

Nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu lên trường dòng chảy lớp mặt Biển Đông

Đình Văn Ưu^{1,*}, Nguyễn Kim Cương¹, Hà Thanh Hương¹, Nguyễn Nguyệt Minh²

¹Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam

²Trường ĐH Khoa học & Công nghệ Hà Nội, 18 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 26 tháng 6 năm 2015

Chỉnh sửa ngày 28 tháng 7 năm 2015; Chấp nhận đăng ngày 6 tháng 8 năm 2015

Tóm tắt. Bài báo này trình bày những kết quả phân tích và mô hình hóa các đặc trưng chế độ của trường gió và dòng chảy trên Biển Đông. Ứng dụng mô hình hoàn lưu biển ROMS, các trường hải văn và động lực đã được mô phỏng căn cứ vào các kịch bản biến đổi khí hậu và từ đó đánh giá ảnh hưởng của biến đổi khí hậu tới sự thay đổi các trường hải văn, trước hết đối với dòng chảy lớp trên của biển.

Từ khóa: Biến đổi khí hậu; Biển Đông; kịch bản RCP; mô hình ROMS; dòng chảy.

1. Mở đầu

Biến đổi khí hậu (BĐKH) đã và đang trở nên một chủ đề nóng bỏng và cũng là thách thức đối với các nhà nghiên cứu khoa học Trái Đất ngày nay. Cho đến nay, Việt Nam luôn được nhắc đến như một trong các quốc gia chịu ảnh hưởng nghiêm trọng nhất của BĐKH.

Theo các kịch bản phát thải khí nhà kính, IPCC đã 04 lần công bố các kịch bản BĐKH, đó là SA90, IS92, SRES và gần đây nhất là RCP (Representative Concentration Pathways). Ảnh hưởng của BĐKH đối với các trường khí tượng được thể hiện tương đối rõ trong những năm gần đây như hiện tượng ấm lên toàn cầu, các hiện tượng thời tiết cực đoan trở nên khắc nghiệt hơn... Trên biển, theo quan trắc của các

nhà hải dương học, mực nước biển đang gia tăng trong những năm gần đây với tốc độ trung bình xấp xỉ 3 mm/năm. Mặc dù vậy, ảnh hưởng của BĐKH lên các trường hải văn động lực học biển như dòng chảy biển vẫn còn là một câu hỏi chưa có lời giải cụ thể cho từng vùng biển, trong đó có Biển Đông. Đây chính là nội dung được đặt ra trong nghiên cứu này. Trước tiên, chế độ trung bình khí hậu của các trường dòng chảy sẽ được mô tả thông qua các số liệu tái phân tích cũng như các số liệu mô phỏng bằng mô hình số cho giai đoạn 1980-1999 theo các đặc trưng khí hậu cơ sở thông qua chế độ của gió và các thông lượng qua mặt biển. Sau đó trường dòng chảy cơ sở sẽ được sử dụng để đánh giá các tác động của các trường khí tượng theo các kịch bản BĐKH: thấp (RCP 2,6), trung bình (RCP4.5) và cao (RCP8.5) cho 20 năm cuối thế kỷ, 2080-2099.

* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-913039993
Email: uudv@vnu.edu.vn

Mô hình hải dương khu vực ROMS (Regional Ocean Modeling System) đã được áp dụng để triển khai cho khu vực nghiên cứu toàn biển Đông với giới hạn từ 99 - 121 kinh độ Đông và 1 - 24 vĩ độ Bắc.

2. Mô hình ROMS và các kịch bản biến đổi khí hậu

2.1. Mô hình ROMS

ROMS là một mô hình mang tính cộng đồng được sử dụng với nhiều qui mô không gian và thời gian khác nhau, từ dải ven bờ tới các đại dương thế giới; mô phỏng cho vài ngày, vài tháng tới hàng chục năm [1], được xây dựng trên cơ sở các nghiên cứu số trị bậc cao cùng với kỹ thuật tiên tiến, cho phép triển khai một cách hiệu quả các tính toán có độ phân dải cao. Mô hình ROMS cho phép nhiều lựa chọn về sơ đồ đối lưu, gradient áp suất, khép kín rỏi, điều kiện biên và thậm chí cả sơ đồ đồng hoá dữ liệu. Mô hình ROMS sử dụng hệ tọa độ Sigma có ưu điểm là mô phỏng ảnh hưởng của địa hình tới dòng chảy trung thực hơn các mô hình sai phân thông thường.

a) Các trường ban đầu và điều kiện biên

Các trường nhiệt độ, độ muối ban đầu, mực nước, khí áp được thiết lập trên cơ sở tập hợp các số liệu từ atlas đại dương thế giới (WOA2009) và COADS. Trường vận tốc được tính toán từ trường nhiệt muối.

Các số liệu đầu vào được áp dụng trong mô hình bao gồm: trường 3D nhiệt độ ban đầu, trường 3D độ muối ban đầu, trường 2D mực nước, trường 3D vận tốc dòng chảy, trường 3D động năng rỏi. Các trường 2D khí áp, gió trên mặt biển và các thông lượng lấy theo phương án cơ sở. Các trường này được thiết lập trên cơ

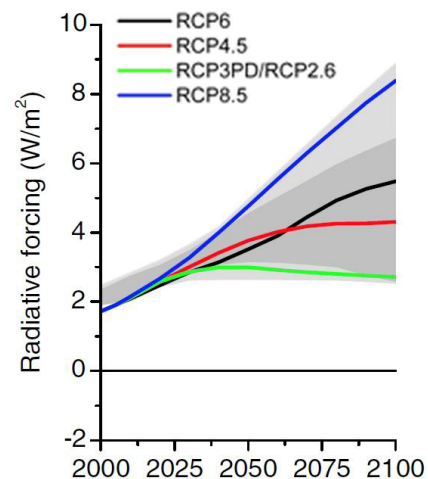
sở tập hợp các số liệu từ WOA2009 và COADS.

Tại biên mặt và đáy biển sử dụng điều kiện không trao đổi vật chất qua biên. Tại biên đất sử dụng điều kiện không thấm. Tại biên biển sử dụng gradient theo hướng pháp tuyến bằng 0.

b) Phương án triển khai

Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của biến đổi khí hậu chủ yếu dưới tác động của trường gió theo các kịch bản RCP. Mô hình ROMS được triển khai chạy cho vùng Biển Đông trong 12 tháng bắt đầu từ tháng 1 và kết thúc tháng 12 trong trường hợp trường gió và các trường ban đầu được lấy theo phương án cơ sở trung bình trong giai đoạn 1980-1999. Sau đó các trường tương tự sẽ được mô phỏng trung bình từng tháng cho 20 năm cuối thế kỷ 21 theo các kịch bản BĐKH.

2.2. Các kịch bản BĐKH



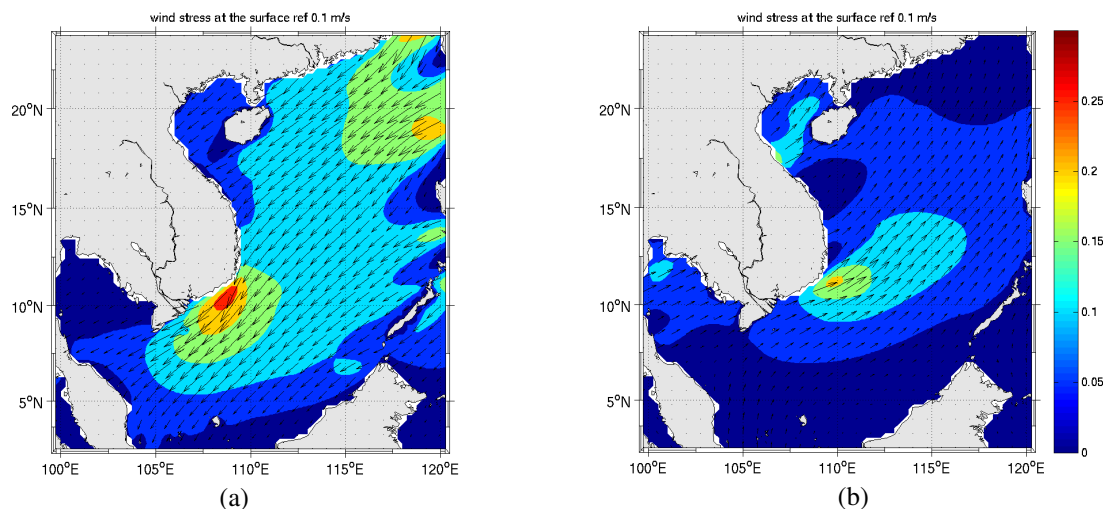
Hình 1. Các kịch bản Biến đổi khí hậu RCP [2].

Dựa vào các kịch bản RCP (Hình 1), chúng tôi đã dẫn ra các trường khí tượng tương ứng phục vụ triển mô hình ROMS cho 3 kịch bản RCP6, RCP4.5 và RCP8.5.

3. Đặc trưng khí hậu của các trường khí tượng hải văn khu vực Biển Đông

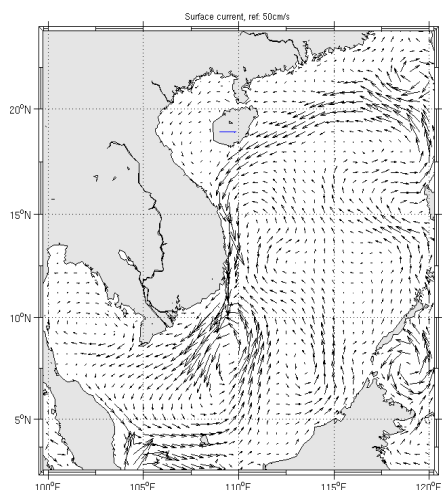
3.1. Trường gió trên mặt biển

Như đã trình bày trên đây, các trường 2D của ứng suất gió cơ sở trên mặt biển được lấy từ



Hình 2. Trường gió cơ sở tháng 1 (a) và tháng 7 (b) trung bình giai đoạn 1980 – 1999.

3.2. Dòng chảy trên mặt biển



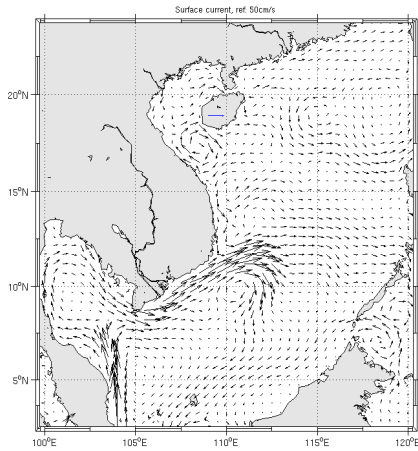
Hình 3. Trường dòng chảy trung bình nhiều năm tháng 1.

Dòng chảy lớp nước trên mặt biển được hình thành và biến đổi phụ thuộc chính vào hai nguyên nhân (quá trình) là gió và nhiệt – muối (mật độ), trong đó dòng chảy gió chỉ tập trung

kết quả phân tích cho 12 tháng theo COADS. Trên hình 2 dẫn ra ví dụ hai trường gió cho tháng 1 và tháng 7 phản ánh tính chất mùa của gió, đồng thời gió trong mùa hè có sự phân hóa hướng gió rất đáng kể từ hướng SW ở đông Nam Bộ đến S và SE tại Nam Trung Bộ.

trong lớp ma sát trên (lớp Ekman). Dòng chảy địa chuyển được xem là ổn định trên toàn lớp nước cũng có đặc điểm mùa khá rõ nét (Hình 3 & 4).

Trường hoàn lưu Biển Đông hiện vẫn có nhiều điểm tranh cãi, đặc biệt về sự hiện diện của các xoáy quy mô vừa [3-5]. Kết quả mô hình hóa sử dụng ROMS đã được so sánh với các kết quả POM và GHER [3,6-8] cho thấy quá trình hình thành hệ các dòng chảy mặt dọc bờ Nam Trung Bộ là kết quả của tổng hợp của dòng chảy gió và dòng địa chuyển. Tùy theo mức độ biến động phân bố của trường gió và các trường nhiệt muối, dòng xiết tách bờ có thể xuất hiện trên đoạn bờ từ 10°N đến 14°N tạo nên khu vực nước trôi. Xoáy do tác động của hiệu ứng địa chuyển, nằm ở phía nam Hoàng Sa, có thể trở nên mạnh hơn so với gió có thể hình thành dòng chảy hướng nam trên vùng biển ngoài khơi từ 14°N đến 16°N.

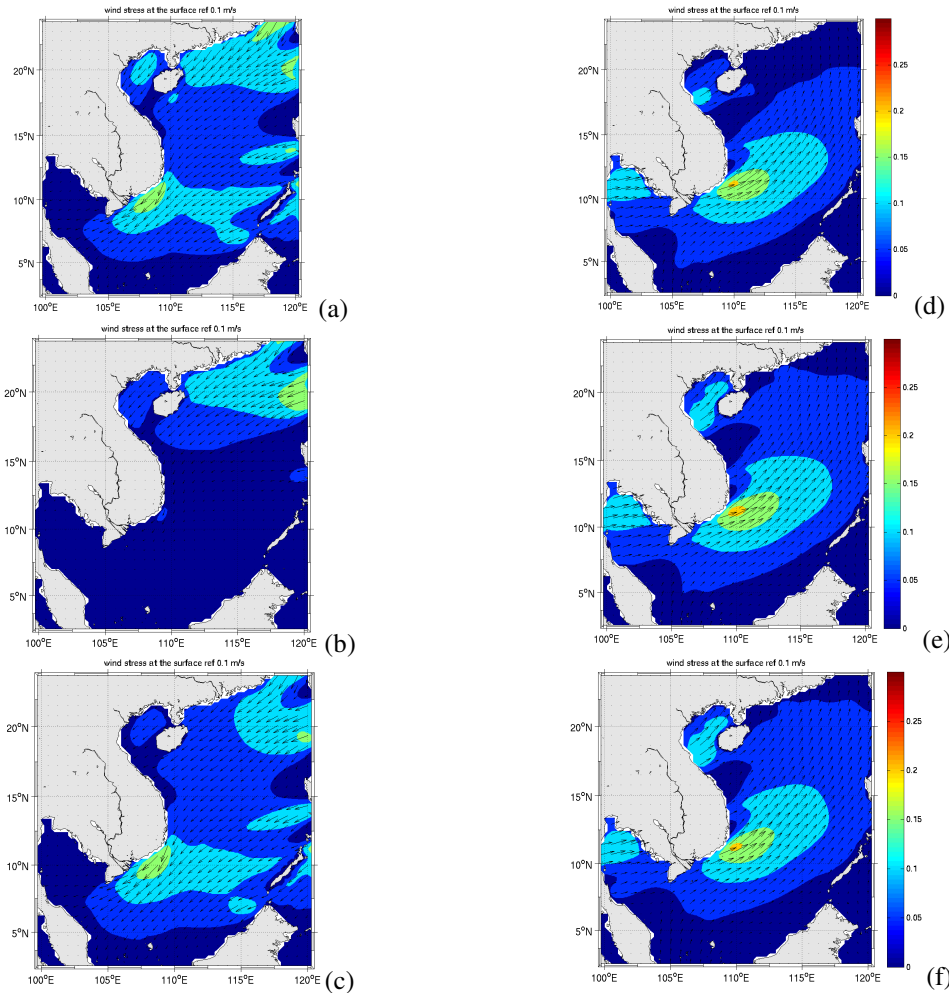


Hình 4. Trường dòng chảy trung bình nhiều năm tháng 7.

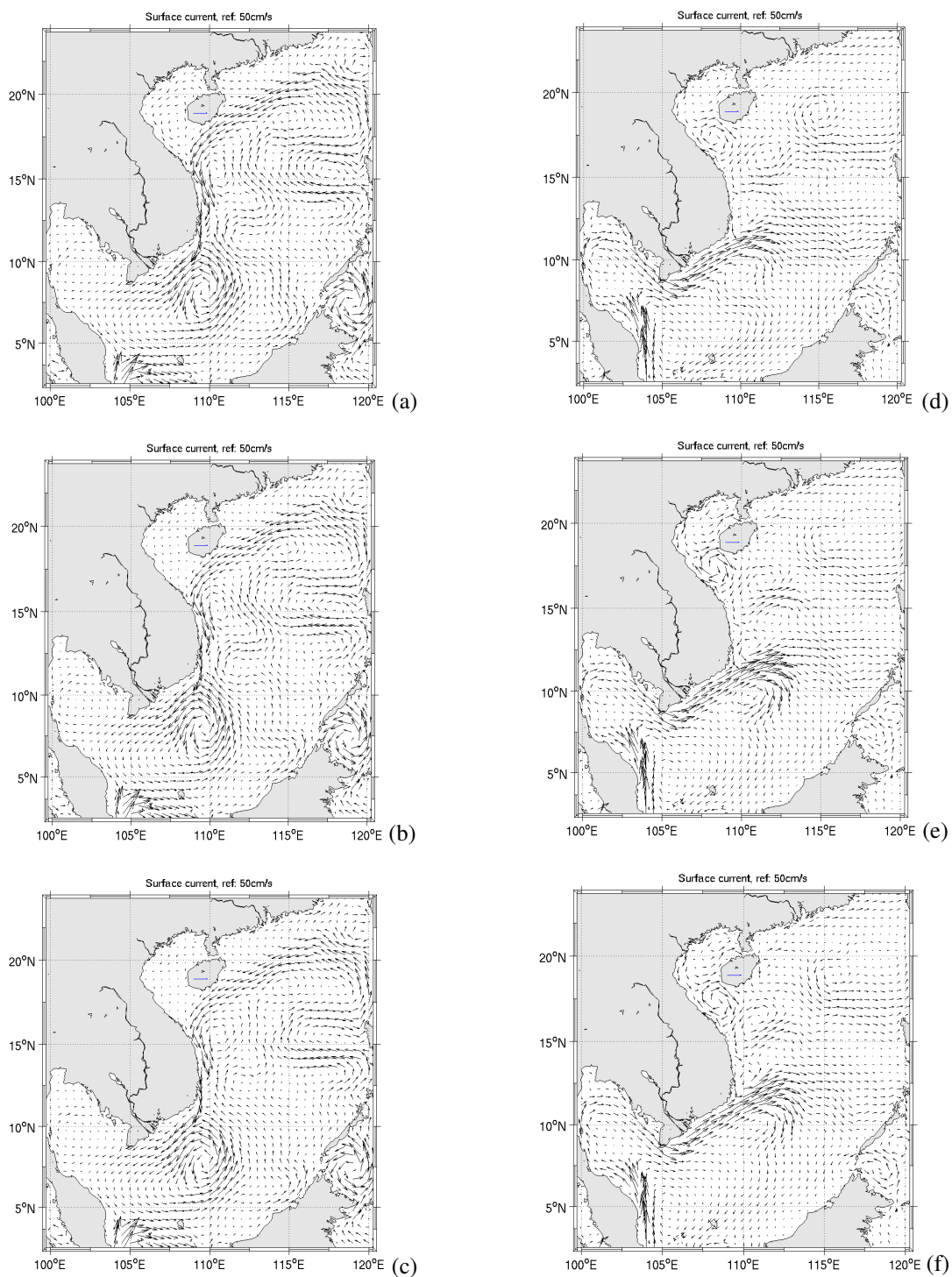
4. Ảnh hưởng của BĐKH lên các trường hải văn khu vực Biển Đông

4.1. Trường gió mặt biển

Kết quả phân tích các trường gió thu được theo 3 kịch bản khác nhau cho thấy, những biến đổi của gió xây dựng theo các kịch bản BĐKH không thể hiện những biến đổi lớn trong quy luật biến động mùa (Hình 5). Tuy nhiên với những biến đổi tương đối này cũng đã dẫn tới những biến đổi đáng kể của trường hoàn lưu trên mặt biển (Hình 6). Những biến đổi này có thể được tăng cường khi áp dụng mô hình với các trường áp và thông lượng nhiệt muối được xây dựng từ các kịch bản BĐKH.



Hình 5. Trường gió theo các kịch bản BĐKH cho tháng 1 (a-RCP2.6, b-RCP4.5, c-RCP8.5) và tháng 7 (d-RCP2.6, e-RCP4.5, f-RCP8.5).



Hình 6. Trường dòng chảy mặt biển theo các kịch bản BĐKH cho tháng 1 (a-RCP2.6, b-RCP4.5, c-RCP8.5) và tháng 7 (d-RCP2.6, e-RCP4.5, f-RCP8.5).

Trong mùa đông, về cơ bản dòng chảy mặt trong cả 3 kịch bản đều cho thấy sự hiện diện của một xoáy thuận lớn trên phạm vi toàn bộ biển, chủ yếu là các vùng nước sâu bị giới hạn bởi đường đẳng độ sâu 100 mét (Hình 6-a, -b, -c). Sự tăng cường của dòng chảy dọc bờ tây Biển Đông xuất phát từ eo Đài Loan và eo Luzon kéo dài đến tận vĩ tuyến 5°N - 6°N . Trên phần biển ven bờ Việt Nam, do sự kết hợp của dòng chảy gió với dòng chảy nhiệt-muối nên vận tốc dòng đạt giá trị trung bình từ 0,75 đến 0,85 m/s và giá trị cực đại trong một số thời kỳ có thể vượt quá 1 m/s.

Xoáy thuận quy mô vừa ở phía đông Hoàng Sa cũng phát triển rộng dần trong các kịch bản biến đổi khí hậu. Sự xuất hiện của xoáy nghịch này có thể do nguyên nhân uốn dòng như ở phía đông Hoàng Sa, nhưng cũng có thể do nguyên nhân nhiệt xuất phát từ vùng nước ấm tại trung tâm Biển Đông tồn tại mạnh trong tháng 1.

Ngoài khơi bờ đông nam Việt Nam xoáy thuận cơ bản kéo dài từ phía bắc được duy trì và mở rộng. Nguyên nhân chủ yếu do sự tăng cường của dòng chảy gió đi vào thềm lục địa đông Nam Bộ và hướng về biển Java, trong khi xoáy thuận do nhân tố nhiệt muối vẫn được duy trì thậm chí được tăng cường bởi quá trình xáo trộn đối lưu trên sườn lục địa trong cả 3 kịch bản biến đổi khí hậu và có xu thế tăng dần. Dải phân kỳ dọc kinh tuyến 110°E - 112°E xuất hiện trong cả 4 trường hợp tuy nhiên trong các kịch bản biến đổi khí hậu dải phân kỳ này bị đẩy dịch sang phía đông hơn so với trường dòng chảy trung bình.

Như vậy trên phần sâu của Biển Đông, những biến động của các xoáy cực bộ và dải phân kỳ phụ thuộc mạnh mẽ vào tương quan giữa hoàn lưu gió do gió Đông Bắc áp đảo và hoàn lưu nhiệt-muối do sự hiện diện của vùng nước ấm trên khu vực trung tâm và đông-nam biển khi so sánh với 3 kịch bản biến đổi khí hậu.

Dòng chảy nam Biển Đông đi vào vịnh Thái Lan qua phần trung tâm cửa vịnh không có cường độ lớn. Trong toàn vịnh tồn tại một xoáy nghịch chiếm hầu hết phần phía đông tạo nên dòng chảy dọc bờ hướng nam đi từ phía Campuchia xuống bờ tây Việt Nam, tuy nhiên trong cả 3 kịch bản không thấy rõ ràng sự biến đổi của xoáy nghịch này cả về quy mô và cường độ. Dòng chảy từ Biển Đông xâm nhập vào Vịnh Thái Lan kết hợp trường gió có hướng đông áp đảo đã góp phần tạo ra một xoáy thuận tại phần nửa phía tây của Vịnh Thái Lan và tạo nên dòng chảy dọc bờ bán đảo Malaca đi về phía nam.

Hoàn lưu các tháng chuyển tiếp từ đông sang hè bị chi phối mạnh của gió biển đổi, nhìn chung các xoáy ở phía Bắc bị thu hẹp về quy mô và cường độ so với trung bình nhiều năm, lưu tốc của các xoáy này cũng nhỏ dần theo các kịch bản thấp, trung bình và cao. Xoáy thuận khu vực phía Nam vẫn tồn tại nhưng quy mô và lưu tốc rất nhỏ, dòng chảy ven bờ đông-nam phân kỳ mạnh hơn so với trung bình nhiều năm.

Hoàn lưu nước mặt các tháng mùa hè theo trung bình nhiều năm và 3 kịch bản biến đổi khí hậu (Hình 6-d, -e, -f) hình thành chủ yếu do trường gió tây nam với đặc điểm bị phân hóa mạnh bởi tác động của dải hội tụ nhiệt đới có vị trí trung bình vắt chéo qua biển theo hướng từ tây-bắc đến đông-nam thể hiện trong cả 4 trường hợp tính toán. Về tổng thể trục chính của dòng chảy trên mặt biển hướng theo trục từ tây-nam đến đông-bắc kèm theo một hệ thống các xoáy quy mô trung bình.

Do sự hiện diện và tăng cường của vùng nước ấm trên vùng biển sâu ngoài khơi Đông Nam bộ, bộ phận xoáy nghịch phía nam sau khi tách từ bờ ở khoảng vĩ tuyến 11°N được tăng cường. Vận tốc dòng chảy ở đây có giá trị trung bình vào khoảng 0,25 m/s với giá trị cực đại có

thể vượt quá 0,5 m/s. Tuy nhiên với 3 kịch bản biến đổi khí hậu quy mô và cường độ của xoáy nghịch này tăng rất mạnh từ kịch bản thấp đến kịch bản cao.

Sự phân hóa của trường gió là nguyên nhân hình thành nên trên phần phía bắc của trục dòng chảy chính một xoáy thuận cục bộ ngoài khơi Ninh Thuận - Khánh Hoà, xoáy thuận này phát triển càng rõ nét trong kịch bản biến đổi cao. Đây là một trong những nguyên nhân hình thành và duy trì hoạt động mạnh mẽ của nước trời trên vùng biển nam Trung Bộ.

Trên vùng biển phía tây và bắc Hoàng Sa, so với dòng chảy gió, vai trò của dòng chảy nhiệt muối đã trở nên đáng kể và một nhánh của xoáy nghịch cơ bản tiếp tục hướng theo phía đông bắc xuất phát từ cửa Vịnh Bắc Bộ. Một nhánh khác sẽ hướng về phía đông trên vùng nam Hoàng Sa sẽ gặp nhánh tách dòng từ vùng biển nam Trung Bộ hình thành nên dòng chảy chính đi ra eo Luzon. Phụ thuộc vào mức độ xâm nhập của dòng Kuroshio vào bắc Biển Đông, tại phần giữa của hai nhánh dòng chảy này sẽ hình thành nên một số xoáy quy mô vừa trong đó có xoáy thuận tây- bắc Luzon hoạt động mạnh tạo nên vùng nước trời.

Trong trường hợp các xoáy cục bộ kém phát triển, các nhánh dòng chảy chính sẽ hướng về phía bắc và kết hợp với dòng chảy ven bờ Trung Quốc đi thẳng qua eo Đài Loan hoặc theo eo Luzon đi ra Thái Bình Dương nhập vào dòng chảy Kuroshio.

Trên khu vực đông và đông-nam Biển Đông, nhánh phía đông của xoáy nghịch chính bị phân hoá và suy yếu nên chỉ tồn tại trên phần trung tâm biển. Dòng chảy theo hướng gió trên khu vực ngoài khơi Borneo và Palawan vừa làm suy yếu hoàn lưu xoáy nghịch chung vừa góp phần tạo ra nhiều xoáy cục bộ khác.

Đáng chú ý nhất là sự hình thành các xoáy cục bộ trên khu vực quần đảo Trường Sa. Trong các kịch bản biến đổi khí hậu các xoáy cục bộ này phát triển và có quy mô rộng hơn và cường độ dòng chảy cũng tăng dần theo các kịch bản.

Như vậy hoàn lưu mùa hè bị phân chia thành nhiều xoáy cục bộ khác nhau, tuy nhiên trên phong chung, một xoáy nghịch quy mô lớn vẫn bao trùm trên phần lớn Biển Đông.

Do hướng gió thịnh hành lệch dần về tây-tây-nam, trên toàn phần lớn vịnh Thái Lan hình thành một xoáy nghịch tạo nên dòng chảy đi về phía nam dọc bờ tây Việt Nam. Việc tồn tại dòng chảy thường xuyên dọc bờ này kết hợp với gió là điều kiện để hình thành các khu vực hoạt động nước trời cục bộ trên vùng biển Tây-Nam.

Trên khu vực gần bờ Malaysia khoảng vĩ tuyến 7°N-8°N hiện tượng phân kỳ dòng chảy gần bờ tương tự như khu vực ngoài khơi Đèo Ngang nhưng trong cả 4 trường hợp tính toán không thấy sự khác nhau nhiều.

5. Kết luận

Trong khuôn khổ bài báo này, ảnh hưởng của trường dòng chảy mặt biển theo các kịch bản biến đổi khí hậu được mô phỏng theo trường gió được xây dựng tương ứng với các kịch bản RCP của BĐKH. Về cơ bản, trong hai mùa đông và hè, trường dòng chảy trong lớp nước mặt đã thể hiện sự xuất hiện một số xoáy cục bộ dẫn đến sự gia tăng ảnh hưởng của lưỡi nước lạnh trong mùa đông và nước trời trong mùa hè.

Việc mô phỏng thành công tác động của BĐKH lên các trường hải văn động lực Biển Đông có thể tiếp tục phát triển và ứng dụng mô hình 3D thủy động lực biển trong dự báo và cảnh báo môi trường Biển Đông.

Tài liệu tham khảo

- [1] van Vuuren et al. (2011) The Representative Concentration Pathways: An Overview, *Climatic Change*, 109 (1-2), 5-31.
- [2] Minh N. Nguyen, P. Marchesiello; Florent Lyard, Sylvain Ouillon, Gildas Cambon, Damien Allain, Ưu V. Dinh (2014). Tidal Characteristics of the Gulf of Tonkin, *Continental Shelf Research*, Vol. 91, pp. 37-56.
- [3] Jianyu Hu, Hiroshi Kawamura, Huasheng Hong, and Yiquan Qi (2000). A Review on the Currents in the South China Sea: Seasonal Circulation, South China Sea Warm Current and Kuroshio Intrusion, *Journal of Oceanography*, Vol. 56, pp. 607 - 624.
- [4] Klaus Wyrtki (1961). *Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters*, Naga Report, Vol. 2, La Jolla, California, 1961.
- [5] Phạm Văn Ninh (chủ biên) (2009). *Biển Đông, Tập II - Khí tượng thủy văn động lực học biển*, NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ
- [6] Đinh Văn Ưu, (2003). Các kết quả phát triển và ứng dụng mô hình ba chiều (3D) thủy nhiệt động lực biển ven và nước nông ven bờ Quảng Ninh, *Tạp chí Khoa học ĐHQG Hà Nội*, XIX, 1, trang 108-117
- [7] Đinh Văn Ưu (2012). Tiến tới hoàn thiện mô hình ba chiều (3D) thủy động lực cửa sông ven biển, *Tạp chí khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội - Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, Tập 28, số 3S tr. 182.
- [8] Dinh Van Uu, Brankart J-M (1997). Seasonal Variation of Temperature and Salinity Fields and Water Masses in the Bien Dong (South China) Sea, *Journal of Mathematical Computer Modelling*, Vol 26, USA, 97-113.

Effect of Climate Change on Surface Circulation in the Vietnam's East Sea

Đinh Văn Ưu¹, Nguyễn Kim Cương¹, Hà Thanh Hương¹, Nguyễn Nguyệt Minh²

¹*VNU University of Science, 334 Nguyễn Trãi, Hanoi, Vietnam*

²*University of Science and Technology of Hanoi, 18 Hoàng Quốc Việt, Hanoi, Vietnam*

Abstract: This paper investigates the effect of climate change on the surface current field based on the RCP scenarios. The overview of mechanism of sea surface wind and surface circulation is presented. The Regional Ocean Modeling System was applied to simulate the hydrodynamic fields for whole Vietnam's East Sea. First, the climatic circulations were simulated using averaged wind field of 1980-1999. Second, the future current fields were computed due to the predicted atmospheric forces from the RCP scenarios. The changes of wind field and surface currents were estimated and analyzed for three scenarios: high (RCP8.5), medium (RCP4.5), and low (RCP2.6). The results showed that the intrusion of cold-water tongue in the winter and upwelling phenomenon in the summer will be enhanced for climate-change scenarios.

Keywords: Climate change; East Sea; RCP scenarios; ROMS model; flow.

