LÚN CHÌM KIẾN TẠO TRONG GIAI ĐOẠN PLIOCEN-ĐỆ TỨ KHU VỰC TÂY NAM TRŨNG SÂU BIỂN ĐÔNG

PHẠM NGUYỄN HÀ VŨ, LƯỜNG THỊ THU HOÀI, NGUYỄN VĂN VƯỢNG, NGUYỄN ĐÌNH NGUYÊN, PHAN THANH TÙNG, NGUYỄN THẾ HÙNG

Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

334, Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội

Tác giả liên hệ: havupn@gmail.com

Tóm tắt: *Chuyển động kiến tạo Pliocen - Đệ Tứ ở khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông chủ yếu liên quan đến chuyển động kiến tạo lún chìm thẳng đứng của địa hình đáy biển cuối Miocen đầu Pliocen sau khi quá trình tách dãn Biển Đông ngừng nghỉ. Bằng phương pháp backstripping 1D và sử dụng các kết quả phân tích thành phần trầm tích, bề dày, tuổi, độ lỗ rỗng của các lớp trầm tích trong cụm lỗ khoan 1143 site 184 của chương trình khoan Đại dương ODP, biên độ lún chìm địa hình đáy biển khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông trong giai đoạn Pliocen - Đệ Tứ được xác định từ 150 đến 180m, trong đó lún chìm kiến tạo do quá trình kiến tạo dưới sâu trong móng sinh ra là 100 đến 120m cho khoảng thời gian 5 triệu năm trở lại đây. Tốc độ lún chìm do kiến tạo dao động trong khoảng từ 20 - 24 m/triệu năm hay 2 - 2,4 cm/1000 năm. Trong thời gian Pliocen - Đệ Tứ, tốc độ lún chìm kiến tạo ở khu vực nghiên cứu có ba lần thay đổi tốc độ. Lần thứ nhất xảy ra vào 4,5 và 4,4 triệu năm, tốc độ lún chìm giảm so với giai đoạn Miocen muộn trước đó. Thời điểm thứ hai xảy ra trong khoảng giữa 4,1 và 3,8 triệu năm, tốc độ lún chìm kiến tạo tăng nhanh hơn giai đoạn trước đó. Thời điểm thứ ba xảy ra trong khoảng giữa 2,6 và 2,5 triệu năm trước tức vào đầu Đệ Tứ, tốc độ lún chìm trong giai đoạn này lại tăng nhanh hơn giai đoạn trước đó.*

Từ khóa: *Lún chìm kiến tạo; phương pháp backstripping; Tây Nam trũng sâu Biển Đông; Kiến tạo Pliocen - Đệ tứ.*

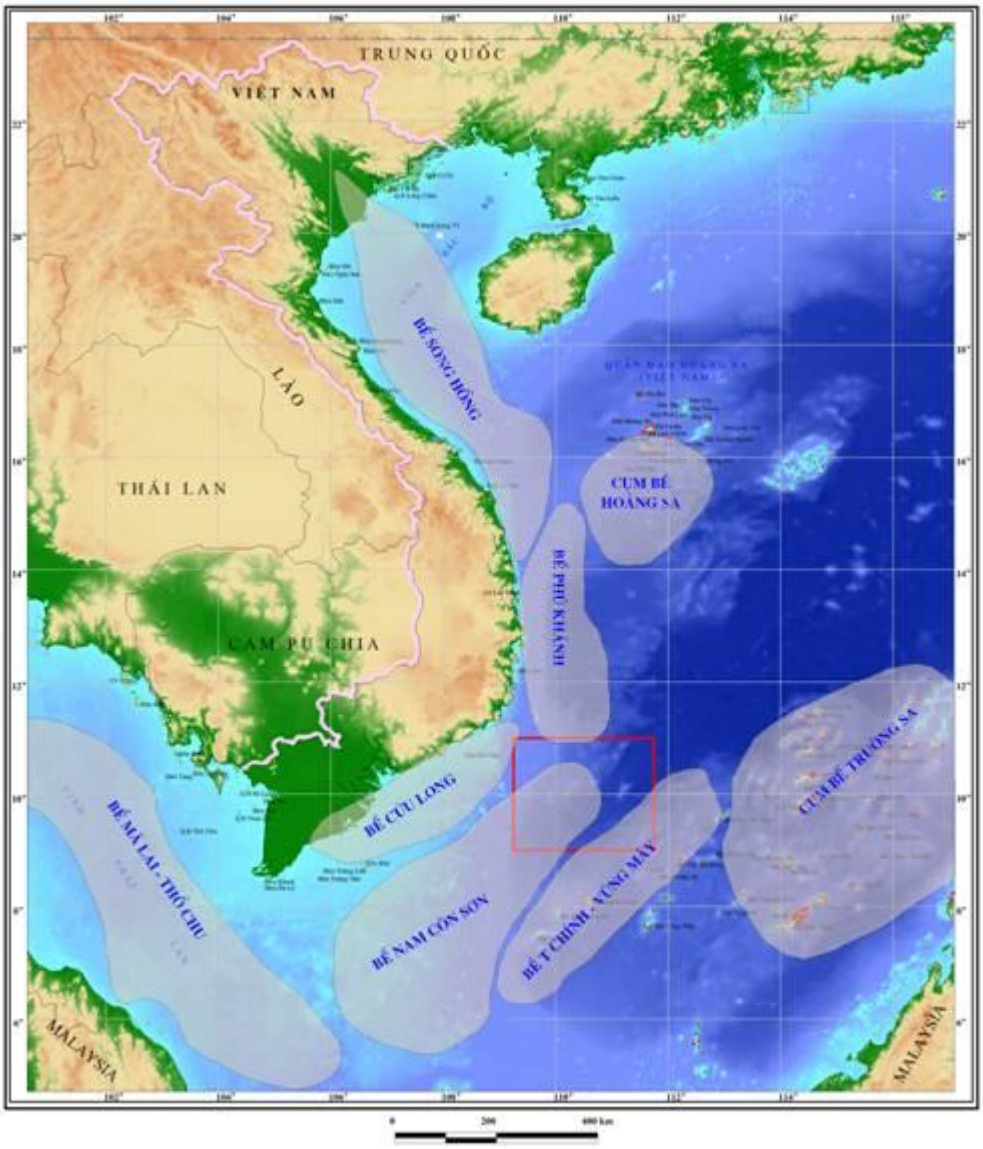
1. Giới thiệu

Chuyển động kiến tạo thẳng đứng là một trong những nhân tố quyết định quá trình hình thành các tập trầm tích trong phạm vi bể trầm tích. Để xác định chuyển động kiến tạo thẳng đứng, có nhiều phương pháp khác nhau (Allen et al., 2005; Lee et al., 2019). Các phương pháp tính toán chuyển động thẳng đứng từ tài liệu địa tầng trầm tích có tính định lượng phải dựa vào việc xây dựng các đường cong lún chìm theo thời gian. Phương pháp này đòi hỏi phải có số liệu chi tiết về tuổi trầm tích, bề dày từng tập trầm tích, các bề mặt bất chỉnh hợp. Phân tích lún chìm của đáy bể trầm tích đóng vai trò quan trọng trong việc khôi phục lại quá trình phát triển trầm tích theo thời gian cũng như nghiên cứu cơ chế hình thành bể. Phân tích lún chìm bằng phương pháp backstripping sẽ cho phép xác định biên độ và tốc độ lún chìm kiến tạo trong quá trình phát triển bể trầm tích. Đây là các thông số quan trọng trong nghiên cứu chuyển động kiến tạo thẳng đứng cũng như hệ quả của các chuyển động đó.

Khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông và kế cận hiện đang là đối tượng nghiên cứu xác định các dấu hiệu và tiền đề tìm kiếm các loại khoáng sản biển sâu do có những điều kiện địa chất kiến tạo và lịch sử phát triển tương tự với những vùng đã phát hiện khoáng sản biển sâu đã công bố trong phạm vi Biển Đông (Guan et al., 2017; Zhong et al., 2017). Tuy nhiên, đặc điểm kiến tạo giai đoạn Pliocen - Đệ Tứ (từ 5,3 triệu năm trở lại đây) hầu như không có hoặc rất ít công bố cho Biển Đông nói chung cũng như khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông và kế cận nói riêng. Phân tích, tính toán lún chìm kiến tạo trong giai đoạn Pliocen - Đệ Tứ có ý nghĩa góp phần làm sáng tỏ đặc điểm vận động kiến tạo và lịch sử phát triển trầm tích,

địa chất khu vực nghiên cứu phục vụ cho việc xác định tốc độ lún chìm kiến tạo từ đó định hướng cho công tác xác định các dấu hiệu và tiền đề tìm kiếm và khoanh vùng tìm kiếm các loại khoáng sản rắn biển sâu. Trong bài báo này, chúng tôi sẽ trình bày kết quả phân tích, xây dựng đường cong lún chìm để tính toán biên độ và tốc độ lún chìm kiến tạo theo thời gian dựa trên tài liệu địa tầng, trầm tích của lỗ khoan đại dương 1143 có mặt ở phía Đông vùng nghiên cứu.

2. Bối cảnh kiến tại khu vực nghiên cứu



Hình 1: *Vị trí khu vực nghiên cứu*

Khu vực nghiên cứu nằm về phía Tây Nam của trũng sâu Biển Đông, có điểm gần đảo Phú Quý nhất là 30km theo đường vĩ tuyến, điểm nằm trên cạnh phía Nam cách đảo Đá Lát 33km, góc Tây Nam cách đảo Trường Sa 42km và đảo Đá Lát 48km. Diện tích vùng nghiên cứu nằm chồng lên phạm vi của 4 bể trầm tích dầu khí Kainozoi trên thềm lục địa Việt Nam. Phía Tây Nam là bể Nam Côn Sơn, phía Đông Nam là bể Tư Chính Vũng Mây, phía Tây là bể Cửu Long và phía Bắc là bể Phú Khánh. Riêng góc phía Đông Bắc là vùng trũng tách dãn của phụ bể Tây Nam của Biển Đông (Hình 1).

Về mặt kiến tạo, Biển Đông Việt Nam là một biển rìa lớn nhất ở châu Á và được mở ra từ 32 triệu năm đến 16 triệu năm trước tương ứng với đường dị thường địa từ (geochron) số 11 đến số 5c (Briais A et al., 1993). Các kết quả nghiên cứu khoan sâu đại dương ở phần rìa phía Bắc và trung tâm trũng sâu Biển Đông được tiến hành từ trong khoảng 20 năm trở lại đây đã khẳng định quá trình tách dãn xảy ra từ 33 đến

16 triệu năm và hoàn toàn trùng khớp với các giá trị tuổi tách dãn xác định dựa trên các dị thường từ số 11 đến dị thường 5c (Taylor et al., 1983; Ding et al., 2016). Khu vực nghiên cứu bao gồm các phần của các đơn vị cấu trúc kiến tạo lớn sau đây: thềm Phan Rang, Tuy Hòa shear zone, Nam bể Phú Khánh, phần Tây Nam của đới dãn đáy Biển Đông, đới nâng phân dị Bắc Bãi Huyền Trân, phần Đông Bắc của đới nâng Mãng Cầu - Đồng Nai, phần Đông Bắc của trũng Bắc bể Nam Côn Sơn, một phần của đới phân dị Đá Lát - Đá Tây. Quá trình phát triển kiến tạo trong giai đoạn Pliocen - Đệ Tứ của khu vực nghiên cứu hoàn toàn khác biệt với quá trình chuyển động kiến tạo xảy ra trong giai đoạn Oligocen - Miocen giữa. Giai đoạn Oligocen - Miocen giữa đặc trưng bởi quá trình tách dãn tạo vỏ đại dương ở phần trung tâm của Biển Đông, quá trình dịch trượt của các hệ thống đứt gãy trượt bằng quy mô lớn trong khu vực cùng với hoạt động tách dãn trên thềm lục địa để tạo ra các bể trầm tích với các cấu trúc địa hào và bán địa hào (Pubellier et al., 2014). Trong khi đó, giai đoạn Pliocen - Đệ tứ, chuyển động kiến tạo trượt bằng dọc các đới đứt gãy suy giảm đáng kể so với giai đoạn trước, còn khu vực đáy biển chủ yếu liên quan đến chuyển động lún chìm thẳng đứng.

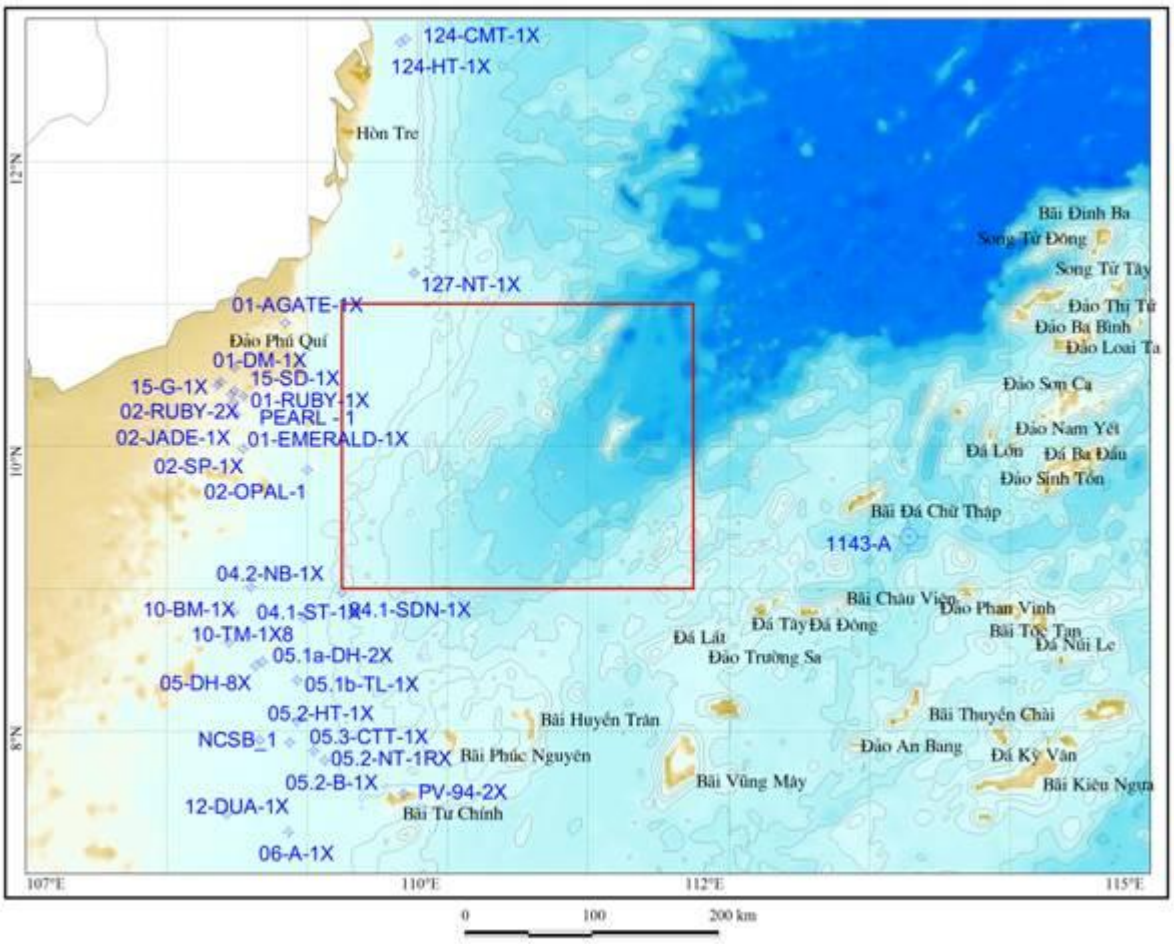
3. Số liệu và phương pháp

3.1. Số liệu

Để có thể phân tích và tính toán lún chìm địa hình bề mặt đáy biển qua các thời kỳ cần phải có tài liệu chi tiết về độ sâu bắt gặp của từng tập trầm tích, bề dày và tuổi tương ứng của từng tập trầm tích, đặc điểm thạch học trầm tích, mật độ hay tỷ trọng của từng tập, độ lỗ rỗng của từng loại trầm tích trong các tập trầm tích. Hiện nay, trong phạm vi khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông có hai nguồn tài liệu lỗ khoan phân bố ở thềm lục địa và ở vùng vỏ lục địa bị vát mỏng. Tài liệu lỗ khoan của ngành dầu khí tập trung ở các lô thăm dò và khai thác dầu khí phân bố trên vỏ lục địa (Hình 2). Nguồn thứ hai là tài liệu khoan sâu của chương trình khoan sâu đại dương thế giới ODP hoặc IODP phân bố ở vùng vỏ đại dương và vỏ lục địa bị dãn mỏng. Các đối tượng quan tâm của dầu khí chủ yếu là các trầm tích được hình thành trong giai đoạn từ Oligocen sớm đến Miocen giữa (Hiệp, 2007). Do đó, tài liệu khoan của ngành dầu khí chưa phải là nguồn tài liệu tối ưu cho việc tính toán lún chìm bề mặt đáy biển trong giai đoạn Pliocen - Đệ Tứ mà sẽ rất có ích trong tính toán giai đoạn trước Pliocen, đặc biệt là giai đoạn tách dãn tạo rift từ Oliogocen sớm đến Miocen giữa.

Ở khu vực Tây Nam trũng sâu Biển Đông, cụm lỗ khoan đại dương ODP gần khu vực nghiên cứu nhất là site 184, với lỗ khoan 1143 (Hình 2). Cụm lỗ khoan này bao gồm 3 lỗ khoan 1143A, 1143B và 1143C phân bố xung quanh tọa độ 9°21.72´N, 113°17.11´E, miệng giếng khoan 1143A nằm ở độ sâu 2772 m dưới mực nước biển. Đây là cụm lỗ khoan duy nhất có đầy đủ các thông tin chi tiết cho phép phân tích và tính toán được lún chìm đáy biển cho khu vực Tây Nam và Nam Biển Đông (Wang et al., 2000; Wang et al., 2009). Mặc dù cụm lỗ khoan 1143 nằm về phía Đông của khu vực nghiên cứu nhưng do được khoan trong rìa Đông Nam và đối xứng với rìa Tây Bắc của đuôi tách dãn Biển Đông trong vùng nghiên cứu nên kết quả tính toán sẽ phản ánh được lịch sử lún chìm đáy biển từ Pliocen đến Holocen của khu vực nghiên cứu.

Cơ sở dữ liệu liên tục và chi tiết về độ sâu, tuổi, bề dày của từng lớp trầm tích mỏng của cụm lỗ khoan 1143 hoàn toàn đáp ứng yêu cầu tính toán lún chìm bề mặt địa hình đáy biển cho khu vực nghiên cứu (Wang et al., 2000). Cơ sở dữ liệu tập hợp được cho từng giếng khoan được sử dụng để tính toán lún chìm địa hình đáy biển khu vực nghiên cứu gồm các thông tin: số hiệu đoạn mẫu, chiều dài khoảng lấy mẫu, độ sâu mặt trên lớp trầm tích, độ sâu mặt dưới lớp trầm tích, tuổi lớp trầm tích, loài hóa thạch, kết quả phân tích đồng vị bền 13C, 18O, tuổi địa tầng cũng như các kết quả phân tích chi tiết về thành phần trầm tích, thành phần khoáng vật, cổ sinh, tỉ trọng, độ rỗng (Hình 3, 4, 5, 6).



Hình 2. *Sơ đồ phân bố các lỗ khoan dầu khí và lỗ khoan 1143*

Theo thang địa tầng quốc tế 2020 (Cohen et al., 2013), các khoảng tuổi địa chất tương ứng với tuổi phân tích đồng vị được sử dụng trong bài báo như sau:

Từ 0-12.600 năm tương ứng với Holocen

Từ 12.600 năm đến 780.000 năm tương ứng với Pleistocen muộn

Từ 780.000 đến 1.810.000 năm tương ứng với Plestocen giữa

Từ 1.810.000 đến 2.590.000 năm tương ứng với Pleistocen sớm

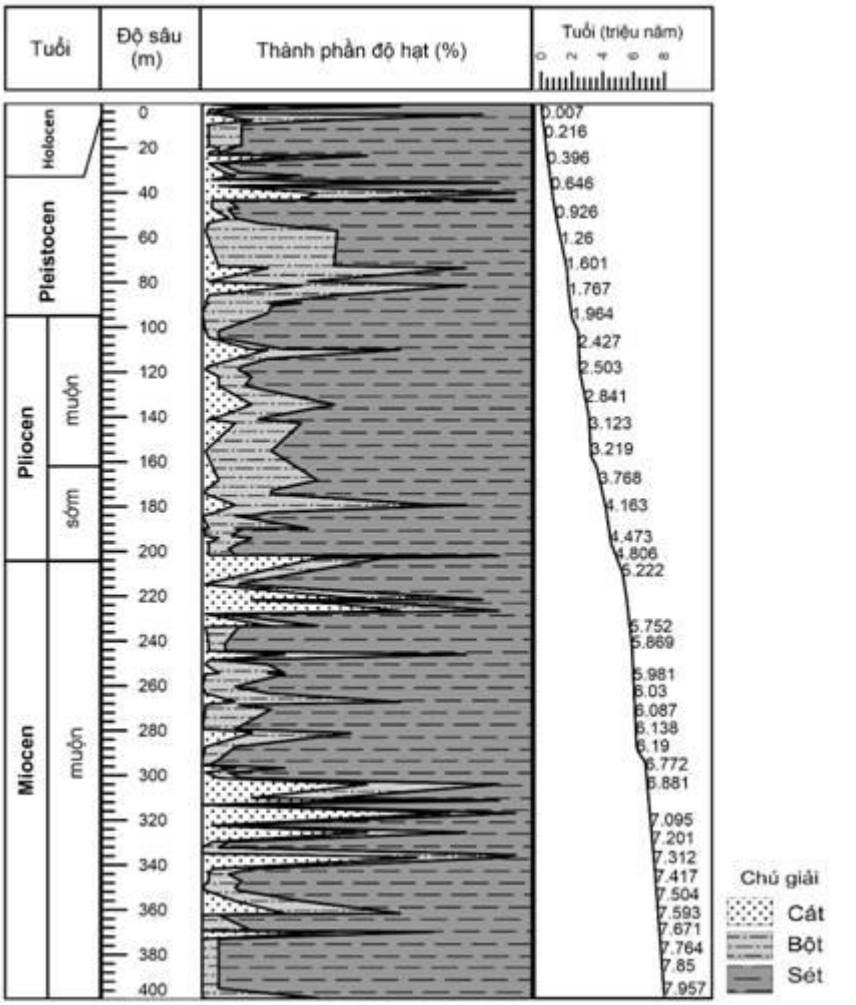
Từ 2.590.000 đến 3.600.000 năm tương ứng với Pliocen muộn

Từ 3.600.000 đến 5.330.000 tương ứng với Pliocen sớm

Từ 5.330.000 đến 7.250.000 năm tương ứng với Miocen muộn

3.2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp phân tích

Phân tích lún chìm kiến tạo là quá trình bóc tách biên độ lún chìm do kiến tạo sinh ra từ tổng quá trình sụt lún chung của khu vực. Quá trình lún chìm chung bao gồm lún chìm kiến tạo và lún chìm do quá trình nén thạch tĩnh theo chiều thẳng đứng liên quan đến quá trình gắn kết của vật liệu trầm tích và áp lực nước biển. Quá trình phân tích lún chìm kiến tạo sử dụng phương pháp backstripping được Watts và Ryan lần đầu tiên sử dụng vào năm 1976 trong nghiên cứu các tập trầm tích ở vịnh Sư Tử, phía đông Hoa Kỳ (Watts et al., 1979). Phương pháp này tiến hành bóc bỏ lần lượt các lớp trầm tích theo chiều từ trên xuống dưới, đồng thời tiến hành hiệu chỉnh độ nén ép của trầm tích, độ sâu đáy biển cổ và sự thay đổi mực nước biển trong quá trình hình thành trầm tích (Wees et al., 1996; Carminati et al., 2007; Fang et al., 2020). Trên cơ sở dữ liệu đầu vào hiện có trong khu vực nghiên cứu, bài báo sử dụng phương pháp Airy backstripping để tiến hành phân tích lún chìm kiến tạo 1D của khu vực nghiên cứu.

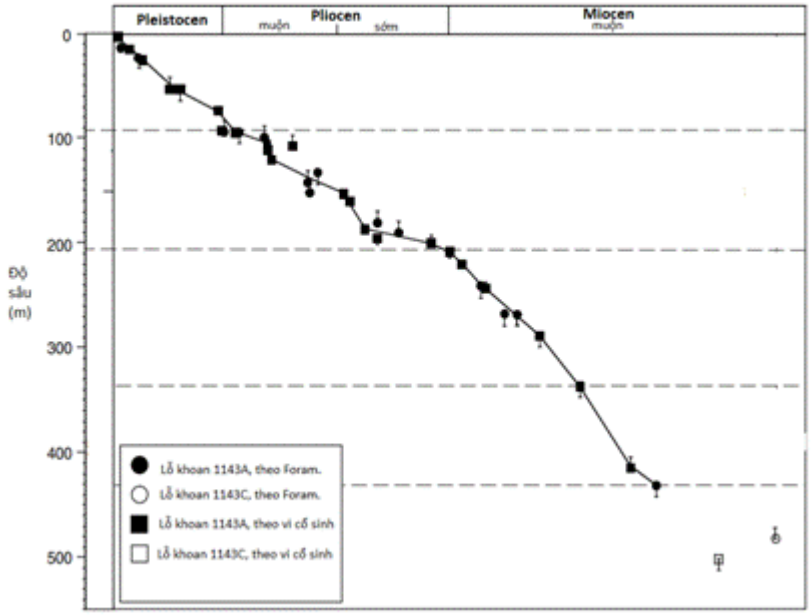


Hình 3. *Cột địa tầng biểu diễn thành phần độ hạt trầm tích được xây dựng từ kết quả phân tích mẫu lỗ khoan 1143A (Wang et al., 2000)*

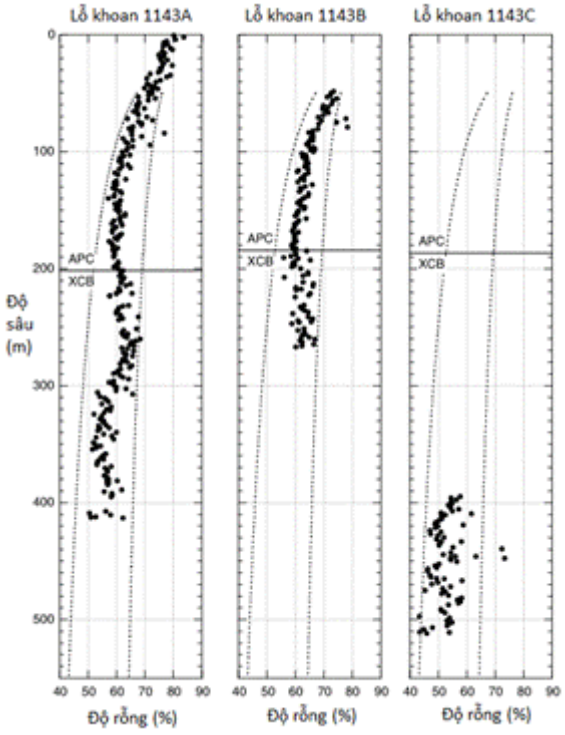
Về nguyên lý, phương pháp này sử dụng dữ liệu trầm tích thu được từ tài liệu giếng khoan để xác định biên độ lún chìm kiến tạo bằng công thức áp dụng cho bất cứ thời điểm nào (Watts and Steckler, 1979; Sclater et al., 1980; Lee et al., 2019):

$$Y = S\left(\frac{\rho_m - \rho_s}{\rho_m - \rho_w}\right) + W_d - \Delta_{SL}\left(\frac{\rho_w}{\rho_m - \rho_w}\right)$$

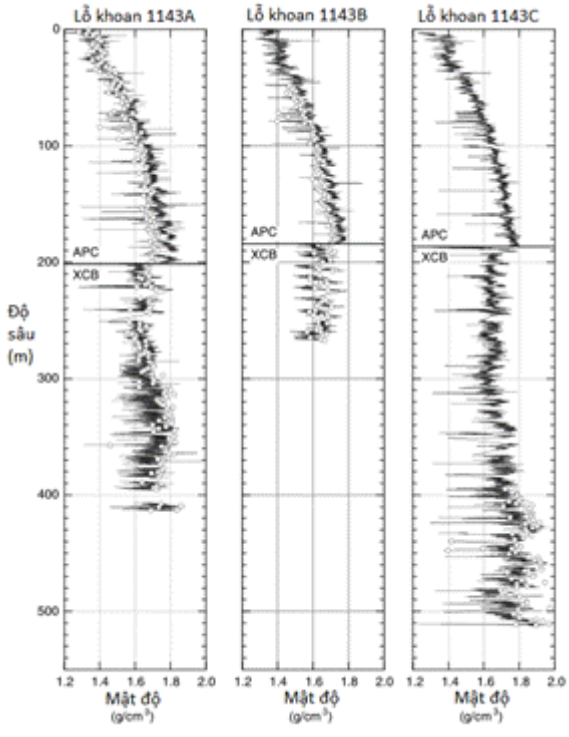
Trong đó: Y là biên độ lún chìm kiến tạo trong từ thời điểm sử dụng để tính lún chìm kiến tạo; S là bề dày trầm tích đã được hiệu chỉnh nén ép phục hồi bề dày trầm tích ở thời điểm tính được lún chìm; ρ_w, ρ_m và ρ_s là tỷ trọng của nước, manti, và trầm tích trung bình; W_d là độ sâu cổ ở thời điểm được tính lún chìm; Δ_{SL}: sự thay đổi mực nước biển ở thời điểm sử dụng để tính lún chìm.



Hình 4. *Đồ thị biểu diễn mối quan hệ tuổi - độ sâu lấy mẫu từ tài liệu cổ sinh các lỗ khoan 1143A và 1143B (Wang et al., 2000)*



Hình 5. *Biểu đồ độ rỗng theo độ sâu tại các lỗ khoan 1143A, 1143B và 1143C (Wang et al., 2000)*



Hình 6. *Biểu đồ độ rỗng theo độ sâu tại các lỗ khoan 1143A, 1143B và 1143C (Wang et al., 2000)*

Tính toán phục hồi bề dày trầm tích S sử dụng mối quan hệ giữa độ rỗng và độ sâu. Các nghiên cứu về mối quan hệ giữa bề dày trầm tích và độ lỗ rỗng của tập trầm tích với độ sâu chôn vùi tuân theo quy luật hàm mũ $\Phi=\Phi_0 e^{-y/c}$ (Allen and Allen, 2005; Lee et al., 2019). Trong đó: Φ là độ rỗng ở độ sâu y; Φ_0 là độ

rỗng ban đầu khi lớp trầm tích ở bề mặt; c là hệ số nén ép. Số liệu sử dụng để xây dựng phương trình trình được lấy từ số liệu độ rỗng trong trầm tích từ cụm lỗ khoan 1143 (Hình 5).

Giá trị mật độ của manti và nước biển được lấy lần lượt là 3,3 và 1,025 g/cm^3 (Lee et al., 2019). Mật độ của trầm tích Pliocen - Đệ tứ được lấy theo số liệu của cụm lỗ khoan 1143 (Hình 6).

Để có thể tính toán được độ sâu địa hình đáy biển cổ thì những thay đổi của độ sâu nước biển cổ và sự thay đổi mực nước biển tương đối (Δ_{SL}) trong từng giai đoạn sẽ được tích hợp vào phương pháp backstripping trong quá trình phân tích lún chìm (Lee et al., 2019). Tính toán độ sâu cổ thường được thực hiện từ số liệu cổ sinh. Về các mô hình thay đổi mực nước biển toàn cầu, hiện có một số mô hình đã được công bố như của (Haq et al., 1987)(Kominz et al., 1998)(Wang and Li, 2009). Tuy nhiên, việc xây dựng độ sâu cổ và đánh giá sự thay đổi mực nước biển tương đối hiện vẫn còn sai số lớn do tài liệu địa chất trầm tích, cổ sinh chưa đủ độ phân giải cần thiết nên sẽ dẫn đến sai số trong kết quả tính toán từ mô hình lún chìm. Để giảm thiểu sai số khi không có số liệu về độ sâu mực nước biển cổ ở các thời điểm tính toán, trong bài báo này chúng tôi không có ý định phục hồi độ sâu cổ của đáy bể trầm tích cho từng giai đoạn trong khoảng thời gian Pliocen - Đệ tứ mà chỉ tính toán biên độ và tốc độ lún chìm kiến tạo cho giai đoạn Pliocen - Đệ tứ. Do vậy, việc tính toán lún chìm kiến tạo được thực hiện theo công thức sau:

$$Y = S\left(\frac{\rho_m - \rho_s}{\rho_m - \rho_w}\right)$$

4. Kết quả

Các số liệu chi tiết của các lỗ khoan 1143A, 1143B và 1143C đã được sử dụng để tiến hành phân tích tính toán phục hồi trạng thái trầm tích và tính toán lún chìm bề mặt địa hình đáy biển khu vực nghiên cứu.

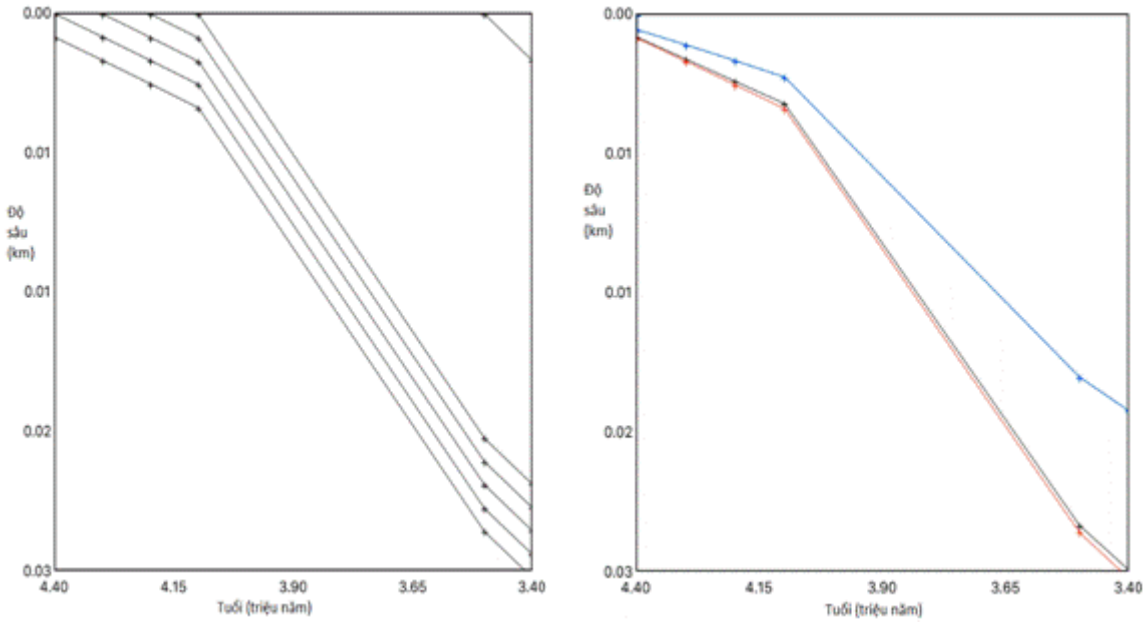
Kết quả tính toán lún chìm địa hình đáy biển từ lỗ khoan 1143A được thực hiện cho khoảng thời gian từ 4,4 triệu năm đến 3,4 triệu năm trước, tức là tương ứng với Pliocen sớm và được biểu diễn ở Hình 7. Kết quả tính toán cho thấy tổng lún chìm địa hình đáy biển tại lỗ khoan 1143A trong khoảng thời gian từ 4,4 đến 3,4 triệu năm trước chỉ vào khoảng 30m. Lún chìm do kiến tạo sinh ra chỉ có 20m. Phần tải trọng gây lún còn lại do quá trình trầm tích sinh ra là 10m.

Kết quả tính toán lún chìm địa hình đáy biển từ lỗ khoan 1143B bao phủ cả phần trầm tích Pliocen và Đệ Tứ nên các kết quả tính toán cho thấy bức tranh tương đối rộng hơn xuyên gần hết tầng trầm trích Pliocen - Đệ Tứ (Hình 8). Kết quả tính toán cho thấy tổng lún chìm địa hình bề mặt đáy biển từ đầu Pliocen đến Pleistocen là 150m. Lún chìm do kiến tạo sinh ra là xấp xỉ 100m. Như vậy, đóng góp vào biên độ lún chìm do tải trọng trầm tích là 50m.

Kết quả tính toán lún chìm từ lỗ khoan 1143C được thực hiện trong khoảng thời gian từ 4,9 triệu năm đến 10.000 năm với tổng lún chìm địa hình bề mặt đáy biển là 180m. Lún chìm do kiến tạo sinh ra là 120m phần lún chìm do tải trọng trầm tích và nước biển tạo nên là 60m (Hình 9). Ở khoảng 4,6 - 4,5 triệu năm với sự suy giảm tốc độ lún chìm địa hình đáy biển. Còn ở các khoảng thời gian khác không thể hiện rõ sự thay đổi về tốc độ lún chìm.

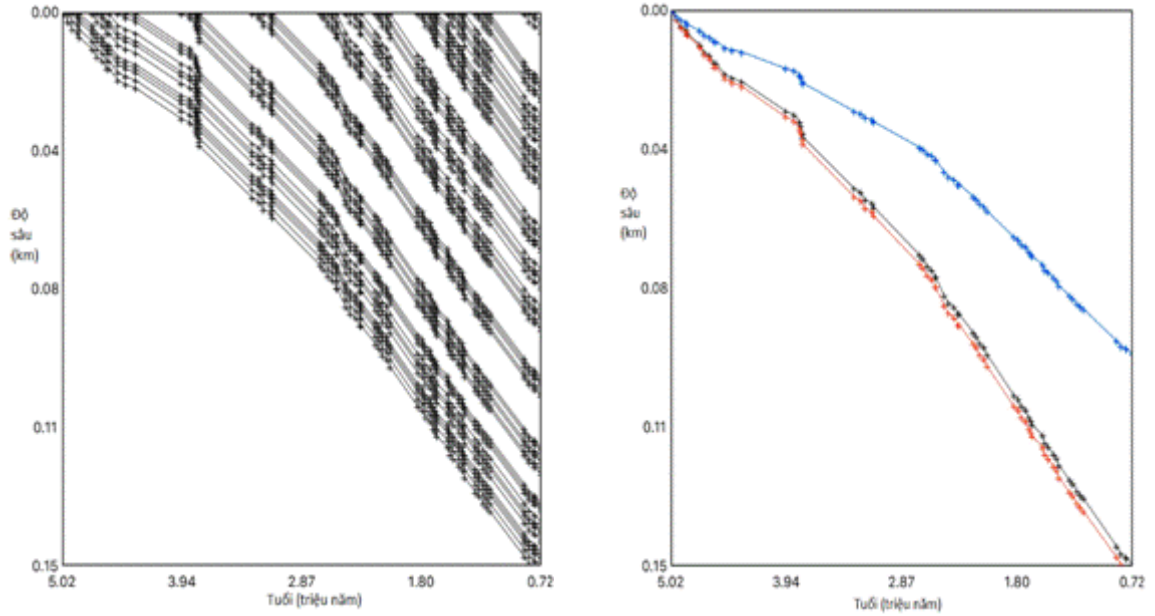
5. Thảo luận ý nghĩa và hạn chế của kết quả

Các kết quả tính toán từ lỗ khoan 1143A trên hình 7b thể hiện tại thời điểm 4,1 - 4,0 triệu năm trước, đồ thị biểu diễn lún chìm có sự thay đổi góc dốc. Điều này thể hiện tốc độ lún chìm kiến tạo tăng nhanh hơn giai đoạn trước. Trong khoảng thời gian 3,5 triệu năm trước, tốc độ lún chìm kiến tạo giảm nhẹ so với giai đoạn trước đó.



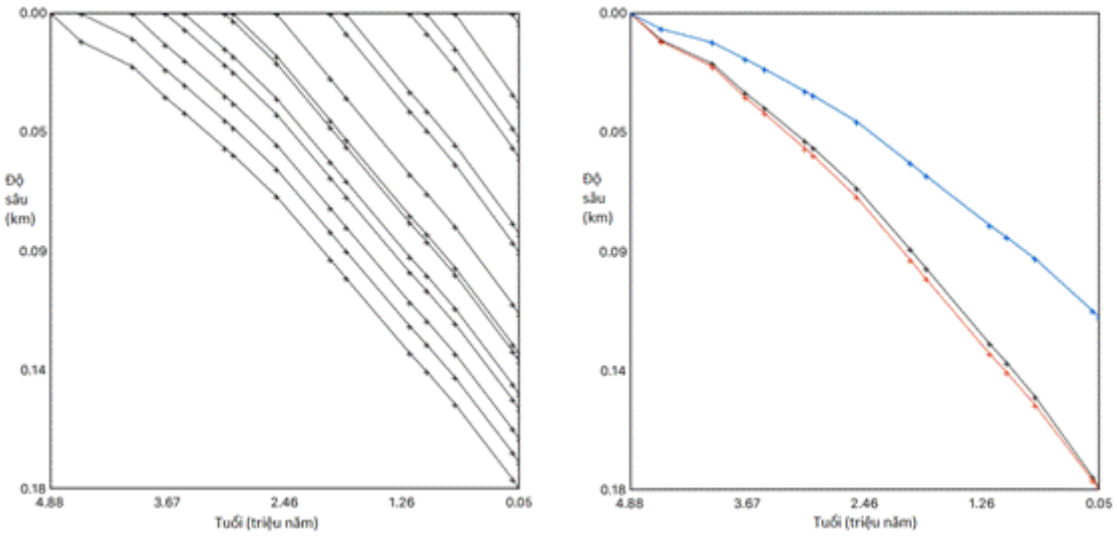
a) b)

Hình 7. *Kết quả tính toán phục hồi các tập trầm tích (a) và tính toán lún chìm địa hình đáy biển (b) từ lỗ khoan 1143A. Đường màu đỏ là tổng lún chìm sinh ra do tải trọng trầm tích và do kiến tạo. Đường màu đen nằm trên là đường biểu diễn tổng chiều dày trầm tích bị nén chặt. Đường màu xanh phía trên biểu diễn sự lún chìm do kiến tạo sinh ra sau khi loại bỏ tải trọng do trầm tích và nước biển.*



a) b)

Hình 8. *Kết quả tính toán phục hồi các tập trầm tích (a) và tính toán lún chìm địa hình đáy biển (b) từ lỗ khoan 1143B. Đường màu đỏ là tổng lún chìm sinh ra do tải trọng trầm tích và do kiến tạo. Đường màu đen nằm trên là đường biểu diễn tổng chiều dày trầm tích bị nén chặt. Đường màu xanh phía trên biểu diễn sự lún chìm do kiến tạo sinh ra sau khi loại bỏ tải trọng do trầm tích và nước biển.*



Hình 9. *Kết quả tính toán phục hồi các tập trầm tích (a) và tính toán lún chìm địa hình đáy biển (b) từ lỗ khoan 1143C. Đường màu đỏ là tổng lún chìm sinh ra do tải trọng trầm tích và do kiến tạo. Đường màu đen nằm trên là đường biểu diễn tổng chiều dày trầm tích bị nén chặt. Đường màu xanh phía trên biểu diễn sự lún chìm do kiến tạo sinh ra sau khi loại bỏ tải trọng do trầm tích và nước biển.*

Tương tự như kết quả tính toán lún chìm địa hình đáy biển từ lỗ khoan 1143A, kết quả tính toán tại lỗ khoan 1143B cũng cho thấy đồ thị có ba điểm thay đổi độ dốc tương ứng với ba thời điểm tốc độ lún chìm kiến tạo có sự thay đổi. Thời điểm thứ nhất xảy ra trong khoảng giữa 4,5 và 4,4 triệu năm, tốc độ lún chìm giảm so với giai đoạn trước đó. Thời điểm thứ hai xảy ra trong khoảng giữa 4,1 và 3,8 triệu năm, tốc độ lún chìm kiến tạo tăng nhanh hơn giai đoạn trước đó. Thời điểm thứ ba xảy ra trong khoảng giữa 2,6 và 2,5 triệu năm trước tức vào đầu Đệ Tứ, tốc độ lún chìm tăng nhanh hơn giai đoạn trước đó. Kết quả này hoàn toàn tương đồng với các kết quả nghiên cứu về sự gia tăng tốc độ lắng đọng trầm tích đầu Pleistocen ở phụ bể Tây Nam Biển Đông (Ding et al., 2016). Các kết quả tính toán lún chìm từ lỗ khoan 1143C, ở khoảng 4,6 - 4,5 triệu năm thể hiện ở Hình 9b cho thấy đồ thị có sự thay đổi góc dốc tương ứng với sự suy giảm tốc độ lún chìm kiến tạo địa hình đáy biển ở thời kỳ đầu Pliocen. Tuy nhiên, ở các khoảng thời gian khác, mức độ thay đổi độ dốc của đồ thị không thật sự rõ nét, hay nói cách khác sự thay đổi về tốc độ lún chìm kiến tạo không thể hiện rõ ở lỗ khoan này.

Các kết quả tính toán định lượng lún chìm bề mặt địa hình đáy bể trầm tích từ tài liệu khoan sâu đại dương của 3 lỗ khoan 1143A, 1143B và 1143C cho thấy biên độ lún chìm địa hình đáy biển trong khoảng thời gian từ 5 triệu năm trở lại đây trong ở khu vực nghiên cứu dao động từ 150 đến 180m, trong đó biên độ lún chìm kiến tạo từ 100 đến 120m. Tốc độ lún chìm do kiến tạo sinh ra dao động trong khoảng từ 20m - 24m/1 triệu năm hay 2 - 2,4cm/1000 năm. Trong giai đoạn từ Pliocen đến Đệ Tứ, khu vực nghiên cứu đã trải qua ít nhất ba lần thay đổi tốc độ lún chìm kiến tạo. Ba giai đoạn thay đổi tốc độ lún chìm kiến tạo ghi nhận ở đáy biển có thể có mối quan hệ với các nhịp phun trào magma basalt ở rìa lục địa Đông Dương (Hoang et al., 1998; Fedorov et al., 2005).

Phương pháp tính toán lún chìm kiến tạo từ tài liệu địa tầng, trầm tích là một phương pháp hữu hiệu trong nghiên cứu kiến tạo các bể trầm tích. Tuy nhiên, trong khu vực nghiên cứu, ngoài cụm lỗ khoan 1143, các tài liệu lỗ khoan đủ chi tiết để tính toán lún chìm không có nhiều, vì vậy kết quả tính toán được trình bày trong bài báo này mới chỉ phản ánh được quá trình lún chìm còn hạn chế ở phần rìa phía Đông khu vực nghiên cứu. Nếu các thông tin lún chìm được tính toán từ nhiều lỗ khoan trong khu vực sẽ cung cấp một bức tranh lún chìm toàn diện hơn. Mặc dù kết quả tính toán lún chìm trong nghiên cứu này mới mang tính địa phương nhưng nó cũng đã cung cấp một bức tranh khái quát về chuyển động kiến tạo thẳng đứng đã diễn ra trong khu vực nghiên cứu trong giai đoạn Pliocen-Đệ Tứ.

6. Kết luận

Trong giai đoạn Pliocen-Đệ Tứ, tổng biên độ lún chìm đáy biển ở khu vực nghiên cứu dao động từ 150 đến 180m, trong đó biên độ lún chìm do chuyển động kiến tạo sinh ra dao động từ 100 đến 120m.

Tốc độ lún chìm kiến tạo trung bình trong khoảng thời gian Pliocen-Đệ Tứ của khu vực nghiên cứu dao động trong khoảng từ 2 đến 2,4cm/1000 năm.

Trong thời gian Pliocen-Đệ tứ, tốc độ lún chìm kiến tạo ở khu vực nghiên cứu có ba lần thay đổi tốc độ. Lần thứ nhất xảy ra vào 4,5 và 4,4 triệu năm, tốc độ lún chìm giảm so với giai đoạn Miocen muộn trước đó. Thời điểm thứ hai xảy ra trong khoảng giữa 4,1 và 3,8 triệu năm, tốc độ lún chìm kiến tạo tăng nhanh hơn giai đoạn trước đó. Thời điểm thứ ba xảy ra trong khoảng giữa 2,6 và 2,5 triệu năm trước, tương ứng vào thời gian đầu Đệ Tứ, tốc độ lún chìm tăng nhanh hơn so với giai đoạn trước đó.

Việc tính toán lún chìm kiến tạo sử dụng phương pháp backstripping 1D sẽ phát huy hiệu quả và cho kết quả chính xác hơn nữa khi trong khu vực nghiên cứu có nhiều lỗ khoan với tài liệu chi tiết.

Lời cảm ơn

Bài báo được hoàn thành với sự hỗ trợ của để tài KC09.32/16-20. Tập thể tác giả xin trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ kinh phí và tạo điều kiện để triển khai đề tài nghiên cứu nêu trên của Bộ Khoa học và Công nghệ, cũng như sự quan tâm tạo điều kiện thuận lợi trong quá trình thực hiện từ phía Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.

Văn liệu

Allen, P. A., J. R. Allen, 2005. Basin Analysis: Principles and Applications, 2nd Ed. *Blackwell Publishing, p.* 560.

Briais A, Patriat P, Tapponnier P, 1993. Updated interpretation of magnetic anomalies and seafloor spreading stages in the South China Sea: Implications for the tertiary tectonics of Southeast Asia. *Journal of Geophysical Research 98, 6299-6328.*

Carminati, E., L. Corda, G. Mariotti, M. Brandano, 2007. Tectonic control on the architecture of a Miocene carbonate ramp in the Central Apennines (Italy): Insights from facies and backstripping analyses. *Sedimentary Geology 198, 233-253.*

Cohen, K., S. Finney, P. Gibbard, J. X. Fan, 2013. The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes 36, 199-204.*

Ding, W., J. Li, P. D. Clift, 2016. Spreading dynamics and sedimentary process of the Southwest Sub-basin, South China Sea: Constraints from multi-channel seismic data and IODP Expedition 349. *Journal of Asian Earth Sciences 115, 97-113,* https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2015.09.013.

Fang, P., W. Ding, X. Lin, Z. Zhao, Y. Fang, C. Li, 2020. Neogene subsidence pattern in the multi-episodic extension systems: Insights from backstripping modelling of the Okinawa Trough. *Marine and Petroleum Geology 111, 662-675,* https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2019.08.051.

Fedorov, P. I., A. V. Koloskov, 2005. Cenozoic Volcanism of Southeast Asia. *Petrology 13, 389–420.*

Guan, Y., X. Sun, Y. Ren, X. Jiang, 2017. Mineralogy, geochemistry and genesis of the polymetallic crusts and nodules from the South China Sea. *Ore Geology Reviews 89, 206-227,* https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2017.06.020.

Haq, B. U., J. Hardenbol, P. R. Vail, 1987. Chronology of Fluctuating Sea Levels Since the Triassic. *Science 235, 1156-1167.*

Hoang, N., M. Flower, 1998. Petrogenesis of Cenozoic basalts from Vietnam: implication for origins of a "diffuse igneous province". *Journal of Petrology 39, 369-395.*

Kominz, M. A., K. G. Miller, J. V. Browning, 1998. Long-term and short-term global Cenozoic sea-level estimates. *Geology 26, 311-314.*

Lee, E. Y., J. Novotny, M. Wagreich, 2019. Subsidence Analysis and Visualization. *Springer, p.* 56.

Nguyễn Hiệp (Ed), **2007**, Địa chất và tài nguyên dầu khí Việt Nam, *Khoa học và Kỹ thuật.*

Pubellier, M., C. K. Morley, 2014. The basins of Sundaland (SE Asia): Evolution and boundary conditions. *Marine and Petroleum Geology 58, 555-578,* https://doi.org/10.1016/ j.marpetgeo.2013.11.019.

Sclater, J. G., P. Christie, 1980. Continental stretching: An explanation of the Post-Mid-Cretaceous Subsidence of the Central North Sea Basin. *Journal of Geophysical Research Atmospheres 85, 3711-3739.*

Taylor, B., D. E. Hayes, 1983. Origin and History of the South China Sea Basin, *In*: Hayes D.E. (Ed.), The Tectonic and Geologic Evolution of Southeast Asian Seas and Islands: Part 2. *Am. Geophys. Union Geophys. Monogr, Washington, D. C., pp. 23-56.*

Wang, P., Q. Li (Ed), **2009**, The South China Sea: Paleoceanography and Sedimentology (Developments in Paleoenvironmental Research), *Springer, p. 506.*

Wang, P., W. L. Prell, P. Blum, et al.,, 2000. Proc. ODP, Init. Repts., 184: College Station, TX (Ocean Drilling Program)

Watts, A. B., M. Steckler, 1979. Subsidence and eustasy at the continental margin of Eastern North America. *AGU, Maurice Ewing Symp Series 3, 218–234.*

Wees, J. D. V., R. A. Stephenson, S. M. Stovba, V. A. Shymanovskyi, 1996. Tectonic variation in the Dniepr-Donets Basin from automated modelling of backstripped subsidence curves. *Tectonophysics 268, 257-280,* https://doi.org/10.1016/S0040-1951(96) 00233-8.

Zhong, Y., Z. Chen, F. J. González, J. R. Hein, X. Zheng, G. Li, Y. Luo, A. Mo, Y. Tian, S. Wang, 2017. Composition and genesis of ferromanganese deposits from the northern South China Sea. *Journal of Asian Earth Sciences 138, 110-128,* https://doi.org/ 10.1016/j.jseaes.2017.02.015.