

## TỔNG QUAN: HIỆN TƯỢNG NƯỚC TRỜI MẠNH TRONG VÙNG BIỂN ĐÔNG VIỆT NAM

Bùi Hồng Long\*, Tô Duy Thái, Trần Văn Chung, Phạm Sỹ Hoàn  
Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm KHCNVN  
\*buihonglongio@gmail.com

**Tóm tắt.** Hiện tượng nước trời đã được nghiên cứu rộng rãi trên toàn cầu bởi nó có ảnh hưởng đáng kể đến các chu trình sinh địa hóa, đa dạng sinh học và nguồn lợi hải sản,... Ở vùng biển Việt Nam, đặc biệt vùng ven bờ Nam Trung Bộ, hiện tượng nước trời thường xuất hiện từ tháng 6 đến tháng 8 hàng năm vào thời kỳ gió mùa Tây Nam hoạt động mạnh. Vùng nước trời này đã được ghi nhận trong nhiều công trình nghiên cứu trong và ngoài nước vì là vùng nước trời mang tính đặc thù và phức tạp về hải dương học. Trong những năm gần đây các công trình nghiên cứu về vùng nước trời ngoài khơi Việt Nam và lân cận được công bố khá nhiều và từ đó cũng nảy sinh các quan điểm mới từ các cách tiếp cận khác nhau. Để góp phần tìm hiểu thêm về vùng nước trời này, chúng tôi đã thu thập, hệ thống hóa, phân tích tài liệu, tổng quan và cập nhật các kết quả nghiên cứu mới nhất có liên quan đến hiện tượng nước trời mạnh trong vùng biển Việt Nam, cố gắng làm nổi bật lên các nguyên nhân, cơ chế của từng khu vực theo quy mô về không gian và thời gian khác nhau, bên cạnh đó cũng trao đổi thêm các vấn đề khoa học còn bỏ ngỏ cần được làm rõ hơn trong tương lai.

**Từ khóa:** Nước trời ven bờ, thủy động lực, tổng quan, biển Việt Nam.

### 1. Đặt vấn đề

Nước trời (dòng nước chuyển động từ đáy biển đi lên) là một quá trình hải dương đặc thù trong đại dương. Nếu chỉ xét theo vị trí của vùng nước trời trong đại dương, nước trời được chia thành các loại chính: nước trời ven bờ, nước trời xích đạo và nước trời Nam Đại Dương. Ngoài ra nước trời còn có thể hình thành từ các khu vực đại dương có các dãy núi ngầm, vị trí đứt gãy thêm lục địa, ven các đảo có các khối nhô từ đáy, các xoáy thuận cục bộ, nước trời nhân tạo,... Hiện tượng nước trời đóng vai trò rất quan trọng trong các quá trình thủy động lực học nói chung và hệ sinh thái biển nói riêng đã được nghiên cứu rộng rãi trên toàn cầu bởi chúng luôn đi kèm với nhiều hệ quả mà trước hết phải kể đến các hệ quả sinh thái môi trường, vật lý, thủy văn (như các chu trình sinh địa hóa và năng suất sơ cấp, đa dạng sinh học, phong phú về nguồn lợi hải sản, lượng nước giàu dinh dưỡng, mật độ cao và lạnh, lượng oxy hòa tan thấp, khí hậu địa phương, biến động hệ thống dòng chảy và tương tác các khối nước). Thông thường trong dải phân cách các khu vực nước trời và các vùng nước lân cận thường là các vùng cho sản lượng đánh bắt hải sản cao.

Nguyên nhân của các hiện tượng nước trời này bởi nhiều yếu tố có nguồn gốc khác nhau như: (1) Do gió ổn định thổi song song với bờ, dưới tác động của lực Coriolis (cho khu vực Bắc bán cầu và Nam bán cầu) hình thành vận chuyển Ekman mang lượng nước trên bề mặt từ bờ ra khơi và dòng nước đi từ dưới tầng sâu hoặc đáy dâng lên bảo toàn cân bằng nước. (2) Do hiệu ứng xoáy của trường gió trên bề mặt biển, dưới ảnh hưởng của hiệu ứng Bơm Ekman (Ekman Pumping) các hệ thống dòng trên thêm lục địa, trên các tầng sâu tạo thành các chuyển động nước hội tụ hay phân kỳ (xoáy thuận, xoáy nghịch).

Các xoáy này hình thành các chuyển động theo phương thẳng đứng của nước đi lên (nước trôi), đi xuống (nước chìm). (3) Do các hệ thống dòng chảy ven bờ thường kỳ ngược chiều gặp nhau hình thành một dòng xiết hướng xa bờ (tạo thành các xoáy kép) gây ra hiệu ứng phân kỳ dòng giữa 2 xoáy làm lớp nước trên bề mặt vùng ven bờ bị hạ xuống và dòng nước đi từ dưới đáy lên để thay thế. (4) Do dòng triều (Tidal Front) tạo ra sự xáo trộn theo phương thẳng đứng ở các khu vực ven bờ, hải đảo. Lượng nước lạnh và nặng hơn ở tầng sâu được đưa lên trên mặt. (5) Do hiệu ứng dòng (khối) nước ngọt từ sông ra tác động với hệ thống dòng chảy trên vùng rìa thềm lục địa. Các nguyên nhân trên để có thể tạo ra nước trôi còn phụ thuộc vào địa hình khu vực ven bờ, phương đường bờ, địa hình và độ dốc đáy biển của khu vực các các yếu tố khác. Bên cạnh đó, nguyên nhân của hiện tượng nước trôi còn chịu ảnh hưởng chi phối và tác động bởi các quá trình kích thước lớn từ cực trị đến quy mô dài (bão, khí hậu, gió mùa, ENSO, nước trôi Ấn Độ Dương (IOU), gió mùa xuyên xích đạo, hoàn lưu đại dương, hệ thống xoáy thuận bất thường trên xích đạo Tây Thái Bình Dương và phản ứng Gills).

Tuy nhiên, cơ chế và các yếu tố có thể tác động lên quá trình hình thành, phát triển và suy tàn của hiện tượng nước trôi hết sức phức tạp, sự đóng góp riêng của từng yếu tố vẫn cần được xác định thêm. Đó là các quá trình đa yếu tố, đa thời gian, không gian, khu vực này có đủ các tiêu chí để hình thành một hệ sinh thái đặc biệt và có các sinh vật điển hình hay không vẫn đang được tìm hiểu và làm sáng tỏ. Thực chất hiện nay việc nhận thức, hiểu được bản chất của hiện tượng nước trôi ngay cả trong vùng biển Việt Nam vẫn còn nhiều thách thức và còn những câu hỏi về khoa học và thực tiễn còn bỏ ngỏ.

Trong bài này trọng tâm là vùng nước trôi mạnh ven biển Nam Trung Bộ (Việt Nam), chúng tôi cũng sẽ chỉ đề cập đến một số vấn đề chủ yếu về mặt vật lý, thủy văn mà các kết quả nghiên cứu khoa học phần nào đã làm sáng tỏ và các hạn chế, thách thức mà những nhà nghiên cứu, dự báo và những người quan tâm đến hiện tượng nước đang đối mặt và gặp phải hiện nay và tương lai. Bài báo này đã thu thập, tập hợp, cập nhật các tài liệu, tư liệu,... từ các nguồn (trong và ngoài nước) nghiên cứu về hiện tượng nước trôi và các quá trình có liên quan trên vùng biển Việt Nam cũng như trên vùng Biển Đông.

## **2. Các kết quả nghiên cứu về hiện tượng nước trôi trên khu vực Biển Đông và Biển Việt Nam**

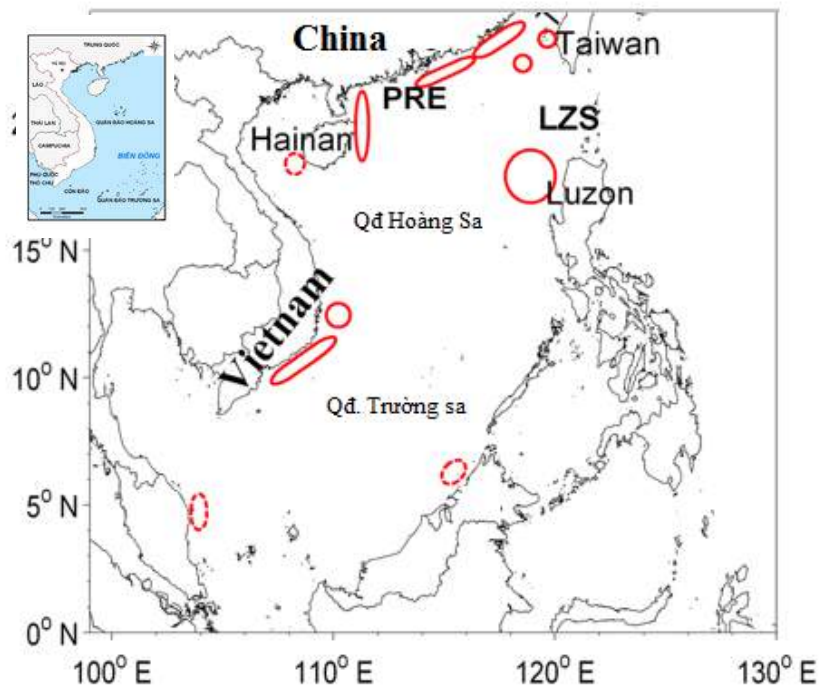
### **2.1. Nước trôi trên Biển Đông**

Cho đến nay về các khu vực nước trôi trên Biển Đông, Hu và Wang., (2016) đã thống kê có 12 vùng nước trôi chính (xuất hiện thường xuyên) và 4 vùng nước trôi yếu (xuất hiện không thường xuyên) ở Biển Đông (Hình 1). Một số đặc điểm chính của những khu vực nước trôi này như sau:

- Các khu vực nước trôi vào mùa hè ở phía Bắc Biển Đông hầu hết dọc theo bờ biển phía Đông của đảo Hải Nam và dọc theo bờ biển phía Đông Quảng Đông và miền Nam Phúc Kiến (Wu và Li, 2003; Xu và cs., 2013, 2014; Gu và cs., 2015).
- Vùng nước trôi ven biển ở phía Tây Biển Đông thường xuất hiện dọc theo bờ biển Việt Nam vào mùa hè, với cường độ mạnh nhất vào tháng 8 đi kèm với một dòng xiết lạnh

kéo dài về phía Đông từ bờ biển ra khơi. Các xoáy lạnh Việt Nam nằm ở phía Đông của bờ biển miền Trung Việt Nam. (He và cs., 2002; Gou và cs., 2006; Xie và cs., 2003, 2007; Dippner, 2007; Hein, 2008; Bùi Hồng Long và cs., 2009, Li và cs., 2014, Nguyễn Đắc Đa và cs., 2019, Ngô Mai Hân và Hsin 2021, Tô Duy Thái và cs., 2022).

- Xoáy lạnh Luzon là một xoáy lớn ngoài khơi đảo Luzon vào mùa đông (Liu và cs., 2006, 2013; Yuan và cs., 2004; Sun và liu, 2011).
- Bốn khu vực nước trời trong eo biển Đài Loan nằm dọc theo bờ biển phía Tây Nam và Tây Bắc của eo Đài Loan, xung quanh bờ Đài Loan và xung quanh quần đảo Bình Hồ (Hong và cs., 2008).
- Vùng nước trời ven biển tồn tại ở cửa sông Dương Tử và dọc theo bờ biển Chiết Giang trong biển Hoa Đông. Ngoài ra, một vùng hoặc một khu vực lạnh cũng xuất hiện ở khu vực thềm dốc bên ngoài của biển Hoa Đông, ở khu vực biển ngoài khơi phía Đông Bắc đảo Đài Loan (Hong và cs., 2008).
- Ngoài ra, đôi khi xuất hiện bốn vùng nước trời khác (không thường xuyên và không mạnh) trong vùng biển Trung Quốc (Hình 1) đã xuất hiện ở phía Bắc eo biển Bohai (Wei và cs., 2003), ngoài khơi bờ biển phía Tây Nam của đảo Hải Nam (Lu và cs., 2008), dọc theo bờ biển phía Đông của bán đảo Malaysia (Daryabor và cs., 2014) và gần bờ biển Sabah của Biển Đông về phía Đông Nam (Abdul-Hadi và cs., 2013), tương ứng.



**Hình 1.** Phân bố một số vùng nước trời ở Biển Đông và khu vực lân cận (Hu và Wang.,2016)

## 2.2. Các kết quả nghiên cứu hiện tượng nước trời trên vùng biển Việt Nam

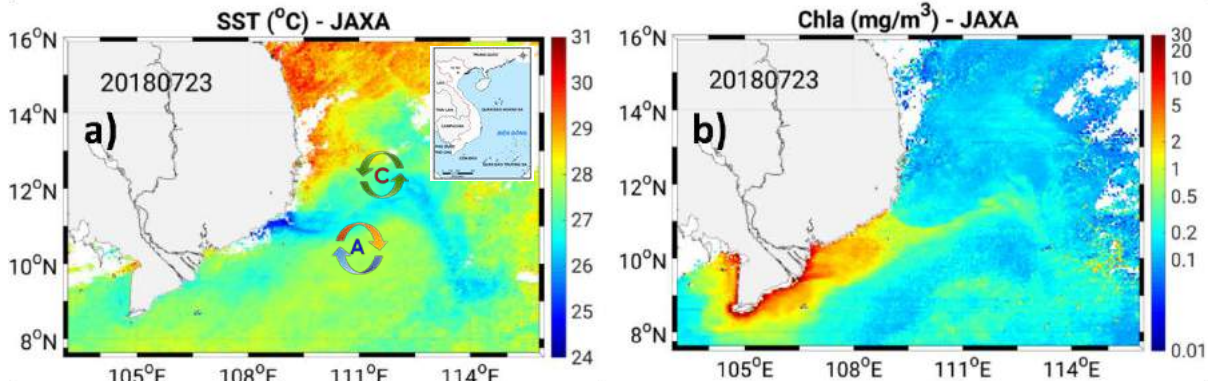
Cho đến nay hiện tượng nước trời trên vùng biển Việt Nam đã được đề cập tới trong nhiều báo cáo khoa học và một số bài báo về nguồn lợi hải sản. Một số khu vực, hiện tượng nước trời đã được các tác giả sử dụng các tài liệu khảo sát, kết quả phân tích ảnh viễn thám về nhiệt độ nước biển bề mặt, chlorophyll-a để xác định: Vùng ven đảo Bạch Long Vỹ, cửa vịnh Bắc Bộ, ven Côn Đảo, cửa vịnh Bình Cang (Nha Trang),... Tuy nhiên, sự tồn tại của các vùng nước trời này nếu có cũng chỉ là quy mô nhỏ (cục bộ) về không gian và thời gian tồn tại. Trong bài báo này chúng tôi chỉ đề cập đến vùng nước trời mạnh Nam Trung Bộ đã được không chỉ các nhà khoa học Việt Nam mà cả các nhà khoa học thế giới và khu vực đều quan tâm và có nhiều công trình nghiên cứu, xuất bản rất giá trị. Hiện tượng nước trời mạnh Nam Trung Bộ đặt ra nhiều câu hỏi về mặt khoa học còn để ngỏ.

Nước trời ven bờ Nam Việt Nam (SVU) xảy ra trong thời kỳ gió mùa Tây Nam hoạt động mạnh vào mùa hè từ tháng 6 đến tháng 8 hàng năm. Quá trình động lực này ảnh hưởng lớn đến hệ sinh thái bởi khối nước giàu chất dinh dưỡng được mang lên lớp bề mặt từ lớp nước sâu bởi vận chuyển và bơm Ekman. SVU được ghi nhận trong các công trình, tài liệu khoa học về khoa học và công nghệ biển đã được công bố (trong và ngoài nước) là vùng trời mạnh mang tính đặc thù về hải dương học và vùng trọng điểm cho đa dạng sinh học và nguồn lợi nghề cá. Tác động của SVU đối với hệ sinh thái có liên quan đến năng suất sinh học cao (Tang và cs, 2004; Loick và cs, 2007; Bombar và cs, 2010). Tuy nhiên, hàm lượng diệp lục cao (Hình 2b) cũng dẫn đến hiện tượng phú dưỡng do nở hoa haptophyte, từ đó gây hại cho các hệ sinh thái ven biển và nuôi trồng thủy sản (Đoàn Như Hải và cs., 2010; Dippner và cs., 2011).

Đã có nhiều nghiên cứu về SVU trong suốt thập kỷ qua. Hai khu vực của SVU đã được các nhà khoa học trong nước và quốc tế xác định, bên cạnh đó các nghiên cứu gần đây đã chỉ ra khu vực thứ ba, thậm chí là thứ tư có liên quan đến các nguyên nhân cơ chế khác nhau hình thành nước trời. Tuy nhiên, khu vực thứ tư mới chỉ là kết quả bước đầu, cần nghiên cứu chi tiết hơn. Cụ thể các khu vực nước trời được phân chia như sau:

- Khu vực thứ nhất là vùng nước trời mạnh ven bờ dọc theo bờ biển các tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận và Khánh Hòa có vĩ độ từ 10,5 - 12°N (BOX-SC, Hình 3): có liên quan đến gió dọc bờ thổi song song với bờ (Barthel và cs, 2009; Dippner và Loick-Wilde, 2011). Cơ chế hình thành vùng nước trời này gây ra bởi gió mùa Tây Nam tăng cường tạo ra hoàn lưu quy mô lớn. Khi gió thổi song song với bờ, lực cưỡng bức khí quyển sinh ra vận chuyển Ekman đưa khối nước bề mặt (có mật độ thấp) chảy ra xa bờ, dẫn đến một lượng nước tầng sâu (có mật độ cao) bị đưa lên thay thế cho lượng nước đi ra ngoài khơi (Xie và cs., 2003). Nguồn gốc của vùng nước lạnh này lại xuất hiện dưới bề mặt biển 200 m phía ngoài khơi Việt Nam (Võ Văn Lành và cs., 1997; Zhuang và cs., 2006). Nước mặt lạnh sau đó được phát triển bởi dòng chảy xiết hướng Đông ra ngoài khơi miền Trung Việt Nam (Li và cs., 2014). Nước trời do đó được khuếch đại cường độ ra xa bờ cho thấy vai trò của hoàn lưu đại dương tác động thông qua dòng chảy xiết hướng Đông giúp tăng cường sự đối lưu ngoài khơi của nước ven bờ (Dippner và cs., 2007, Bùi Hồng Long và cs., 2010; Bùi Hồng Long và Trần Văn Chung, 2010). Quan

trắc từ ảnh vệ tinh JAXA Himawari Monitor (độ phân giải  $1/50^\circ$  ( $\sim 2,2$  km), Hình 2a) cũng cho thấy dấu hiệu của vùng nước lạnh này mở rộng đến kinh độ  $114^\circ\text{E}$ .



**Hình 2.** a) Phân bố nhiệt độ nước biển tầng mặt (SST,  $^\circ\text{C}$ ) và b) Chlorophyll-a (thang log10, đơn vị:  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) vào ngày 23/07/2018 từ ảnh vệ tinh JAXA Himawari Monitor (<ftp://ftp.ptree.jaxa.jp/pub/himawari/L3/>)

- Khu vực thứ hai là nước trời phát triển ngoài khơi Nam Trung Bộ Việt Nam (kinh độ  $110 - 114^\circ\text{E}$ , BOX-OF, Hình 3) liên quan đến hoàn lưu nước mùa hè quy mô lớn trên Biển Đông, thường được đặc trưng bởi một hoàn lưu xoáy nghịch do ứng suất gió ngoài khơi của gió mùa Tây Nam gây ra (Wang và cs., 2004). Dòng chảy ven bờ phía Tây Biển Đông hình thành nên một cấu trúc lưỡng cực ngoài khơi (Hình 2a), với một dòng xoáy nghịch (Anticyclonic eddy) ở phía Nam và dòng xoáy thuận (Cyclonic eddy) ở phía Bắc (He và cs., 2002; Guo và cs., 2006). Hoàn lưu xoáy thuận ở phía Bắc ngoài khơi gây ra dòng phân kỳ, dòng nước trời lên sẽ thay thế cho dòng nước bị cuốn đi thông qua hiệu ứng Bơm Ekman (Anderson, 1993). Vai trò của hoàn lưu đại dương cũng được thể hiện trong khu vực này khi cấu trúc lưỡng cực làm khuếch đại nước trời ngoài khơi (Nguyễn Đắc Đa và cs. 2019, Ngô Mai Hân và Hsin, 2021) kéo dài tới kinh độ  $114^\circ\text{E}$  (Hình 2a). Cấu trúc lưỡng cực này tạo ra các dòng chảy ven bờ theo hướng Bắc/Nam (thành phần phía Tây của các dòng chảy lưỡng cực) và một dòng chảy xiết xa bờ về phía Đông khoảng vĩ độ  $12^\circ\text{N}$  ( Xu và cs. 1982, Fang và cs. 2002, Xie và cs. 2003, 2007, Chen và Wang 2014, Li và cs. 2014, 2017).
- Khu vực thứ ba là vùng nước trời phía Bắc dọc theo các tỉnh Bình Định - Phú Yên (vĩ độ  $11^\circ\text{N}$  đến  $15^\circ\text{N}$ , BOX-NC, Hình 3) có những đặc điểm và cơ chế riêng biệt (Ngô Mai Hân và Hsin, 2021; Tô Duy Thái và cs., 2022). Khác với 2 khu vực ở trên, vùng nước trời phía Bắc này không bị chi phối bởi ứng suất gió, các yếu tố khác đóng vai trò chủ đạo cụ thể là: sự biến động của hoàn lưu ven bờ quy mô nhỏ (ảnh hưởng bởi cường độ mạnh/yếu của gió mùa Tây Nam) và biến thiên nội tại đại dương (Ocean Intrinsic Variability - OIV) gây ra bởi sự nhiễu động ngẫu nhiên hỗn loạn của dòng chảy (Tô Duy Thái và cs., 2022). Trong những năm xuất hiện dòng chảy hướng Nam/Bắc chiếm ưu thế tương ứng với gió mùa Tây Nam mạnh/yếu làm triệt tiêu dòng phân kỳ, nước trời do đó không xuất hiện. Thay vào đó những năm có sự xuất hiện của cấu trúc lưỡng cực thứ cấp (phía trên của lưỡng cực ngoài khơi Nam Trung Bộ Việt Nam) tương ứng

với với cường độ gió mùa Tây Nam trung bình, một dòng chảy hướng Đông cục bộ được phát triển, mang lượng nước ra ngoài khơi dẫn đến một lượng nước đi từ dưới đáy lên thay thế, hình thành nước trời ở khu vực này (Tô Duy Thái và cs., 2022).

- Khu vực thứ tư (BOX-MK, Hình 3) là vùng nước trời mới nhất được công bố bởi Tô Duy Thái và cs., (2022). Bằng cách so sánh với số liệu đo đạc, kết hợp phân tích ảnh vệ tinh và mô hình số trị độ phân giải cao, khu vực ngoài khơi cửa sông Mêkông cho thấy dấu hiệu nước trời xuất hiện với nhiệt độ nước biển bề mặt thấp. Kết quả bước đầu cho thấy biến động hàng năm của vùng nước trời này khá tương đồng với vùng 1 và vùng 2, điều đó thể hiện vai trò quan trọng của gió và ứng suất gió xoáy cũng như hoàn lưu nước mùa gió Tây Nam.

Liên quan đến quy mô biến động hàng năm của SVU, các nghiên cứu trước đây thông qua các cuộc khảo sát thực địa quy mô lớn: các chương trình NAGA (Wyrski, 1961, Robinson, 1961), LaFond. 1961); trong đề tài chuyên đề về hiện tượng nước trời mạnh ven bờ Nam Trung Bộ mã số KT03.05 (Võ Văn Lành và cs., 1997); Nghị định thư Việt Nam - Đức (Dippner và cs., 2007, Bombar và cs., 2010, Loick-Wilde và cs., 2017), bên cạnh các nghiên cứu từ quan trắc ảnh từ vệ tinh (Xie và cs., 2003, Kuo và cs., 2004, Ngô Mai Hân và Hsin 2021) và nghiên cứu mô hình hóa (Hein 2008, Li và cs., 2014, Nguyễn Đắc Đa và cs., 2019; Tô Duy Thái và cs., 2022), đã chỉ ra rằng SVU biến đổi mạnh mẽ từ năm này sang năm khác. Sự biến đổi hàng năm này không những phụ thuộc vào cường độ của gió mùa Tây Nam và hiện tượng ENSO, mà còn chịu tác động của gió xuyên xích đạo (Wu và cs., 2019) và sự suy giảm của biến đổi khí hậu (Wang và cs., 2020). Họ chỉ ra rằng hiện tượng ENSO gây ra sự biến đổi của gió mùa Tây Nam và hoàn lưu nước mùa hè trong khu vực Biển Đông bao gồm cả SVU (Xie và cs., 2003, Kuo và cs., 2004, Wang và cs., 2006c, Dippner và cs., 2007, Bombar và cs., 2010, Hein và cs., 2013, Loick-Wilde và cs., 2017). Những năm sau El Niño có liên quan đến sự suy yếu của gió mùa Tây Nam cuối cùng gây ra sự suy yếu và thậm chí đôi khi biến mất của SVU và điều này ngược lại với La Niña. Những nghiên cứu gần đây cũng xác nhận gió mùa hè là cơ chế chính gây ra hiện tượng nước trời và sự biến động hàng năm của nước trời ven bờ (BOX-SC) có liên quan đến cường độ dòng chảy xiết hướng Đông, trong khi sự biến động của nước trời ngoài khơi (BOX-OF) được phát triển mạnh mẽ bởi sự sắp xếp về mặt không gian của xoáy ứng suất gió và hoàn lưu xoáy thuận (Nguyễn Đắc Đa và cs. 2019, Ngô Mai Hân và Hsin, 2021). Bên cạnh đó, bước đầu cho thấy sự đóng góp quan trọng của sự biến thiên nội tại đại dương trong sự biến đổi hàng năm của SVU ở khu vực ngoài khơi, chủ yếu liên quan đến vai trò của hoàn lưu xoáy cục bộ ở cấu trúc cấp độ nhỏ có tính chất hỗn loạn mạnh (Nguyễn Đắc Đa và cs. 2019; Tô Duy Thái và cs., 2022).

Liên quan đến quy mô biến động theo mùa của SVU, một xoáy nước lạnh hình thành ở khu vực ven bờ xung quanh vĩ độ 15 °N vào tháng 5, sau đó nó di chuyển xuống 11 °N, tăng dần cường độ với một số đỉnh nhỏ cùng pha với các đỉnh ứng suất gió dọc bờ, tiếp tục di chuyển ra ngoài khơi và đạt cực đại vào giữa tháng 8 (Kuo và cs., 2000). Lưỡi nước lạnh ven bờ ở dải vĩ độ 12 °N cũng được hình thành trong giai đoạn này, nó trải qua 2-3 chu kỳ phát triển và suy tàn trong suốt mùa hè. Sự biến động theo mùa này của nhiệt độ

nước biển tầng mặt (SST) được cho là do ảnh hưởng của biến động trong mùa của gió mùa hoặc do sự biến động bên trong của cấu trúc xoáy lưỡng cực (Xie và cs., 2007). Nước trời bắt đầu xuất hiện vào tháng 6, tăng dần cường độ vào tháng 7 và đạt đỉnh vào tháng 8 (Xie và cs., 2003; Li và cs., 2014).

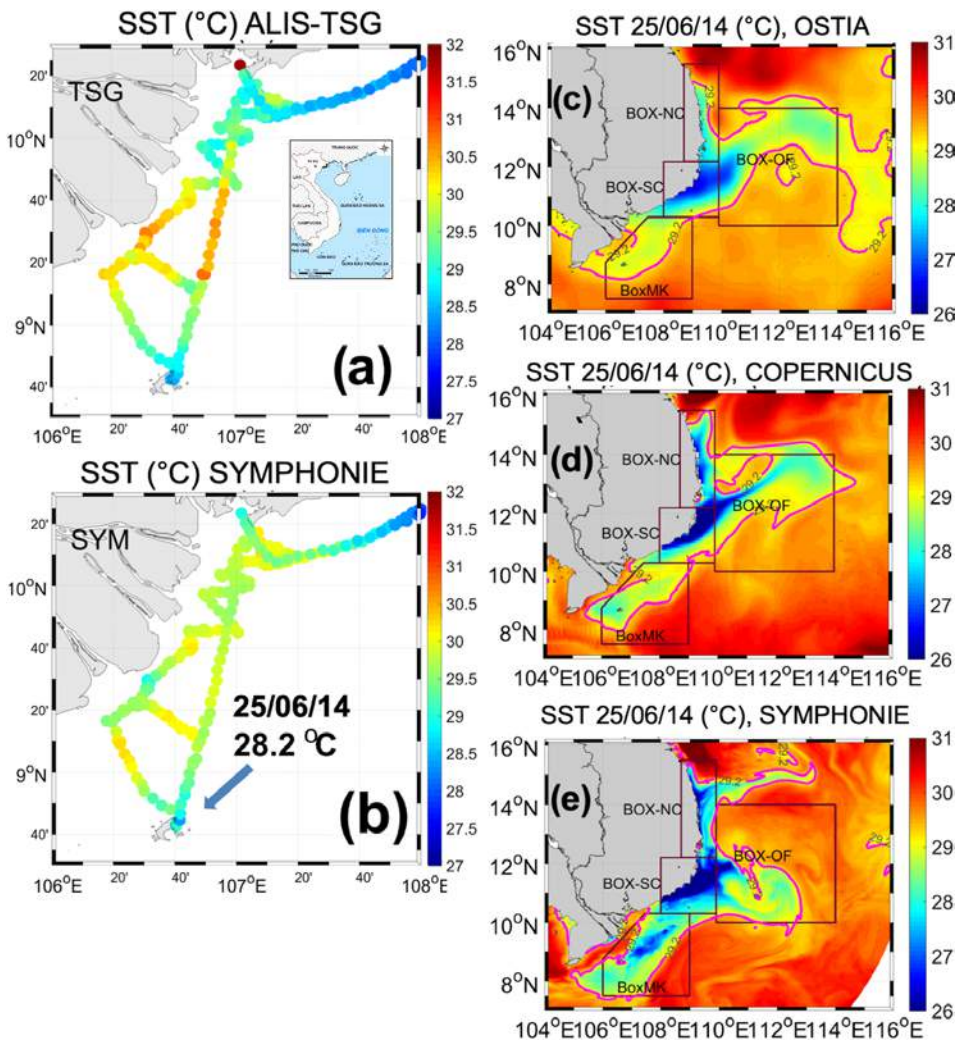
Liên quan đến những nghiên cứu quy mô dài hạn, Bolton và cs., 2016, Liu và các cs., 2013 đã sử dụng những tham số nhỏ để cố gắng mô tả hiện tượng này với những nhân tố chính như là số liệu tại các điểm đặc biệt của san hô kết hợp với chuỗi số liệu hàng trăm năm của SST, hay trong những nghiên cứu quy mô hàng nghìn năm của Sadatzki và cs., (2016) sử dụng dữ liệu từ lõi trầm tích ở khu vực Biển Đông. Kết quả cho thấy sự suy giảm cường độ nước trời ở ngoài khơi phía nam Việt Nam và độ mặn bề mặt biển đạt mức tối đa cho thấy sự giảm các trận mưa do gió mùa gây ra. Đặc biệt nước trời ngoài khơi Việt Nam lên đỉnh điểm trong giai đoạn kỷ băng hà I và II (Sadatzki và cs., 2016).

Liên quan đến tương tác biển-khí quyển, SVU cũng ảnh hưởng đến thời tiết và khí hậu địa phương. Xie và cs., (2007) đã chỉ ra rằng lượng mưa giảm và tốc độ gió bề mặt tăng (3 m/s) trong khu vực SVU so với khu vực bên ngoài SVU do bề mặt biển có nhiệt độ thấp. Họ thu được mối tương quan thuận giữa SST và lượng mưa sau một tuần với hệ số tương quan 0,55 (độ tin cậy trên 99 %). Kết quả của họ cho thấy, việc làm mát bề mặt không chỉ làm giảm lượng mưa mà còn góp phần ổn định bầu khí quyển trên cao, ngăn cản sự đối lưu không khí. Hơn nữa, việc bề mặt nước lạnh hơn và mặn hơn được vận chuyển ra vùng biển trung tâm của Biển Đông từ vùng nước trời SVU có thể ảnh hưởng đến sự vận chuyển nhiệt và muối của dòng chảy từ Tây Bắc Thái Bình Dương đi vào Biển Đông thông qua eo biển Luzon, qua đó có thể ảnh hưởng đến khí hậu toàn bộ khu vực Ấn Độ Dương - Thái Bình Dương. Trong nghiên cứu của mình Wu và cs., (2019) cho biết chỉ số nước trời Ấn Độ Dương và chỉ số nước trời ven bờ miền Trung Việt Nam trên Biển Đông vào tháng 8 có hệ số tương quan là 0,41 (độ tin cậy trên 99 %). Như vậy gió xuyên xích đạo có nguồn gốc từ Ấn Độ Dương và từ ngoài khơi Tây Bắc Úc gần hơn và nhanh hơn, có thể đóng vai trò là động lực trực tiếp tới nước trời mùa hè trên Biển Đông nói chung và SVU nói riêng.

**Bảng 1.** Tổng hợp cơ chế hình thành các vùng nước trời trong vùng biển Việt Nam

Vùng nước trời	Gió ven bờ	Xoáy ứng suất gió	Hoàn lưu nước mùa hè	Hoàn lưu nước ven bờ	OIV
BOX-NC	-	-	P	C	P
BOX-SC	C	-	P	-	-
BOX-OF	-	C	P	-	P
BOX-MK	-	P	P	P	?

\*)Ghi chú: C: Thành phần chủ đạo; P: Thành phần phụ; ?: Chưa xác định



**Hình 3.** SST (°C) từ số liệu thực đo (TSG, a) và kết quả từ mô hình (SYMPHONIE, b) theo quỹ đạo của tàu R/V ALIS ngoài khơi cửa sông Mê Kông vào tháng 6 năm 2014. Mũi tên hiển thị vị trí của SST cực tiểu (~ 28,2 °C cả thực đo và mô hình) được đo đạc gần Côn Đảo (~ 8,6 °E - 106,6 °E) vào ngày 25/06/2014. Sơ đồ SST (°C) vào ngày 25/06/2015 từ ảnh vệ tinh OSTIA (c), COPERNICUS (d) và SYMPHONIE (e). Đường viền màu hồng là đường đẳng nhiệt  $T_{ref} = 29,2$  °C (Tô Duy Thái và cs., 2022)

### 3. Những vấn đề khoa học còn bỏ ngỏ

Vấn đề nghiên cứu hiện tượng nước trời ở Biển Đông, bao gồm cả vùng nước trời ven bờ Việt Nam ngày càng trở nên quan trọng hơn trong những năm qua bởi sự tác động mạnh mẽ của biến đổi khí hậu, môi trường và cả những tác động của con người. Chúng ảnh hưởng đến những thay đổi trong chu trình cacbon, khí hậu khu vực và hệ thống khai thác thủy hải sản. Tuy nhiên, mặc dù nghiên cứu sâu rộng và sự hiểu biết ngày càng cao về tầm



quan trọng của hệ thống nước trời, nhưng vẫn tồn tại nhiều thách thức và các vấn đề khoa học còn bỏ ngỏ sau đây:

- Chuỗi số liệu đo đạc và quan trắc chưa đủ dài do hạn chế về kinh phí và trang thiết bị bên cạnh những lý do khác như sự khó khăn trong việc đo đạc các thông số vật lý, sinh địa hóa trong thời kỳ diễn ra nước trời bởi vì chúng biến đổi khá nhanh và không dễ dàng để xác định được đâu là tâm nước trời để tiến hành lấy mẫu. Cần thiết phải có thiết bị đo đạc tự động, đa yếu tố (không bị ảnh hưởng bởi các điều kiện thời tiết cực đoan) để thu thập được số liệu độ phân giải cao về không gian và thời gian ở khu vực Biển Đông vẫn là thách thức lớn đối với các nhà nghiên cứu.
- Các hệ thống xoáy quy mô vừa trong Biển Đông hoạt động rất phức tạp, tạo điều kiện thuận lợi cho việc hình thành các cấu trúc cấp độ nhỏ có kích thước từ 1-20 km (Wang và cs., 2003; Hu và Wang., 2016; Lin và cs., 2020). Trong khu vực SVU, các xoáy quy mô cận trung bình (submesoscale) phát triển về phía Đông Nam của Việt Nam liên quan đến dòng xiết mạnh về phía Đông vào mùa hè phần nào được đề cập trong nghiên cứu của Lin và cs., (2020). Tuy nhiên, việc xác định những đóng góp của chúng như thế nào lên sự biến động của nước trời trong nghiên cứu của cả mô hình số và quan trắc ảnh vệ tinh ở quy mô này do vậy còn rất hạn chế.
- Hiện tượng nước trời biến động theo thời gian và không gian dưới tác động và ảnh hưởng của các đặc trưng khí tượng kích thước lớn, trung bình và nhỏ của các nhà nghiên cứu trong và ngoài nước cho đến nay đã đạt được một số kết quả nhất định. Gần đây nhất là đề tài Độc lập nhà nước (ĐTĐL.CN-28/17) đã làm rõ hơn những biến động của nước trời ở quy mô liên mùa và có những kết quả làm cơ sở khoa học cho việc xây dựng được mô hình dự báo nước trời, tuy nhiên để có thể dự báo nhanh hiện tượng này không phải là điều đơn giản. Ngay cả khi cố gắng mô phỏng, tính toán hồi cố và phân tích chuỗi số liệu theo thời gian của nước trời hoàn toàn dựa trên những tham số đại diện khác nhau như sự đo đạc thực tế hay sử dụng mô hình hóa, phân tích ảnh vệ tinh (chlorophyll-a, nhiệt độ bề mặt biển, độ mặn,... trong các công trình của Sasai và cs., (2013), Jing và các cs., (2011), Liu và cs., (2011, 2013), Xie và cs., (2003), Hong và cs., (2008)) vẫn còn nhiều vấn đề cần được làm rõ.
- Phần lớn các nghiên cứu đã quan sát sự biến động của nước trời theo quy mô thời gian liên mùa, trong đó có cả kết hợp với hiện tượng El Niño và ENSO (Villanoy và cs., 2011, Zhao và Tang, 2007; Ngô Mai Hân & Hsin 2021), tuy nhiên các nghiên cứu lại ít quan tâm đến biến động theo chu kỳ ngắn (nội mùa, bão và các cực trị thời tiết). Liên quan đến sự biến đổi theo gió mùa và những biến động ngắn hạn quy mô nội mùa thường có mối quan hệ mật thiết đến các xoáy thuận nhiệt đới (Hu và cs., 2016). Vai trò của các xoáy thuận nhiệt đới trong việc làm mát bề mặt biển đã tăng lên 50 % khi chúng đi qua khu vực có nước trời ở Bắc Biển Đông (Xu và cs., 2019), tuy nhiên ảnh hưởng của các cơn bão đến hoạt động của nước trời ở khu vực SVU vẫn cần được nghiên cứu thêm.
- Các phân tích cụ thể về hệ thống tương tác khí - biển - đất liền, ảnh hưởng và tương tác của các hệ thống khí tượng từ các khu vực Tây Thái Bình Dương, Ấn Độ Dương lên

hiện tượng nước trời ở khu vực SVU vẫn chưa được nghiên cứu sâu. Nghiên cứu về nước trời do đó tồn tại khá nhiều thách thức khi mô hình khí hậu cũng không chứng minh được sự hiệu quả cao trong việc tạo ra các kết quả có tính ổn định của nước trời (Wang và cs., 2010).

- Bước đầu đánh giá vai trò của hoàn lưu xoáy cực bộ ở cấu trúc cấp độ nhỏ có tính chất hỗn loạn mạnh lên sự biến động liên mùa của SVU (Nguyễn Đắc Đa và cs., 2019; Tô Duy Thái và cs., 2022), tuy nhiên các vấn đề chưa định lượng được sự ảnh hưởng của biến thiên nội tại đại dương (OIV) lên biến động nội mùa của SVU. Đặc biệt cần làm rõ cơ chế của vùng nước trời ngoài khơi sông Mêkông.
- Trong khu SVU, tần suất xuất hiện và cường độ của nước trời thay đổi đáng kể tùy thuộc vào vị trí trung tâm của chúng. Cần làm rõ định lượng được ảnh hưởng của lực cưỡng bức khí quyển tuần suất cao (bao gồm cả ứng suất gió và xoáy ứng suất gió) và hoàn lưu ven bờ (bao gồm cả dòng chảy xiết hướng đông) vào mùa hè ngoài khơi bờ biển Nam Việt Nam với những thay đổi liên tục về tần suất xuất hiện và cường độ của SVU.

## Kết luận

Nhóm tác giả đã thu thập, hệ thống hóa, phân tích tài liệu, tổng quan và cập nhật các kết quả nghiên cứu mới nhất có liên quan đến hiện tượng nước trời ở Biển Đông, trọng tâm là khu vực SVU, cố gắng làm nổi bật lên các nguyên nhân, cơ chế của từng phân vùng nước trời theo quy mô về không gian và thời gian khác nhau. Kết quả cho thấy nước trời vào mùa hè trên vùng ven bờ và ngoài khơi phía Nam Việt Nam là một trong những đặc điểm hải văn quan trọng nhất ở Biển Đông. Các kết quả nghiên cứu cho thấy áp lực gió địa phương dọc theo bờ biển, gây ra vận chuyển Ekman mang nước trên tầng mặt ra ngoài khơi, có thể tạo ra điều kiện thuận lợi cho nước trời ven bờ phát triển là một trong những yếu tố chính trong việc kiểm soát sự thay đổi hàng năm của nước trời ven bờ. Sự tăng cường của hệ thống xoáy lưỡng cực và ứng suất gió ngoài khơi bờ biển phía Nam Việt Nam, đi kèm với việc mở rộng cấu trúc xoáy lưỡng cực về phía Đông Việt Nam, sự dịch chuyển về phía Nam của dòng xiết hướng đông và sự tăng cường của dòng xoáy thuận liên kết với dòng chảy dọc bờ hướng Nam là nguyên nhân dẫn đến sự khuếch đại cường độ nước trời trong phần phía Nam tâm nước trời, nhưng chúng lại làm giảm đi sự phát triển của dòng trời trong khu vực phía bắc của tâm này. Cấu trúc xoáy kép được phát triển mạnh là điều kiện thiết yếu cho sự hình thành của vùng lạnh ngoài khơi khu vực nghiên cứu. Các nghiên cứu đã chỉ ra 03 phân vùng chính của nước trời ở khu vực SVU với các nguyên nhân và cơ chế hình thành khác nhau và 01 phân vùng ở ngoài khơi cửa sông Mêkông cần được nghiên cứu thêm.

Các nghiên cứu đã góp phần sáng tỏ những hiểu biết về nguyên nhân, cơ chế hình thành, khả năng biến động của hiện tượng nước trời ở khu vực SVU, bên cạnh đó vẫn rất cần phải chi tiết hóa và định lượng hơn với các lý do sau: (1) Các chuỗi số liệu từ các kết quả phân tích ảnh viễn thám nhiều năm trên tầng mặt (mặc dù đã được đồng bộ hóa và phân tích lại). (2) Chưa có các số liệu khảo sát thực tế độ phân giải cao để đối chứng với kết quả

tính toán, mô hình hóa và phân tích thống kê nguồn dữ liệu vệ tinh. (3) Các chỉ số nước trời cho đến nay vẫn chủ yếu được sử dụng là nhiệt độ tầng mặt, các chỉ số khác còn hạn chế về độ tin cậy. (4) Nguồn gốc của nước trời từ đâu tới cần được làm rõ và vai trò của các biến thiên nội tại đại dương ảnh hưởng thế nào đến sự biến động của nước trời? (5) Tương tác giữa biển-lục địa, biển-khí quyển và các tai biến thiên nhiên đến nước trời? (6) Các hệ quả song song của nước trời với các quá trình vật lý, thủy văn, sinh thái, nguồn lợi cần được nghiên cứu thêm. Hơn nữa, mặc dù tầm quan trọng của quá trình nước chìm là rất lớn, hiện tượng này phần lớn đã bị bỏ qua.

**Lời cảm ơn:** Bài viết là kết quả nghiên cứu của Đề tài cấp quốc gia “Nghiên cứu một số quá trình tương tác biển - khí quyển - lục địa và biến động môi trường ở Biển Đông với bối cảnh biến đổi khí hậu trong khuôn khổ Chương trình IOC-WESTPAC”, mã số ĐTĐL.CN-28/17. Công trình này Chào mừng kỷ niệm 100 năm thành lập Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

#### **Tài liệu tham khảo**

- Anderson, D. M., & Prell, W. L. (1993). A 300 KYR record of upwelling off Oman during the late quaternary: Evidence of the Asian southwest monsoon. *Paleoceanography*, 8(2), 193-208. <https://doi.org/10.1029/93pa00256>.
- Barthel, K., Rosland, R., & Thai, N. C. (2009). Modelling the circulation on the continental shelf of the province Khanh Hoa in Vietnam. *Journal of Marine Systems*, 77(1-2), 89-113. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2008.11.010>.
- Bombar, D., Dippner, J. W., Doan, H. N., Ngoc, L. N., Liskow, I., Loick-Wilde, N., and Voss, M. (2010). Sources of new nitrogen in the Vietnamese upwelling region of the East Sea. *Journal of Geophysical Research*, 115(C6). <https://doi.org/10.1029/2008jc005154>.
- Bui Hong Long, Tran Van Chung, 2010. Some experimental calculation for 3D currents in the strong upwelling region of southern central Vietnam using finite element method. Proceedings of the International Conference Marine Biodiversity of East Asian Seas: Status, challenges, and sustainable development, Nha Trang, Vietnam, 165-177.
- Chen, C., and Wang, G. (2014). Interannual variability of the eastward current in the western East Sea associated with the summer Asian monsoon. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 119(9), 5745-5754. <https://doi.org/10.1002/2014jc010309>.
- Chen, T.-C., Tsay, J.-D., & Matsumoto, J. (2017). Interannual variation of the summer rainfall center in the East Sea. *Journal of Climate*, 30(19), 7909-7931. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-16-0889.1>.
- Da, N. D., Herrmann, M., Morrow, R., Niño, F., Huan, N. M., and Trinh, N. Q. (2019). Contributions of wind, ocean intrinsic variability, and ENSO to the interannual variability of the south Vietnam upwelling: A modeling study. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124(9), 6545-6574. <https://doi.org/10.1029/2018jc014647>.

- Dippner, J. W., Nguyen, K. V., Hein, H., Ohde, T., & 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>.
- Dippner, J. W., Lam, N. N., Hai, D. N., Subramaniam, A., 2011. A model for the prediction of harmful algae blooms in the Vietnamese upwelling area, harmful algae, 6(10): 606-611. doi:10.1016/j.hal.2011.04.012.
- Fang, W. (2002). Seasonal structures of upper layer circulation in the southern East Sea from in situ observations. *Journal of Geophysical Research*, 107(C11). <https://doi.org/10.1029/2002jc001343>.
- Gan, J., & Qu, T. (2008). Coastal jet separation and associated flow variability in the southwest East Sea. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 55(1), 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2007.09.008>.
- Grégorio, S., Penduff, T., Sérazin, G., Molines, J.-M., Barnier, B., & Hirschi, J. (2015). Intrinsic variability of the Atlantic meridional overturning circulation at interannual-to-multidecadal time scales. *Journal of Physical Oceanography*, 45(7), 1929-1946. <https://doi.org/10.1175/jpo-d-14-0163.1>.
- Gu, Y. Z., J. Y. Pan, and P. L. Li (2015), Remote sensing studies of an upwelling jet in Guangdong coastal water, *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.*, 8(1), 160-170.
- Guo, J., Fang, W., Fang, G., & Chen, H. (2006). Variability of surface circulation in the East Sea from satellite altimeter data. *Chinese Science Bulletin*, 51(S2), 1-8. <https://doi.org/10.1007/s11434-006-9001-6>.
- Hai, D.-N., Lam, N.-N., & Dippner, J. W. (2010). Development of *Phaeocystis globosa* blooms in the upwelling waters of the South Central coast of Vietnam. *Journal of Marine Systems*, 83(3-4), 253-261. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2010.04.015>.
- He, Z. G., D. X. Wang, and J. Y. Hu (2002), Features of eddy kinetic energy and variations of upper circulation in the East Sea, *Acta Oceanol. Sin.*, 21(2), 305-314.
- Hein, H. (2008). Vietnam Upwelling-Analysis of the upwelling and related processes in the coastal area off South Vietnam (Doctoral dissertation, Staats-und Universitätsbibliothek Hamburg Carl von Ossietzky).
- Hong H, Zhang C, Shang S, Huang B, Li Y, Li X and Zhang S (2008). Inter-annual variability of summer coastal upwelling in the Taiwan Strait. *Continental Shelf Research*, 29(2): 479-484.
- Hu, J., & Wang, X. H. (2016). Progress on upwelling studies in the China seas. *Reviews of Geophysics*, 54(3), 653-673. <https://doi.org/10.1002/2015rg000505>.
- Kuo, N.-J., Zheng, Q., and Ho, C.-R. (2004). Response of Vietnam coastal upwelling to the 1997-1998 ENSO event observed by multisensor data. *Remote Sensing of Environment*, 89(1), 106-115. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.10.009>.
- LaFond, E. C., 1963. Physical oceanography and its relation to the marine organic production in the East Sea. In: *Ecology of the Gulf of Thailand and the East Sea. A report on the results of the NAGA expedition, 1959-1961. Southeast Asia*

- research program, University of California, Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, pp. 5-33.
- Li, Y., Han, W., Zhang, L. (2017). Enhanced decadal warming of the Southeast Indian Ocean during the recent global surface warming slowdown. *Geophysical Research Letters*, 44(19), 9876-9884. <https://doi.org/10.1002/2017gl075050>.
- Li, Y., Han, W., Wilkin, J. L., Zhang, W. G., Arango, H., Zavala-Garay, J., Levin, J., and Castruccio, F. S. (2014). Interannual variability of the surface summertime eastward jet in the East Sea. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 119(10), 7205-7228. <https://doi.org/10.1002/2014jc010206>.
- Lin, H., Liu, Z., Hu, J., Menemenlis, D., & Huang, Y. (2020). Characterizing meso- to submesoscale features in the East Sea. *Progress in Oceanography*, 188, 102420. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2020.102420>.
- Liu, J. F., K. X. Mao, M. Yan, X. D. Zhang, and Y. J. Shi (2006), The general distribution characteristics of Luzon cold eddy [in Chinese with English abstract], *Mar. Forecasts*, 23(2), 39-44.
- Liu, Y., Z. Peng, C.-C. Shen, R. Zhou, S. Song, Z. Shi, T. Chen, G. Wei, and K. L. DeLong (2013), Recent 121-year variability of western boundary upwelling in the northern East Sea, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 3180-3183, doi:10.1002/grl.50381.
- Loick, N., Dippner, J., Doan, H. N., Liskow, I., & Voss, M. (2007). Pelagic nitrogen dynamics in the Vietnamese upwelling area according to stable nitrogen and carbon isotope data. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 54(4), 596-607. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2006.12.009>.
- Loick-Wilde, N., Bombar, D., Doan, H. N., Nguyen, L. N., Nguyen-Thi, A. M., Voss, M., and Dippner, J. W. (2017). Microplankton biomass and diversity in the Vietnamese upwelling area during SW monsoon under normal conditions and after an ENSO event. *Progress in Oceanography*, 153, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2017.04.007>.
- Lü, X., F. Qiao, G. Wang, C. Xia, and Y. Yuan (2008), Upwelling off the west coast of Hainan Island in summer: Its detection and mechanisms, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L02604, doi:10.1029/2007GL032440.
- Ngo, M., and Hsin, Y. (2021). Impacts of wind and current on the interannual variation of the summertime upwelling off southern Vietnam in the East Sea. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 126(6). <https://doi.org/10.1029/2020jc016892>.
- Penduff, T., Juza, M., Barnier, B., Zika, J., Dewar, W. K., Treguier, A.-M., Molines, J.-M., & Audiffren, N. (2011). Sea level expression of intrinsic and forced ocean variabilities at interannual time scales. *Journal of Climate*, 24(21), 5652-5670. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-11-00077.1>.
- Sadatzki, H., Sarnthein, M. & Andersen, N. (2016) Changes in monsoon-driven upwelling in the East Sea over glacial Terminations I and II: a multi-proxy record. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)* 105, 1273-1285. <https://doi.org/10.1007/s00531-015-1227-6>.

- Sérazin, G., Meyssignac, B., Penduff, T., Terray, L., Barnier, B., & Molines, J.-M. (2016). Quantifying uncertainties on regional sea level change induced by multidecadal intrinsic oceanic variability. *Geophysical Research Letters*, 43(15), 8151-8159. <https://doi.org/10.1002/2016gl069273>.
- Shaw, P.-T., & Chao, S.-Y. (1994). Surface circulation in the East Sea. Deep sea research part I: Oceanographic Research Papers, 41(11-12), 1663-1683. [https://doi.org/10.1016/0967-0637\(94\)90067-1](https://doi.org/10.1016/0967-0637(94)90067-1).
- Tang, D., Kawamura, H., Van Dien, T., & Lee, M. (2004). Offshore phytoplankton biomass increase and its oceanographic causes in the East Sea. Marine Ecology Progress Series, 268, 31-41. <https://doi.org/10.3354/meps268031>.
- To Duy, T., Herrmann, M., Estournel, C., Marsaleix, P., Duhaut, T., Bui Hong, L., and Trinh Bich, N. (2022). The role of wind, mesoscale dynamics, and coastal circulation in the interannual variability of the South Vietnam Upwelling, East Sea - answers from a high-resolution ocean model, 18, 1131-1161, <https://doi.org/10.5194/OS-18-1131-2022>.
- Waldman, R., Somot, S., Herrmann, M., Sevault, F., & Isachsen, P. E. (2018). On the chaotic variability of deep convection in the Mediterranean Sea. *Geophysical Research Letters*, 45(5), 2433-2443. <https://doi.org/10.1002/2017gl076319>.
- Wang, B., LinHo, Zhang, Y., and Lu, M.-M. (2004). Definition of East Sea monsoon onset and commencement of the East Asia summer monsoon\*. *Journal of Climate*, 17(4), 699-710. <https://doi.org/10.1175/2932.1>.
- Wang, G., Su, J., & Chu, P. C. (2003). Mesoscale eddies in the East Sea observed with altimeter data. *Geophysical Research Letters*, 30(21). <https://doi.org/10.1029/2003gl018532>.
- Wang, Y., G. Fang, Z. Wei, F. Qiao, and H. Chen (2006c), Interannual variation of the East Sea circulation and its relation to El Nino, as seen from a variable grid global ocean model, *J. Geophys. Res. Ocean.*,111(11), 1-15, doi:10.1029/2005JC003269.
- Wang, Y.-L., and Wu, C.-R. (2020). Nonstationary El Niño teleconnection on the post-summer upwelling off Vietnam. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70147-2>.
- Wu, C.-R., Wang, L.-C., Wang, Y.-L., Lin, Y.-F., Chiang, T.-L., & Hsin, Y.-C. (2019). Coherent response of vietnam and sumatra-java upwellings to cross-equatorial winds. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40246-w>.
- Wu, R. S., and L. Li (2003), Summarization of study on upwelling system in the East Sea [in Chinese with English abstract], *J. Oceanogr. Taiwan Strait*, 22(2), 269-276.
- Xie, S.-P., Chang, C.-H., Xie, Q., & Wang, D. (2007). Intraseasonal variability in the summer East Sea: Wind jet, cold filament, and recirculations. *Journal of Geophysical Research*, 112(C10). <https://doi.org/10.1029/2007jc004238>.
- Xie, S.-P., Xie, Q., Wang, D., and Liu, W. T. (2003). Summer upwelling in the East Sea and its role in regional climate variations. *Journal of Geophysical Research*, 108(C8). <https://doi.org/10.1029/2003jc001867>.

- Xu, J. D., S. Z. Cai, L. L. Xiong, Y. Qiu, and D. Y. Zhu (2013), Study on coastal upwelling in eastern Hainan island and western Guangdong in summer, 2006 [in Chinese with English abstract], *Acta Oceanol. Sin.*, 35(4), 11-18.
- Xu, J. D., S. Z. Cai, L. L. Xiong, Y. Qiu, X. W. Zhou, and D. Y. Zhu (2014), Observational study on summertime upwelling in coastal seas between eastern Guangdong and southern Fujian [in Chinese with English abstract], *J. Trop. Oceanogr.*, 33(2), 1-9.
- Zhuang, W., D. X. Wang, J. Y. Hu, and W. S. Ni (2006), Response of the cold water mass in the western East Sea to the wind stress curl associated with the summer monsoon, *Acta Oceanol. Sin.*, 25(4), 1-13.

### AN OVERVIEW ON COASTAL UPWELLING IN VIETNAMESE WATERS, EAST SEA, VIET NAM

Long Bui-Hong<sup>\*</sup>, Thai To-Duy, Chung Tran-Van  
Institute of Oceanography, VAST  
<sup>\*</sup>buihonglongion@gmail.com

**Abstract.** The coastal upwelling has been studied globally because the upwelling has a significant influence on biogeochemical cycles and primary productivities. In the Vietnam coast area, especially in the South Central zone, the upwelling appears from June to August every year during the period of strong southwest monsoon. The coastal upwelling area has been recognized in many scientific publications as the strong upwelling area with specific characteristics of oceanography. In recent years, researches on upwelling in east of Vietnam and surrounding areas have been published quite a lot, and since then new perspectives have also arisen from different approaches. For a review more about studying this upwelling area, we have collected, systematized, analyzed the literature and updated the latest research results related to the strong upwelling phenomenon in the Vietnam sea, trying to highlight the causes and mechanisms of each region according to different spatial and temporal scales, besides emphasizing the scientific issues that are still open to be clarified in the future.

**Keywords:** Coastal Upwelling; hydrodynamic; overview, East Sea, Viet Nam.