

## **Institute of Marine Geology and Geophysics - 30 years for studying geology and geophysics in the marine zones of Vietnam and Eastern Sea**

**Bui Cong Que**

*Vietnam Association of Geophysicists, Hanoi, Vietnam*  
E-mail: [bcque2010@gmail.com](mailto:bcque2010@gmail.com)

Received: 25 July 2019; Accepted: 6 October 2019

©2019 Vietnam Academy of Science and Technology (VAST)

### **Abstract**

Geological and geophysical investigation and study in the marine zones of Vietnam and Eastern Sea, its application in the mineral exploration, for natural disaster and hazard prevention, environment and resource protection, for sea and island management, marine economic development, sea defence and security is the important, main and long-term tasks of the Institute of Marine Geology and Geophysics. For last 30 years, the institute has a leading role for conducting a numerous projects of national and international programs of marine research and investigation in the marine zones of Vietnam and Eastern Sea. The obtained results and achievements include big, abundant, up to date databases, newest and detailed schemes and maps, valuable published papers, books, and contributions on characteristics of geophysical fields, deep crustal structure, seabed sediment and environment, geological structure and tectonic evolution, seismotectonics and earthquake, tsunami hazard assessment, mineral potential and perspective evaluation. Results of study on geophysical fields, deep crustal structure, seabed topography and geomorphology have been used for determination of outer limits of continental shelf of Vietnam in the Eastern Sea. Big part of the results was gained from research and investigation projects conducted in the Truong Sa and Hoang Sa areas. On the basis of the obtained achievements, some special tasks are proposed to continue conducting the geological and geophysical research and investigation in the sea of Vietnam and adjacent areas.

**Keywords:** Institute of Marine Geology and Geophysics, geophysical fields, deep crustal structure, seabed sediment structure, geological environment, mineral perspective, earthquake and tsunami hazards.

## **Viện Địa chất và Địa vật lý biển với 30 năm nghiên cứu địa chất và địa vật lý trên vùng biển Việt Nam và Biển Đông**

**Bùi Công Quế**

*Hội Khoa học kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam, Hà Nội, Việt Nam*  
E-mail: [bcque2010@gmail.com](mailto:bcque2010@gmail.com)

Nhận bài: 25-7-2019; Chấp nhận đăng: 6-10-2019

### **Tóm tắt**

Điều tra nghiên cứu địa chất và địa vật lý trên vùng biển Việt nam và Biển Đông và ứng dụng trong thăm dò khoáng sản, phòng chống thiên tai, bảo vệ môi trường, tài nguyên, quản lý biển đảo, phát triển kinh tế và đảm bảo quốc phòng, an ninh biển, đảo là nhiệm vụ cơ bản và lâu dài của Viện địa chất và địa vật lý biển. Trong 30 năm qua Viện đã chủ trì thực hiện nhiều đề tài khoa học công nghệ, đặc biệt là các đề tài trong các chương trình khoa học công nghệ trọng điểm cấp nhà nước về nghiên cứu biển và các chương trình hợp tác với các nước và các tổ chức quốc tế điều tra khảo sát trên vùng biển Việt Nam và vùng Biển Đông. Đã đạt được những kết quả và thành tựu cơ bản về nghiên cứu các trường địa vật lý, địa hình, địa mạo, cấu trúc địa chất tầng nông và môi trường địa chất đáy biển, đặc điểm cấu trúc sâu vỏ Trái Đất, kiến tạo và địa động lực, đánh giá triển vọng khoáng sản, đánh giá độ nguy hiểm, cảnh báo và phòng chống động đất và sóng thần. Phạm vi hoạt động điều tra khảo sát của Viện bao phủ toàn bộ vùng biển đảo thuộc chủ quyền Việt Nam và các vùng kề cận trên Biển Đông. Các kết quả điều tra nghiên cứu địa chất và địa vật lý biển đã được Viện ứng dụng trong các đề tài và dự án quốc gia về xác định ranh giới ngoài của thềm lục địa Việt Nam theo quy định của Công ước Liên hợp quốc 1982 về luật biển. Trên cơ sở các kết quả đạt được đề xuất những định hướng chính cho điều tra nghiên cứu địa chất và địa vật lý của Viện trong giai đoạn tới.

**Từ khóa:** Viện Địa chất và Địa vật lý biển, các trường địa vật lý, cấu trúc sâu vỏ Trái đất, triển vọng khoáng sản, cấu trúc địa chất tầng nông, địa chấn kiến tạo, ranh giới ngoài thềm lục địa, độ nguy hiểm động đất sóng thần.

### **MỞ ĐẦU**

Điều tra nghiên cứu địa chất và địa vật lý trên vùng biển Việt Nam và Biển Đông và ứng dụng trong lĩnh vực thăm dò khoáng sản, phòng chống thiên tai, bảo vệ môi trường, tài nguyên, quản lý biển đảo phục vụ phát triển kinh tế và an ninh quốc phòng trên biển là nhiệm vụ quan trọng mang tầm chiến lược, lâu dài và rất cơ bản của Viện địa chất và Địa vật lý biển thuộc Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Khởi đầu của nhiệm vụ này gắn với sự chuyển đổi chiến lược của các hoạt động khảo

sát, điều tra, nghiên cứu về địa chất và địa vật lý trên quy mô toàn vùng biển đảo chủ quyền của nước Việt Nam thống nhất có diện tích hơn 1 triệu cây số vuông và các vùng kề cận trên Biển Đông từ sau khi kết thúc chiến tranh và thống nhất đất nước vào năm 1975. Đây cũng là năm Viện khoa học Việt Nam, nay là Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam chính thức được thành lập và một trong những nhiệm vụ quan trọng của Viện ngay trong lúc này là điều tra nghiên cứu và làm chủ những hiểu biết về vùng biển đảo rộng lớn và thống

nhất của Việt Nam. Những tập thể khoa học về địa chất và địa vật lý trong Viện Khoa học Việt Nam nhanh chóng được hình thành để triển khai thực hiện nhiệm vụ mới mẻ và khó khăn như trên. Năm 1989 đơn vị tiền thân của Viện Địa chất và Địa vật lý biển là Trung tâm Vật lý địa cầu ứng dụng thuộc Viện Khoa học Việt Nam được thành lập và trở thành đơn vị nghiên cứu chuyên ngành đầu tiên của Viện Khoa học Việt Nam được giao chủ trì thực hiện và đã hoàn thành xuất sắc đề tài trọng điểm cấp nhà nước về điều tra nghiên cứu đặc điểm các trường địa vật lý thềm lục địa Việt Nam và kế cận. Tiếp theo đó từ 1990 trở đi các tập thể khoa học địa chất và địa vật lý trong Viện không ngừng lớn mạnh về số lượng, tăng cường nhanh chóng về trình độ chuyên môn, lần lượt đảm nhận chủ trì thực hiện nhiều đề tài, dự án điều tra nghiên cứu các cấp, từ cấp trọng điểm quốc gia trong các chương trình nhà nước về Nghiên cứu biển, chương trình Trường Sa - Biển Đông đến các chương trình và đề tài cấp Bộ, cấp Viện Hàn lâm và các đề tài nhiệm vụ cấp cơ sở. Các đề tài, dự án và nhiệm vụ khoa học và công nghệ trong lĩnh vực địa chất và địa vật lý biển do các tập thể khoa học của Viện đảm nhận thực hiện trong những năm qua đã không ngừng gia tăng về số lượng, mở rộng về phạm vi và quy mô khảo sát, điều tra, nâng cao về chất lượng, hiệu quả. Từ đề tài đầu tiên Viện được giao chủ trì và đã hoàn thành xuất sắc về đặc điểm các trường địa vật lý thềm lục địa Việt Nam, những đề tài và nhiệm vụ tiếp theo của Viện đã mở rộng sang những lĩnh vực điều tra nghiên cứu cơ bản, phát triển phương pháp và công nghệ, ứng dụng các thành tựu mới vào nghiên cứu cấu trúc sâu vỏ Trái đất, cấu trúc địa chất các tầng nông và đáy biển, sườn đảo, sườn lục địa, đường bờ biển hiện đại và đường bờ cổ liên quan với quy luật hình thành và tích tụ khoáng sản, các cơ chế địa chấn, địa động lực gắn với nhiệm vụ đánh giá nguy cơ và phân vùng cảnh báo, dự báo tai biến địa chất trên biển. Cùng với các đề tài điều tra, nghiên cứu cơ bản về địa chất và địa vật lý biển các tập thể khoa học của Viện đã chủ trì thực hiện nhiều đề tài, nhiệm vụ ứng dụng quan trọng trên vùng biển và ven biển Việt Nam như đánh giá, cảnh báo độ nguy hiểm động đất, sóng thần, phòng chống trượt

lở, xói lở bờ biển, đánh giá tiềm năng và triển vọng khoáng sản như dầu khí, khoáng sản rắn, các loại hình khoáng sản mới như khí hydrat.

Trong 30 năm qua Viện là đơn vị đi đầu đảm nhận chủ trì thực hiện hàng loạt đề tài điều tra, khảo sát và nghiên cứu, ứng dụng về địa chất và địa vật lý trên các vùng quần đảo Trường Sa và Hoàng Sa cùng với các đề tài, dự án quốc gia về ứng dụng kết quả điều tra nghiên cứu về địa chất và địa vật lý vùng biển Việt Nam để xác định ranh giới ngoài của thềm lục địa Việt Nam theo những quy định của Công ước 1982 của Liên Hiệp Quốc về luật biển. Kết quả của những đề tài và nhiệm vụ nói trên được triển khai và hoàn thành trong những điều kiện và hoàn cảnh đặc biệt khó khăn và nguy hiểm, song ngoài giá trị khoa học và thực tiễn cao còn là những đóng góp hiệu quả, kịp thời, quý báu vào nhiệm vụ đảm bảo an ninh, quốc phòng, quản lý biển đảo và bảo vệ chủ quyền Việt Nam trên Biển Đông.

Cũng cần khẳng định rằng quá trình phát triển lực lượng khoa học địa chất và địa vật lý biển của Viện cùng với những thành tựu đạt được trong 30 năm qua không tách rời sự lớn mạnh và phát triển chung của các ngành khoa học địa chất và địa vật lý Việt Nam đã có quá trình trên 60 năm, kế thừa và tiếp nối những thành tựu của ngành và sự hợp tác với các nước Nga, Anh, Pháp, Hoa Kỳ và Nhật Bản trong hơn nửa thế kỷ qua. Sự hợp tác và phối hợp chặt chẽ, thường xuyên, liên tục và có hiệu quả của Viện địa chất và địa vật lý biển với các nhà khoa học và các viện, các trường, các tổ chức khoa học và công nghệ của cả nước cũng như các nước trên thế giới luôn là điều kiện đảm bảo cho sự thành công trong mọi hoạt động điều tra nghiên cứu của Viện không chỉ trong thời gian qua mà vẫn được tiếp tục đẩy mạnh, phát huy trong thời gian tới để góp phần tạo ra những thành tựu mới trong các hoạt động điều tra nghiên cứu về địa chất và địa vật lý của Viện.

## NGHIÊN CỨU CÁC TRƯỜNG ĐỊA VẬT LÝ

Trong những thập kỷ 60–70 của thế kỷ 20, trên vùng biển Việt Nam và Biển Đông đã có những khảo sát điều tra của các nhà nghiên cứu phương Tây về hải dương học và điều kiện tự nhiên ở mức độ khái quát, trong đó bức tranh

về các trường địa vật lý và cấu trúc địa chất sâu Biển Đông đã được phác họa cơ bản ở các tỷ lệ nhỏ trên bình đồ kiến tạo chung của vùng Đông Nam Á và đã lần lượt được công bố sau đó vào khoảng những năm 1980–1990 [1–6]. Từ sau năm 1975 bắt đầu một giai đoạn mới trong hoạt động điều tra khảo sát trên vùng biển Việt Nam liên quan đến chiến lược quản lý và khai thác tài nguyên biển của nước Việt Nam thống nhất. Trong giai đoạn này có sự hợp tác mạnh mẽ của các nước như Liên bang Nga và Châu Âu tiến hành các khảo sát và nghiên cứu địa chất và địa vật lý phục vụ thăm dò dầu khí và các khoáng sản trên vùng biển và ven biển Việt Nam. Các đề tài, dự án điều tra nghiên cứu về các trường địa vật lý của Viện trong giai đoạn này rất đa dạng và chủ yếu thông qua hợp tác, gắn với các chương trình điều tra khảo sát trên vùng Biển Đông của các nhà khoa học Nga và Châu Âu. Vai trò tổ chức, chủ trì và trực tiếp triển khai các đề tài khảo sát và nghiên cứu các trường địa vật lý trên vùng biển Việt Nam do Viện chủ trì thuộc về Bùi Công Quế, Phạm Văn Thục, Nguyễn Văn Giáp, Hoàng Văn Vượng, Nguyễn Như Trung, Nguyễn Văn Lương, Đỗ Chiến Thắng, Nguyễn Kim Lạp, Nguyễn Hồng Phương, Trần Tuấn Dũng, Nguyễn Kim Dũng, Dương Quốc Hưng, Hà Văn Chiến [7–12]. Lần đầu tiên các khảo sát đo trọng lực và từ và địa chấn thăm dò trên biển Việt Nam được thực hiện trên các con tàu chuyên dụng hiện đại của Nga, Pháp, Đức bằng các hệ thiết bị và công nghệ xử lý tiên tiến đảm bảo độ chính xác cao [5, 7–9]. Nguồn số liệu được thu thập từ nhiều chuyến đo và khảo sát khác nhau được liên kết, xử lý và tổng hợp bằng các phương pháp và kỹ thuật tiên tiến. Kết quả nổi bật và có giá trị thực tế nhất trong giai đoạn này là các bản đồ trọng lực và từ trên toàn thềm lục địa Việt Nam ở tỷ lệ 1:500.000 được liên kết thành lập từ các nguồn số liệu đo trên biển của các công ty dầu khí Nga, Hoa Kỳ, Châu Âu và Việt Nam. Tiếp theo là đo đạc bổ sung và thành lập những bản đồ trọng lực và từ có tỷ lệ lớn hơn trên từng khu vực ven biển và thềm lục địa phục vụ kịp thời công tác thăm dò khoáng sản và đánh giá triển vọng dầu khí. Thành tựu lớn nhất trong giai đoạn này là thu thập, liên kết các nguồn số liệu bao gồm cả nguồn số liệu đo từ vệ tinh mới nhất thành lập các bản đồ dị thường trọng lực

và từ cho toàn vùng biển Việt Nam ở tỷ lệ 1: 1.000.000. Các bản đồ này có độ chính xác cao, đồng nhất và đáp ứng độ chi tiết cao hơn đối với tỷ lệ 1:1.000.000 theo quy định. Các bản đồ này là cơ sở mới duy nhất cho các nghiên cứu xác định các đặc điểm cấu trúc sâu và khu vực cũng như các nghiên cứu về kiến tạo và địa chấn, địa động lực trên Biển Đông và vùng biển Việt Nam. Các bản đồ trọng lực và từ nêu trên cũng đã được công bố trong tập atlas điều kiện tự nhiên và môi trường vùng biển Việt Nam xuất bản năm 2009 [11, 13].

Kết quả tính toán, xử lý, liên kết các nguồn số liệu và xây dựng mới các bản đồ dị thường trọng lực hiệu chỉnh Fai và hiệu chỉnh Bughe trên toàn vùng biển là cơ sở để đánh giá toàn diện và khá đồng nhất về đặc điểm cấu trúc của trường dị thường trọng lực. Trường trọng lực vùng biển Việt Nam có cấu trúc phức tạp, phân dị và biến đổi mạnh. Trong phạm vi thềm lục địa, vùng vịnh Bắc Bộ trường trọng lực có kích thước và biên độ tương đối lớn, hướng chủ đạo là bắc tây bắc và kinh tuyến. Vùng miền Trung và Đông Nam phổ biến có các dị thường tuyến tính hướng kinh tuyến và đông bắc, kích thước, biên độ và dấu luôn biến đổi. Ở vùng vịnh Thái Lan các dị thường có dạng ổ kéo dài thành chuỗi theo hướng tây bắc.

Trên Biển Đông, trường dị thường trọng lực có giá trị dương, cấu trúc phức tạp và biên độ mạnh. Miền trung tâm tương đối bình ổn với giá trị cực đại +300, +350 mgal. Miền chuyên tiếp trường bị phân dị, dạng tuyến tính kéo dài, biên độ thay đổi từ +100 mgal đến +250 mgal. Ở miền rìa lục địa trường có giá trị dương không lớn, tương đối bình ổn và hướng thay đổi khác nhau.

Có một số dải dị thường bậc thang lớn, kéo dài theo các đường bờ phía tây và phía đông, đông nam của Biển Đông. Các dị thường trọng lực thường liên quan với cấu trúc của móng trầm tích Kainozoi và các ranh giới sâu, với các đứt gãy trong vỏ Trái đất.

Trường từ trên các vùng của thềm lục địa Việt Nam có cấu trúc phức tạp, phân dị và chia cắt lớn, hình thành những dải dị thường âm dương xen kẽ, kích thước nhỏ, hình dạng tuyến tính hoặc dạng ổ kéo dài theo các hướng tây bắc, đông bắc, kinh tuyến hoặc vĩ tuyến. Ở trung tâm các bể trầm tích trường dị thường

bình ổn, dọc các dải nâng hoặc các rìa của bồn trũng trường dị thường biến đổi và phân dị mạnh, có biên độ đạt hàng trăm nT. Trên Biển Đông trường từ biến đổi phức tạp và không đồng nhất. Ở vùng trung tâm trường dị thường biến đổi mạnh, chia cắt, dạng tuyến tính, hình thành nhiều cặp phân bố đối xứng qua đường trục tách giãn chính, biên độ dị thường đạt hàng trăm nT. Ở các vùng sườn lục địa trường dị thường bình ổn hơn, biên độ nhỏ, dạng tuyến tính hoặc ô kéo dài theo các hướng tây bắc, kinh tuyến hoặc vĩ tuyến, á vĩ tuyến, đông bắc. Ở vùng sườn phía tây, tây nam Biển Đông trường biến đổi khá mạnh với biên độ hàng trăm nT. Các dị thường từ liên quan nhiều hơn với thành phần đất đá có từ tính như đá biến chất, xâm nhập, phun trào và ít liên quan với các đất đá trầm tích.

### **NGHIÊN CỨU CẤU TRÚC SÂU, KIẾN TẠO VÀ ĐỊA HÌNH, ĐỊA MẠO ĐÁY BIỂN**

Trong giai đoạn trước đây đặc điểm cấu trúc sâu vỏ Trái đất và kiến tạo khu vực của vùng biển Việt Nam và Biển Đông được các nhà nghiên cứu châu Âu, Nga và Hoa Kỳ xác định trên cơ sở các số liệu điều tra sơ lược và có độ chi tiết khá thấp, thể hiện khái quát trên các sơ đồ cấu trúc và kiến tạo tỷ lệ nhỏ và rất nhỏ [1, 5, 6]. Trong những năm cuối của thế kỷ 20 các nhà nghiên cứu của Liên bang Nga đã tổng hợp các số liệu điều tra hiện có trong khu vực xây dựng những mô hình cấu trúc và kiến tạo mới trên vùng biển Việt Nam và Biển Đông có độ chi tiết khá lớn với nhiều đặc điểm mới [5]. Các kết quả điều tra nghiên cứu tiếp theo về cấu trúc sâu vỏ Trái đất và đặc điểm địa hình, địa mạo, kiến tạo trên các vùng biển và thềm lục địa Việt Nam và Biển Đông được thể hiện trong các công trình của Bùi Công Quế, Phạm Văn Thực, Nguyễn Kim Lạp, Trần Tuấn Dũng, Nguyễn Thế Tiệp, Nguyễn Như Trung, Hoàng Văn Vương, Lê Trâm, Nguyễn Thị Thu Hương, Phùng Văn Phách, Phí Trường Thành và các cộng sự khác thuộc viện địa chất và địa vật lý biển [9, 10, 11, 13, 14–24].

Những nghiên cứu mới và sâu sắc, toàn diện của Viện Địa chất và Địa vật lý biển về xác định các đặc điểm cấu trúc sâu vỏ Trái đất và địa động lực được thực hiện trong các đề tài nghiên cứu trọng điểm cấp nhà nước do Viện

được giao chủ trì và phối hợp thực hiện như đề tài đầu tiên do viện chủ trì và phối hợp với Viện Dầu khí Việt Nam là đề tài “Đặc điểm các trường địa vật lý thềm lục địa Việt Nam và kế cận” 1986–1990 thuộc chương trình Nghiên cứu biển 48B, đề tài “Địa chất, địa động lực và tiềm năng khoáng sản vùng biển Việt Nam và kế cận”, 1990–1995 thuộc chương trình Nghiên cứu biển KT-03. Tiếp theo vào các năm 1996–1998 tập thể khoa học của Viện được giao chủ trì thực hiện đề tài trọng điểm cấp nhà nước KH-CN-06-04 “Cơ sở khoa học xác định ranh giới ngoài của thềm lục địa Việt Nam”, đề tài KH-CN-06-12 “Nghiên cứu bổ sung và hoàn thiện đề xuất bản các bản đồ địa chất và địa vật lý trên vùng biển Việt Nam” 1998–2000 và đặc biệt là đề tài KH-CN trọng điểm cấp nhà nước KC-09-02 “Xây dựng tập bản đồ những đặc trưng cơ bản về điều kiện tự nhiên và môi trường vùng biển Việt Nam và kế cận”, 2001–2005. Trong khuôn khổ thực hiện các đề tài điều tra và nghiên cứu trên các vùng biển và hải đảo một khối lượng lớn số liệu về độ sâu và địa hình đáy biển đã được thu thập và phân tích cùng với các số liệu mới về địa chất trầm tích đáy đã nghiên cứu thành lập mới bản đồ địa mạo đáy biển toàn thềm lục địa và các vùng quần đảo, vùng sườn lục địa, xác định chân dốc lục địa và địa hình vùng biển sâu. Trên cơ sở phát triển và sử dụng các phương pháp phân tích hiện đại và minh giải tổng hợp mới các nguồn số liệu địa vật lý liên tiếp được khảo sát và thu thập bổ sung trên vùng biển Việt Nam và trên Biển Đông các tác giả lần đầu tiên tính toán xác định mới với độ tin cậy cao và độ chi tiết lớn nhất các đặc trưng định lượng về độ sâu, đặc điểm cấu trúc và địa hình bề mặt các ranh giới cơ bản như mặt Moho, mặt Conrad, mặt móng Granit, các bề mặt ranh giới sâu trong các bể trầm tích như mặt móng trước Kainzoi và các ranh giới phân chia các tầng trầm tích, trên cơ sở đó xác định bề dày các lớp cơ bản và các tàn trầm tích với đặc điểm phân bố thay đổi trên toàn khu vực và vùng nghiên cứu. Trong giai đoạn tiếp theo cho tới hiện tại các kết quả nghiên cứu về các đặc trưng cấu trúc sâu và địa động lực của Viện đa dạng và sâu sắc hơn như xác định mới những đặc điểm phân bố và cấu trúc của các hệ đứt gãy sâu và khu vực, xây dựng các mặt cắt cấu trúc sâu

tổng hợp của vỏ Trái đất và manti trên, đánh giá các trạng thái chuyển động và cân bằng của các khối trong vỏ và thạch quyển. Kết quả xác định các đặc điểm cấu trúc và đặc trưng địa động lực của các đứt gãy trong vỏ và thạch quyển đã mở ra khả năng xác định các đứt gãy hoạt động. Nghiên cứu xác định các đứt gãy hoạt động chính là nhiệm vụ cơ bản xác định nguyên nhân và cơ chế phát sinh động đất để góp phần vào việc giải bài toán dự báo và cảnh báo tai biến động đất, sóng thần trên vùng biển và ven biển Việt Nam. Các nhà khoa học của Viện địa chất và địa vật lý biển hợp tác cùng với các nhà khoa học của Viện hải dương học Thái Bình Dương thuộc Viện Hàn lâm Khoa học Liên bang Nga mới đây trong dự án khảo sát cấu trúc sâu vùng ven biển tây bắc vịnh Bắc Bộ bằng tổ hợp trọng lực và đo sâu MTZ đã xây dựng mặt cắt sâu vỏ và manti trên với đường đi lên của vật chất dưới sâu cho thấy rõ những tiền đề thành tạo các khoáng sản nguồn gốc hydrocacbon to lớn. Các bản đồ cấu trúc các mặt ranh giới Moho, Conrad và bề dày vỏ, bề dày các lớp cơ bản và các tầng trầm tích cùng với hàng loạt mặt cắt cấu trúc sâu và địa động lực trên các vùng khác nhau của Biển Đông đã làm cơ sở lý luận và thực tế cơ bản để các nhà địa chất của Viện giải quyết thành công bài toán xây dựng mô hình và cơ chế hình thành và phát triển kiến tạo của Biển Đông, phân chia các vùng vỏ đại dương, lục địa và vùng vỏ chuyển tiếp do trải qua các giai đoạn tiến hóa khác nhau.

Trên cơ sở tổng hợp tài liệu thực tế, tham khảo các mô hình cũng như luận giải của các nhà kiến tạo trong và ngoài nước và những kết quả nghiên cứu đặc điểm cấu trúc địa chất các tầng trầm tích, các bản đồ mới về địa chất Đệ tứ, về cấu trúc và kiến tạo các bể trầm tích Đệ tam tỷ lệ 1:1.000.000 cho toàn vùng biển Việt Nam đã được thành lập. Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu mới về cấu trúc địa chất, địa hình và địa mạo khu vực một mô hình về kiến tạo tiến hóa kiến tạo Biển Đông trong Kainozoi trên quan điểm kiến tạo lục địa, với vai trò chủ đạo của các đứt gãy kiến tạo phương tây bắc - đông nam trong hệ thống đứt gãy sông Hồng đã được đề xuất. Theo mô hình này quá trình dịch trượt trái của hệ thống đứt gãy sông Hồng đã tạo nên chùm các đứt gãy tách giãn dạng đuôi

ngựa trên thềm lục địa Biển Đông Mesozoi, là nguyên nhân trực tiếp tạo nên các hoạt động căng giãn mạnh mẽ và tạo nên sự đột phá, tạo ra vỏ đại dương. Các đứt gãy đuôi ngựa phương á vĩ tuyến có xu hướng lúc đầu phát triển ở phía bắc, sau tiến dần về phía nam nên các trung tâm giãn đáy có xu hướng di chuyển về phía nam. Có thể gọi mô hình này là mô hình đuôi ngựa tách giãn lan truyền. Cũng theo mô hình này vào khoảng 32 triệu năm trước tức Oligocen muộn các hoạt động căng giãn tạo rift đạt đến độ bắt đầu quá trình xuất lộ vỏ đại dương tại khu vực phía bắc Biển Đông, được cho là trên thềm lục địa của Biển Đông cổ Mesozoi (khoảng vĩ độ 19N ngày nay) và sau đó là sự giãn đáy làm tăng trưởng từ từ vỏ đại dương về hai phía bắc - nam. Tuy nhiên trục giãn đáy luôn luôn có xu hướng di chuyển dần dần về phía nam [15].

## **NGHIÊN CỨU CẤU TRÚC CÁC TẦNG NÔNG VÀ MÔI TRƯỜNG ĐỊA CHẤT DƯỚI ĐÁY BIỂN**

Cấu trúc địa chất các tầng nông và môi trường địa chất dưới đáy biển là đối tượng khảo sát và thăm dò quan trọng của các nhà địa chất và địa vật lý biển. Mặt cắt địa chất tầng đáy và sát đáy biển trên các vùng, các khu vực biên động mạnh và liên tục về cấu trúc và thành phần vật chất. Xác định và kiểm soát được những đặc điểm cấu trúc của tầng nông đáy biển khó khăn và phức tạp hơn nhiều so với các tầng nông trên đất liền. Nhiệm vụ khoa học này được các nhà khoa học của Viện như Dương Quốc Hưng, Nguyễn Văn Lương, Trần Văn Hoàng, Nguyễn Ngọc, Nguyễn Văn Bách, Nguyễn Tiến Hải, Bùi Nhị Thanh, Trịnh Hoài Thu và các cộng sự nghiên cứu giải quyết với việc kết hợp chặt chẽ và hiệu quả tổ hợp phương pháp thăm dò địa chấn nông độ phân giải cao, sử dụng các hệ thiết bị đo hiện đại và công nghệ xử lý số liệu tiên tiến cùng với các phương pháp lấy mẫu địa chất và phân tích cột mẫu địa chất, phương pháp địa mạo, phân tích địa hình đáy và đường bờ biển [25–30]. Trong số các đề tài và dự án khảo sát nghiên cứu do Viện chủ trì thực hiện và phối hợp tham gia trong những năm vừa qua phải đặc biệt kể đến các dự án hợp tác nghiên cứu giữa Viện địa chất và địa vật lý biển với Đại học Kiel và Đại

học Hamburg thuộc CHLB Đức [25]. Dự án sử dụng con tàu nghiên cứu hiện đại Sonne khảo sát địa chất đáy biển và địa vật lý trên các vùng thềm lục địa miền Trung và đông nam Việt Nam và trên Biển Đông đã thu thập và phân tích khối lượng lớn các số liệu địa vật lý và các cột mẫu địa chất tần nông độ sâu 3–5 m. Hàng loạt mặt cắt cấu trúc tầng nông được phân tích xây dựng có độ chi tiết về các đặc điểm cấu trúc và thành phần các tầng đất đá trên các khu vực và vùng nghiên cứu rất khác nhau như vùng ven biển vịnh Bắc Bộ, các vùng ven và xung quanh các đảo ven bờ và ngoài khơi, khu vực quanh các đảo và cụm đảo ở Trường Sa, vùng ven biển Nam. Các mặt cắt cấu trúc tầng nông tỷ lệ 1:200.000 và lớn hơn đã làm cơ sở để nghiên cứu xác định đặc điểm môi trường địa chất trong thiết kế và thi công các công trình trên biển và bảo vệ bờ biển, đảo cũng như giải bài toán thăm dò phát hiện khoáng sản, đặc biệt là khoáng sản rắn ở các vùng ven bờ và các đường bờ cổ, thềm biển cổ. Trên các mặt cắt thăm dò địa chấn nông độ phân giải cao thực hiện trong các đề tài, dự án khảo sát, đánh giá môi trường địa chất đáy biển các vùng ven bờ, ven các đảo và cụm đảo đã cho thấy rõ khả năng của hệ phương pháp thăm dò nông được triển khai và sử dụng hiệu quả để xác định các chi tiết cấu trúc địa hình đáy, cấu trúc phân tập trầm tích đáy biển, xác định cấu trúc gần bề mặt của các đứt gãy, cấu trúc oằn võng, sụt bậc, xác định địa hình và độ sâu các ranh giới phản xạ tầng nông trong mặt cắt. Đặc biệt trên các mặt cắt thăm dò địa chấn nông độ phân giải cao ở nhiều khu vực đã xác định rõ các cấu trúc hòng núi lửa ngầm, các thể xâm nhập magma, các đường dẫn thoát khí. Việc xác định và liên kết các đặc điểm cấu trúc như trên từ các mặt cắt địa chấn nông độ đã cho phép phát hiện và xác định được các hệ thống lòng sông cổ, các đường bờ cổ, các khu vực nguy cơ trượt lở, các đới tích tụ sa khoáng, các dải cấu trúc đáy liên quan quá trình hình thành khí hydrate... trên một số vùng ven bờ và các đảo, cụm đảo.

## **NGHIÊN CỨU ĐỊA CHẤN - ĐỊA ĐỘNG LỰC VÀ PHÒNG CHỐNG ĐỘNG ĐẤT SÓNG THẦN**

Đặc điểm của chế độ địa chấn hay còn được gọi là tính địa chấn trên vùng Biển Đông và

khu vực Đông Nam Á được thể hiện trên nhiều công trình của các nhà khoa học của viện địa chất địa vật lý biển và viện vật lý địa cầu như Phạm Văn Thục, Nguyễn Kim Lạp, Bùi Công Quế, Nguyễn Hồng Phương, Nguyễn Đình Xuyên, Nguyễn Văn Lương, Ngô Thị Lư [31–38]. Trong những năm đầu thế kỷ này, khi tai biến động đất và sóng thần có biểu hiện gia tăng mạnh bất thường ở các vùng biển Châu Á và Ấn Độ Dương, các nhà khoa học của Viện đã nhanh chóng chuyển hướng nghiên cứu địa chấn và phòng chống thiên tai địa chấn với phạm vi mở rộng ra phía Biển Đông và các vùng kế cận. Khai thác sử dụng số liệu động đất từ các trung tâm địa chấn quốc tế và khu vực, hợp tác và trao đổi với các nhà khoa học của các nước, các tác giả đã đi sâu nghiên cứu thành lập cá danh mục động đất trên Biển Đông và vùng Đông Nam Á, xác định các quy luật và đặc điểm phân bố các chấn tiêu và chấn tâm, cơ cấu các chấn tiêu, xác định các cơ chế kiến tạo, các ứng suất phát sinh động đất và sóng thần, tính toán mô phỏng các kịch bản của các động đất gây sóng thần và quá trình lan truyền sóng thần, tính toán đánh giá độ nguy hiểm động đất và sóng thần [31–33, 38].

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu đánh giá các đặc điểm cơ bản về tính địa chấn của vùng Biển Đông và khu vực Đông Nam Á, cùng với những kết quả mới, chi tiết và tin cậy cao về các đặc trưng cấu trúc sâu và địa động lực, đặc biệt là cấu trúc và địa động lực của các hệ đứt gãy, tập thể khoa học địa chất và địa vật lý biển của Viện đã phối hợp với các chuyên gia của Viện Vật lý địa cầu thực hiện các đề tài đánh giá độ nguy hiểm động đất và sóng thần trên vùng biển và ven biển Việt Nam trong các năm 2007–2015. Lần đầu tiên trên vùng biển và ven biển Việt Nam độ nguy hiểm động đất và sóng thần được đánh giá định lượng và là cơ sở để phân định các vùng có độ nguy hiểm động đất và sóng thần khác nhau. Những kết quả đánh giá mới và định lượng về độ nguy hiểm động đất và sóng thần như trên đã là cơ sở để đề xuất và triển khai các biện pháp phòng chống và giảm nhẹ hậu quả của tai biến động đất và sóng thần của Việt Nam, trong đó bao gồm các quy chế báo tin động đất và sóng thần và quy chế phòng chống động đất và sóng thần, thành lập

và vận hành trung tâm báo tin động đất và cảnh báo sóng thần của Việt Nam.

Các vùng nguồn động đất và sóng thần trên Biển Đông được xác định trên cơ sở các vùng đứt gãy phát sinh động đất và đánh giá theo các đặc trưng cơ bản như magnitude cực đại, các thông số cấu trúc của nguồn, đặc điểm trường ứng suất trong vùng nguồn, trên cơ sở đó đã tổng hợp và xây dựng bản đồ các vùng nguồn động đất và sóng thần Biển Đông tỷ lệ 1:1.000.000 và bản đồ các vùng nguồn động đất sóng thần vùng thềm lục địa và ven biển Việt Nam tỷ lệ 1:500.000.

Kết quả xác định và đánh giá các vùng nguồn cho thấy rõ các vùng nguồn động đất và sóng thần có khả năng gây động đất và sóng thần tác động trực tiếp đất ven biển Việt Nam là: Đới hút chìm Manila, vùng nguồn bắc Biển Đông và vùng đứt gãy tây Biển Đông trên thềm lục địa và ven biển miền Trung Việt Nam. Trên Biển Đông cũng xác định được một số vùng nguồn động đất, sóng thần khác nhưng không có khả năng ảnh hưởng trực tiếp đến vùng ven biển nước ta.

Thu thập bổ sung và phân tích các số liệu khảo sát địa chấn mới làm sáng tỏ hoạt động núi lửa tích cực trong những năm gần đây, cho thấy mức độ liên quan của hoạt động núi lửa với động đất xảy ra khá tích cực trên vùng thềm lục địa và ven biển Trung Bộ - Nam Trung Bộ Việt Nam trong những năm 2005–2008. Đặc biệt làm rõ nguy cơ trượt lở đất trên một số mặt cắt địa chấn thăm dò trên sườn lục địa trung và Nam Trung Bộ như một nguồn sóng thần tiềm ẩn khi các động đất xảy ra trong vùng có thể kích thích và tác động mạnh, tạo nên hiện tượng trượt lở lớn.

## **NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ TIỀM NĂNG VÀ TRIỂN VỌNG KHOÁNG SẢN**

Trong các đề tài và dự án điều tra và nghiên cứu về địa chất và địa vật lý trên vùng biển và ven biển Việt Nam do Viện chủ trì và phối hợp thực hiện đều có những mục tiêu đánh giá về tiềm năng và triển vọng của các loại khoáng sản như dầu khí, khoáng sản rắn và khí hydrat. Đó là các đề tài và dự án khoa học công nghệ cấp nhà nước với vai trò chủ trì và thực hiện chính của Bùi Công Quế, Nguyễn Thế Tiệp, Nguyễn Văn Lương, Phùng Văn Phách,

Nguyễn Văn Bách, Nguyễn Như Trung, Đỗ Huy Cường, Dương Quốc Hưng, Trần Tuấn Dũng và các cộng sự [8, 13, 15, 24, 39].

Trên cơ sở làm rõ đặc điểm của trường dị thường trọng lực và từ liên kết với các kết quả thăm dò địa chấn sâu và khoan trên các vùng ven bờ và thềm lục địa đã khoanh định được phạm vi và giới hạn các bể trầm tích Kainozoi có tiềm năng dầu khí cũng như các dải cấu trúc ven biển có triển vọng về khoáng sản rắn và tích tụ các khoáng sản khí hydrat. Khả năng ứng dụng của các nghiên cứu địa chất và địa vật lý để đánh giá khoáng sản không chỉ giới hạn như vậy. Trên cơ sở phân tích các nguồn số liệu về cấu tạo và thành phần đất đá đã xác định và phân ra các loại đá chứa, đá sinh, đá chắn và các điều kiện hình thành các dạng bẫy đối với dầu và khí đốt và theo các dấu hiệu cấu trúc và thành phần vật chất để đánh giá và phân chia các vùng, các cấu trúc với triển vọng dầu khí khác nhau. Trong các công trình nghiên cứu và điều tra của Viện đều triển khai những đánh giá về khả năng hình thành và tích tụ các khoáng sản dọc theo các đường đứt gãy được xác định, các đường bờ cổ, các lòng sông cổ theo các dấu hiệu cấu trúc trên các mặt cắt tầng nông đáy biển là những nơi có triển vọng lớn của các mỏ sa khoáng, xác định các điều kiện hình thành và phân bố các kết hạch sắt - mangan như trên khu vực nam và tây nam trũng sâu Biển Đông. Các điều kiện hình thành và tích tụ khí hydrat cũng được nghiên cứu dựa theo đặc điểm cấu trúc địa hình đáy biển vùng ven lục địa, ven các đảo, vùng sườn lục địa, xác định các điều kiện về nhiệt độ và áp suất phù hợp điều kiện hình thành và tồn tại khí hydrat, xác định trầm tích và nguồn khí cũng như xác định các khu vực tồn tại dị thường phản xạ mô phỏng đáy biển (BSR) trên các mặt cắt địa chấn thăm dò.

Dựa trên cơ sở các bản đồ địa mạo, cấu trúc địa chất, các điều kiện địa động lực và các sơ đồ dự báo tiềm năng dầu khí, tiềm năng hydrate gas, tiềm năng các khoáng sản rắn, trong các đề tài do tập thể khoa học địa chất và địa vật lý của Viện chủ trì thuộc các chương trình trọng điểm quốc gia về nghiên cứu biển như KT-03, KHCN-06 và KC-09 đã tổng hợp đưa ra các bản đồ đánh giá dự báo triển vọng khoáng sản cho toàn vùng biển và ven biển [8, 24, 39],



trong đó có thể thấy những khu vực có triển vọng cụ thể và rõ ràng như:

Các khoáng sản rắn bao gồm sa khoáng, kết hạch sắt mangan, phân bố tập trung ở ba khu vực thềm lục địa, sườn lục địa và trũng sâu Biển Đông.

Các sa khoáng gồm Inmenit, Zircon, đồng, vàng, Titan, Sulphia... tập trung trong các trầm tích vụn bờ có tuổi Đệ tứ là những thành tạo của các đới bờ cổ.

Các kết hạch sắt mangan phân bố ở độ sâu từ 1.000 m đến 5.000 m. Các khoáng sản này chứa trong các lớp bùn sét biển sâu có tuổi Pliocene-Đệ tứ.

Tiềm năng dầu khí được đánh giá có triển vọng tập trung ở ba khu vực sườn lục địa đó là Bắc Trung Bộ (từ tây nam Hoàng Sa đến Quy Nhơn), Nam Trung Bộ (ngoài khơi từ đông nam Phan Thiết đến bắc trũng Cửu Long và khu vực Tư Chính - Vũng Mây - Trường Sa) Các thành tạo địa chất có tiềm năng sinh dầu khí là các tầng trầm tích Oligocen - Miocen.

Khoáng sản hydrate gas (băng cháy) phân bố tập trung gần như đồng hành với các khu vực có tiềm năng dầu khí, tuy nhiên cấu trúc tiềm năng chứa hydrate gas thường nằm ở khu vực biển có độ sâu trên 500 m đến 3.000 m, tức là hoàn toàn nằm trên sườn lục địa. Các thành tạo địa chất thuận tiện cho việc thành tạo hydrate gas có lẽ là các thành tạo sau Miocene giữa (sau chu kỳ nghịch đảo kiến tạo của Biển Đông) và chủ yếu là Pliocen - Pleistocen.

## **CƠ SỞ KHOA HỌC ĐỂ XÁC ĐỊNH RANH GIỚI NGOÀI CỦA THỀM LỤC ĐỊA VIỆT NAM**

Nghiên cứu xác định ranh giới ngoài của thềm lục địa Việt Nam theo quy định của Công ước Liên Hiệp Quốc năm 1982 về luật biển (UNCLOS 1982) là một lĩnh vực ứng dụng mới và đặc biệt được triển khai thực hiện duy nhất tại Viện Địa chất và Địa vật lý biển trong khoảng gần từ 1995 đến nay với sự phối hợp và cộng tác của Ban biên giới Chính phủ (nay là Ủy ban biên giới Quốc gia thuộc Bộ Ngoại giao), Bộ Quốc phòng, Bộ Tài nguyên và Môi trường, Tập đoàn Dầu khí Quốc gia. Trong hướng nghiên cứu và ứng dụng quan trọng này tập thể khoa học địa chất và địa vật lý biển luôn đóng vai trò chủ trì với nhiệm vụ thu thập và

xử lý các nguồn số liệu địa chất và địa vật lý trên toàn vùng biển Việt Nam và kế cận để xây dựng cơ sở dữ liệu chuẩn xác theo quy định của UNCLOS và sử dụng để xác định các đặc trưng cấu trúc của thềm lục địa và căn cứ theo đó xác định đường ranh giới ngoài của thềm theo quy định. Nhiệm vụ này đã được thực hiện liên tục qua nhiều giai đoạn cho đến khi hoàn thành Báo cáo quốc gia nộp cho Liên Hiệp Quốc (LHQ) vào năm 2009. Tiếp đó Viện được giao nhiệm vụ tiếp tục bổ sung hoàn thiện cơ sở khoa học để xác định ranh giới ngoài của thềm lục địa cho tới khi Báo cáo về đường ranh giới ngoài thềm lục địa của Việt Nam chính thức được LHQ chấp nhận. Vai trò chủ trì và tham gia chính trong các đề tài dự án trong hướng này thuộc về Bùi Công Quế, Nguyễn Thế Tiệp, Phùng Văn Phách, Đỗ Chiến Thắng, Nguyễn Như Trung, Đỗ Huy Cường, Trần Tuấn Dũng và các cộng sự [39, 40].

Công ước LHQ 1982 về luật biển (điều 76) quy định về thềm lục địa của các nước ven biển với phạm vi là đường ranh giới ngoài của thềm. Ranh giới ngoài của thềm lục địa được xác định bằng cách mở rộng ra 60 hải lý từ chân dốc lục địa hoặc (theo công thức Irland) mở rộng từ đường chân dốc lục địa đến điểm mà ở đó tỷ lệ bề dày trầm tích/khoảng cách đến đường chân dốc còn bằng 1/100. Ở nơi nào ranh giới ngoài chưa vượt quá phạm vi 200 hải lý tính từ đường cơ sở thì nó được tự động mở rộng đến đường ranh giới vùng đặc quyền kinh tế bằng 200 hải lý. Ở những nơi ranh giới ngoài vượt ra ngoài ranh giới đặc quyền kinh tế thì nó được mở rộng ra phía ngoài nhưng không được vượt quá đường giới hạn 350 hải lý tính từ đường cơ sở.

Việt Nam có kết quả điều tra nghiên cứu cơ bản về địa hình, địa mạo đáy biển trên vùng thềm lục địa và mở rộng ra toàn Biển Đông. Theo những kết quả nghiên cứu cơ bản về địa hình địa mạo đáy biển có thể xác định được đường chân dốc lục địa làm cơ sở lựa chọn phương án xác định ranh giới ngoài bằng cách mở rộng ra phía ngoài 60 hải lý.

Kết quả nghiên cứu cơ bản về cấu tạo trầm tích trên vùng biển Việt Nam và kế cận của chúng ta có thể đủ số liệu chính xác về phân bố bề dày trầm tích ở phía ngoài đường chân dốc lục địa và cho phép mở rộng thềm lục địa theo công thức bề dày trầm tích. Nếu phần được mở

rộng theo cách này nhỏ hơn 60 hải lý tính từ chân dốc lục địa thì sẽ xác định ranh giới ngoài theo phương pháp mở rộng 60 hải lý, còn nếu như kết quả xác định ranh giới ngoài theo bề dày trầm tích có thể lớn hơn 60 hải lý thì đây chính là phương án xác định ranh giới ngoài tối ưu.

Đường chân dốc lục địa hoặc là chân của sườn dốc và là mép ngoài của thềm lục địa đồng thời cũng chính là điểm giới hạn của đới chuyển tiếp vỏ lục địa sang vỏ đại dương COTZ (Continent - Ocean Transition Zone), do đó việc nghiên cứu xác định vùng chuyển tiếp vỏ lục địa sang vỏ đại dương theo các phương pháp địa vật lý sẽ tạo thêm cơ sở để chính xác hóa vị trí của đường chân dốc lục địa là điểm mốc cơ bản để từ đó xác định đường ranh giới ngoài theo 2 cách quy định trong công ước là mở rộng thêm 60 hải lý hoặc nếu có đủ số liệu bề dày trầm tích thì mở rộng đến nơi nào mà tại điểm đó tỷ lệ bề dày trầm tích/khoảng cách ngắn nhất tới đường chân dốc bằng 1/100 (công thức Irland).

Các kết quả khảo sát, điều tra và nghiên cứu về địa chất, địa hình, địa mạo và địa vật lý của Viện trên các vùng biển, đảo thuộc phạm vi thềm lục địa Việt Nam và các vùng kế cận luôn được bổ sung mới, cập nhật số liệu thực tế có độ tin cậy và độ chính xác theo quy định là cơ sở khoa học theo các quy định của LHQ để xác định đường ranh giới ngoài của thềm lục địa theo quy định trong Công ước năm 1982 của LHQ về luật biển (UNCLOS 1982). Xây dựng cơ sở dữ liệu để xác định ranh giới ngoài của thềm lục địa Việt Nam theo UNCLOS được triển khai thực hiện lần đầu tiên trong khuôn khổ đề tài khoa học trọng điểm cấp nhà nước KHCN-06-04 do Viện chủ trì thực hiện trong các năm 1996–1998 [40]. Tiếp theo đó là các đề tài và dự án KHCN cấp nhà nước được lần lượt triển khai để củng cố và bổ sung, hoàn thiện cơ sở khoa học cho mục tiêu xác định ranh giới ngoài thềm lục địa Việt Nam chính thức trình Ủy ban Ranh giới ngoài Thềm lục địa của LHQ. Trong các đề tài dự án nói trên Viện Địa chất và Địa vật lý biển luôn có vai trò và trách nhiệm là đơn vị chủ trì về khoa học, kể cả sau khi Việt Nam đã gửi Báo cáo quốc gia về xác định ranh giới ngoài thềm lục địa cho LHQ vào năm 2009, Viện Địa chất và Địa vật lý biển vẫn được giao chủ trì đề tài mới về tiếp

tục bổ sung hoàn thiện cơ sở khoa học để xác định ranh giới ngoài thềm lục địa Việt Nam.

## NGHIÊN CỨU ĐỊA CHẤT VÀ ĐỊA VẬT LÝ CÁC VÙNG HOÀNG SA VÀ TRƯỜNG SA

Điều tra, nghiên cứu địa chất và địa vật lý các vùng quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa luôn được xác định là nhiệm vụ quan trọng đặc biệt và ưu tiên của Viện Địa chất và Địa vật lý biển. Xét về các điều kiện vật chất và kỹ thuật, trình độ chuyên môn và quan hệ hợp tác quốc tế trong lĩnh vực nghiên cứu biển viện có nhiều lợi thế để thực hiện nhiệm vụ quan trọng này. Trong những năm đầu mới thành lập các nhà khoa học của Viện đã thông qua các chương trình và đề tài, dự án hợp tác với các viện của Viện Hàn lâm Khoa học Liên bang Nga đưa các con tàu hiện đại của Nga vào khảo sát địa chất và địa vật lý trên vùng Biển Đông và các vùng Trường Sa và Hoàng Sa, thu thập được rất nhiều số liệu địa chất và địa vật lý mới, có giá trị ở các vùng nói trên. Tiếp đó là các đề tài và dự án thuộc các cấp nhà nước và cấp Viện Hàn lâm được giao cho Viện Địa chất và Địa vật lý biển chủ trì. Thực hiện các chuyến điều tra, khảo sát thực địa, đo đạc trực tiếp và thu thập mẫu vật tại các đảo và vùng biển bên ngoài các đảo là nội dung chủ yếu trong các chuyến điều tra khảo sát trong các dự án điều tra nghiên cứu tại các vùng quần đảo xa xôi và đầy nguy hiểm nói trên. Tuy nhiên đây là những chuyến khảo sát mang lại những kết quả mới và có giá trị khoa học đối với mục tiêu phát hiện và đánh giá những đặc trưng cơ bản về địa chất, địa vật lý và môi trường các vùng biển đảo ngoài khơi của Việt Nam. Thu thập và khai thác, xử lý các nguồn số liệu thực tế trên vùng quần đảo Trường Sa và Hoàng Sa từ các nguồn nước ngoài là một hướng quan trọng để giảm bớt yêu cầu khảo sát trực tiếp trên một số khu vực và cùng với nguồn số liệu khảo sát mới làm cơ sở cho việc phân tích đánh giá những đặc điểm về cấu trúc địa chất, kiến tạo, đặc điểm địa chất công trình, tiềm năng, triển vọng khoáng sản trong vùng quần đảo. Nghiên cứu địa hình địa mạo đáy biển xung quanh các đảo và cụm đảo đã là cơ sở để xác định các luồng đường cho tàu đi vào các đảo và cụm đảo. Kết quả điều tra và khảo sát về các đặc điểm địa chất và địa vật

lý cùng những số liệu thu thập về điều kiện tự nhiên trong các vùng quần đảo đã là cơ sở để xây dựng hàng loạt bản đồ phân vùng dự báo các tai biến thiên nhiên trên các vùng quần đảo.

Vai trò chủ trì và tham gia thực hiện chính trong các chuyến khảo sát điều tra và các đề tài dự án nghiên cứu địa chất và địa vật lý các vùng Hoàng Sa và Trường Sa kể từ những năm 1990 đến nay thuộc về Bùi Công Quế, Nguyễn Thế Tiệp, Đỗ Huy Cường, Trần Tuấn Dũng, Hoàng Văn Vượng, Dương Quốc Hưng, Trần Văn Hoàng, Nguyễn Văn Lương, Nguyễn Văn Bách, Nguyễn Tiến Hải, Trần Anh Tuấn và nhiều tác giả khác [41–53]. Các kết quả chủ yếu đạt được trong các đề tài, dự án điều tra, khảo sát và nghiên cứu tại các vùng quần đảo Trường Sa và Hoàng Sa trong thời gian qua là những nguồn số liệu đo đạc và khảo sát trực tiếp trên bề mặt các đảo và vùng biển bên ngoài các đảo về địa hình, địa chất, các trường địa vật lý, các số liệu xử lý gián tiếp từ các nguồn ảnh và số đo từ vệ tinh, các mẫu địa chất, khoáng sản, môi trường, các kết quả xử lý và minh giải về cấu trúc, kiến tạo, cấu trúc sâu, địa động lực, tiềm năng và triển vọng khoáng sản, nguy cơ tiềm tàng và độ nguy hiểm dự báo về các dạng tai biến địa chất và môi trường địa chất của các đảo đã san hô trên các vùng quần đảo [46, 47, 50, 52].

## **NHỮNG ĐỊNH HƯỚNG VÀ NHIỆM VỤ CHỦ YẾU TRONG THỜI GIAN TỚI**

Trên cơ sở của những kết quả đạt được trong 3 thập kỷ qua cùng với sự phát triển nhanh và mạnh về khoa học và công nghệ trên thế giới cho đến hiện tại có thể thấy rõ những yêu cầu và đòi hỏi trong lĩnh vực điều tra nghiên cứu về địa chất và địa vật lý nói chung trên vùng biển Việt Nam và kế cận. Yêu cầu nổi bật được đặt ra là chúng ta phải tiếp tục tăng cường năng lực và trình độ chuyên môn, về công nghệ và kỹ thuật, phương tiện hiện đại để làm chủ và điều tra, khảo sát chi tiết, đầy đủ với độ tin cậy cao các yếu tố địa chất, các trường địa vật lý trên toàn bộ các vùng biển đảo của Việt Nam. Về phạm vi, khu vực ưu tiên khảo sát và điều tra là các vùng nước sâu, các vùng bên ngoài các đảo và cụm đảo, các dải ven bờ nơi được quy hoạch vùng khai thác các khoáng sản và xây dựng các công trình bảo vệ

đường bờ, các khu vực khai thác và phát triển công nghiệp dầu khí. Đối với các khu vực này việc khảo sát về địa chất và địa vật lý hoàn toàn có thể được thực hiện với cơ sở trang thiết bị hiện có và lực lượng chuyên môn đông và mạnh của Viện Địa chất và Địa vật lý biển từng được tăng cường và thử thách trong nhiều năm qua. Tại các vùng quần đảo Trường Sa và Hoàng Sa cần chuẩn bị tốt và đưa vào sử dụng các phương tiện và phương pháp điều tra khảo sát hiện đại, phù hợp điều kiện thực tế như các phương pháp viễn thám đo đạc từ các vệ tinh mới, đo địa vật lý bằng máy bay, khai thác các nguồn số liệu đo cao từ vệ tinh, các ảnh chụp viễn thám để tính toán gián tiếp các đặc trưng địa chất và địa vật lý tại các khu vực khó khăn không thể tiếp cận trực tiếp. Để điều tra nghiên cứu đầy đủ và sâu sắc về môi trường địa chất vùng nước nông ven bờ sẽ cần triển khai các tổ hợp khảo sát mới với các trang thiết bị hiện có và sẽ được bổ sung mới với những tính năng tiên tiến, bao gồm cả những phương pháp và công nghệ địa vật lý lần đầu được thử nghiệm trên biển như các phương pháp thăm dò điện dòng tellur, các phương pháp chiếu radar, phương pháp điện từ trường và đo trọng lực độ chính xác cao. Tổng hợp các phương pháp và công nghệ khảo sát địa chất và địa vật lý trên biển phải đáp ứng được yêu cầu nâng cao độ chính xác và độ phân giải của đối tượng địa chất như các đứt gãy và các đặc điểm về sự hoạt động của nó để xác định như một vùng nguồn và cơ chế phát sinh động đất và nguồn phát sinh sóng thần trên biển, cấu tạo chi tiết của một thân quặng dưới đáy biển hoặc một mỏ dầu, một túi khí, một bãi cấu tạo để làm cơ sở tính toán trữ lượng và đánh giá triển vọng khoáng sản. Những yêu cầu từ thực tế và kinh nghiệm trong điều tra nghiên cứu của Viện trong những năm qua cho thấy rõ hiệu quả của việc luôn kết hợp các phương pháp địa chất và địa vật lý trong mọi tổ hợp điều tra khảo sát về địa chất và địa vật lý, đặc biệt là đối với các đối tượng nằm trong các vùng nước sâu và có điều kiện địa chất - địa vật lý phức tạp.

## **KẾT LUẬN**

Với thời gian hoạt động không dài nhưng trong những năm qua Viện Địa chất và Địa vật lý biển đã tập hợp, tăng cường lực lượng

chuyên môn, phát huy thế mạnh và điều kiện thuận lợi về hợp tác quốc tế đẩy mạnh hoạt động điều tra nghiên cứu về địa chất và địa vật lý trên các vùng biển đảo Việt Nam và Biển Đông với trọng tâm và ưu tiên là các vùng biển nước sâu, vùng trung tâm Biển Đông và các vùng quần đảo Trường Sa và Hoàng Sa. Các kết quả đạt được trong các hoạt động điều tra khảo sát và nghiên cứu nói trên là những cơ sở số liệu và tài liệu thực tế phong phú đồ sộ, được cập nhật và bổ sung liên tục, chuyên sâu theo các lĩnh vực khác nhau.

Các cơ sở dữ liệu địa chất và địa vật lý đã và đang được khai thác để nghiên cứu xác định các đặc điểm cấu trúc sâu và địa động lực, kiến tạo, cấu tạo và địa chất môi trường các tầng nông, đánh giá tiềm năng triển vọng khoáng sản, xác định nguyên nhân, cơ chế các nguồn động đất sóng thần và đánh giá độ nguy hiểm động đất sóng thần. Các kết quả điều tra nghiên cứu về địa chất và địa vật lý trên vùng biển đảo còn được sử dụng để xây dựng cơ sở khoa học cho việc xác định ranh giới ngoài của thềm lục địa Việt Nam và phục vụ phát triển kinh tế và đảm bảo an ninh, quốc phòng trên các vùng biển đảo của Tổ quốc.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hayes, D. E., 1986. Structure and Origin of South China basin. *AAPG Bul.*, 70.
- [2] Hinz, K., and Schlüter, H. U., 1985. Geology of the Dangerous Grounds, South China Sea, and the continental margin off southwest Palawan: Results of SONNE cruises SO-23 and SO-27. *Energy*, 10(3–4), 297–315.
- [3] Hinz, K., Fritsch, J., Kempter, E. H. K., Mohammad, A. M., Meyer, J., Mohamed, D., ... and Benavidez, J., 1989. Thrust tectonics along the north-western continental margin of Sabah/Borneo. *Geologische Rundschau*, 78(3), 705–730.
- [4] Holloway, N. H., 1982. North Palawan block, Philippines - Its relation to Asian mainland and role in evolution of South China Sea. *AAPG Bulletin*, 66(9), 1355–1383.
- [5] Kulinhic, R. G., et al., 1989. Earth crust evolution in Cenozoic and tectonics in Southeast Asia. *Nauka*. 270 p. (In Russian).
- [6] Taylor, B., and Hayes, D. E., 1983. Origin and history of the South China Sea basin. *The tectonic and geologic evolution of Southeast Asian seas and islands: Part 2*, 27, 23–56.
- [7] Bùi Công Quế, Nguyễn Hiệp, 1990. Đặc điểm các trường địa vật lý thềm lục địa Việt Nam và các vùng kế cận. *Báo cáo tổng kết đề tài 48B-3-2. Chương trình KHCN cấp nhà nước 48B (1986–1990). Hà Nội.*
- [8] Bùi Công Quế, Nguyễn Giao, 1996. Địa chất, địa động lực và tiềm năng khoáng sản vùng biển Việt Nam. *Báo cáo tổng kết đề tài KT-03-02. Chương trình nghiên cứu biển KT-03 (1991–1995), Hà Nội.*
- [9] Bùi Công Quế, 2000. Bổ sung, hoàn thiện đề xuất bản các bản đồ địa chất địa vật lý vùng biển Việt Nam và kế cận. *Báo cáo tổng kết đề tài KHCN-06-10. Chương trình nghiên cứu biển KHCN-06 (1996–2000). Hà Nội.*
- [10] Bùi Công Quế và nnk., 2001. Dị thường trọng lực vệ tinh và các yếu tố cấu trúc kiến tạo khu vực Biển Đông. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 1(3), 54–67.
- [11] Bùi Công Quế, 2005. Xây dựng tập bản đồ những đặc trưng cơ bản về điều kiện tự nhiên và môi trường vùng biển Việt Nam và kế cận. *Báo cáo tổng kết đề tài KC-09-02. Chương trình nghiên cứu biển KC-09-Hà Nội.*
- [12] Bùi Công Quế, Trần Tuấn Dũng, Lê Trâm, 2008. Thành lập bản đồ dị thường trọng lực thống nhất trên vùng biển Việt Nam và kế cận. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 8(2), 29–41.
- [13] Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 2009. Atlas điều kiện tự nhiên và môi trường vùng biển Việt Nam và kế cận. *Nxb. Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.*
- [14] Bùi Công Quế, Trần Tuấn Dũng, 2008. Nghiên cứu đặc điểm cấu trúc sâu và địa động lực vùng biển Việt Nam và kế cận. *Tạp chí Các Khoa học về Trái đất*, 30(4), 481–490.

- [15] Phùng Văn Phách (chủ biên), Nguyễn Như Trung, Trần Tuấn Dũng, Nguyễn Hoàng, Trần Anh Tuấn, Trịnh Xuân Cường, Hoàng Văn Long, Lê Chi Mai, Nguyễn Trung Thành, Lê Đình Nam, Phí Trường Thành, Lê Đức Anh, Nguyễn Quang Minh, 2017. Cấu trúc địa chất và tiến hóa Biển Đông trong Kainozoi. *Sách Chuyên khảo. NXB khoa học tự nhiên và công nghệ, Hà Nội*. 300 tr.
- [16] Nguyễn Văn Lương, Nguyễn Thế Tiệp, Nguyễn Văn Điệp, Mai Đức Đông, 2014. Đặc điểm hoạt động kiến tạo trẻ khu vực thềm lục địa và ven bờ miền Trung Việt Nam. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 14(4A).
- [17] Que, B. C., 1993. Some characteristics of the deep crustal structure and the geodynamics in the territory of Vietnam and neighbouring sea areas. *Journal of geology. Serie B*, (1), 2.
- [18] Bùi Công Quế, Phùng Văn Phách, 2001. Về những yếu tố cấu trúc-kiến tạo chính trên vùng biển Việt Nam và kế cận. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 1(4), 1–13.
- [19] Trung, N. N., Que, B. C., and Lee, S. M., 2001. Tectonic features in the eastern Sea Basin from satellite gravity data. *Advances in Natural Sciences*, 2(3), 99–114.
- [20] Trung, N. N., Lee, S. M., and Que, B. C., 2004. Satellite gravity anomalies and their correlation with the major tectonic features in the South China Sea. *Gondwana Research*, 7(2), 407–424.
- [21] Bùi Công Quế, 2009. Nghiên cứu xác định các đặc trưng cấu trúc và địa động lực của các hệ đứt gãy trên thềm lục địa Việt Nam và Biển Đông. *Tuyển tập công trình nghiên cứu vật lý địa cầu 2008. Nxb. Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội*. Tr. 231–245.
- [22] Mai Thanh Tân (chủ biên), 2010. Biển Đông. Chuyên khảo, Tập III: Địa chất và Địa vật lý. *Nxb. Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội*. 580 tr.
- [23] Bùi Công Quế (chủ biên), 2015. Nghiên cứu đặc điểm các trường địa vật lý và cấu trúc sâu vùng biển Việt Nam. Chuyên khảo. *Nxb. Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội*. 300 tr.
- [24] Nguyễn Thế Tiệp (chủ biên), 2010. Nghiên cứu cấu trúc địa chất vùng biển nước sâu trên 200m vùng biển Nam Việt Nam làm cơ sở khoa học tìm kiếm khoáng sản liên quan. *Báo cáo tổng kết đề tài KC-09-18/6–10. Chương trình Nghiên cứu biển KC-09 (2006–2010)*.
- [25] Karl Stattegger et al., 2004. Cruise Report VG-5 cruise Nghien Cuc Bien. Nha Trang - May 8 - 31, 2004.
- [26] Dương Quốc Hưng, Vũ Ngọc Yến, 2011. Xác định các ranh giới trầm tích Đệ tứ khu vực thềm lục địa miền Trung Việt Nam theo tài liệu địa chấn phân giải cao. *Tuyển tập Hội nghị Khoa học và Công nghệ biển toàn quốc lần thứ V, Hà Nội*. Tr. 397–403.
- [27] Dương Quốc Hưng, Nguyễn Văn Điệp, Vũ Ngọc Yến, Lê Mạnh Hùng, 2013. Đặc điểm trầm tích tầng mặt vùng biển Long Châu - Bạch Long Vĩ theo tài liệu địa chấn phân giải cao. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 13(3A), 160–166.
- [28] Dương Quốc Hưng, Bùi Nhị Thanh, Văn Đức Tùng, Đào Triệu Túc, Vũ Ngọc Yến, Văn Trọng Lâm, 2014. Biểu hiện của hoạt động kiến tạo trẻ trên thềm lục địa nam Việt Nam theo tài liệu địa chấn nông phân giải cao. *Tạp chí Các Khoa học về Trái đất*, 36(3CĐ), 329–334.
- [29] Dương Quốc Hưng, Phan Đông Pha, Nguyễn Văn Điệp, Mai Đức Đông, 2014. Hồ thiên thạch trên thềm lục địa Việt Nam và tiềm năng khoáng sản liên quan. *Tạp chí Địa chất*, Loạt A, số 341–345, 226–229.
- [30] Duong Quoc Hung, Bui Cong Que, Do Huy Cuong, Bui Nhi Thanh, Nguyen Van Diep, Mai Duc Dong, 2018. Application of highresolution seismic method for marine geological studies in Vietnam Sea. *Proceeding, 15<sup>th</sup> Regional Congress on Geology, Mineral and Energy Resources of Southeast Asia. 16-17 Oct. 2018. Hanoi*.
- [31] Nguyễn Hồng Phương, 2017. Đánh giá độ nguy hiểm sóng thần trên Biển Đông phục vụ cảnh báo sớm và giảm nhẹ thiệt hại. Chuyên khảo. *Nxb. Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội*. 310 tr.

- [32] Bùi Công Quế, Trần Tuấn Dũng, Nguyễn Hồng Phương, 2015. Nghiên cứu đặc điểm các trường địa vật lý và cấu trúc sâu vùng biển Việt nam. Chuyên khảo. *Nxb. Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội*. 300 tr.
- [33] Bùi Công Quế (chủ biên), Nguyễn Đình Xuyên, Phạm Văn Thục, Nguyễn Hồng Phương, Trần Thị Mỹ Thành, Phan Trọng Trịnh, Cao Đình Triều, Ngô Thị Lư, Vũ Thanh Ca, Trần Tuấn Dũng, Nguyễn Văn Lương, 2010. Nguy hiểm động đất và sóng thần ở vùng ven biển Việt Nam. Chuyên khảo. *Nxb. Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội*. 320 tr.
- [34] Que, B. C., Thanh, T. T. M., Xuyen, N. D., Son, L. T., Webb, T., Berryman, K., ... & King, A. (2011). Vietnam. New Zealand collaboration for Tsunami hazard, risk and preparedness assessment in coastal areas of Vietnam. In *International Workshop proceedings on Investigation and research of marine natural resource and Environment Hanoi Sept* (pp. 15–16).
- [35] Phuong, N. H., 1991. Probabilistic assessment of earthquake hazard in Vietnam based on seismotectonic regionalization. *Tectonophysics*, 198(1), 81–93.
- [36] Phuong, N. H., & Que, B. C. (2008). GIS application for deterministic seismic hazard assessment in Vietnam. *Journal of geology. Series B*, (31–32), 171–180.
- [37] Nguyen, P. H., Bui, Q. C., and Nguyen, X. D., 2012. Investigation of earthquake tsunami sources, capable of affecting Vietnamese coast. *Natural hazards*, 64(1), 311–327. DOI: 10-1007/S.11069-012-0240-3.
- [38] Nguyen, P. H., Bui, Q. C., Vu, P. H., and Pham, T. T., 2014. Scenario-based tsunami hazard assessment for the coast of Vietnam from the Manila Trench source. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 236, 95–108. DOI: 10.1016/J. PEPI. 2014.07.003.
- [39] Phùng Văn Phách (chủ biên). Nghiên cứu cấu trúc kiến tạo và tiến hóa Biển Đông phục vụ xác lập vùng chủ quyền lãnh hải Việt Nam và dự báo tài nguyên năng lượng và khoáng sản. *Báo cáo tổng kết đề tài KC.09.02/11–15. Chương trình KC.09. Hà Nội*.
- [40] Bùi Công Quế, 1999. Cơ sở khoa học cho việc xác định ranh giới ngoài thềm lục địa Việt Nam. *Báo cáo tổng kết đề tài KHCN-06-04. Chương trình nghiên cứu Biển KHCN-06 (1996–2000), Hà Nội*.
- [41] Thanh, P. T., Hung, D. Q., and Van Diep, N., 2017. Characteristics of the topography and geology of vung may sea mountain area, Truong Sa, Vietnam. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, 17(3), 242–251.
- [42] Phùng Văn Phách, Nguyễn Quang Minh, 2012. Những nét cơ bản về cấu trúc kiến tạo vùng quần đảo Trường Sa và Tư Chính - Vũng Mây. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 12(4A), 1–16.
- [43] Phạm Huy Tiến (chủ biên) và nnk., 2002. Xác định địa chất, địa mạo xây dựng phương án mở luồng vào các đảo San hô khu vực quần đảo Trường Sa. *Báo cáo tổng kết đề tài cấp nhà nước. Viện địa chất và địa vật lý biển. Hà Nội*.
- [44] Bùi Công Quế và nnk., 2001. Đặc điểm các trường địa vật lý, cấu trúc vỏ trái đất và tiềm năng khoáng sản vùng quần đảo Trường Sa. *Tạp chí khoa học công nghệ biển*, 1(1), 53–64.
- [45] Bùi Công Quế và nnk., 1998. Một vài nét cơ bản về đặc điểm cấu trúc vỏ Trái đất vùng quần đảo Trường Sa theo các số liệu địa vật lý. *Tuyển tập các công trình nghiên cứu về điều kiện tự nhiên và tài nguyên thiên nhiên vùng quần đảo Trường Sa. Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội*. Tr. 115–126.
- [46] Bùi Công Quế (chủ biên), 2001. Các đặc trưng địa vật lý và vật lý khí quyển vùng quần đảo Trường Sa. *Báo cáo tổng kết đề tài. Chương trình Trường Sa - Biển Đông. Viện Địa chất và địa vật lý biển. Hà Nội*.
- [47] Nguyễn Thế Tiệp (chủ biên), Nguyễn Biều, Lê Đình Nam, Trần Xuân Lợi, 2008. Địa chất và địa vật lý vùng quần đảo Trường Sa. Chuyên khảo. *Nxb. Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội*. 300 tr.
- [48] Nguyễn Thế Tiệp, 1998. Đặc điểm địa mạo và địa chất vùng quần đảo Trường

- Sa. *Tuyển tập công trình nghiên cứu về điều kiện tự nhiên và tài nguyên thiên nhiên vùng quần đảo Trường Sa*. Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [49] Nguyễn Văn Bách và nnk., 1997. Các đá trên đảo nổi Trường Sa. *Tạp chí Dầu khí*, (1), 20–26.
- [50] Nguyễn Văn Bách và nnk., 1998. Khái quát một số đặc điểm địa hình, địa mạo và trầm tích ở các bãi nước nông vùng biển Trường Sa. *Tạp chí Địa chất*, Loạt A, số 247.
- [51] Nguyễn Ngọc, Nguyễn Hữu Cử, 1998. Về ranh giới địa tầng Pleistocen - Holocen khu vực đảo nổi Trường Sa. *Tuyển tập công trình nghiên cứu về điều kiện tự nhiên và tài nguyên thiên nhiên vùng quần đảo Trường Sa*. Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [52] Trần Văn Hoàng, 1992. Điều kiện địa chất công trình và địa chất thủy văn đảo Trường Sa. *Tuyển tập kết quả nghiên cứu khoa học 1990–1991. Trung tâm Vật lý địa cầu ứng dụng*, Hà Nội.
- [53] Trần Tuấn Dũng và nnk., 2010. Hình thái cấu trúc móng trước Kainozoi khu vực quần đảo Trường Sa và trũng sâu Biên Đông. *Tạp chí Dầu khí*, (10), 17–23.