

Bài báo khoa học

Nghiên cứu sự biến đổi cường độ xoáy thuận nhiệt đới hoạt động trên Biển Đông trong các giai đoạn phát triển

Chu Thị Thu Hường^{1*}, Thảo Thị Duyệt¹

¹ Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội; ctthuong@hunre.edu.vn;
dohunre.160300@gmail.com

*Tác giả liên hệ: ctthuong@hunre.edu.vn; Tel.: +84-981244579

Ban Biên tập nhận bài: 5/5/2022; Ngày phản biện xong: 1/7/2022; Ngày đăng bài: 25/7/2022

Tóm tắt: Sự biến đổi cường độ xoáy thuận nhiệt đới (XTNĐ) hoạt động trên khu vực biển đông (BD) được phân tích trong thời kỳ 1991–2020. Kết quả cho thấy rằng, XTNĐ hình thành trên khu vực TBTBD thường tồn tại lâu hơn, có cường độ mạnh và biến đổi nhiều hơn đối với những XTNĐ hình thành trên khu vực BD. Các XTNĐ hình thành và phát triển trên hai vùng biển này đều trải qua 4 giai đoạn: Hình thành, phát triển, chín muồi và tan rã. Giai đoạn hình thành thường kéo dài khoảng 30 đến 36 giờ, bắt đầu từ khi XTNĐ hình thành là một nhiễu động đến ATNĐ với cường độ tăng dần. Cường độ của chúng tăng nhanh ($V_{\max}$ lớn hơn 20 m/s) trong giai đoạn phát triển (khoảng 36 đến 54 giờ). Trong giai đoạn chín muồi (kéo dài khoảng 48 đến 72 giờ), cường độ XTNĐ biến đổi không nhiều song thường mạnh hơn ($V_{\max}$ thường lớn hơn 40 m/s) giai đoạn phát triển. Giai đoạn tan rã thường kéo dài từ 1,5 đến 2 ngày (XTNĐ hoạt động từ 3 đến 9 ngày) và từ khoảng 3 đến 4 ngày (XTNĐ hoạt động từ 9 ngày trở lên). Trong giai đoạn này, cường độ của chúng giảm dần và trở thành ATNĐ, thậm chí là vùng áp thấp.

Từ khóa: Cường độ XTNĐ; Bốn giai đoạn phát triển; BD; Biển TBTBD.

1. Mở đầu

Có thể nói, trên thế giới và ở Việt Nam đã có không ít các nghiên cứu về sự biến đổi tần số bão trên đại dương và đổ bộ vào đất liền các vùng. Bên cạnh đó, một số nghiên cứu còn giải thích cơ chế hình thành cũng như các nhân tố tác động đến hoạt động của nó. Thật vậy, SST có ảnh hưởng không nhỏ đến cường độ bão [1–4]. Theo Zhan và cs (2011), ENSO và dị thường nhiệt độ mặt biển (SSTA) ở phía Đông Ấn Độ Dương có vai trò quan trọng đến sự phát sinh XTNĐ trên Tây Bắc Thái Bình Dương. Khu vực hình thành XTNĐ có xu thế dịch hơn sang phía đông, XTNĐ có cường độ mạnh cũng thường xảy ra trong những năm El Nino [5]. XTNĐ sẽ giảm (tăng) tương ứng với độ đứt gió tại đới lưu hạn mạnh (yếu) [6]. Wang Lei và cs (2016) thì cho rằng, có khoảng 70,5% số cơn bão hình thành trên rãnh gió mùa và đới gió đông trên khu vực BD [7].

Ở Việt Nam, có rất nhiều Nhà khoa học đã quan tâm đến số lượng XTNĐ hoạt động trên các khu vực biển tây bắc Thái Bình Dương (TBTBD), Biển Đông (BD) hay đổ bộ vào vùng ven biển và lãnh thổ Việt Nam. Các tác giả cho rằng, mùa bão trên khu vực TBTBD thường bắt đầu từ tháng 4 đến tháng 1 năm sau [8] với trung bình 29 cơn bão và 6 ATNĐ [8], 25 đến 26 XTNĐ [9],... Những năm gần đây, mùa bão hoạt động trên BD thường bắt đầu sớm hơn và kết thúc muộn hơn [10]. Mùa bão thường dịch dần từ Bắc đến Nam và bắt đầu từ tháng 5 đến tháng 12 [11] hay từ tháng 6 đến tháng 11 [9, 12] với tần suất lớn hơn trong các tháng 8,

9 [8–9] và cả tháng 10 [11]. Trong mùa bão, trung bình mỗi tháng có khoảng 0,5 cơn XTNĐ đổ bộ vào Việt Nam. Số XTNĐ lớn nhất xảy ra trong tháng 9 (khoảng 1,6 cơn) [13]. Riêng trong tháng 5 và tháng 12, cứ 2 năm có một cơn bão, ATNĐ hoạt động [12]. Bão thường hoạt động nhiều nhất trên vùng biển từ Quảng Ninh đến Hà Tĩnh (khoảng 3–5 cơn/năm) và giảm dần ở các vùng biển phía Nam (chỉ khoảng 0 tới 3 cơn bão/năm trên vùng biển Quảng Bình đến Bình Thuận) [9]. Nhìn chung, XTNĐ hoạt động trên biển BĐ và TBTBD đều tăng lên trong những năm La Nina và giảm đi trong những năm El Nino [11, 14–16]. Hơn nữa, trong thời kỳ El Nino/La Nina, XTNĐ thường di chuyển về phía Đông/Tây và vị trí hình thành của nó có xu hướng dịch lên phía Bắc (về phía vĩ tuyến 20°N và gần hơn về phía kinh tuyến 130°E) hay xuống phía Nam ($10\text{--}15^{\circ}\text{N}$ và dịch xa hơn về phía kinh độ 150°E) tương ứng [15]. Mặt khác, XTNĐ thường tập trung vào các tháng 7, 8, 9 (trong những năm El Nino), và vào các tháng 9, 10, 11 (trong các năm La Nina) [16].

Về cường độ XTNĐ, các tác giả cho rằng, bão và bão mạnh chiếm khoảng 35%, còn bão rất mạnh lên tới 48% [8] hay 55% [9]. Trên BĐ, mùa bão thường bắt đầu muộn và kết thúc hơn trên biển TBTBD khoảng 1 tháng [8–9, 14] và chỉ có khoảng 34–35% số cơn bão rất mạnh [8–9]. XTNĐ hình thành trên BĐ thường có cường độ không mạnh, đường đi khá phức tạp và tốc độ di chuyển không ổn định [14]. Trong thời kỳ 1960–2008, XTNĐ hoạt động trên BĐ có xu thế tăng khoảng 0,4 cơn/thập kỷ. Xu thế tăng xảy ra chủ yếu trên các vùng biển phía Nam, song lại giảm trên vùng biển Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ [10].

Như vậy, có thể thấy, những đặc điểm phân bố của XTNĐ hoạt động trên khu vực BĐ đã được nhiều Nhà khoa học quan tâm nghiên cứu, song sự biến đổi về cường độ trong các giai đoạn phát triển của XTNĐ lại hầu như chưa được đề cập đến. Trong khi đó, điều này lại có ý nghĩa không nhỏ trong công tác dự báo bão. Bởi thế, sự biến đổi về cường độ XTNĐ hoạt động trên Biển BĐ trong các giai đoạn phát triển sẽ được đề cập tới trong nghiên cứu này. Trong đó, những đặc điểm về tần số, cường độ, thời gian kéo dài cũng như sự biến đổi về cường độ của XTNĐ hình thành trên BĐ và Biển TBTBD từ khi hình thành đến khi tan rã sẽ được phân tích. Thời gian hoạt động của các XTNĐ hình thành trên từng vùng Biển cũng như diễn biến cường độ XTNĐ trong từng giai đoạn phát triển sẽ góp phần đánh giá ảnh hưởng của các XTNĐ khi chúng hoạt động trên BĐ và ảnh hưởng đến Việt Nam.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Số liệu

Số lượng và danh sách các XTNĐ trong thời kỳ 1991–2020 được thu thập tại Viện Tin học Quốc gia của Nhật Bản, được tải về từ trang web: <http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>. Số liệu chi tiết về cường độ ($P_{\min}$, $V_{\max}$) 6 giờ/1 lần, thời gian tồn tại, nơi hình thành và tan rã của các XTNĐ trong thời kỳ 1991–2020 được cung cấp bởi Trung tâm bão Quốc gia và Trung tâm bão Thái Bình Dương thuộc Cơ quan Quản lý Khí quyển và Đại dương quốc gia Mỹ (NOAA) bao gồm: Tên của XTNĐ. Bộ số liệu này được tải về từ trang web: <https://coast.noaa.gov/hurricanes/#map=4/32/-80>.

Bên cạnh đó, số liệu về diễn biến cũng như ảnh hưởng của các cơn bão đổ bộ vào BĐ và ảnh hưởng đến Việt Nam cũng được tổng hợp từ Đặc điểm Khí tượng Thủy văn trong các năm từ 1993–2020 của Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia. Vì thông tin (vị trí hình thành, kết thúc, diễn biến cường độ) của các ATNĐ trong một số năm không đầy đủ nên nghiên cứu chỉ thống kê và phân tích đối với các XTNĐ có cường độ đạt từ cấp bão trở lên. Các bộ số liệu này được sử dụng để phân tích đặc điểm phân bố cũng như những biến đổi về cường độ của XTNĐ hoạt động ở TBTBD và BĐ trong thời kỳ 1991–2020.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Xác định phân bố của xoáy thuận nhiệt đới

Đặc điểm phân bố của XTNĐ trong thời kỳ 1991–2020 được xác định dựa trên các nguồn số liệu thu thập được. Từ vị trí hình thành, cường độ cũng như quỹ đạo của XTNĐ, nghiên

cứ đã thống kê tổng số XTNĐ hình thành và hoạt động trên khu vực BĐ cũng như những XTNĐ hình thành trên biển TBTBD rồi đổ bộ vào BĐ trong từng tháng, năm để thấy được những đặc điểm cơ bản của XTNĐ hình thành và phát triển trên từng khu vực.

2.2.2. Xác định sự biến đổi cường độ của XTNĐ trong các giai đoạn phát triển

Trong nghiên cứu này, cũng như nhiều nghiên cứu trước đó, khu vực BĐ được xác định trong vùng (3–26°N; 100–120°E), phía đông kinh tuyến 120°E được xem là khu vực biển TBTBD. Từ số liệu bão trên khu vực TBTBD và BĐ, nghiên cứu xác định các cơn bão hoạt động trên khu vực. Sự biến đổi cường độ của từng XTNĐ được phân tích trong toàn bộ thời gian hoạt động của chúng dựa trên tốc độ gió mạnh nhất ($V_{\max}$) và khí áp nhỏ nhất ($P_{\min}$) vùng gần tâm bão.

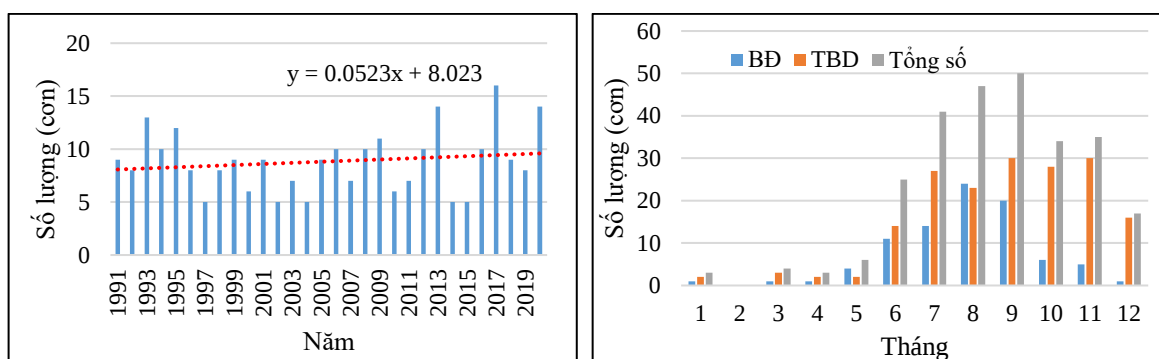
Trong nghiên cứu này, hoạt động của các XTNĐ sẽ được phân tích và tổng hợp theo từng thời gian khác nhau. Trong thời kỳ 1991–2020, các cơn bão hoạt động trên BĐ và biển TBTBD thường có thời gian hoạt động từ 3 đến 12 ngày. Riêng các XTNĐ hình thành trên biển TBTBD, thời gian hoạt động của chúng có thể lên tới 18 ngày. Do đó, nghiên cứu này sẽ phân tích biến đổi của $V_{\max}$ và $P_{\min}$ vùng gần tâm đối với nhóm các XTNĐ có thời gian hoạt động như nhau. Cụ thể, cường độ của các XTNĐ hoạt động trong lần lượt từ 3 đến 12 ngày (trên từng vùng Biển) và trên 12 ngày (XTNĐ hình thành trên biển TBTBD) đã được phân tích chi tiết để thấy rõ hơn sự biến đổi về cường độ trong các giai đoạn phát triển của bão. Cụ thể như sau: (1) Giai đoạn hình thành: Từ một nhiễu động nhiệt đới trên biển, khí áp giảm dần đến khoảng 1000mb, và gió mạnh dần lên; (2) Giai đoạn phát triển: Giai đoạn này được xác định kể từ khi ATNĐ mạnh lên thành bão ($V_{\max}$ vùng gần tâm bão tiếp tục tăng nhanh hơn cho đến khi nó gần như không thay đổi, $P_{\min}$ giảm xuống dưới 1000mb); (3) Giai đoạn chín mồi: Giai đoạn này bắt đầu khi sự phát triển của bão đã hoàn tất, $P_{\min}$ cũng như $V_{\max}$ vùng gần tâm bão biến đổi không nhiều; (4) Giai đoạn suy yếu và tan rã: khi bão không phát triển nữa mà suy yếu trở thành một ATNĐ trước khi di chuyển vào đất liền và tan rã. Khi đó, $V_{\max}$ sẽ giảm dần, còn $P_{\min}$ sẽ tăng dần.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Sự biến đổi về của XTNĐ hoạt động trên BĐ

3.3.1. Số lượng XTNĐ

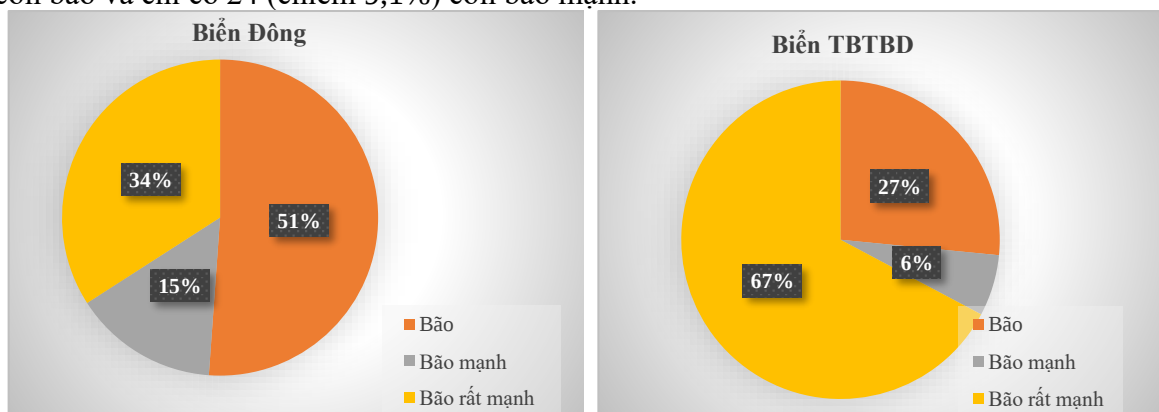
Cũng như các nghiên cứu trước đó, số lượng XTNĐ hoạt động trên BĐ sẽ bao gồm cả những XTNĐ hình thành trên BĐ và những XTNĐ hình thành trên biển TBTBD sau đó đổ bộ vào BĐ. Trong thời kỳ 1991–2020, có tổng số 265 XTNĐ ảnh hưởng trực tiếp đến BĐ, trung bình mỗi năm xuất hiện 8,8 XTNĐ (dao động từ khoảng 5 đến 17 cơn/năm), trong đó có khoảng 2,7 XTNĐ hình thành trên BĐ và 5,9 XTNĐ hình thành trên biển TBTBD. Trong các năm El Nino, số XTNĐ xuất hiện ít hơn trung bình nhiều năm (TBNN), còn trong các năm La Nina thì ngược lại. Cụ thể, Số XTNĐ lên đến trên 12 cơn trong các năm 1993, 1995, 2013, 2017, 2020, thậm chí, năm 2017 còn có tới 17 XTNĐ, song lại chỉ có 5 cơn xảy ra trong các năm 1997, 2002, 2004, 2005, 2014, 2015. Hơn nữa, số lượng XTNĐ có xu thế tăng khoảng 0,5 cơn/thập kỷ, tương tự với nghiên cứu Nguyễn Văn Thắng và cs (2009). Mùa bão xuất hiện từ tháng 6 đến tháng 11, tập trung chủ yếu vào tháng 7, 8, 9, trong đó tháng 9 là tháng có nhiều bão nhất với 50 cơn. Từ tháng 1 đến tháng 5 có tần số bão nhỏ, thậm chí, trong tháng 2 không có cơn bão nào. XTNĐ hình thành trên BĐ cũng xuất hiện nhiều hơn trong các tháng mùa bão, đặc biệt tập trung vào thời gian từ tháng 7 đến tháng 9 (dao động từ 14 đến 21 cơn). Các XTNĐ trên biển TBTBD hình thành chủ yếu trong thời gian từ tháng 6 đến tháng 12, tập trung nhiều hơn từ tháng 7 đến tháng 11 với khoảng 15 đến 30 cơn (Hình 3).



Hình 1. Phân bố theo thời gian của XTNĐ hoạt động trên BĐ trong thời kỳ 1991–2020.

3.1.2. Cường độ của XTNĐ

Cường độ các XTNĐ hình thành trên BĐ và biển TBTBD được chỉ ra trong hình 2. Có thể thấy, cường độ XTNĐ hình thành trên BĐ thường yếu hơn so với XTNĐ hình thành trên biển TBTBD. Thật vậy, có khoảng 51% (45/88 con) các XTNĐ hình thành trên BĐ có cường độ đạt cấp bão, còn 34% (30/88 con) XTNĐ đạt cường độ bão rất mạnh. Song các XTNĐ có cường độ bão mạnh được hình thành trên biển TBTBD lại chiếm tới 67% (119/177 con), cao hơn gần 2 lần so với XTNĐ hình thành trên BĐ, còn XTNĐ đạt cấp bão chỉ chiếm 27 (47/177 con). Số XTNĐ đạt cấp bão mạnh ở cả hai khu vực ít hơn so với bão và bão rất mạnh. Có thể thấy, các XTNĐ ảnh hưởng trực tiếp trên BĐ chủ yếu đạt cường độ cấp bão và bão rất mạnh. Các XTNĐ hình thành từ biển TBTBD thường phát triển thành bão rất mạnh. Trong tổng số 265 XTNĐ hoạt động trên BĐ có tới 149 (chiếm 56,2%) con bão rất mạnh, 92 (chiếm 34,7%) con bão và chỉ có 24 (chiếm 9,1%) con bão mạnh.

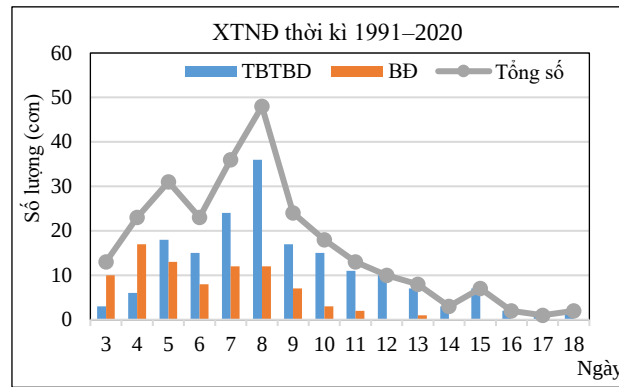


Hình 2. Cường độ XTNĐ hình thành trên BĐ (trái) và biển TBTBD (phải).

3.1.3. Thời gian hoạt động của XTNĐ

Thông thường, mỗi XTNĐ hình thành từ một nhiễu động trên vùng biển nhiệt đới phát triển thành một vùng ATNĐ. Khi gặp điều kiện thuận lợi, ATNĐ này phát triển thành bão. Các XTNĐ hình thành trên biển TBTBD thường có thời gian hoạt động lâu hơn. Chúng thường tồn tại từ 5 đến 12 ngày (146 con chiếm khoảng 82%), trung bình mỗi cơn bão tồn tại khoảng 8 ngày. Song cũng có những XTNĐ tồn tại trên 15 ngày như cơn NAT 1991, ABGELA 1995 NARI 2001, PARMA 2009 và USAGI 2018, thậm chí cơn ABGELA 1995 và PARMA 2009 còn tồn tại lên đến 18 ngày (Hình 3).

Các XTNĐ hình thành trên BĐ thường tồn tại khoảng 3 đến 9 ngày (79 con chiếm khoảng 93%), trung bình 5,5 ngày, song cơn ANGELA 1992 và MATMO 2019 cũng hoạt động đến 13 ngày (Hình 3). Ngược lại, có những XTNĐ chỉ tồn tại 1 đến 2 ngày như Bão số 3 năm 2005 chỉ tồn tại từ ngày 11 đến 12/8; Cơn bão số 6 năm 2006 cũng hình thành và tan rã từ ngày 12/9 đến ngày 13/9. Thậm chí, cơn bão số 5 chỉ hình thành và tan rã ngay trong ngày 30/8/2005.



Hình 3. Số lượng và thời gian hoạt động của XTNĐ hoạt động trên BD.

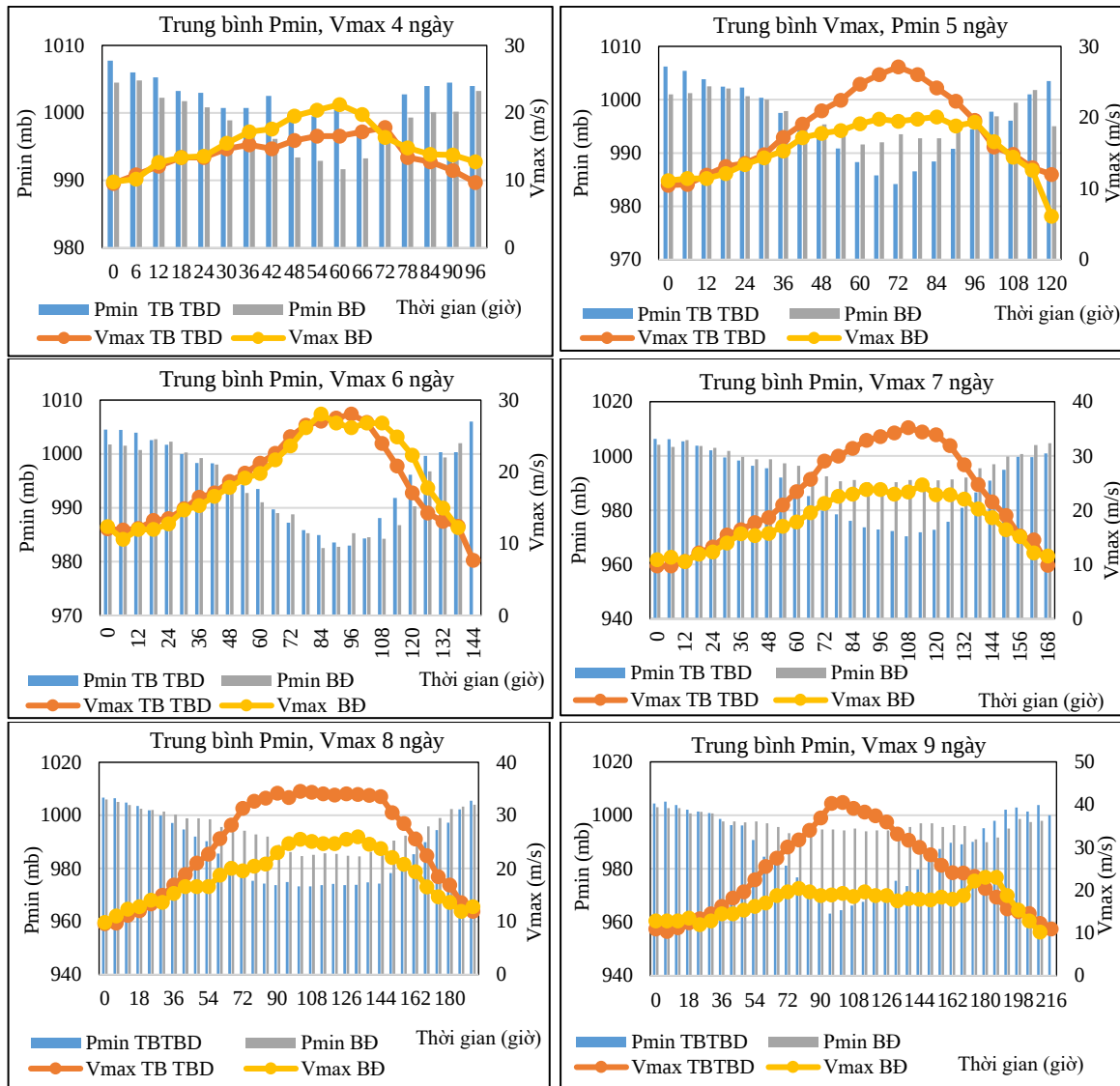
3.2. Sự biến đổi cường độ XTNĐ trong các giai đoạn phát triển

Như ta đã biết, XTNĐ hoạt động trên BD được hình thành trên cả 2 vùng biển: BD và biển TBTBD. Do mỗi vùng biển có những điều kiện nhiệt, động lực khác nhau nên thời gian hoạt động cũng như cường độ của các XTNĐ cũng khác nhau. Trong nghiên cứu này, P_{min} và V_{max} tại bề mặt vùng gần tâm bão của nhóm các XTNĐ có cùng thời gian hoạt động trên từng vùng Biển sẽ được phân tích để thấy rõ những biến đổi về cường độ qua các giai đoạn phát triển của chúng.

Mỗi cơn bão đều hình thành và phát triển sau đó suy yếu và tan rã khi điều kiện môi trường không thuận lợi. Thông thường, những cơn bão hoạt động ít ngày thường không phát triển mạnh. Thật vậy, những XTNĐ chỉ hoạt động trong 3 ngày, cường độ của nó chỉ phát triển đạt đến cấp bão. P_{min} trong các giai đoạn hình thành, chín muồi và tan rã của XTNĐ hình thành trên biển TBTBD thường cao hơn trên BD, nhưng trong giai đoạn phát triển thì ngược lại. Kết quả này cũng phù hợp với những biến đổi của V_{max} . Trong giai đoạn hình thành (khoảng 18 giờ) và tan rã (khoảng 12 giờ), cường độ của XTNĐ hình thành trên hai vùng biển gần như nhau và chỉ đạt dưới 13 m/s. XTNĐ hình thành trên biển TBTBD có cường độ tăng nhanh hơn trong giai đoạn phát triển nhưng lại ít biến đổi trong giai đoạn chín muồi. Mặc dù, cường độ bão trên BD mạnh hơn trên biển TBTBD trong giai đoạn chín muồi song V_{max} và P_{min} tương ứng cũng chỉ đạt 20,4 m/s và 994mb.

Tương tự đối với những XTNĐ tồn tại 4 ngày, các XTNĐ hình thành trên biển TBTBD thường có cường độ yếu hơn (P_{min} trong tất cả các giai đoạn đều cao hơn, còn V_{max} thì nhỏ hơn hoặc bằng) XTNĐ hình thành trên BD. Giai đoạn hình thành kéo dài khoảng 30 giờ đầu với V_{max} tăng dần từ 10 đến 15 m/s, P_{min} cũng giảm dần từ 1004,5mb (BD) và 1007,5mb (biển TBTBD) đến xấp xỉ 1000mb. Sang giai đoạn phát triển (kéo dài khoảng 30 giờ sau), V_{max} tăng, P_{min} giảm nhanh hơn (BD) nhưng không biến đổi nhiều (biển TBTBD). Nhìn chung, XTNĐ mạnh nhất trong giai đoạn phát triển và chín muồi song V_{max} lớn nhất cũng chỉ đạt 20,4 m/s (BD) và 17,9 m/s (biển TBTBD). XTNĐ suy yếu và tan rã trong khoảng 24 đến 30 giờ và tốc độ gió cũng giảm dần từ khoảng 15 m/s (Hình 4).

Có thể thấy, trong giai đoạn hình thành và tan rã, XTNĐ hình thành trên biển TBTBD thường có P_{min} cao hơn XTNĐ hình thành trên BD, nhưng V_{max} thì không biến đổi nhiều. Đối với các XTNĐ hoạt động 5 ngày, giai đoạn hình thành cũng kéo dài khoảng 30 giờ với P_{min} và V_{max} biến đổi chưa nhiều. Giai đoạn phát triển được thể hiện rõ hơn đối với các XTNĐ hình thành trên biển TBTBD. V_{max} tăng từ 14,3 m/s đến 27,1 m/s, khí áp giảm xuống đến 993,5mb (72 giờ). Sau đó, cường độ bão giảm dần cho đến khi tan rã. Tuy nhiên, cường độ của XTNĐ hình thành trên BD trong giai đoạn phát triển và chín muồi lại không biến đổi nhiều (chỉ dao động từ khoảng 17 đến 20 m/s). Giai đoạn tan rã cũng kéo dài khoảng 30 giờ với V_{max} và P_{min} giảm nhanh (Hình 4).



Hình 4. Sự biến đổi cường độ trung bình của các XTNĐ hoạt động trong thời gian từ 4 đến 9 ngày.

Cường độ của các XTNĐ hoạt động trong 6 ngày trên cả hai vùng biển khá tương đồng nhau. Giai đoạn hình thành cũng kéo dài khoảng 30 giờ với Pmin giảm chậm từ khi hình thành đến khoảng 1000mb, $V_{\max}$ thì biến đổi từ khoảng 10 đến 15 m/s. Giai đoạn phát triển xảy ra từ sau 30 giờ đến 84 giờ với tốc độ gió tăng đến 27,1 m/s (biển TBTBD) và 28,1 m/s (BD), khí áp cũng giảm xuống dưới 985mb. Giai đoạn chín muồi cũng diễn ra trong khoảng 30 giờ khi cường độ bão ít biến đổi. Sau đó, $V_{\max}$ giảm nhanh từ cấp bão mạnh xuống chỉ còn xấp xỉ 10 m/s (Hình 4).

Đối với các XTNĐ hoạt động trong thời gian 7 và 9 ngày trên cả hai vùng Biển, cường độ của chúng đều biến đổi tương tự như đối với các XTNĐ có thời gian tồn tại 5 ngày. Giai đoạn hình thành và tan rã kéo dài khoảng 30–36 giờ, cường độ XTNĐ trên các giai đoạn này có xu hướng tăng hoặc giảm dần song không biến đổi nhiều. $V_{\max}$ thường nhỏ hơn 15 m/s, Pmin thường lớn hơn hoặc xấp xỉ bằng 1000mb. Tuy nhiên, trong giai đoạn phát triển và chín muồi, cường độ XTNĐ trên biển TBTBD tăng nhanh ($V_{\max}$ có thể đạt tới trên 40 m/s, Pmin giảm xuống xấp xỉ 995mb). Trong khi đó, XTNĐ hình thành trên BD, sau giai đoạn hình thành, cường độ tăng nhanh đến khoảng 78 giờ (XTNĐ tồn tại 9 ngày) hoặc 90 giờ (XTNĐ tồn tại 7 ngày), rồi lại biến đổi không nhiều trong giai đoạn chín muồi. Đối với các XTNĐ hình thành trên BD, giai đoạn này có thể kéo dài đến khoảng 150 giờ (XTNĐ tồn tại 7 ngày)

và 168 giờ (XTNĐ tồn tại 9 ngày). Thậm chí, các XTNĐ tồn tại 9 ngày còn có cường độ tăng lên trong khoảng 18 đến 24 giờ trước khi suy yếu thành ATNĐ (Hình 4).

Bão hoạt động trong 8 ngày bắt đầu hình thành khi khí áp trung bình ở cả hai khu vực đạt 1006mb, vận tốc gió bằng 9,7 m/s. Khí áp trên biển TBTBD giảm nhanh hơn, giai đoạn từ khi còn là nhiễu động đến khi khí áp giảm còn 1000mb chỉ kéo dài 30 giờ, tốc độ gió tăng lên đến 15m/s. Bão tiếp tục giai đoạn phát triển tròn 54 giờ tiếp, trong giai đoạn này khí áp giảm nhanh từ 1000mb xuống 973mb, vận tốc gió tăng nhanh đến 34,1 m/s. Trong 54 giờ tiếp theo cường độ bão không thay đổi nhiều, khí áp không giảm thêm, vận tốc gió duy trì ở 33,4 m/s đến 35 m/s. Sau khoảng thời gian hoạt động do không được cấp thêm năng lượng nên bão suy yếu trong 48 giờ, giai đoạn này diễn ra nhanh hơn so với giai đoạn phát triển. Các cơn bão trên BĐ hình thành trong khoảng 36 giờ, giai đoạn này cường độ tương đương với giai đoạn hình thành của các cơn bão trên biển TBTBD. Giai đoạn phát triển trên BĐ hoạt động trong 72 giờ, khí áp giảm chậm đến 985mb, vận tốc gió tăng đến 25 m/s. Bão duy trì giai đoạn chín mồi trong 30 giờ, sau đó suy yếu và tan rã trong 60 giờ cuối (Hình 4).

Nhìn chung, XTNĐ trên 2 vùng Biển đều hình thành trong khoảng 2 ngày (từ 30–36 giờ). Trong khoảng 3 ngày sau (54 đến 72 giờ) XTNĐ phát triển nhanh và đạt cường độ bão mạnh đến rất mạnh trong khoảng 2 ngày. Sau đó, chúng suy yếu và tan rã trong khoảng 2 đến 3 ngày cuối. Các XTNĐ có thời gian tồn tại từ 10 ngày trở lên chủ yếu xảy ra trên biển TBTBD. Đối với các XTNĐ hoạt động trên biển TBTBD trong 10 ngày hình thành trong khoảng 1,5 ngày, tiếp tục mạnh lên và phát triển thành trong hai ngày tiếp theo. Với vùng biển rộng và đầy đủ các điều kiện để phát triển, bão có thể tiếp tục mạnh lên và duy trì ở cường độ bão rất mạnh khoảng 3 ngày, bão sẽ tiếp tục suy yếu và tan rã trong 3 ngày sau. Đối với các XTNĐ hoạt động từ 11 đến 12 ngày, cường độ của chúng thường đạt cấp bão rất mạnh. Chúng cũng hình thành trong khoảng 36 giờ, phát triển trong khoảng 4 đến 5 ngày tiếp theo. Giai đoạn chín mồi kéo dài khoảng 2 đến 4 ngày, XTNĐ duy trì cấp bão rất mạnh, sau đó suy yếu trong 2 ngày cuối.

Những cơn bão hoạt động trong khoảng thời gian từ 13 đến 18 ngày, cường độ bão thường biến đổi liên tục theo thời gian, các giai đoạn hoạt động của cơn bão không rõ rệt. Tuy nhiên các cơn bão này đều phát triển thành bão rất mạnh trong khoảng từ 60 đến 72 giờ. Vận tốc các cơn bão đều đạt từ 50 m/s đến 70 m/s, khí áp giảm đến 950mb, trung bình những cơn bão hoạt động trong 14 ngày khí áp giảm đến 916mb. Bão duy trì cấp bão rất mạnh khoảng 4 đến 8 ngày. Đặc biệt, bão NARI năm 2001 hoạt động với cường độ rất mạnh liên tục trong 9 ngày. Tuy nhiên, không phải cơn bão mạnh nào cũng hoạt động và đủ năng lượng để duy trì cường độ này một cách liên tục. Có thể thấy, bão hoạt động nhiều ngày thường phát triển và đạt cường độ bão rất mạnh trong khoảng 3 đến 4 ngày đầu. Chúng thường có cường độ biến đổi liên tục và tan rã trong khoảng 2 ngày cuối thời kỳ. Tuy vậy, một số cơn bão có thời gian hoạt động trên 13 ngày, sau nhiều ngày hoạt động trên khu vực biển TBTBD, đổ bộ vào BĐ, suy yếu rồi lại tăng cường ngay trên BĐ.

4. Kết luận

Dựa trên số liệu về vị trí hình thành, quỹ đạo cũng như sự biến đổi cường độ của các XTNĐ trong thời gian hoạt động của chúng, nghiên cứu đã xác định được các giai đoạn phát triển của chúng. Kết quả cho thấy, trong thời kỳ 1991–2020, có 265 cơn bão hoạt động trên BĐ (177 cơn hình thành trên biển TBTBD và 88 cơn hình thành trên BĐ). Chúng có xu thế tăng khoảng 0,5 cơn/thập kỷ. XTNĐ thường xuất hiện nhiều hơn từ tháng 6 đến tháng 9 (hình thành trên BĐ) và từ tháng 6 đến tháng 12 (hình thành trên biển TBTBD). Trong hầu hết các năm El Nino, XTNĐ xuất hiện ít hơn TBNB và ngược lại trong các năm La Nina. XTNĐ hình thành trên khu vực TBTBD thường tồn tại lâu hơn (khoảng 5 đến 11 ngày, trung bình khoảng 8 ngày) và có cường độ mạnh hơn đối với những cơn bão hình thành trên khu vực BĐ (khoảng 3 đến 8, trung bình khoảng 5,5 ngày).

Giai đoạn hình thành thường kéo dài khoảng 30 đến 36 giờ, bắt đầu từ khi XTNĐ hình thành từ một nhiễu động đến ATNĐ. Trong giai đoạn này, cường độ XTNĐ tăng dần (khí áp vùng gần tâm bão giảm dần đến khoảng 1000mb, tốc độ gió tăng dần). Cường độ XTNĐ hình thành trên BĐ thường

tăng chậm hơn XTNĐ hình thành trên biển TBTBD khoảng 6 đến 12 giờ. XTNĐ hình thành trên TBD thường có khí áp lớn hơn (khoảng 1010mb) trên BĐ (khoảng 1004mb), nhưng tốc độ gió không khác nhau nhiều (khoảng 10–12 m/s). Giai đoạn phát triển thường xảy ra trong khoảng từ 36 đến 54 giờ sau giai đoạn hình thành. Trong giai đoạn này, cường độ XTNĐ tăng nhanh (khí áp giảm từ khoảng 1000 đến 970 mb, tốc độ gió lớn hơn 20 m/s). Trong giai đoạn chín muồi kéo dài khoảng 48 đến 72 giờ, cường độ bão không biến đổi nhiều nhưng mạnh hơn so với giai đoạn phát triển. Tốc độ gió trong bão có thể lên đến trên 40m/s, khí áp thường nhỏ hơn khoảng 990mb. Giai đoạn tan rã thường kéo dài từ 1,5 đến 2 ngày (đối với các XTNĐ có thời gian hoạt động dưới 9 ngày) và từ khoảng 3 đến 4 ngày (đối với các XTNĐ có thời gian hoạt động từ 9 ngày trở lên). Trong giai đoạn này, cường độ bão giảm dần và trở thành một ATNĐ, thậm chí là vùng áp thấp (khí áp tăng lớn hơn 1000mb, tốc độ gió giảm từ cấp bão xuống dưới 10 m/s). Trong các giai đoạn phát triển, cường độ XTNĐ hình thành trên BĐ biến đổi ít hơn XTNĐ hình thành trên biển TBTBD.

Có thể nói, sự biến đổi cường độ XTNĐ hoạt động trên khu vực BĐ có vai trò quan trọng trong việc dự báo ảnh hưởng của XTNĐ đến các khu vực. Song những biến đổi này mới chỉ được phân tích dựa trên cường độ vùng gần tâm XTNĐ mà chưa xem xét đến bán kính của vùng gió mạnh đó cũng như phạm vi ảnh hưởng của các XTNĐ. Hơn nữa, các kết quả phân tích trong nghiên cứu này chỉ dựa trên các cơn bão hoạt động trên khu vực BĐ mà chưa xem xét đến diễn biến của các ATNĐ. Bởi vậy, trong tương lai, cần có những nghiên cứu chi tiết hơn về cấu trúc trường chuyển động, trường mưa,.. trong XTNĐ để thấy rõ hơn những tác động của chúng.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng và lựa chọn phương pháp nghiên cứu: C.T.T.H.; Phân tích và xử lý số liệu: T.T.D.; Viết bản thảo bài báo và chỉnh sửa bài báo: C.T.T.H.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, mã số TNMT.2021.562.04.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Bosart, L.F.; Bracken, W.E.; Molinari, J.; Velden, C.S.; Black, P.G. Environmental influences on the rapid intensification of Hurricane Opal (1995) over the Gulf of Mexico. *Mon. Wea. Rev.* **2000**, *128*, 322–352.
2. Shay, L.K.; Goni, G.J.; Black, P.G. Role of a warm ocean feature on Hurricane Opal. *Mon. Wea. Rev.* **2000**, *128*, 1366–1383.
3. Sun, Y.; Zhong, Z.; Yi, L.; Ha, Y.; Sun, Y. The opposite effects of inner and outer sea surface temperature on tropical cyclone intensity. *J. Geo. Res. Atmos.* **2014**, *119*, 2193–2208.
4. Rai, D.; Pattnaik, S.; Rajesh, P.V. Sensitivity of tropical cyclone characteristics to the radial distribution of sea surface temperature. *J. Earth Syst. Sci.* **2016**, *125*, 691–708.
5. Zhan, R.; Y, Wang.; X. Lei. Contribute of Enso and East Indian Ocean SSTA to the Interannual Variability of Northwest Pacific Tropical Cyclone Frequency. *J. Clim.* **2011**, *24*, 509–521.
6. Jingliang, H.; Chen, W.; Maoqiu, J.; Ronghui, H. Impact of the cross-tropopause wind shear on tropical cyclone genesis over the Western North Pacific in May. *Clim. Dyn.* **2019**, *52*, 3845–3855.
7. Lei, W.; Ronghui, H.; Renguang, W. Tropical Cyclogenesis Associated with Four Types of Winter Monsoon Circulation over the South China Sea. *Atmos. Sci. Lett. Atmos. Sci. Let.* **2016**, *17*, 326–333.
8. Bình, T.D. Nghiên cứu cấu trúc không gian và thời gian trường các yếu tố khí tượng của bão và các quy mô trước bão bằng máy bay – phòng thí nghiệm khí tượng. Tổng kết khoa học, Đề tài hợp tác Việt Xô, số 3, giai đoạn 1986–1990, Tổng cục Khí tượng Thủy văn, 1991.

9. Duy, Đ.B.; Thành, N.Đ.; Tuyết, N.T.; Hà, P.T.; Tân, P.V. Đặc điểm hoạt động của Xoáy thuận Nhiệt đới trên khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương, BĐ và vùng trực tiếp chịu ảnh hưởng trên lãnh thổ Việt Nam giai đoạn 1978–2015. *Tạp chí Khoa học ĐGQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường* **2016**, 32(2), 1–11.
10. Thắng, N.V. Biến đổi của tần số xoáy thuận nhiệt đới trên BĐ và ảnh hưởng đến Việt Nam. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2011**, 604, 5–8.
11. Hậu, N.Đ.; Tùng, N.T. Khả năng mưa lớn khi bão đổ bộ ở các tỉnh duyên hải miền trung. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2009**, 582, 1–11.
12. Nga, Đ.T.H.; Việt, N.M.; Cường, H.Đ. Xu thế diễn biến của tần số xoáy thuận nhiệt đới ở Tây Bắc Thái Bình Dương và BĐ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2011**, 602, 31–37.
13. Hiệp, N.V.; Tuyết, L.T. Đặc điểm hoạt động của bão ở Tây Bắc Thái Bình Dương và BĐ qua số liệu IBTrACS, Tuyển tập báo cáo hội thảo khoa học quốc gia về khí tượng, thủy văn, môi trường và biến đổi khí hậu (lần thứ 18). Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu 2015, 9–14.
14. Ngừ, N.Đ. Tác động của ENSO đến thời tiết, khí hậu, môi trường và kinh tế – xã hội ở Việt Nam. Hội thảo chuyên đề về Đa dạng Sinh học, 2007.
15. Liên, T.V. Ảnh hưởng của hiện tượng ENSO đến hoạt động của xoáy thuận nhiệt đới trên khu vực tây bắc Thái Bình Dương và BĐ. Tuyển tập báo cáo Hội thảo Khoa học lần thứ 9, Viện Khí tượng Thủy văn, 2005.
16. Phong, N.B.; Chinh, Đ.K. Nghiên cứu ảnh hưởng của ENSO đến hoạt động của xoáy thuận nhiệt đới trên khu vực BĐ trong giai đoạn 2000–2015. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2017**, 680, 42–50.

Research the variation in intensity of tropical cyclones operating in the East Sea during development stages

Chu Thi Thu Huong^{1*}, Thao Thi Do¹

¹ Hanoi University of Natural Resources and Environment; ctthuong@hunre.edu.vn; dohunre.160300@gmail.com

Abstract: The variation in intensity of tropical cyclones operating in the East Sea area is analyzed in the period 1991–2020. The results show that, tropical cyclones formed in the Pacific Northwest Sea usually have a longer duration, stronger intensity and more variability than those forming in the East Sea area. The formation and development of tropical cyclones on these two seas go through 4 stages: Forming, growing, maturity and disintegration stage. The forming stage usually lasts about 30 to 36 hours, starting from when the tropical cyclone forms as a disturbance to the tropical depression with increasing intensity. Their intensity increases rapidly ($V_{\max}$ is usually greater than 20m/s) during the growing stage (about 36 to 54 hours). During the maturity stage (lasting about 48 to 72 hours), the intensity of tropical cyclones is little changed but they are usually stronger ($V_{\max}$ is usually greater than 40 m/s) in the growing stage. The disintegration phase usually lasts from 1.5 to 2 days (the tropical cyclones operate from 3 to 9 days) and from about 3 to 4 days (the tropical cyclones operate for more than 9 days). During this stage, their intensity gradually decreases and becomes a tropical depression, even a low pressure area.

Keywords: Tropical cyclone intensity; Four stages of development; East Sea; Pacific Ocean.