lepidocrocit và hematit.	goethite, quartz, clay minerals, vernadite, todorokite, sodium, barite, manganite,	vernadite, todorokite, birnessite, CFA, asbolane, calcite, chlorite, bernadite,	vernadite, todorokite, birnessite, calcite, clay mineral, manganite, 10 Å manganite, asbolane,	Ưu thế: MnO ₂ (iron- venadite), Iron oxyhydroxide (feroxyhyte) Ít gặp: goethite, calcite, todorokite, K-feldspar, pyroxene, barite, amphibole, magnetite,

Vùng nghiên cứu	Rìa lục địa ĐB Biển Đông	Rìa lục địa TB Biển Đông	Trung tâm Biển Đông	Thái Bình Dương
Khoáng vật vụn bao gồm thạch anh, fenspat, calcit và các khoáng vật thuộc nhóm sét.	pyrit, plagioclase.	10 Å manganite, barite, albite, lagioclase, quartz.	feldspar, quartz, pyroxene, illite, smectite, plagioclase, mica.	amorphous, aluminosilicates. Hiếm gặp: Halite, illite, lepidocrocite, manjiroite, manganite, palygorskite, chlorite, dolomite, maghemite

4.4. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA HÓA VỎ, KẾT HẠCH Fe-Mn

4.4.1. Đặc điểm địa hóa các nguyên tố chính, các nguyên tố phụ trong vỏ, kết hạch Fe-Mn

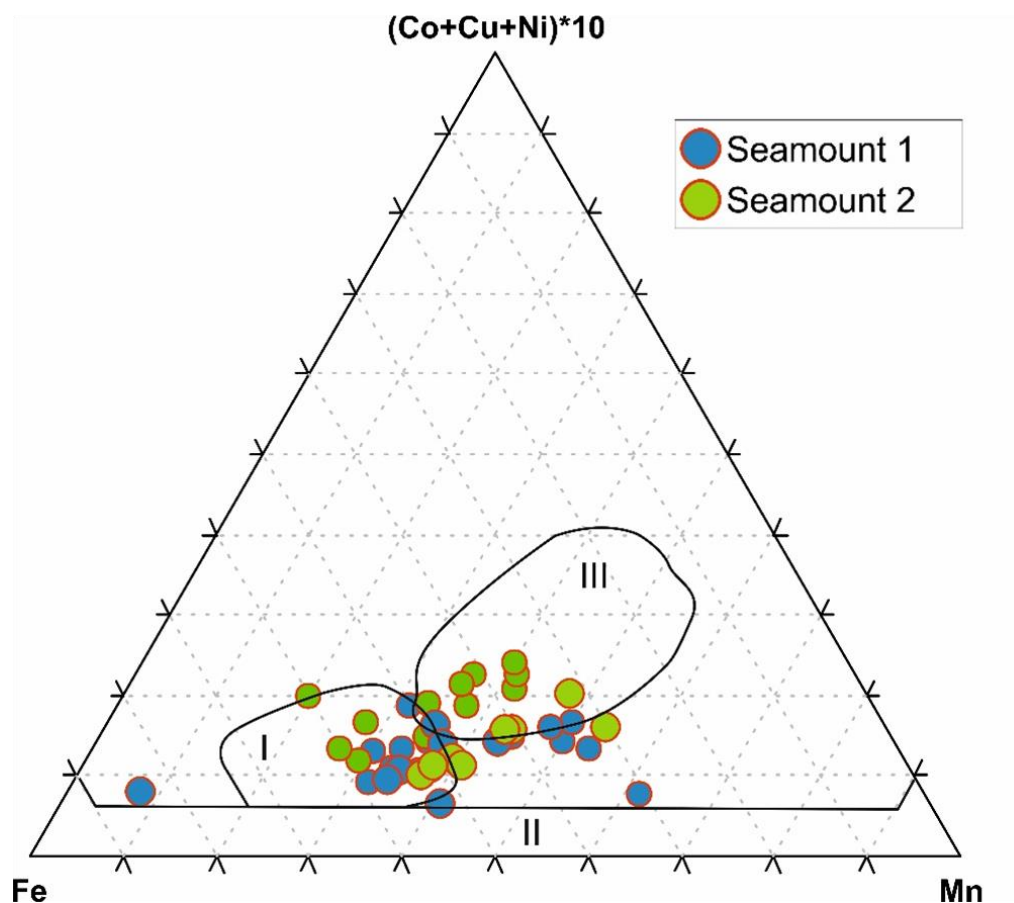
Thành phần hóa học vỏ, kết hạch Fe-Mn được đặc trưng bởi các nguyên tố tạo quặng chính (Mn, Fe, Co, Ni, Cu) và các nguyên tố đất hiếm (REEs). Các nguyên tố tạo quặng chính có ý nghĩa hơn về mặt kinh tế, nhưng các nguyên tố đất hiếm cho thấy nguồn gốc của các thành tạo vỏ, kết hạch Fe-Mn. Trong số đó, người ta quan tâm nhất tới các nguyên tố có giá trị kinh tế cao, như Co và Ni. Vỏ, kết hạch Fe-Mn lắng đọng từ nước lạnh xung quanh (thủy sinh) trên nền đá cứng của các núi ngầm. Sự tích tụ, lắng đọng theo con đường thủy sinh của vỏ, kết hạch Fe-Mn được không chế bởi sự kết tủa của chất keo của oxit Mn và Fe ngậm nước, mà chứa các nguyên tố kim loại vết do các quá trình hấp thụ bề mặt. [Bảng 4.2](#) thể hiện các thông số địa hóa về sự phân bố của các nguyên tố tạo quặng. Vỏ sắt mangan ở Biển Đông có tỷ lệ Mn/Fe gần bằng 1. Giá trị trung bình hàm lượng của các nguyên tố tạo quặng chính và mô-đun Fe/Mn cho phép chúng tôi đưa ra thứ tự biến đổi hàm lượng trong các thành tạo vỏ, kết hạch Fe-Mn như sau: mảnh đá nền nhiễm hydroxit Fe-Mn → kết hạch → vỏ Fe-Mn. Theo chiều mũi tên, hàm lượng trung bình của Fe, Cu, Co, Ni tăng dần.

Các thông số địa hóa đặc trưng của các nguyên tố tạo quặng ở hai khu vực núi ngầm 1 và núi ngầm 2 được thể hiện trong [Bảng 4.2](#). Vỏ Fe-Mn ở khu vực núi ngầm 2 được đặc trưng bởi hàm lượng cao các nguyên tố quặng. Tuy nhiên, các giá trị hàm lượng này thấp hơn so với kết quả phân tích lớp vỏ ở khu vực núi ngầm 1, ngoại trừ Co. Thành phần trung bình của Co là 0,115%.

Bảng 4.2. Các thống kê cơ bản về địa hóa các thành tạo Fe-Mn vùng nghiên cứu

Thành tạo	Các chỉ số thống kê	Fe	Mn	Cu	Ni	Co	Zn	Pb	Mn/Fe
Núi ngầm 1									
Tất cả mẫu N=58	Xmin	3,19	1,31	0,008	0,05	0,021	0,011	0,02	0,55
	Xmax	15,19	2314,30	0,11	0,40	0,16	0,07	0,21	1,66
	Xcp	9,13	7,98	0,04	0,23	0,09	0,05	0,10	1,01
	S	2,58	2,99	0,02	0,09	0,05	0,01	0,04	0,40
	V	28,25	37,50	54,83	39,47	52,59	28,33	44,09	39,81
Nhân có hydroxit Fe-Mn	Xmin	4,90	8,12	0,030	0,11	0,021	0,028	0,028	1,66
	Xmax	6,16	9,50	0,048	0,27	0,022	0,047	0,120	1,54
	Xcp	5,65	8,61	0,041	0,20	0,022	0,039	0,062	1,52
	S	0,66	0,77	0,010	0,08	0,001	0,010	0,050	1,17
Kết hạch	Xmin	7,14	5,12	0,024	0,16	0,024	0,039	0,039	0,72
	Xmax	9,24	12,60	0,074	0,37	0,053	0,062	0,096	1,36
	Xcp	8,19	7,06	0,041	0,24	0,040	0,046	0,065	0,86
	S	0,94	3,17	0,019	0,08	0,011	0,010	0,026	3,38
Vỏ	Xmin	9,58	2,00	0,030	0,15	0,020	0,040	0,091	0,21
	Xmax	21,70	17,28	0,110	0,48	0,170	0,070	0,210	0,80
	Xcp	13,95	10,76	0,059	0,26	0,074	0,056	0,139	0,77
	S	3,51	3,88	0,025	0,09	0,039	0,008	0,042	1,11
Núi ngầm 2									
		%	%						
Nhân có hydroxit Fe-Mn	Xmin	1,05	0,40	8ppm	18 ppm		11ppm		0,21
	Xmax	8,64	10,78	208	396	113ppm	226		3,38
	Xcp	3,38	2,50	68	136	35	64		1,19
	S	2,93	3,32	71	143	40	71		1,11
Vỏ	Xmin	6,93	4,22	0,021	0,11	0,020	0,030	0,076	0,61
	Xmax	17,93	19,54	0,100	0,40	0,270	0,070	0,120	1,09
	Xcp	10,99	9,40	0,045	0,25	0,115	0,047	0,102	0,86
	S	3,41	4,06	0,020	0,10	0,059	0,012	0,016	1,19

Kết quả xử lý theo sơ đồ Bonatti (theo A. Dubinin, 2006) cho thấy vị trí của các mẫu Mô hình lấy ở núi ngầm 1 và núi ngầm 2 đều nằm trong trường vỏ, kết hạch Fe-Mn có nguồn nhiệt dịch ở rìa đại dương và trường kết hạch, vỏ nguồn thủy sinh ở vùng biển khơi (Hình 4.3).



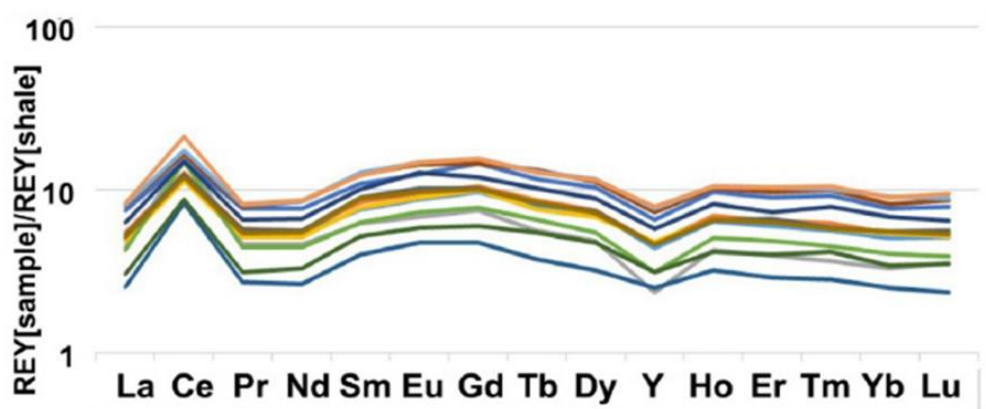
Hình 4.3. Sơ đồ Bonatti cho các thành tạo vỏ, kết hạch Fe-Mn vùng nghiên cứu. Trong đó: (I)-Trường nhiệt dịch và các kết hạch thành tạo từ rìa đại dương; (II)-Trường tích tụ vỏ, kết hạch Fe-Mn nguồn nhiệt dịch; (III)-Trường kết hạch, vỏ Fe-Mn biển khơi nguồn thủy sinh

4.4.2. Đặc điểm địa hóa các nguyên tố vết và nhóm đất hiếm (REY) trong kết hạch, vỏ Fe-Mn

Trên cơ sở tổng hợp kết quả phân tích mẫu từ nhiều nguồn khác nhau và kết quả phân tích mẫu do Đề tài thực hiện đối với các mẫu vỏ kết hạch, mẫu mảnh vụn được phủ bởi hydroxit Fe-Mn (Bảng 4.5) đã xác định thành phần các nguyên tố vết bao gồm nhóm đất hiếm.

Tổng hàm lượng REY trong mẫu vỏ, kết hạch Fe-Mn vùng biển NTB biến thiên trong khoảng rộng từ 0,103% đến 0,286%; Hàm lượng trung bình của nhóm REY là 0,189%, thấp hơn so với giá trị hàm lượng trung bình của mẫu vỏ, kết hạch Fe-Mn từ các đại dương toàn cầu (0,235% - 0,254%), ngoại trừ Nam Thái Bình Dương (0,163%) (Hein et al., 2013a) và Bắc Băng Dương (0,165) (Hein và nnk, 2017). Tỷ lệ phần trăm trung bình của các nguyên tố REY nặng (Eu-Lu + Y) trong tổng số REY trong lớp vỏ lớn là 15%, điển hình cho lớp vỏ thủy sinh từ đại dương toàn cầu (16%–21%) (Hein et al., 2013a).

Mặc dù hàm lượng REY có sự thay đổi lớn đối với các mẫu khác nhau trong vùng nghiên cứu, nhưng thành phần REY các mẫu vỏ Fe-Mn được chuẩn hóa theo PAAS – từ hai khu vực núi ngầm trong vùng biển Nam Trung Bộ là tương tự nhau): Đặc điểm tương đồng này phản ánh bởi tại hai khu vực cùng xuất hiện các dị thường dương của Ce và dị thường âm của Y. Đồ thị phân biệt dựa trên REY (theo Bau et al., 2014) cho thấy đồ thị vỏ, kết hạch Fe-Mn nằm trong trường có nguồn gốc thủy sinh. Dị thường Ce (Hình 4.4) thể hiện rõ ràng trên sơ đồ phân bố các nguyên tố đất hiếm chuẩn hóa theo giá trị của đá phiến sét, phản ánh vai trò quá trình thủy sinh đối với hình thành lớp vỏ, kết hạch Fe-Mn vùng nghiên cứu. Ngoài ra các mẫu còn có dị thường Eu thấp, đặc trưng cho thành phần nhiệt dịch, dị thường dương của Gd được hình thành khá rõ đối với một số mẫu.



Hình 4.4. Biểu đồ các nguyên tố đất hiếm và ytri (REY) của các thành tạo vỏ, kết hạch Fe-Mn từ núi ngầm 1 (màu cam) và núi ngầm 2 (màu xanh) được chuẩn hóa theo đá phiến sét (PAAS)

Bảng 4.3. Thành phần hóa học vỏ, kết hạch Fe-Mn các vùng trên Biển Đông

STT	Hàm lượng trung bình	Vùng rìa ĐB Biển Đông	Vùng rìa TB Biển Đông	Bồn trũng TT Biển Đông	Vùng nghiên cứu
1	Fe (wt.%)	38.7	12,1	9,3	15,6
2	Mn (wt.%)	1,0	14,2	13,6	11,4
3	Mn/Fe	0,03	1,12	1,45	0,73
4	Al ₂ O ₃ (wt.%)	3,69	5,56	8,32	3,1
5	P ₂ O ₅ (wt.%)	3,7	6,5	-	5,2
6	Cu+Ni+Co (ppm)	672.2	7381	6562	1633.4
7	Co (ppm)	197.0	1352.9	1190.3	567
8	Ni (ppm)	412.4	5065.8	4172.5	566. 7

STT	Hàm lượng trung bình	Vùng rìa ĐB Biển Đông	Vùng rìa TB Biển Đông	Bồn trũng TT Biển Đông	Vùng nghiên cứu
9	Cu (ppm)	62.8	746.9	1199.2	1066. 7
10	Ba (ppm)	1094,0	3892,5	1084	883
11	REE (ppm)	157,7	1127,3	620,6	651

4.5. ĐIỀU KIỆN THÀNH TẠO VỎ, KẾT HẠCH Fe-Mn

4.5.1. Các phương thức hình thành lớp vỏ Fe-Mn

Các kết quả nghiên cứu được công bố trên thế giới cho thấy vỏ Fe-Mn có bề dày thay đổi từ dưới 1 mm đến cỡ 260 mm. Sự phân bố của chúng thường gắn liền với các bề mặt lộ đá gốc hoặc đá nền không có trầm tích do hoạt động dòng chảy ngầm. Độ sâu bắt gặp vỏ Fe-Mn dao động trong khoảng lớn từ 600 m đến 3000 m và hay gặp trên các sườn núi ngầm có độ cao trên 1000m so với đáy biển xung quanh. Ngoài ra vỏ Fe-Mn cũng gặp được trên các đồi, đỉnh núi ngầm quy mô nhỏ, hoặc trên các sống núi và các cao nguyên ngầm với độ cao so với đáy biển từ 200 đến 1000 m. Ví dụ ở phía Tây Nam Thái Bình Dương, vỏ Fe-Mn hình thành dưới dạng các mảng bám trên các đỉnh núi và các sườn núi ngầm, đặc biệt ở các vùng địa hình bình nguyên bằng phẳng nằm ở độ sâu khoảng 400 m đến 4000 m. Vỏ Fe-Mn có giá trị kinh tế thường nằm ở độ sâu từ 800 m đến 2500 m (Baker and Beaudoin 2013b, Hein, et al. 1999). Sự phân bố và thành phần vỏ Fe-Mn trên các núi ngầm tương đối phức tạp và bị khống chế bởi nhiều yếu tố bao gồm: hình thái núi ngầm; mô hình dòng chảy; quá trình bào mòn; các loại đá lộ ra trên đáy biển; tuổi của các thành phần kết tủa cũng như tốc độ tăng trưởng; lịch sử sụt lún và ảnh hưởng khí hậu bao gồm sự thay đổi năng suất sinh học trên bề mặt đại dương. Đối với các vùng có trầm tích dày trên 500 m hoặc tốc độ trầm tích > 2 cm/1000 năm thì không thuận lợi cho việc hình thành vỏ Fe-Mn (Cronnan 1983a). Về mặt kiến tạo, các vùng như vậy thường liên quan mật thiết đến các khu vực có hoạt động phân dị kiến tạo để tạo ra các núi lửa đỉnh bằng (Guyots) và các hoạt động magma đi kèm làm tiền đề cung cấp vật chất đa kim kết tủa trên sườn và bề mặt đỉnh núi lửa, tạo điều kiện cho hoạt động sống của vi khuẩn, tảo, san hô, sinh vật bám đáy tham gia vào quá trình kết tủa kim loại tạo thành các lớp vỏ manganen sắt giàu Co, Ni và các kim loại khác.

4.5.2. Các phương thức hình thành kết hạch Fe-Mn

Các kết hạch Fe-Mn là các kết hạch kim loại được tạo nên từ các oxide sắt và oxide mangan có đường kính điển hình từ 1 đến 12 cm. Kết hạch Fe-Mn xuất hiện

cùng với trầm tích đáy biển ở nhiều độ sâu khác nhau từ các vùng biển nông đến các vùng biển thẳm. Nhưng đặc biệt chúng hình thành nhiều và trên diện tích rộng ở các đồng bằng biển thẳm trên các đại dương thế giới, ở độ sâu nước từ 4000 đến 6500 m, ở các khu vực có nhiệt độ thấp chỉ ở bên trên mức đóng băng một vài độ, áp suất thủy tĩnh cao và hầu như ánh sáng không chiếu tới và các khu vực có tốc độ tích tụ trầm tích nhỏ hơn 20 mm/nghìn năm (Baker and Beaudoin 2013b, Hein and Koschinsky 2014).

Các khoáng vật chứa mangan và sắt trong các kết hạch được hình thành chủ yếu theo phương thức kết tủa từ dung dịch nước biển theo bốn phương thức sau (Cronnan 1983b, Roy 1992) : i) Theo cơ chế thủy sinh (hydrogenesis), trong đó các khoáng vật được kết tủa trực tiếp từ nước biển nhiệt độ thấp; ii) Cơ chế thủy nhiệt (hydrothermal): Các ion kim loại kết tủa từ nguồn nước nóng liên quan đến các vùng dị thường nhiệt dưới đáy đại dương hoặc núi lửa; iii) Theo cơ chế thành đá (diagenetic), các ion kim loại được huy động được kết tủa từ nước lỗ rỗng trầm tích - là nước biển bị thay đổi bởi các phản ứng hóa học ở bên trong trầm tích; iv) Theo cơ chế phong hóa ngầm dưới biển (halmyrolitic). Theo phương thức này, các khu vực có đá gốc lộ ra hoặc các tầng lẫn vụn đá bazan bị phong hóa hóa học phân hủy các khoáng vật tạo đá để huy động các nguyên tố Fe, Mn vào nước biển và kết tủa tại chỗ.

Các kết hạch hình thành theo cơ chế thủy sinh tăng trưởng vô cùng chậm, ở tốc độ khoảng 1-10 mm/triệu năm, trong khi các kết hạch hình thành theo cơ chế thành đá tăng trưởng ở tốc độ vài trăm mm/triệu năm (Petersen, et al. 2016).

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Từ kết quả tổng hợp phân tích các nghiên cứu về đặc điểm địa chất, đặc điểm phân bố, thành phần khoáng vật, địa hóa của các thành tạo vỏ, kết hạch Fe-Mn trên các vùng biển, đại dương trên thế giới và kết quả nghiên cứu Đề tài tại vùng biển sâu Nam Trung Bộ tác giả đưa ra một số kết luận và kiến nghị sau:

I. KẾT LUẬN

1. Các thành tạo vỏ, kết hạch Fe-Mn trong vùng nghiên cứu có thành phần khoáng vật mangan chính là vernadite, ít phổ biến hơn là birnessite và khoáng vật sắt chủ yếu là goethit, ít Mn-feroxyhyte, lepidocrocit và hematit. Ngoài thành phần gồm hai nhóm khoáng vật tự sinh của sắt và mangan thì trong thành phần của vỏ, kết hạch Fe-Mn còn có sự tham gia của một số khoáng vật vụn cơ học, gồm thạch anh, fenspat, calcit.

2. Điểm khác biệt chính của vỏ Fe-Mn ở Biển Đông nói chung và vùng biển sâu Nam Trung Bộ nói riêng so với vỏ Fe-Mn được tìm thấy ở những khu vực khác trong đại dương thế giới là tỷ lệ Fe/Mn trung bình tương đối cao (đạt ngưỡng 1,6). Hàm lượng Fe cao so với hàm lượng Mn trong vỏ Fe-Mn ở vùng nghiên cứu có thể được giải thích là do hai nguyên nhân chính sau: (a) Hàm lượng sắt được bổ sung từ nguồn lục địa được hệ thống sông vận chuyển ra Biển Đông; Đặc biệt là các sông lớn (sông Mekong), (b) Hàm lượng Fe/Mn cao có thể liên quan đến hiện tượng nước trời trong vùng biển. Nước trời tạo ra năng suất sơ cấp cao và vùng tối thiểu oxy rõ rệt. Kết quả đo mặt cắt CTD cho thấy lớp ôxy tối thiểu nằm trong khoảng độ sâu từ 420 đến 1100 m với giá trị ôxy hòa tan tối thiểu nhỏ hơn 1,8 ml/l, trong điều kiện ôxy thấp, trầm tích của thềm lục địa, sườn dốc và núi ngầm giải phóng Fe.

3. Từ giá trị thông số địa hóa của các nguyên tố tạo quặng chính và mô-đun Fe/Mn cho phép xác định thứ tự hấp phụ hàm lượng một số nguyên tố trong các thành tạo vỏ, kết hạch Fe-Mn như sau: mảnh đá nền (hoặc lớp trên cùng của đá nền) nhiễm hydroxit Fe-Mn → kết hạch → vỏ Fe-Mn. Theo chiều mũi tên, hàm lượng trung bình của Fe, Cu, Co, Ni tăng dần..

4. Trong vỏ, kết hạch Fe-Mn ở đại dương hàm lượng trung bình các nguyên tố Ni, Co, Cu lần lượt là 2642 ppm, 1668 ppm và 351 ppm. Vỏ, kết hạch Fe-Mn trong vùng nghiên cứu có đặc trưng với hàm lượng Co và Ni cao, lần lượt là 0.38% và 0.40%. Tỷ lệ Ni/Co trung bình cao hơn rất nhiều so với mẫu tại Bắc Thái Bình Dương (1.33 so với 0.6) thể hiện vỏ, kết hạch Fe-Mn biển Nam Trung Bộ giàu Ni. Hàm lượng Pb, Th trong vỏ, kết hạch Fe-Mn vùng Nam Trung Bộ tăng cao hơn nhiều so với trong lớp vỏ thủy sinh từ đại dương toàn cầu. Hàm lượng trung bình

của Pb là 2682 ppm và Th là 115 ppm so với 207–393 ppm của Pb, 11–56 ppm của Th trong các lớp vỏ từ các khu vực khác trên các đại dương.

5. Tổng hàm lượng REY trong mẫu vỏ, kết hạch Fe-Mn vùng biển Nam Trung Bộ biến thiên trong khoảng rộng từ 0,103% đến 0,286%; Hàm lượng trung bình của nhóm REY là 0,189%, thấp hơn so với giá trị hàm lượng trung bình của mẫu vỏ, kết hạch Fe-Mn từ các đại dương toàn cầu (0,235% - 0,254%), ngoại trừ Nam Thái Bình Dương (0,163%) (Hein et al., 2013a) và Bắc Băng Dương (0,165) (Hein và nnk, 2017).

II. KIẾN NGHỊ

Các đơn vị có liên quan về điều tra tài nguyên biển, đặc biệt là khoáng sản rắn biển sâu cần tăng cường hợp tác quốc tế trong công tác điều tra kết hợp nghiên cứu khoa học mà cụ thể là:

- Tăng cường trao đổi, học tập, kinh nghiệm, nâng cao năng lực tổ chức nghiên cứu vỏ, kết hạch Fe-Mn vùng biển sâu;

- Xem xét khả năng trao đổi mẫu vật trầm tích vỏ, kết hạch Fe-Mn từ với các đơn vị có mẫu vật ở các khu vực khác trên Biển Đông, đại dương phục vụ nghiên cứu khoa học.

- Tiếp tục hợp tác nghiên cứu về vỏ, kết hạch Fe- Mn để có các công bố quốc tế về tài nguyên khoáng sản trên các vùng biển của Việt Nam

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bui Hong Long, Phan Minh Thu, Nguyen Nhu Trung, 2020, Initial understanding and assessment of role of oceanographic features for ferromanganese crusts and nodules in the East VietNam Sea. VietNam Journal of Marine Science and Technology; Vol. 20, No. 4; 2020: 383–397. DOI: <https://doi.org/10.15625/1859-3097/15775>.
- Đào Mạnh Tiến và nnk., (2005) Điều tra địa chất khoáng sản, địa chất môi trường, tài biển địa chất vùng biển Nam Trung Bộ (từ 0-30 m nước) tỷ lệ 1:100.000 và một số vùng trọng điểm tỷ lệ 1:50000. Báo cáo tổng kết đề tài. Lưu Liên Đoàn Địa Chất Biển.
- Nguyễn Biểu (Chủ biên), và nnk., 2001. Bản đồ địa chất - Pliocen Đệ tứ thêm lục địa Việt Nam tỷ lệ 1/1.000.000. Báo cáo KH đề tài cấp Nhà nước KT-06-11, Trường Đại học Mở - Địa chất.
- Nguyễn Thế Tiệp (chủ biên) và nnk., (2010). Nghiên cứu cấu trúc địa chất vùng biển nước sâu (trên 200m nước) Nam Việt Nam làm cơ sở khoa học để tìm kiếm tài nguyên khoáng sản liên quan. Báo cáo tổng kết đề tài cấp nhà nước KC.09-18/06-10. Lưu trữ Viện địa chất – Địa vật lý biển.
- Nguyễn Thế Tiệp và nnk (2007). Biên tập và xuất bản tập bản đồ các điều kiện tự nhiên và môi trường vùng biển Việt Nam và kế cận. Báo cáo tổng hợp đề tài, lưu trữ tại Viện Địa chất và Địa vật lý biển.
- Nguyễn Tiến Hải và nnk, 2000. Nghiên cứu đặc điểm trầm tích và thành phần vật chất các thành tạo trầm tích trũng sâu Biển Đông. Báo cáo KH đề tài cấp cơ sở, Phân viện HDH tại Hà Nội.
- Nguyễn Tiến Hải, 2007. Đặc điểm thành phần vật chất trong trầm tích bề mặt thêm lục địa biển Nam Trung Bộ. Các khoa học về Trái đất, số 2 (T.29).
- Nguyễn Tiến Hải, A. Schimanskir, 2008. New data on bazans in the bottom of the South Central VietNam continental shelf taken by Cruise VG-05. Geology, Serie B, N0 31-32.
- Nguyễn Tiến Hải, Vũ Hải Đăng, 2011. Đặc điểm và phân loại trầm tích bề mặt đáy trũng sâu Biển Đông qua tập mẫu SO – 132. Hội nghị KH-CN biển toàn quốc lần thứ 5.
- Nguyễn Trọng Tín, (chủ biên) và nnk, (2015). Báo cáo “Nghiên cứu cấu trúc địa chất các bể trầm tích Kainozoi vùng nước sâu (trên 200m nước) biển Đông Việt Nam và đánh giá tài nguyên năng lượng và khoáng sản”. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu cấp nhà nước KC.09.03/11-15. Lưu trữ Viện Dầu khí. Hà Nội.