

MỘT SỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VỀ ĐẶC TRUNG VÀ BIẾN ĐỘNG CỦA CÁC KHỐI NƯỚC TRONG VÙNG BIỂN NAM TRUNG BỘ, VIỆT NAM

Tô Duy Thái*, **Bùi Hồng Long**, **Nguyễn Văn Tuấn**, **Nguyễn Chí Công**, **Phan Thành Bắc**,
Nguyễn Trương Thanh Hội, **Nguyễn Đức Thịnh**, **Nguyễn Thị Thùy Dung**

Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Việt Nam
*E-mail: duythaito@gmail.com

Ngày nhận bài: 5-8-2018; Ngày chấp nhận đăng: 16-12-2018

Tóm tắt. Nghiên cứu các đặc trưng và biến động của các khối nước mang ý nghĩa thực tiễn to lớn trong việc xác định nguồn gốc nhằm có cái nhìn tổng quan nhất về chế độ thủy văn-động lực khu vực đó, giúp phân vùng khối nước phục vụ cho việc khai thác hợp lý nguồn lợi và bảo vệ môi trường. Vấn đề nghiên cứu các khối nước trong vùng biển Nam Trung Bộ, Việt Nam đã được nhiều nhà khoa học quan tâm nghiên cứu và có kết quả khá chi tiết. Tuy nhiên các kết quả chủ yếu dựa vào số liệu đo đặc nhiệt-muối từ các chuyên khảo sát đến năm 2006, mặc dù mật độ phân bố số số liệu tương đối tốt, tuy nhiên tính hệ thống và đồng bộ hóa còn bị hạn chế. Bài báo cập nhật một số kết quả đo đặc mới từ các dự án Việt - Nga (2011), Việt - Mỹ (2013, 2015) và đề tài cơ sở Viện Hải dương học (2016, 2017). Kết quả đã xác định được nguồn gốc các khối nước tầng mặt tại khu vực nghiên cứu có nguồn gốc từ biển Đông Trung Hoa, Tây Thái Bình Dương và Java. Kết quả nghiên cứu cho thấy có sự thay đổi về số lượng của các khối nước và cấu trúc khối nước có sự biến đổi về các đặc trưng như nhiệt độ, độ muối và độ sâu tồn tại của chúng khi có sự xuất hiện của hiện tượng ENSO.

Từ khóa: Sơ đồ nhiệt muối, khối nước, ENSO, Nam Trung Bộ, Việt Nam.

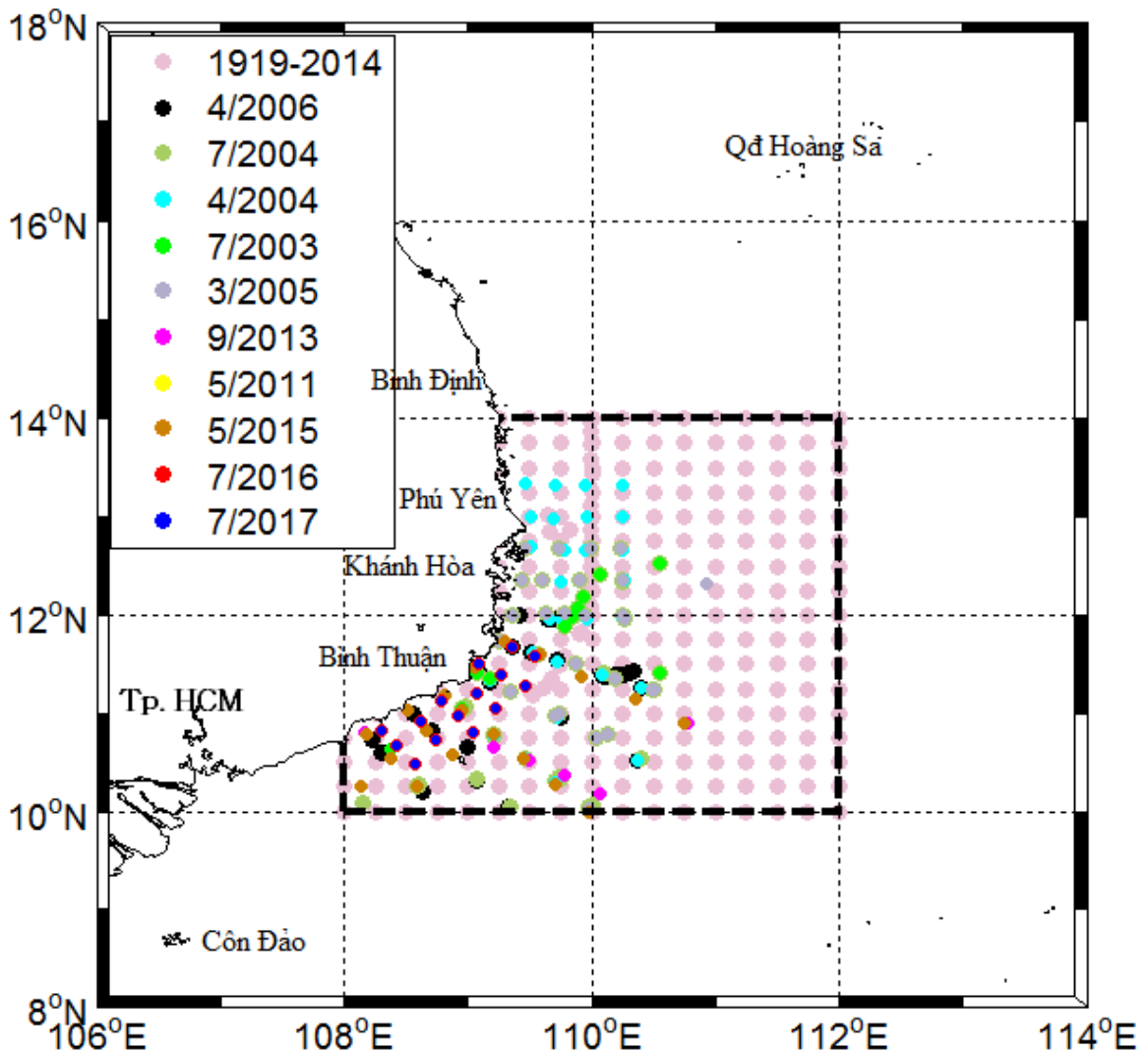
MỞ ĐẦU

Vùng biển Nam Trung Bộ là vùng có chế độ động lực hoạt động rất mạnh ở Biển Đông, đây cũng là vùng có đặc trưng thủy văn rất đa dạng và phức tạp bởi vị trí nằm ngay khu vực có hoàn lưu mạnh, đặc sắc trong thời kỳ mùa gió Đông Bắc và Tây Nam. Vấn đề nghiên cứu cấu trúc thủy văn ở khu vực này đã được nhiều nhà khoa học quan tâm nghiên cứu, nhưng vẫn còn nhiều đặc trưng về thủy văn mà các nhà khoa học chưa đưa ra một cách chi tiết do hạn chế về nguồn số liệu đo đặc, chưa có sự đồng bộ về thời gian khảo sát cũng như hệ thống trạm vị trong thời gian dài. Phương pháp thông dụng nhất để phân tích cấu trúc thủy văn đó là thông qua phân tích các khối nước tồn tại trong

khu vực bằng bài toán đa chiều, sử dụng phương pháp phân tích theo các hàm trục giao. Bài toán này được đơn giản hóa bằng cách sử dụng mối quan hệ giữa ba yếu tố quyết định là nhiệt độ, độ muối, mật độ nước biển. Phân tích cấu trúc khối nước bằng phương pháp sử dụng sơ đồ nhiệt muối, các đường cong về phân bố thẳng đứng của các đặc trưng thủy văn như cấu trúc thẳng đứng nhiệt-muối. Điều này cho phép xác định những đường cong điển hình cho các vùng biển khác nhau. Trong phạm vi mỗi cấu trúc các đường cong đó cho phép tiến hành phân chia toàn bộ chiều dày cột nước thành những khối nước mang đặc điểm nhiệt-muối và mật độ riêng biệt, qua đó có thể xác định được biên và các đặc trưng nhiệt-muối của chúng, kể

cả các vị trí của các cực trị theo chiều sâu phản ánh sự biến đổi mùa của các khối nước trong cùng một cấu trúc. Cuối cùng, theo sự biến đổi hình dạng của các đường cong nhiệt muối trong không gian có thể xác định các dạng cấu trúc thủy văn khác nhau do sự biến tính của các khối nước tạo nên. Như vậy, sử dụng khái niệm về cấu trúc khối nước thủy văn như là công cụ để nghiên cứu các quá trình xáo trộn trong đại dương, hay có thể tiến hành phân vùng địa lý đại dương và mô tả một cách tổng hợp các điều

kiện tự nhiên của từng vùng riêng biệt. Điều này hoàn toàn phù hợp trong việc phân tích sự biến động của khối nước và cấu trúc thẳng đứng nhiệt-muối trong khu vực nước trời ven bờ Việt Nam theo qui mô thời gian dài phản ánh sự ảnh hưởng của ENSO. Bài báo đưa ra các kết quả chi tiết hóa của các khối nước từ những nghiên cứu trước và làm rõ các đặc điểm biến động của cấu trúc thủy văn ở khu vực nghiên cứu chịu ảnh hưởng của hiện tượng ENSO.



Hình 1. Phạm vi nghiên cứu (đường nét đứt) và các chuỗi số liệu sử dụng

Trên cơ sở các nguồn số liệu lịch sử được thu thập từ các đề tài, dự án chúng tôi xác định phạm vi nghiên cứu (hình 1) theo không gian:

108–112 kinh độ Đông; 10–14 vĩ độ Bắc trong thời gian từ 2003 đến 2017.

Biển Đông là một vùng biển tương đối kín, có sự trao đổi với Tây Thái Bình Dương qua các eo Đài Loan, Luzon và Karimata. Do vậy các khối nước được hình thành chủ yếu từ các khối nước chảy vào từ Tây Thái Bình Dương. Để nghiên cứu các tính chất vật lý này đòi hỏi cần phân tích một khối lượng số liệu rất lớn, được đo đạc trong nhiều năm. Các khối nước của Biển Đông đã được nghiên cứu ở mức độ nhất định và có những đánh giá bước đầu về tính chất và nguồn gốc của các khối nước, một số kết quả cho thấy khối nước có độ muối cao dưới tầng mặt, khối nước trung gian độ muối thấp và khối nước cực tiêu hàm lượng oxy và các khối nước này đều có nguồn gốc từ Thái Bình Dương qua eo Luzon [1]. Một nghiên cứu khác dựa trên cơ sở phân bố độ muối và độ trong suốt đã phân chia vực nước Biển Đông thành 4 loại: Nam Việt Nam, vịnh Thái Lan, Bắc Kalimantan và Tây đảo Luzon [2]. Rojana-anawat đã tập hợp được 56 trạm đo nhiệt-muối dọc ven bờ phía đông Việt Nam từ vịnh Bắc Bộ xuống tới vịnh Thái Lan trong thời gian tháng Tư đến tháng Năm năm 1999 (thời điểm chuyển giao giữa gió mùa Đông Bắc và gió mùa Tây Nam [3]). Tác giả đã tìm ra được sáu khối nước trong khu vực phía nam Việt Nam bao gồm: Khối nước thêm lục địa (gồm có khối nước bắc lục địa và nam lục địa Việt Nam), khối nước ngoài khơi, khối nước cực đại độ muối, khối nước nhảy vọt nhiệt độ theo mùa, khối nước ổn định nhảy vọt nhiệt và khối nước tầng sâu. Tuy nhiên trong vùng nước trời Việt Nam chỉ tìm thấy 3 khối nước liên quan đó là: Khối nước ổn định nhảy vọt nhiệt độ, khối nước cực đại độ muối và khối nước ngoài khơi [4]. Bên cạnh đó, khối nước lục địa mà Rojana-anawat đã đề cập được Dippner phân chia làm hai khối nước đặc trưng: Khối nước ảnh hưởng bởi sông Mê Kông và vịnh Thái Lan; và khối nước biến đổi do ảnh hưởng của sông Mê Kông và vịnh Thái Lan. Dựa vào sơ đồ nhiệt-muối trong trường hợp ảnh hưởng nhiều của sự xáo trộn giữa hai khối nước “cực đại độ muối” và “khối nước ngoài khơi”, Dippner đã tiếp tục phân tích lại các đặc trưng khối nước ở vùng biển Nam Việt Nam và đã đưa ra định nghĩa

thêm một số khối nước mới bao gồm: Khối nước tầng sâu (DW); khối nước ổn định nhảy vọt nhiệt độ (PTW); khối nước cực đại độ muối (MSW); khối nước ngoài khơi (OSW); khối nước ảnh hưởng bởi sông Mê Kông và vịnh Thái Lan (MKGTW); khối nước 1 (hỗn hợp giữa MSW và PTW); khối nước 2 (hỗn hợp của MSW và OSW); khối nước 3 (hỗn hợp của OSW và MKGTW); khối nước 4 (hỗn hợp của OSW, MKGTW và MSW) [5]. Tác giả còn nhận định rằng các khối nước ảnh hưởng nhiều bởi các biến đổi theo mùa và khối nước ổn định nhảy vọt nhiệt độ và khối nước cực đại độ muối có nguồn gốc từ Bắc Thái Bình Dương.

Trong chương trình điều tra, nghiên cứu biển và thềm lục địa Việt Nam 48.06 (1981-1985) và nhiệm vụ nghiên cứu cơ bản 4.7.12 (1998–2000) trên cơ sở tập hợp số liệu lớn về nhiệt độ và độ muối, nhóm tác giả đã có đánh giá và nhận định về xu thế và sự hình thành của các khối nước chính toàn Biển Đông, bao gồm cả các khối nước khu vực ven bờ Nam Trung Bộ. Trong chương trình điều tra tổng hợp ven bờ từ Thuận Hải đến Minh Hải (1978–1980), khối nước tầng mặt vùng Biển Đông Nam Việt Nam được xác định bằng phương pháp phân tích đường cong nhiệt-muối [6] hình thành từ 4 loại nước: Loại nước từ phía bắc xuống; loại nước từ phía nam và vịnh Thái Lan lên; loại nước tầng sâu; và loại nước nhạt vùng cửa sông Mê Kông. Trong chương trình hợp tác điều tra nghiên cứu Biển Đông (1980–1990), Bogdanop đã đưa thêm một khái niệm về 3 loại cấu trúc nước, cấu trúc nhiệt đới, cấu trúc nhiệt đới biến tính và cấu trúc nhiệt đới-xích đạo đặc trưng cho sự biến động theo thời gian và không gian của các khối nước bên ngoài Biển Đông xâm nhập vào dưới tác động của gió mùa [7]. Bằng phương pháp nghịch đảo biến thiên (Variational Inverse Method), Đinh Văn Ưu và Brankart (1997) đã phân tích cơ sở dữ liệu về nhiệt độ và độ muối (của US NDOC và VNU từ năm 1907–1995) theo mùa và chu kỳ mỗi hai tháng trên Biển Đông [8]. Tác giả đã tìm ra 6 khối nước trong Biển Đông bao gồm: Khối nước ngoài khơi; khối nước thêm lục địa; khối nước cực đại độ muối; khối nước tầng sâu; khối nước

phía bắc biển sâu; và khối nước Thái Bình Dương. Trong nghiên cứu sự hình thành và phân bố của các khối nước tầng mặt Biển Đông dựa trên nguồn cơ sở dữ liệu nhiệt độ nước biển tầng mặt trung bình ngày tại Biển Đông (NCOM) và số liệu trong chuyến khảo sát hợp tác Việt - Nga 2009–2011 để tính toán và phân tích các đặc trưng khối nước tầng mặt [9] cho thấy tại Biển Đông đã tồn tại 3 khối nước tầng mặt bao gồm: (1)- Khối nước nóng tầng mặt (B); (2)- Khối nước lạnh tầng mặt (A1) và (3)- Khối nước ấm A2. Kết quả nghiên cứu cho thấy giữa các khối nước này có sự tương tác do chế độ hoàn lưu gió mùa hoạt động ở Biển Đông và các thông số về nhiệt-muối của chúng cũng biến đổi theo mùa đông/hè rõ rệt. Cấu trúc của lớp đột biến nhiệt độ tồn tại dạng cấu trúc đa đột biến [10]. Các tác giả đã giải thích hiện tượng này trên cơ sở hai nguồn nước lạnh đã hình thành ở bắc Biển Đông: Nguồn nước lạnh ngoài khơi; và nguồn nước lạnh thêm lục địa phía bắc. Sự xâm nhập của các nguồn nước này một cách đẳng mật độ vào lớp đột biến nhiệt độ ở các tầng khác nhau và di chuyển về phía nam, hợp vào dòng chảy mạnh trong dải hẹp dọc bờ biển miền Trung Việt Nam. Qua đó các tác giả đã giải thích nguyên nhân dòng nước ngầm có nhiệt độ khoảng từ 20–21°C chảy từ bắc vào nam mà [11] đã phát hiện từ nhiều năm trước. Vấn đề này được Nguyễn Kim Vinh [12] nghiên cứu thêm trong chương trình biển 48B (1986–1990) bằng những dẫn liệu về phân bố thủy văn. Tác giả đã chứng minh sự tồn tại của dòng nước độ muối cao dưới tầng mặt ở Tây Biển Đông chiếm lớp nước từ 70 m đến 300 m có trục song song với đường đẳng sâu 100 m, 200 m. Càng xuống phía nam dòng nước này càng có xu hướng chìm dần xuống. Về mùa đông dòng nước này còn chịu thêm ảnh hưởng của nước lạnh tầng mặt qua eo Đài Loan. Võ Văn Lành và nnk., dựa trên bộ dữ liệu của Trung tâm Dữ liệu Hải dương học Quốc gia Hoa Kỳ, đã tiến hành phân tích cấu trúc thẳng đứng nhiệt-muối, đường cong nhiệt-muối và sự phân bố của dòng chảy đã phân tích khối nước ở khu vực Biển Đông, bao gồm cả vùng biển Nam Việt Nam gồm 5 loại: Khối nước tầng

mặt; độ muối cao cận bề mặt; độ muối thấp tầng trung; lớp nước lạnh tầng sâu; và nước tầng đáy [13, 14]. Ngoài ra, tồn tại khối nước tầng mặt vào mùa hè tại vùng tâm nước trôi mạnh có nhiệt độ hạ thấp xuống 21,76°C, trong khi đó nhiệt độ vùng biển Nam Biển Đông là 28,5–29°C. Dị thường nhiệt độ nước mặt nhiều năm là -4°C và độ muối là +1,2 PSU [15].

Các nghiên cứu về cấu trúc thủy văn ở khu vực biển Nam Trung Bộ khá đa dạng và chi tiết. Tuy nhiên, hầu hết các công trình nghiên cứu về khối nước chỉ dừng lại ở nghiên cứu đặc trưng mùa mà chưa giải quyết cho các giai đoạn bất thường của khí hậu. Có thể, khó khăn chính do những hạn chế nguồn số liệu thực đo, thiếu các chuỗi số liệu nhiều năm để thực hiện các đồng hóa dữ liệu cho mô phỏng hiện tượng cũng như các đánh giá tính thích ứng của mô hình nghiên cứu. Trong công trình này, chúng tôi sẽ phân tích chi tiết hơn về các khối nước và tìm thêm các khối nước khác để bổ sung vào kết quả trên nhằm có cái nhìn rõ ràng và chi tiết hơn về đặc điểm phân bố và cấu trúc các khối nước theo phân tầng độ sâu cũng như sự biến động của chúng dưới ảnh hưởng của hiện tượng ENSO như thế nào ở vùng biển Nam Trung Bộ Việt Nam.

Dựa vào kết quả phân tích sự biến động của các chỉ số Niño Hải dương ONI (http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml) từ những năm 2003 trở lại đây ENSO xuất hiện và hoạt động trong các pha sau: El Niño vừa (2002–2003), La Niña mạnh (2007–2008), El Niño mạnh (2009–2010), La Niña mạnh (2010–2011), và El Niño rất mạnh (2015–2016). ENSO có ảnh hưởng mạnh đến các quá trình thủy động lực học khu vực Biển Đông và tác động lên các cấu trúc thủy văn động lực học khu vực nước trôi ven bờ Việt Nam. Đã có nhiều công trình nghiên cứu tại Việt Nam về hiện tượng này, tuy nhiên các công trình nghiên cứu đã nêu ở trên chỉ dừng lại trên qui mô thời gian nội mùa, hay nghiên cứu đặc trưng mùa gió chứ chưa giải quyết cho các giai đoạn bất thường của khí hậu mà các vấn đề ảnh hưởng của ENSO đến cấu trúc thủy văn vẫn chưa được nghiên cứu chi tiết.

TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nguồn số liệu vệ tinh và lưu trữ. Để có được nguồn số liệu dài và tin cậy, chúng tôi tiên hành thu thập số liệu, phân tích và chuẩn hóa số liệu về nhiệt độ, độ muối trong suốt khoảng thời gian từ 2003 đến 2017 từ nhiều nguồn khác nhau như:

Số liệu vệ tinh: Chúng tôi sử dụng dữ liệu về nhiệt độ - độ muối nước biển tầng mặt cho vùng nghiên cứu với số liệu hồi cổ lịch sử từ cơ sở dữ liệu HYCOM + NCODA Global Reanalysis, độ phân giải $0,08^\circ$.

Bộ số liệu tổng hợp về cấu trúc thẳng đứng nhiệt-muối SCSPD14 [16] trung bình tháng nhiều năm từ năm 1919 đến 2014 trên toàn Biển Đông, độ phân giải $0,25^\circ$.

Số liệu đo đạc thực địa lịch sử: từ nhiều chuyến khảo sát tại vùng biển Nam Trung Bộ từ năm 2003 đến 2017. Tất cả số liệu từ các chuyến khảo sát được đo từ thiết bị SBE19+ và đã được nội suy theo các lớp (mỗi 1 m) từ tầng mặt xuống đáy. Do vậy tính đồng bộ, thống nhất của số liệu được đảm bảo, có độ tin cậy cao.

Bảng 1. Tổng hợp các số liệu đo đạc về nhiệt-muối trong khu vực nghiên cứu

Các chuyến khảo sát	Nguồn số liệu (đề tài - dự án)	Thời gian	Tổng số trạm đo nhiệt-muối	Thiết bị đo
VG3	Việt - Đức	08/07–28/07/2003	38	SBE19+
VG4	Việt - Đức	21/04–01/05/2004	38	SBE19+
VG7	Việt - Đức	08/07–26/07/2004	34	SBE19+
VG8	Việt - Đức	03/03–13/03/2005	22	SBE19+
SONNE	Việt - Đức	12/04–21/04/2006	68	SBE19+
V.Ru11	Việt - Nga	28/04–06/05/2011	60	SBE19+
V.US-13	Việt - Mỹ	10/09–29/10/2013	28	SBE19+
V.US-15	Việt - Mỹ	21/05–31/05/2015	51	SBE19+
ĐTCS-16	Cơ sở VHDH	16/07–20/07/2016	17	SBE19+
ĐTCS-17	Cơ sở VHDH	11–13/7&9–10/8/2017	15	SBE19+
SCSPD14	Cơ sở dữ liệu Trung Quốc	Trung bình tháng từ 1919–2014	17	

Phương pháp nghiên cứu. Phân tích đường cong nhiệt-muối và sơ đồ nhiệt-muối (T-S diagram) theo Mamayev (1975) [17]:

Sử dụng phần mềm Matlab R2012a với số liệu đầu vào bao gồm các cột dữ liệu về nhiệt độ, độ muối, độ sâu tương ứng với mỗi trạm đo. Áp dụng phương trình trạng thái của chất lỏng nén được cho nước biển, để tính toán mật độ [18] từ các số liệu nhiệt độ và độ muối. Vẽ sơ đồ nhiệt muối bằng phần mềm Matlab R2012a với các thông số hiển thị bao gồm: Nhiệt, muối và mật độ.

Phương pháp chuẩn hóa dữ liệu: Áp dụng dạng chuẩn thứ 1 (1 NF) trong chuẩn hóa dữ liệu “Không có phân tử/nhóm phân tử lặp”.

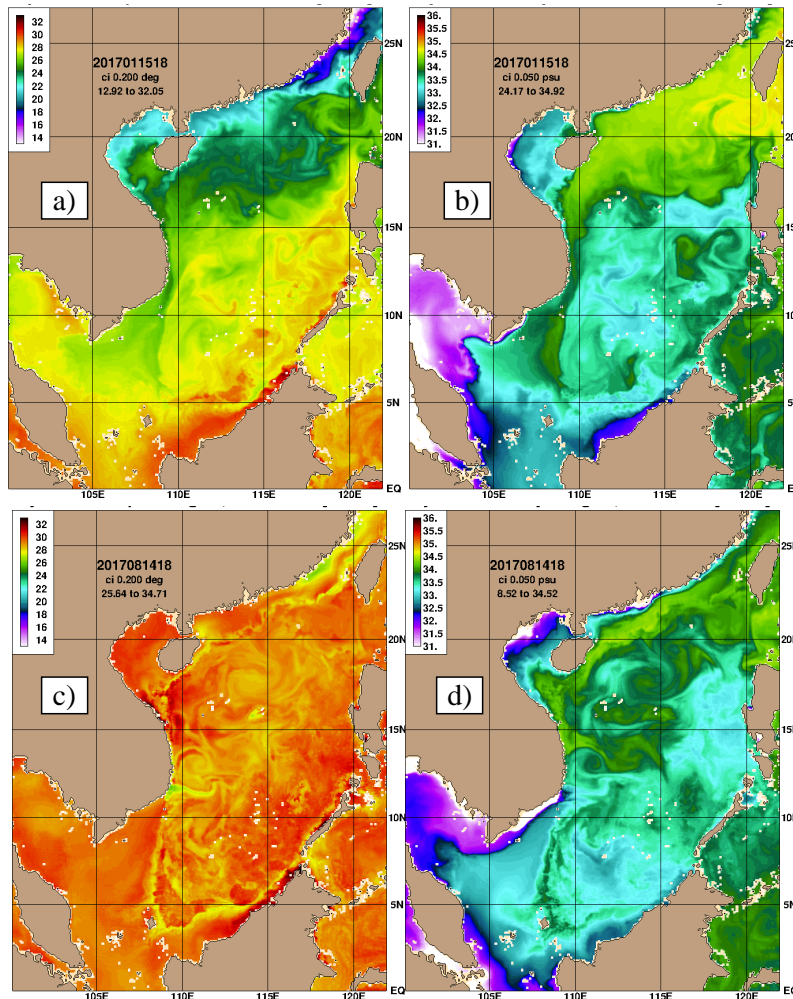
KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Sự biến động của khối nước và cấu trúc thẳng đứng nhiệt-muối tại vùng biển Nam Trung Bộ

Phân bố không gian và nguồn gốc khối nước tầng mặt trên Biển Đông. Sự hình thành và phân bố của khối nước tầng mặt phụ thuộc lớn vào hoàn lưu nước ở Biển Đông theo gió mùa. Vào thời kỳ gió mùa Đông Bắc, lớp nước mặt Biển Đông xuất hiện các khối nước từ biển Đông Trung Quốc đi qua eo Đài Loan bởi dòng chảy biên hướng nam; khối nước biển Tây Thái Bình Dương đi qua eo Luzon bởi dòng biển ấm Kuroshio và khối nước khu vực xích đạo - Thái Bình Dương đi vào Biển Đông qua eo Karimata bởi hoàn lưu tây nam đã tồn tại ở trung tâm Biển Đông từ trước (hình 2a, 2b). Khối nước có nguồn gốc từ Tây Thái Bình Dương bị dòng chảy biên hướng nam mang xuống tận vùng vĩ độ 5° Bắc, sau đó quay ngược lên trung tâm Biển Đông tạo ra khối nước xáo trộn giữa hai hoàn lưu trên (hình 2b). Thời kỳ gió mùa Tây Nam, các khối nước tầng mặt bắc Biển Đông bị đẩy lên phía bắc bởi khối nước ấm có nguồn gốc từ xích đạo - Thái Bình Dương. Khu vực

giữa biển đông chủ yếu tồn tại khối nước từ xích đạo - biển Java và khối nước từ biển Tây Thái Bình Dương được dòng chảy ấm Kuroshio đưa vào qua eo Luzon (hình 2c, 2d). Ngoài ra

còn xuất hiện khối nước có nguồn gốc từ sông Cửu Long và vịnh Thái Lan (hình 2d) có độ muối thấp hơn 32 PSU.



Hình 2. Phân bố nhiệt độ (a) và độ muối (b) vào tháng 1/2017; và nhiệt độ (c) và độ muối (d) vào tháng 8/2017 khu vực Biển Đông [Nguồn: HYCOM-dataset]

Như đã đề cập ở trên, các khối nước này phụ thuộc vào hai mùa gió chính là mùa gió mùa Đông Bắc và Tây Nam. Chúng biến đổi cả về nhiệt độ, độ muối và độ sâu. Hầu hết thời kỳ gió mùa Đông Bắc phát triển mạnh, các khối nước phân bố ở khu vực bắc Biển Đông có tầm hoạt động sâu hơn như khối nước lạnh tầng mặt Đông Trung Hoa (ECSSW) và khối nước ảnh hưởng bởi dòng chảy ấm Kuroshio ở khu vực Tây Thái Bình Dương. Các khối nước có nguồn gốc phía nam Biển Đông thì ngược lại,

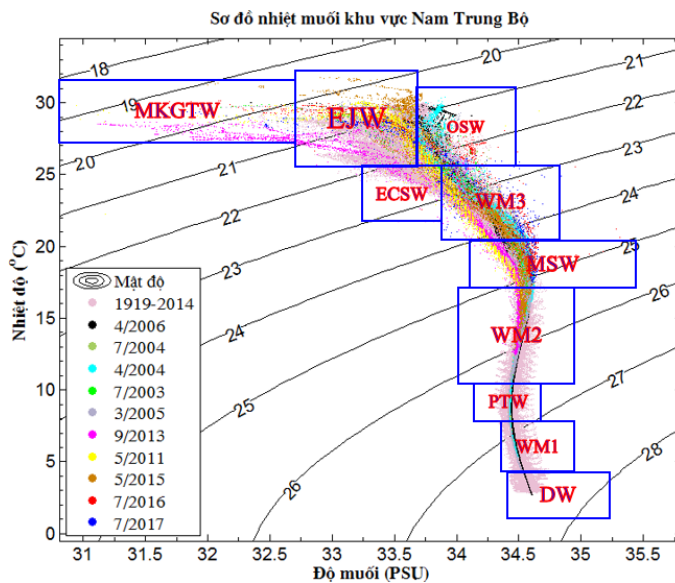
tầm hoạt động theo phân bố độ sâu ở mùa gió Tây Nam sâu hơn so với mùa gió Đông Bắc như khối nước ảnh hưởng bởi sông Mê Kông và vịnh Thái Lan; khối nước có nguồn gốc từ xích đạo - biển Java Thái Bình Dương. Hai khối nước này phân bố ở lớp độ sâu từ khoảng 30–45 m. Điều này hoàn toàn phù hợp với các nghiên cứu trước đây của Fengqui và nnk., (2002) [19]; Nguyễn Bá Xuân (2013) [9] về đặc trưng khối nước tầng mặt.

Sơ đồ nhiệt muối và cấu trúc tầng đứng nhiệt-muối. Dựa vào sơ đồ nhiệt-muối, chúng tôi đã phân tích đặc điểm của từng khối nước riêng biệt trong các chuyến đo đặc khảo sát khu vực Nam Trung bộ. Hình 3 thể hiện đặc trưng cơ bản của các khối nước, qua đó chúng tôi đã xác định các đặc trưng của 10 khối nước (bảng 2) xuất hiện trong khu vực nghiên cứu. Trong đó bao gồm 7 khối nước chính như:

Tầng sâu (DW), nhảy vọt nhiệt ổn định (PTW), cực đại độ muối (MSW), ngoài khơi - Tây Thái Bình Dương (TBD) (OSW), ảnh hưởng bởi Sông Mê Kông và vịnh Thái Lan (MKGWTW), xích đạo - biển Java (EJW), lạnh Đông Trung Hoa (ECSW); và 3 khối xáo trộn như: Xáo trộn của khối DW và PTW (WM1), xáo trộn của PTW và MSW (WM2), và xáo trộn của khối MSW và OSW (WM3).

Bảng 2. Đặc trưng khối nước khu vực Nam Trung Bộ, Việt Nam

STT	Khối nước	Nhiệt độ (°C)	Độ muối (PSU)	Độ sâu (m)
1	Khối nước tầng sâu (DW)	< 4,0	> 34,4	> 1.200
2	Khối nước nhảy vọt nhiệt ổn định (PTW)	7,0–10,0	34,2–35,0	400–700
3	Xáo trộn của khối DW và PTW (WM1)	4,0–7,0	34,3–35,8	700–1.200
4	Khối nước cực đại độ muối (MSW)	16,5–20	> 34,1	50–250
5	Xáo trộn của PTW và MSW (WM2)	10,0–16,5	34,1–35,0	100–450
6	Khối nước ngoài khơi - Tây Thái Bình Dương (OSW)	25,0–30,5	33,7–34,5	0–90
7	Xáo trộn của khối MSW và OSW (WM3)	19,0–28,0	33,9–34,8	0–180
8	Sông Mê Kông và vịnh Thái Lan (MKGWTW)	27,0–31,5	< 32,9	0–60
9	Xích đạo - biển Java (EJW)	25,5–31,0	32,5–33,7	0–80
10	Lạnh Đông Trung Hoa (ECSW)	21,0–25,0	33,2–33,9	0–80



Hình 3. Sơ đồ nhiệt-muối và phân bố đặc trưng của các khối nước

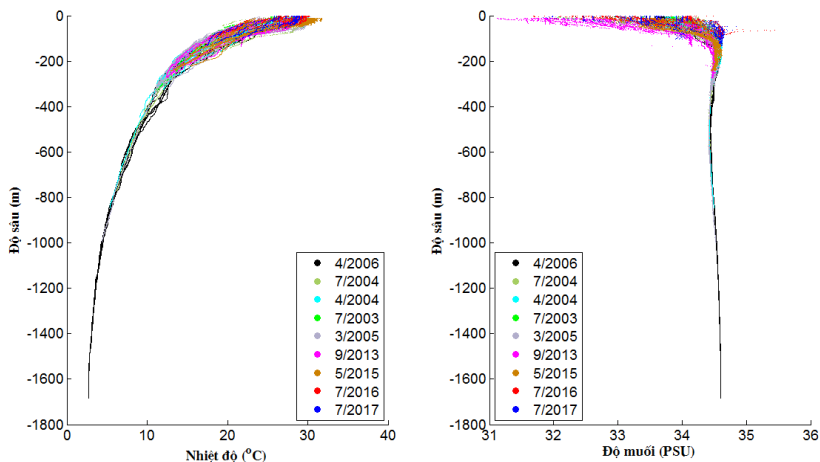
Khối nước tầng sâu (DW) tồn tại ở vùng độ sâu lớn hơn 1.200 m dưới mực nước biển. Độ muối khoảng 34,4 PSU và khá ổn định do ở lớp nước sâu có chế độ động lực yếu. Nhiệt độ của khối nước này nhỏ hơn 4°C. Mật độ khối nước tầng sâu cao nhất trong tất cả các khối nước, trên 1.027,4 kg/m³. Tại lớp nhảy vọt nhiệt độ

ổn định (PTW) có dải nhiệt độ khoảng 7–10°C, độ muối khoảng 34,2–35,0 PSU và tồn tại ở lớp độ sâu biển đôi từ 400–700 m. Giữa hai khối nước này là khối nước xáo trộn (WM1) có các đặc trưng của cả hai khối bao gồm nhiệt độ trong dải từ 4–7°C, độ muối từ 34,3–35,8 PSU và độ sâu tồn tại từ khoảng 700–1.200 m. Khối

nước cực đại độ muối (MSW) được tìm thấy ở khu vực vùng biển Nam Trung Bộ Việt Nam có độ muối không nhỏ hơn 34,1 PSU. Lớp nước này tồn tại khá gần bề mặt biển, từ khoảng 50–250 m và có nhiệt độ trong khoảng từ 16,5–20°C. Khối nước này tương tác với khối nước nhảy vọt nhiệt độ ổn định (PTW) ở phía sâu hơn, tạo ra khối nước xáo trộn WM2 nằm trong dải độ sâu từ 100–450 m, có nhiệt độ từ 10–16,5°C và độ muối dao động từ 34,1 – 35 PSU. Khối nước ngoài khơi - Tây Thái Bình Dương (OSW), như đã đề cập trong phần phân bố của các khối nước mặt, dưới tác động của hoàn lưu Kuroshio mang nước từ Tây Thái Bình Dương vào Biển Đông qua eo biển Luzon cả trong hai mùa gió Đông Bắc và Tây Nam. Khối nước này có đặc điểm hoạt động từ tầng mặt xuống độ sâu tối đa là 90 m, có độ muối tương đối cao từ 33,7–34,8 PSU và nhiệt độ trong khoảng 25–30,5°C. Khối OSW này cũng có tương tác với khối cực đại độ muối để tạo ra khối nước xáo trộn WM3 giữa MSW và OSW. Khối nước xáo trộn này được tìm thấy từ tầng mặt xuống độ sâu 180 m và dải nhiệt độ vào khoảng 19–28°C, độ muối trong khoảng 33,9–34,8 PSU. Do các khối nước phụ thuộc chính vào chế độ dòng chảy, nên vào mùa gió Tây Nam không thể không kể đến ảnh hưởng của khối nước từ sông Mê Kông và vịnh Thái Lan (MKGTV) đến vùng nghiên cứu, đặc biệt là khu vực phía nam từ Bình Thuận đến Vũng Tàu. Khối nước này có tầm hoạt động từ tầng mặt xuống tận 60 m sâu và độ muối không lớn hơn 32,9 PSU. Nhiệt

độ của khối nước này khá cao từ 27–31,5°C. Khối nước từ vùng xích đạo - biển Java (EJW) vào Biển Đông chủ yếu trong mùa gió Tây Nam từ eo biển Karimata có nhiệt độ khá cao từ 25,5–31°C và độ muối trong khoảng 32,5–33,7 PSU. Khối nước cuối cùng được chúng tôi tìm thấy có nguồn gốc từ biển Đông Trung Hoa (ECSW) xuất hiện chủ yếu vào thời kỳ gió mùa đông bắc với nhiệt độ khá thấp từ 21 – 25°C, độ muối biến động không nhiều từ khoảng 33,2–33,9 PSU và dải độ sâu xuất hiện từ tầng mặt xuống tầng 80 m. Tuy nhiên chúng tôi phân tích dữ liệu vào thời kỳ gió mùa Tây Nam, vẫn thấy sự tồn tại của khối nước này ở độ sâu khoảng 50–80 m. Điều này càng củng cố lập luận của một số nhà khoa học cho rằng tồn tại lưỡi nước lạnh vào mùa gió Tây Nam tại vùng biển nước trời Nam Trung Bộ.

Dựa vào đặc điểm phân bố thẳng đứng của nhiệt độ và độ muối (hình 4), chúng ta có thể nhận thấy lớp nhảy vọt nhiệt độ có sự biến động mạnh mẽ xảy ra trong vùng có độ sâu từ tầng mặt xuống độ sâu khoảng 400 m, nơi mà có nhiệt độ biến đổi rất lớn từ 31,5°C xuống khoảng 10°C. Dưới lớp độ sâu này, nhiệt độ ổn định trong khoảng 400–700 m, nơi mà giá trị nhiệt độ tại tất cả các điểm đo đều không thay đổi nhiều, ổn định trong khoảng 5–7°C. Tương tự với độ muối, sự biến đổi lớn nhất của độ muối từ 34,5 PSU xuống đến 31 PSU trong khoảng từ tầng mặt xuống độ sâu 400 m. Dưới 400 m, độ muối đạt giá trị ổn định với sự biến đổi không nhiều từ 34,5–34,6 PSU.



Hình 4. Phân bố thẳng đứng của nhiệt độ và độ muối từ số liệu đo đạc trong vùng biển Nam Trung Bộ Việt Nam

Trong tất cả các profile nhiệt độ (hình 4), nhiệt độ tại các trạm đạt giá trị cao nhất vào tháng 5/2015 (màu nâu), vào khoảng 30–31,5°C. Trong khi đó, profile độ muối cho thấy giá trị độ mặn cao nhất thuộc về chuyến khảo sát trong năm 2016 (màu đỏ), tại trạm số 1 (kinh độ 109,3540°E; vĩ độ 11,6707°N, hình 3) giá trị độ muối lên tới 35,4 PSU, cao nhất trong tất cả chuỗi số liệu từ 2003–2017.

Tác động của ENSO đến các cấu trúc thủy văn tại vùng biển Nam Trung Bộ giai đoạn từ năm 2003 đến 2017. Thông qua các chỉ số về đặc trưng khối nước trong khu vực Nam Trung Bộ từ số liệu đo đạc lịch sử đã trình bày tại bảng 2. Từ việc tách lớp các khối nước này thông qua sơ đồ nhiệt muối, chúng tôi đã thu được kết quả của sự biến động của các khối nước theo thời gian và phân tầng độ sâu. Chi tiết kết quả được tóm tắt trong bảng 3.

Từ các kết quả phân tích được thể hiện trong bảng 3, chúng tôi có những nhận định về tác động của ENSO lên cấu trúc thủy văn khu vực Nam Trung Bộ như sau:

Tác động của El Niño:

Tác động rõ ràng nhất lên các khối nước tầng mặt như khối nước sông Mê Kông và vịnh Thái Lan. El Niño làm ấm lên nhiệt độ của khối nước từ 0,4–0,7°C. Tuy nhiên độ muối giảm 0,3 PSU, đồng thời độ sâu của khối nước nông hơn khoảng 15 m so với thời kỳ trung tính. Bên cạnh đó, khối nước ngoài khơi, có nguồn gốc từ Tây Thái Bình Dương cũng bị ảnh hưởng của El Niño khi ấm hơn 0,6°C, đồng thời độ muối tăng 0,2 PSU. Biến đổi nhiệt độ nhiều nhất dưới tác động của El Niño là khối nước cực đại độ muối (MSW) khi tăng 1,2°C so với thời kỳ trung tính. Đồng thời độ muối cũng tăng từ 0,2–0,6 PSU và đẩy khối nước lên sát tầng mặt khoảng 80 m so với vị trí độ sâu ở thời kỳ trung tính (từ dải nước sâu 74–198 m lên sát tầng mặt ở dải 59–102 m). Ở các khối nước sâu hơn như khối nhảy vọt nhiệt độ ổn định (PTW) và khối xáo trộn giữa PTW và khối nước tầng sâu (DW), El Niño gần như không có tác động về nhiệt độ và độ muối nhưng đẩy các khối nước xuống tầng sâu hơn từ 30–50 m so với độ sâu ban đầu của khối nước ở thời kỳ trung tính.

Mặt khác, sự tác động của El Niño còn phụ thuộc và cường độ của chúng, được thể hiện rõ qua sự biến động của khối nước ngoài khơi (OSW), bảng 2. Thời điểm tháng 7/2003 (El Niño vừa) và tháng 7/2016 (El Niño rất mạnh) cho thấy sự biến động lớn về độ sâu của các khối nước. Gần như tất cả các khối nước phân bố từ tầng sâu lên mặt đều có xu hướng bị đẩy lên sát bề mặt hơn ở những năm El Niño mạnh (2016) từ vài mét lên tới hàng chục mét (cách biệt độ sâu lớn nhất là tại khối xáo trộn giữa cực đại độ muối (MSW) và khối nước tầng sâu (OSM) trong khoảng 50 m, từ dải 0–136 m tới 0–88 m).

Tác động của La Niña:

Dấu hiệu rõ ràng nhất dưới tác động của La Niña đó là nhiệt độ của các khối nước. Hầu như tất cả các khối nước đều giảm nhiệt độ thời kỳ La Niña mạnh từ 0,1°C (ở khối nước xáo trộn WM2) đến 3,0°C (ở khối nước xáo trộn WM3). Các khối nước tầng mặt như khối sông Mê Kông và vịnh Thái Lan giảm 0,4°C, khối Lạnh Đông Trung Hoa giảm 2,5°C, khối nước có nguồn gốc từ khu vực xích đạo - biển Java cũng giảm 0,5°C. Kết quả cũng tìm thấy có ảnh hưởng của La Niña ở tầng khá sâu 700–1.100 m (khối xáo trộn WM1) làm giảm nhiệt độ 1,4°C. La Niña có tác động làm giảm độ muối ở các khối nước như MKGTW (giảm 0,2°C), khối xáo trộn WM3 (giảm 0,2°C), khối cực đại độ muối MSW (giảm 0,1–0,2°C). Tuy nhiên, La Niña cũng làm tăng nhiệt độ tại một số khối nước như ECSW, OSW, WM2 tăng 0,1; 0,2; 0,1°C tương ứng. Tương tự như tác động của El Niño, La Niña cũng đẩy hai khối nước tầng sâu PTW và WM1 xuống sâu hơn từ 30–50 m và nâng các khối còn lại lên gần bề mặt biển hơn như khối MSW và WM3 được đẩy lên từ 40–50 m. Các khối nước còn lại có sự biến động nhỏ theo phân tầng độ sâu khi chỉ bị tác động khoảng vài mét lên mặt biển.

Như vậy, những biến động về cấu trúc của khối nước chủ yếu xảy ra ở các khối nước tầng mặt xuống đến khối nước cực đại độ muối. Tức là biến động của cấu trúc thủy văn trong vùng Nam Trung Bộ xảy ra từ tầng mặt xuống độ sâu tối đa khoảng 250 m.

Bảng 3. Tác động của ENSO lên cấu trúc thủy văn khu vực Nam Trung Bộ

STT	Khối nước	El Niño			La Niña		
		Nhiệt độ (°C)	Độ muối (PSU)	Độ sâu (m)	Nhiệt độ (°C)	Độ muối (PSU)	Độ sâu (m)
1	Khối nước tầng sâu (DW)	#	#	#	#	#	#
2	Xáo trộn của khối DW và PTW (WM1)	-1,0	0	+(30:50)	-1,4	+0,1	+(30:50)
3	Khối nước nhảy vọt nhiệt ổn định (PTW)	0	0	+(30:50)	0	0	+(30:50)
4	Xáo trộn của PTW và MSW (WM2)	+0,4	0	-75	-0,1	+0,1	#
5	Khối nước cực đại độ muối (MSW)	+1,2	+(0,2:0,6)	-80	+1,0	-(0,1:0,2)	-(40:50)
6	Xáo trộn của khối MSW và OSW (WM3)	0	+0,2	-70	-3,0	-0,2	-(30:50)
7	Khối nước ngoài khơi - Tây TBD (OSW)	+0,6	+0,2	-30	-2,0	+0,2	-3
8	Xích đạo - biển Java (EJW)	-0,4	0	-14	-0,5	0	-6
9	Lạnh Đông Trung Hoa (ECSW)	-(0,4:0,6)	-0,1	-30	-2,5	+0,1	+20
10	Sông Mekong và vịnh Thái Lan (MKGW)	+(0,4:0,7)	-0,3	-15	-0,4	-0,2	-2

Ghi chú: +: Tăng; -: Giảm; tăng (+) độ sâu nghĩa là sâu hơn; giảm (-) độ sâu nghĩa là nông hơn.

KẾT LUẬN

Nguồn gốc các khối nước mặt có ảnh hưởng trực tiếp đến vùng biển Nam Trung Bộ bao gồm các khối nước: Từ biển Đông Trung Hoa đi qua eo biển Đài Loan, từ biển Tây Thái Bình Dương qua eo Luzon, từ biển Java qua eo Karimata và từ sông Mê Kông - vịnh Thái Lan. Tổng cộng khu vực nghiên cứu có sự tồn tại của 10 khối nước bao gồm 7 khối nước chính và 3 khối nước xáo trộn.

Giai đoạn khi xuất hiện El Niño đến trưởng thành, khối nước tăng dần nhiệt độ và độ muối, đồng thời độ sâu của các khối nước nông hơn, tức làm giảm độ xáo trộn của lớp nước. Khi El Niño suy yếu và La Niña phát triển, các khối nước có hiện tượng giảm nhiệt độ và độ muối, đồng thời cấu trúc khối nước theo phương thẳng đứng bị đẩy xuống sâu hơn so với thời kỳ El Niño.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin được chân thành cảm ơn chủ nhiệm dự án hợp tác Việt - Đức (PGS. TS. Bùi Hồng Long, GS. TS. Thomas Pohlmann, TS. Lê Đình Mậu), chủ nhiệm dự án Việt - Nga (TS. Nguyễn Bá Xuân, PGS. TS. Bùi Hồng Long), chủ nhiệm dự án Việt - Mỹ (PGS. TS. Bùi Hồng Long), đề tài cơ sở phòng Vật lý 2016 và 2017, đã cho phép sử dụng số

liệu và tài liệu. Đề tài cấp quốc gia “Hỗ trợ hoạt động nghiên cứu khoa học cho nghiên cứu viên cao cấp năm 2018” mã số NVCC17.03/18-18 đã hỗ trợ để hoàn thành bài báo này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Wyrski, K., 1961. Physical oceanography of the Southeast Asian waters. *Naga Rep*, **2**, 1-195.
- [2] Uda, M., 1974. Water masses and currents in the South China Sea and their seasonal changes. In *Kuroshio III, Proc. 3rd CSK Symp., Bangkok, Thailand (1972)*, 161-188.
- [3] Rojana-anawat, P., Pradit, S., Sukramongkol, N., and Siriraksophon, S., 2001. Temperature, salinity, dissolved oxygen and water masses of Vietnamese waters. In *Proceedings of the SEAFDEC seminar on fisheries resources in the South China Sea, area* (Vol. 4, pp. 346-355).
- [4] Dippner, J. W., Nguyen, K. V., Hein, H., Ohde, T., and Loick, N., 2007. Monsoon-induced upwelling off the Vietnamese coast. *Ocean Dynamics*, **57**(1), 46-62. <https://doi.org/10.1007/s10236-006-0091-0>

- [5] Dippner, J. W., and Loick-Wilde, N., 2011. A redefinition of water masses in the Vietnamese upwelling area. *Journal of Marine Systems*, **84**(1–2), 42–47. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2010.08.004>
- [6] Nguyễn Bá Xuân, 1992. Phân vùng các loại nước tầng mặt trong biển Đông Nam Việt Nam theo các đặc trưng nhiệt muối. *Tuyển tập Nghiên cứu biển*, **4**, 57–65.
- [7] Tô L. Đ., 2009. Chế độ nhiệt muối Biển Đông. Chuyên khảo Biển Đông. Tập I: Khái quát về Biển Đông. Phần III: Đặc điểm khí tượng Thủy văn Biển Đông. *Nxb. Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, 171–183.
- [8] Uu, D. V., and Brankart, J. M., 1997. Seasonal variation of temperature and salinity fields and water masses in the Bien Dong (South China) Sea. *Mathematical and Computer Modelling*, **26**(12), 97–113. [https://doi.org/10.1016/S0895-7177\(97\)00243-4](https://doi.org/10.1016/S0895-7177(97)00243-4)
- [9] Nguyễn Bá Xuân, 2013. Nghiên cứu sự hình thành và phân bố của các khối nước tầng mặt Biển Đông. *Kỷ yếu Hội nghị Quốc tế “Biển Đông 2012”*, 183–190.
- [10] Hoàng Xuân Nhuận, 1977. Tổng kết một số nghiên cứu thủy văn có liên quan đến dòng chảy dưới tầng mặt phía tây Biển Đông. *Báo cáo Hội nghị Khoa học biển lần I*.
- [11] Kremft, A., 1947. Rapport sur le fonctionnement du service oceanographique des Pêches de L’Indochine pendant l’année 1925–1947. Notes, No. 1–12. *Saigon note*, 1–12.
- [12] Nguyễn Kim Vinh, 1990. Cấu trúc và động lực lớp hoạt động bề mặt Biển Đông. *Tạp chí các Khoa học về Trái đất*, **12**(4), 124–128.
- [13] Võ Văn Lành và Tổng Phước Hoàng Sơn, 1999. Sự hình thành và xu thế chuyển động của các khối nước trung gian cực trị độ mặn trong Biển Đông. *Tạp chí các Khoa học về Trái đất*, **21**(3), 228–237.
- [14] Võ Văn Lành và Tổng Phước Hoàng Sơn, 2009. Cấu trúc nước và các khối nước Biển Đông. Chuyên khảo Biển Đông. Tập II: Khí tượng Thủy văn và Động lực biển. Phần II: Thủy văn biển. (Tái bản lần 2). *Nxb. Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, 161–184.
- [15] Lã Văn Bài và Võ Văn Lành, 1997. Đặc điểm phân bố và cấu trúc nhiệt muối vùng nước trời mạnh. *Tuyển tập Nghiên cứu vùng nước trời mạnh Nam Trung Bộ. Nxb. Khoa học Kỹ thuật*, 39–48.
- [16] Zeng, L., Wang, D., Chen, J., Wang, W., and Chen, R., 2016. SCSPD14, a South China Sea physical oceanographic dataset derived from in situ measurements during 1919–2014. *Scientific data*, **3**, 160029. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.29>
- [17] Mamayev, O. I., 1975. Temperature salinity analysis of world ocean waters (No. 551.4 MAM). *Elsevier*.
- [18] Fofonoff, P., and Millard, R. C. JR., 1983. Algorithms for computation of fundamental properties of seawater. *Unesco Technical Papers in Marine Science*, **44**, 53.
- [19] Fengqi, L., Lei, L., Xiuqin, W., and Changle, L., 2002. Water masses in the South China Sea and water exchange between the Pacific and the South China Sea. *Journal of Ocean University of Qingdao*, **1**(1), 19–24. <https://doi.org/10.1007/s11802-002-0025-5>

SOME STUDY RESULTS ON THE CHARACTERISTICS
AND VARIABILITY OF WATER MASSES
IN THE SOUTH CENTRAL VIETNAM

**To Duy Thai, Bui Hong Long, Nguyen Van Tuan, Nguyen Chi Cong, Phan Thanh Bac,
Nguyen Trung Thanh Hoi, Nguyen Duc Thinh, Nguyen Thi Thuy Dung**

Institute of Oceanography, VAST, Vietnam

Abstract. Study on the characteristics and variability of water masses has great practical significance in determining the origin of water bodies for the most general view of the hydrodynamics in that area. This also helps in comprehensive research and water partition according to the set of natural conditions to serve the rational exploitation of marine resources and environmental protection. The study on the water masses in the South Central Vietnam has been carried out by many scientists and has quite detailed results in the characteristic of water mass in this area, but the results are mainly based on measured data of salinity-temperature up to 2006. Although the distribution of data is relatively good, but the systemization and synchronization are limited. In this paper, based on updating the newly observed data from many projects in recent years such as Vietnam-Russia (2011), Vietnam-USA (2013, 2015), and basic projects in the Institute of Oceanography (2016, 2017), the results have identified the origin of surface water masses in the study area from the East Vietnam Sea, the Western Pacific Ocean and the Java Sea. In addition, we have also seen changes in the number of water masses and the structure of the water mass changes in characteristics such as temperature, salinity, and depth of their existence during ENSO.

Keywords: T-S diagram, water mass, ENSO, South Central Vietnam.