

ẢNH HƯỞNG CỦA THỦY TRIỀU VÀ SÓNG TỚI NƯỚC DÂNG BÃO TẠI VEN BIỂN BẮC BỘ

Nguyễn Văn Hưởng, Nguyễn Bá Thủy
Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Trung ương

Tóm tắt: Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của thủy triều và sóng biển tới nước dâng do bão tại ven biển Bắc Bộ được phân tích dựa trên kết quả của mô hình tích hợp nước dâng bão, sóng và thủy triều (mô hình SuWAT-Surge, Wave and Tide). Trong đó, thủy triều và nước dâng được tính toán dựa trên hệ phương trình nước nông phi tuyến hai chiều có xét đến nước dâng tạo bởi ứng suất sóng được tính từ mô hình SWAN, một mô hình thành phần trong SuWAT. Mô hình được áp dụng mô phỏng nước dâng trong 2 cơn bão đổ bộ vào ven biển Bắc Bộ trong 2 kỳ thủy triều khác nhau, đó là bão Frankie (7/1996) đổ bộ vào kỳ triều kiệt và Washi (8/2005) đổ bộ vào kỳ triều cường. Nước dâng bão được tính theo các phương án có và không xét đến ảnh hưởng của thủy triều và sóng biển. Kết quả cho thấy thủy triều có ảnh hưởng đáng kể tới nước dâng khi bão đổ bộ vào thời kỳ triều cường. Trong khi đó nước dâng do sóng chiếm một phần đáng kể trong mực nước dâng tổng cộng trong bão kể cả khi bão đổ bộ vào kỳ triều cường và triều kiệt, và xét nước dâng do sóng đã làm tăng độ chính xác của kết quả tính toán nước dâng nhất là với lưới tính có độ phân giải cao.

Từ khóa: Bão, nước dâng bão, mô hình tích hợp nước dâng bão, thủy triều và sóng.

1. Mở đầu

Bão là một thiên tai nguy hiểm mà hệ quả tác động chính đối với vùng ven bờ là nước dâng và sóng lớn. Lịch sử đã chứng kiến nhiều cơn bão gây gió mạnh, mưa lớn, sóng lớn và nước dâng cao làm ngập vùng ven bờ trên diện rộng gây nhiều thiệt hại về người và của như bão Katrina đổ bộ vào bang New Orleans Mỹ tháng 8 năm 2005, bão Nargis đổ bộ vào Myanmar tháng 5 năm 2008 và đặc biệt gần đây siêu bão Haiyan tháng 11/2013 với cấp 17 tràn vào Phillipin. Chính vì vậy, việc tăng cường độ chính xác của các mô hình dự báo sóng và nước dâng trong bão sẽ rất có ý nghĩa trong khoa học và thực tiễn. Một số mô hình số trị được xây dựng để tính toán dự báo nước dâng và sóng trong bão và tính toán 2 yếu tố này độc lập nhau, tức là chưa tính đến tương tác giữa chúng. Đã có một vài nghiên cứu khẳng định mực nước dâng do sóng biển (wave setup) đóng góp một phần đáng kể vào mực nước dâng tổng cộng trong bão và trong nhiều trường hợp nước dâng do sóng có thể chiếm tới 40% trong mực nước dâng tổng cộng trong bão

[3,5,6,7]. Chính vì thế mà nhiều kết quả tính toán của các mô hình chỉ thuần túy tính nước dâng gây bởi ứng suất gió và độ giảm áp ở tâm bão mà không xét đến nước dâng do sóng thường cho kết quả nhỏ hơn giá trị thực đo khá nhiều. Tại Việt Nam, nghiên cứu về tương tác giữa sóng biển và nước dâng do bão còn rất hạn chế. Gần đây, tác giả Đỗ Đình Chiến và cộng sự đã đánh giá tương tác giữa thủy triều, sóng và nước dâng tại ven biển Miền Trung, nơi có biên độ triều thấp. Kết quả cho thấy ảnh hưởng của thủy triều đến nước dâng bão là không đáng kể, tuy nhiên nước dâng do sóng chiếm một phần đáng kể, trong một số trường hợp chiếm 35% mực nước dâng tổng cộng trong bão.

Trong nghiên cứu này, tương tác giữa thủy triều, sóng biển và nước dâng do bão tại ven biển Bắc Bộ, nơi có biên độ triều lớn được phân tích dựa trên kết quả nước dâng trong bão Frankie tháng 7/1996 đổ bộ vào thời kỳ triều kiệt và Washi tháng 8/2005 đổ bộ vào thời kỳ triều cường tại khu vực. Kết quả của nghiên cứu sẽ góp phần nâng cao độ chính xác trong dự báo

nghiệp vụ nước dâng bão tại khu vực.

2. Giới thiệu mô hình SuWAT

a) Mô hình thủy động lực học

SuWAT là mô hình liên hợp (couple) dự tính đồng thời cả thủy triều, sóng biển và nước dâng do bão. Mô hình này được xây dựng tại đại học

Kyoto - Nhật Bản, bao gồm 2 mô hình thành phần là mô hình dựa trên hệ phương trình nước nông 2 chiều có tính đến nước dâng do ứng suất sóng và mô hình SWAN tính toán sóng. Hệ phương trình cơ bản của mô hình nước nông 2 chiều được mô tả như sau:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{d} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M N}{d} \right) + g d \frac{\partial \eta}{\partial x} = f N - \frac{1}{\rho_w} d \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{1}{\rho_w} (\tau_s^x - \tau_b^x + F_x) + A_h \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) \tag{2}$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{d} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N M}{d} \right) + g d \frac{\partial \eta}{\partial y} = -f M - \frac{1}{\rho_w} d \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{1}{\rho_w} (\tau_s^y - \tau_b^y + F_y) + A_h \left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) \tag{3}$$

Với: η : mực nước bề mặt; M, N: thông lượng trung bình theo độ sâu, theo hướng x và y; f: tham số Coriolis; P: áp suất khí quyển; d: độ sâu tổng cộng $d = \eta + h$, với h là độ sâu mực nước tĩnh; λ : hệ số khuếch tán rối theo phương ngang; ρ_w : mật độ nước; τ_b^x, τ_b^y : ứng suất ma sát đáy và bề mặt; F_x, F_y : ứng suất sóng được bổ sung để xét nước dâng do sóng, được tính từ mô hình SWAN theo các công thức dưới đây:

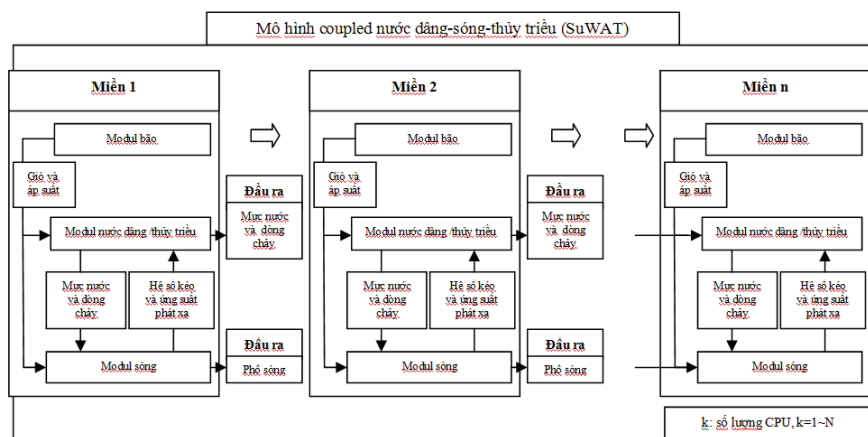
$$F_x = -\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} - \frac{\partial S_{xy}}{\partial y}; F_y = -\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} - \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \tag{4}$$

$$S_{xx} = \rho g \iint \left[\frac{C_g}{C} \cos^2 \theta + \frac{C_g}{C} - \frac{1}{2} \right] E d\sigma d\theta \tag{5}$$

$$S_{xy} = S_{yx} = \rho g \iint [\cos \theta \sin \theta] E d\sigma d\theta \tag{6}$$

$$S_{yy} = \rho g \iint \left[\frac{C_g}{C} \sin^2 \theta + \frac{C_g}{C} - \frac{1}{2} \right] E d\sigma d\theta \tag{7}$$

Các tham số tại các công thức (5) - (7) được định nghĩa trong cơ sở lý thuyết của mô hình SWAN [3]. Mô hình SuWAT được thiết lập tính toán trên lưới lồng với cấu trúc minh họa như trên hình 1. Cơ sở lý thuyết của mô hình SuWAT được trình bày chi tiết trong các công trình [5, 7].



Hình 1. Cấu trúc lưới lồng của mô hình SuWAT

b) Mô hình bão giải tích

Mô hình SuWAT có thể nhận trường đầu vào gió, áp từ các mô hình bão giải tích hoặc từ các mô hình dự báo số trị như WRF, HRM.... Trong

nghiên cứu này, mô hình bão giải tích của Fujita, 1952 [4] được lựa chọn để mô phỏng trường gió, áp theo các tham số bão được lấy từ số liệu best track. Trường áp suất khí quyển được tính

theo công thức:

$$R(r) = P_\infty - \frac{P_\infty - P_c}{\sqrt{1 + (r/r_0)^2}} \quad (8)$$

Trong đó: P_c là áp suất ở tâm bão, P_∞ : áp suất ở rìa bão, r_0 là bán kính gió cực đại, r là khoảng cách từ tâm bão tới điểm tính.

Vận tốc gió gradien được tính theo mối liên

$$v = \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \end{pmatrix} = c_1 \begin{pmatrix} -V_g(\sin \alpha \cdot \cos \theta + \cos \alpha \cdot \sin \theta) \\ V_g(\cos \alpha \cdot \cos \theta - \sin \alpha \cdot \sin \theta) \end{pmatrix} + c_2 \begin{pmatrix} v_{tx} \\ v_{ty} \end{pmatrix} e^{-\frac{\pi r}{500}} \quad (11)$$

Trong đó các hệ số nằm trong các khoảng giá trị như sau: $c_1 = 0,6 - 0,8$, $c_2 = 0,50 - 0,8$.

3. Tương tác giữa thủy triều và sóng biển tới nước dâng do bão

a) Miền tính, lưới tính và số liệu bão cho mô hình

Để nghiên cứu tương tác giữa thủy triều, sóng biển tới nước dâng do bão tại ven biển Bắc Bộ,

hệ với phân bố của áp suất khí quyển như trong công thức (9). Vận tốc gió theo mỗi liên hệ với tốc độ di chuyển của tâm bão được tính theo công thức (10):

$$-\frac{v^2}{r} - f v = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial r} \quad (9)$$

$$V_F = c_2 V_c e^{-\frac{\pi r}{500}} \quad (10)$$

mô hình SuWAT được thiết kế trên lưới vuông và lồng 5 lớp với miền tính và độ phân giải của lưới tính như trên bảng 1. Trong đó độ chi tiết của lưới tính chú trọng vào vị trí trạm Hòn Dấu. Với đánh giá ảnh hưởng của thủy triều đến nước dâng, kết quả tính toán trên lưới D3 được phân tích.

Bảng 1. Miền tính và độ phân giải lưới tính ven biển Bắc Bộ

TT	Lưới	Miền tính	Số điểm tính theo kinh & vĩ tuyến	Độ phân giải ($\Delta x \times \Delta y$)
Ven biển Bắc Bộ	D1	103°E- 120°E, 6-22°N	226 x 211	7400 x 7400
	D2	105.0°E- 110.5°E, 16.0°N-21.5°N	181 x 241	1850 x 1850
	D3	106.0°E - 107.5°E, 20.0°N - 21.0°N	181 x 121	925 x 925
	D4	106.5°E - 107.5°E, 20.3°N - 21.0°N	241 x 169	462.5 x 462.5
	D5	106.5°E - 107.3°E, 20.4°N - 20.7°N	539 x 519	150 x 150



(a)

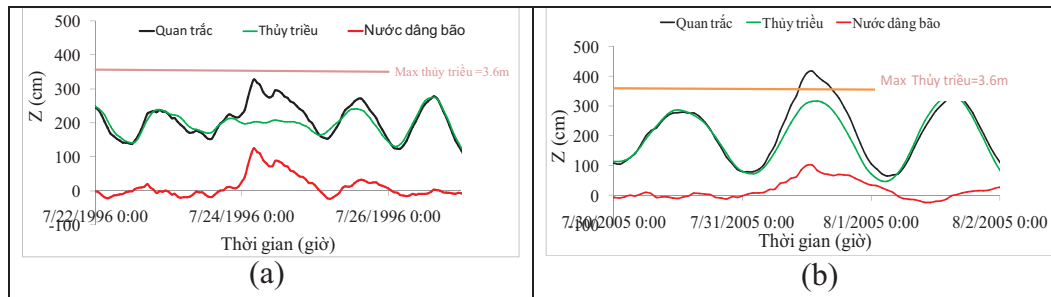


(b)

Hình 2. (a) Quỹ đạo bão Frankie (7/1996), (b) bão Washi (8/2005)

Để đánh giá ảnh hưởng của thủy triều và sóng tới nước dâng do bão tại khu vực ven biển Bắc Bộ, 2 cơn bão lịch sử gây nước dâng lớn đổ bộ vào khu vực được lựa chọn là bão Frankie (tháng 7/1996) đổ bộ vào lúc triều kiệt (đỉnh triều tại Hòn Dấu là 2,0 m) và Washi (tháng 8/2005) đổ bộ vào lúc triều cường (đỉnh triều tại Hòn Dấu là

3,2 m). Kết quả tính toán trên lưới D3 tại Hòn Dấu được đem ra phân tích. Quỹ đạo bão Frankie và Washi được thể hiện trên hình 2a và 2b. Trên hình 3a và 3b là biến thiên mực nước quan trắc, thủy triều và nước dâng tại Hòn Dấu trong bão Frankie và Washi.

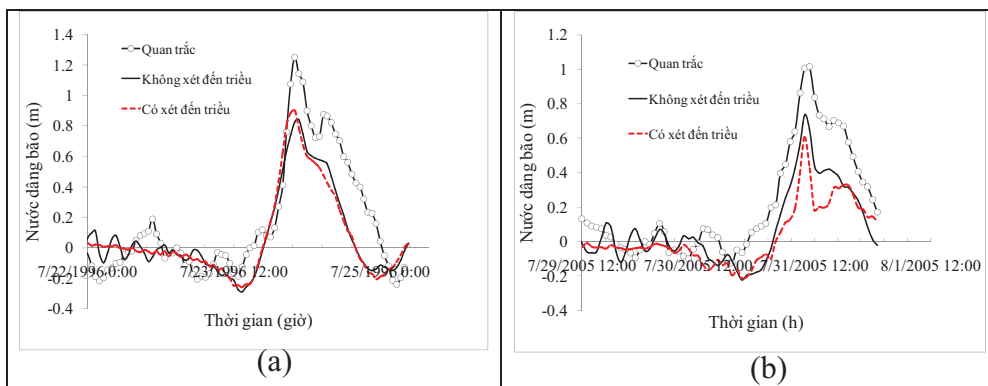


Hình 3. Dao động theo thời gian của mực nước quan trắc, thủy triều dự tính và nước dâng tại Hòn Dấu trong bão Frankie (7/1996) (a) và Washi (8/2005) (b).

b) Ảnh hưởng của thủy triều tới nước dâng trong bão

Ảnh hưởng của thủy triều tới nước dâng do bão được xem xét cho trường hợp mô phỏng có và không xét đến thủy triều. Trên hình 4a và 4b là so sánh nước dâng tính toán theo phương án có và không tính đến ảnh hưởng của thủy triều với số liệu quan trắc tại trạm Hòn Dấu trong bão Frankie và Washi. Trong hai trường hợp này ảnh hưởng của sóng không được xét đến. Kết quả cho thấy, với bão Frankie không có nhiều sự khác biệt của nước dâng tính toán trong trường hợp mô hình có và không tính đến ảnh hưởng của thủy triều, với chênh lệch đỉnh nước dâng chỉ khoảng 0,05 m chiếm 5,6% mực nước dâng tổng cộng. Trong khi đó với bão Washi đổ bộ vào

lúc triều cường trong mô hình tính nước dâng có xét đến ảnh hưởng của thủy triều cho kết quả thấp hơn với trường hợp không xét đến thủy triều, với độ chênh lệch khoảng 0,14 m, chiếm 19,1% mực nước dâng tổng cộng. Như vậy, đã có sự khác biệt đáng kể kết quả của mô hình trong trường hợp bão đổ bộ vào thời điểm triều cường và triều kiệt. Trong trường hợp bão đổ bộ vào thời kỳ triều cường sẽ làm giảm độ cao nước dâng so với trường hợp đổ bộ vào lúc triều kiệt. Kết quả này phù hợp với lý thuyết về quá trình lan truyền của sóng dài trong vùng ven bờ, tức là sự giảm độ cao sóng khi độ sâu mực nước tăng lên, và ngược lại. Cả hai phương án tính toán nước dâng bão trong 2 cơn bão đều có kết quả thiên thấp so với số liệu quan trắc.

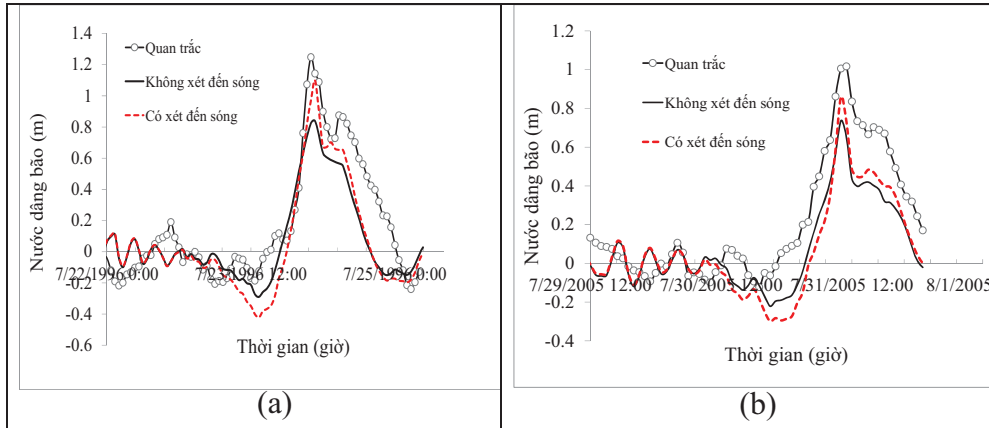


Hình 4. Dao động nước dâng bão tại Hòn Dấu trong trường hợp có và không xét đến ảnh hưởng của thủy triều (a) bão Frankie (7/1996), (b) bão Washi (8/2005)

c) Ảnh hưởng của sóng biển tới nước dâng trong bão

Trong trường hợp tính nước dâng có xét đến ảnh hưởng của sóng (không xét đến thủy triều), kết quả so sánh nước dâng tính toán với số liệu quan trắc trong bão Frankie và Washi được thể hiện trên hình 5a và 5b tương ứng. Kết quả cho thấy trong cả 2 cơn bão nước dâng do tác động

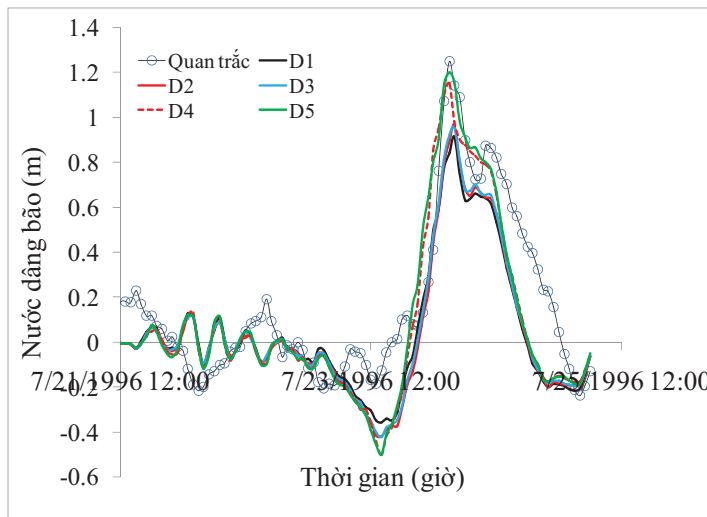
của sóng đã đóng góp một phần đáng kể trong mực nước dâng tổng cộng trong bão, với độ lớn khoảng 0,13 m, chiếm 11,8% mực nước dâng tổng cộng với bão Frankie và 0,14m, chiếm 19,1% mực nước dâng tổng cộng với bão Washi. Trong trường hợp xét đến sóng mô hình cho kết quả sát với số liệu quan trắc hơn trường hợp không xét đến ảnh hưởng của sóng.



Hình 5. Dao động nước dâng bão tại Hòn Dấu trong trường hợp có và không xét đến ảnh hưởng của sóng. (a) bão Frankie (7/1996), (b) bão Washi (8/2005)

Kết quả tính trên hình 5 cho thấy khi mô hình xét đến ảnh hưởng của sóng đã cải thiện đáng kể kết quả tính toán, tuy nhiên lưới tính D3 với độ phân giải 925m là chưa đủ để tính toán nước dâng do sóng. Trên hình 6 là kết quả tính toán

nước dâng trên 5 lưới tính trong bão Frankie. Kết quả cho thấy, khi độ phân giải lưới tính tăng đã làm tăng nước dâng do bởi lưới tính có độ phân giải càng cao thì nước dâng do sóng được tính toán đầy đủ hơn.



Hình 6. Dao động nước dâng bão tại Hòn Dấu trong bão Frankie (7/1996) theo 5 lưới tính trong trường hợp xét đến ảnh hưởng của sóng

Kết quả phân tích nước dâng tính toán trong 2 cơn bão cho thấy ảnh hưởng của thủy triều là đáng kể trong trường hợp bão đổ bộ vào thời kỳ triều, tác động của sóng đã làm tăng độ cao nước dâng trong bão và với lưới tính có độ phân giải cao nước dâng do sóng sẽ được tính toán đầy đủ hơn và làm tăng độ chính xác của mô hình.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, tương tác giữa thủy triều và sóng biển tới nước dâng do bão tại ven biển Bắc Bộ được phân tích dựa trên các kết quả tính nước dâng theo các phương án có và không xét đến ảnh hưởng của thủy triều và sóng biển bằng mô hình SuWAT. Hai cơn bão gây nước dâng lớn đổ bộ vào khu vực trong thời kỳ triều kiệt (Frankie/1996) và triều cường (Washi/2005) được lựa chọn để mô phỏng. Một số kết quả nghiên cứu được tóm tắt như sau:

- Thủy triều khu vực có ảnh hưởng đáng kể

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đề tài NCKH cấp bộ Bộ Tài nguyên và Môi trường, mã số 2015.05.07; Đề tài mã số 105.06-2017.07 Quỹ phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED). Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn.

Tài liệu tham khảo

1. Đỗ Đình Chiên, Nguyễn Bá Thủy, Nguyễn Thọ Sáo (2014), *Nghiên cứu tương tác sóng và nước dâng do bão bằng mô hình số trị*, Tạp chí KTTV, số 14, trang 36-41.
2. Delf University of Technology, *SWAN Cycle III Verion 40.31, User Guide*, Delf, 2004.
3. Funakoshi, Y., Hagen, S.C., Bacopoulos, P. (2008), *Coupling of hydrodynamic and wave models: case study for Hurricane Floyd (1999) Hindcast*, Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, (134) pp. 321 – 335.
4. Fujita, T.(1952), *Pressure distribution within typhoon*, Geophysical Magazine, 23, 437-451.
5. Soo Youl Kim, Tomohiro Yasuda, Hajime Mase (2010), *Numerical analysis of effects of tidal variations on storm surges and waves*, Applied Ocean Research Vol (28), pp. 311-322.
6. Soo Youl Kim, Tomohiro Yasuda, Hajime Mase (2010), *Wave set-up in the storm surge along open coasts during Typhoon Anita*, Coastal Engineering, Vol (57), pp. 631-642.
7. Soo Youl Kim, Tomohiro Yasuda, Hajime Mase (2010), *Storm surge hindcast in tosa bay of japan using a coupled model of surge, wave and tide*, Coastal Dynamics 2009 Paper No. 21.

THE EFFECT OF TIDE AND WAVE ON STORM SURGE ON THE NORTHEM COAST OF VIETNAM

Nguyen Van Huong, Nguyen Ba Thuy

National Centre for Hydro-Meteorological forecasting

Abstract: *In the present paper (In this study), the influence of the tides and waves on the storm surges in the northern coast of Vietnam were analyzed based on the results of the integrated model of storm surges waves and tides (models SuWAT-Surge, Wave and Tide). In that, tides and storm surges were simulated based on two-dimensional nonlinear shallow water equations that consider the surges due to wave stress simulated from the SWAN model, a component model in SuWAT. SuWAT is applied to surge simulation in two cases: The Frankie typhoon (7/1996) landed during low tide period and the Washi typhoon (8/2005) landed during high tide period. Storm surges were simulated for two scenarios with and without consideration of the effects of tides and waves. The results show the significant effect of tidal on storm surges when the Typhoon landed during high tide period. Meanwhile, wave set-up makes up a significant proportion of total storm surges even as typhoon landed during low tide and high tide period. Therefore, considering the influence of the wave increases the accuracy of the simulation results especially for high resolution grid.*

Keywords: *Typhoon, storm surge, a coupled model of surge, wave and tide, interaction of surge.*

Ban Biên tập nhận bài: 18/04/2017

Ngày phản biện xong: 15/05/2017

ĐỊNH LƯỢNG PHÁT THẢI KHÍ MÊ-TAN TỪ HOẠT ĐỘNG CHÔN LẤP RÁC THẢI RẮN SINH HOẠT THÀNH PHỐ HÀ NỘI

Thái Thị Thanh Minh, Nguyễn Trung Anh

Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt: Bài báo trình bày phương pháp ước tính mê-tan phát sinh từ chất thải rắn sinh hoạt tại thành phố Hà Nội bằng mô hình FOD (phân hủy bậc 1) do IPCC đề xuất năm 2006. Tải lượng CH_4 phát sinh đến năm 2015 được ước tính từ số liệu phát sinh CTRSH từ năm 2010. Ước tính tải lượng khí CH_4 đến năm 2030 được thực hiện theo hai kịch bản: (KB1) Quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế - xã hội thành phố Hà Nội đến năm 2020, định hướng đến năm 2030 (KB2) Quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế - xã hội thành phố Hà Nội đến năm 2020, định hướng đến năm 2030 và Quy hoạch xử lý chất thải rắn thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến 2050. Kết quả cho thấy lượng khí CH_4 phát sinh từ CTRSH tại thành phố Hà Nội năm 2015 và 2016 lần lượt là 22.011 tấn/năm (tương ứng với 550.275 tấn CO_2 eq/năm) và 24.219 tấn/năm (tương ứng với 605.475 tấn CO_2 eq/năm). Dự báo đến năm 2030, tổng lượng phát thải của khí mê-tan là 60.370 tấn/năm (tương đương 1.507.675 tấn CO_2 eq/năm) theo KB1 và 26.346 (tương đương 658.650 tấn CO_2 eq/năm) theo KB2.

Từ khóa: Phát thải mê-tan, chôn lấp rác, Hà Nội, CO_2 eq (CO_2 tương đương), CRTSH (chất thải rắn sinh hoạt).

1. Mở đầu

Từ năm 2008 đến nay, Hà Nội có sự thay đổi về địa giới hành chính với 12 quận, 17 huyện, 1 thị xã, với dân số ước tính 7 triệu người chưa tính đến lượng dân cư từ các tỉnh đang sống và làm việc tại Hà Nội. Đồng nghĩa với địa bàn hành chính và dân số mở rộng, khối lượng chất thải đã và đang gia tăng nhanh chóng, đặc biệt là rác thải sinh hoạt, ảnh hưởng đến môi trường, gây nguy cơ ô nhiễm, ảnh hưởng đến sức khỏe người dân và khu vực xung quanh. Vì vậy, việc xử lý môi trường dựa trên việc khai thác các lợi thế nguồn nhân lực, điều kiện tự nhiên và xã hội của thành phố, nhằm nâng cao chất lượng sống của người dân, góp phần giảm sự gia tăng phát thải khí nhà kính và nhiệt độ trung bình toàn cầu [5].

Theo số liệu thống kê đầy đủ và chi tiết về khối lượng chất thải rắn trên địa bàn Hà Nội cho thấy, so với các loại chất thải khác, chất thải sinh

hoạt chiếm tỷ trọng lớn, khoảng 6.500 tấn/ngày [6]. Trong khi, hình thức xử lý cho loại rác thải sinh hoạt chủ yếu chôn lấp hợp vệ sinh, sản xuất phân hữu cơ vi sinh, tái chế 10% tại các làng nghề, nhưng chưa tính đến thu gom khí thải có giá trị kinh tế từ loại rác thải này.

Một số công trình nghiên cứu trong nước có đề cập đến việc tính toán phát thải khí mê-tan từ rác thải sinh hoạt như Nguyễn Võ Châu Ngân (2014) [10], Võ Diệp Ngọc Khôi (2014) [9] định lượng khí mê-tan từ rác thải sinh hoạt bằng phương pháp USEPA's LANGEM (1998). Song ưu điểm trong công trình của Võ Diệp Ngọc Khôi (2014)[9] ước lượng được phát thải đến năm 2030 theo hai kịch bản gia tăng dân số và chất thải. Ngoài ra, một số công trình khác có đề cập đến việc thu gom khí mê-tan và chuyển sang phát điện như Phan Thị Anh (2015) [1], Nguyễn Văn Phước (2010) [14]. Đặc biệt, tại một số