

NGUY HIỂM SÓNG THẦN ĐỐI VỚI BỜ BIỂN VÀ HẢI ĐẢO CỦA VIỆT NAM

MAI XUÂN BÁCH¹, CAO ĐÌNH TRỌNG¹, VŨ TRỌNG TÂN²

¹ Viện Vật lý Địa cầu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt,
Q. Cầu Giấy, Hà Nội; ²Liên đoàn Bản đồ Địa chất miền Nam, 200 Lý Chính Thắng, Q.3, Tp. Hồ Chí Minh

Tóm tắt: Một quốc gia có hàng nghìn kilômét bờ biển như Việt Nam thì việc nghiên cứu, đánh giá dự báo nguy hiểm sóng thần là rất cần thiết. Chương trình mô phỏng lan truyền sóng thần trong môi trường nước nông, được phát triển trên cơ sở hàm Green, đã chuyển giao cho phía Việt Nam trong chương trình hợp tác khoa học giữa Việt Nam - Italy giai đoạn 2006-2008 để áp dụng tính mô phỏng lan truyền sóng thần cho Biển Đông Việt Nam. Các chương trình mô phỏng lan truyền và đánh giá nguy hiểm sóng thần đã được áp dụng cho Việt Nam trước đây, là các chương trình đang được sử dụng rộng rãi trên thế giới. Những chương trình này được phát triển từ phương trình Bernoulli chủ yếu được áp dụng cho các vùng biển nước sâu. Trên cơ sở các nguồn tài liệu địa chất, địa vật lý phân tích kết hợp với tài liệu nghiên cứu về động đất và trường ứng suất Coulomb, các tác giả đưa ra 16 đứt gãy sinh chấn trong khu vực nghiên cứu. Động đất M_{max} dự báo có thể xảy ra trong khu vực từ 7,0-8,85 độ Richter, lớn nhất là 8,85 tại đới hút chìm Manila. Với động đất lớn hơn 7,0 có thể gây nguy hiểm sóng thần đối với bờ biển và hải đảo Việt Nam; Nếu động đất, sóng thần xảy ra trên đứt gãy Sông Hồng, Sông Lô, Bắc Hoàng Sa, kinh tuyến 110° và Thuận Hải - Minh Hải gây ra sóng thần cao từ 2-5 m cho một số địa phương ven biển; Nếu động đất với $M = 8,85$ xảy ra tại Manila có thể gây ra sóng thần cao 5-6 m tại khu vực Quảng Ngãi và sóng thần cao 6-7 m ở các quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa của Việt Nam.

I. MỞ ĐẦU

Việt Nam là quốc gia có đường bờ biển kéo dài hàng nghìn kilômét theo chiều dọc đất nước. Dân cư đang sinh sống đông đúc trên nhiều thành phố, thị xã ven biển. Đặc biệt một số khu kinh tế, công trình trọng điểm quốc gia, khu công nghiệp, du lịch và công trình quốc phòng an ninh đang phát triển, xây dựng dọc theo bờ biển. Những nghiên cứu động đất, cảnh báo và xây dựng các kịch bản lan truyền sóng thần đang diễn ra trong nước và hợp tác nghiên cứu với nước ngoài rất cần thiết, phục vụ cho việc quy hoạch, phát triển bền vững kinh tế, xã hội và quốc phòng an ninh trên các địa phương ven biển. Đặc biệt, thông qua các kết quả nghiên cứu được công bố trên thế giới đã gián tiếp khẳng định chủ quyền biển và hải đảo của Việt Nam trong khu vực Biển Đông.

Gần đây nhất, các công trình nghiên cứu về sóng thần của Bùi Công Quế, Vũ Thanh Ca, Trần Thị Mỹ Thành đã đưa ra một số cảnh báo về độ nguy hiểm sóng thần đối với các địa phương ven biển Việt Nam. Các công trình trên hầu hết sử dụng mô hình lan truyền sóng thần MOST được Titov phát triển từ phương trình Bernoulli [3,6, 7, 9-11].

Trong bài báo này, chúng tôi đưa vào áp dụng một phương pháp xây dựng kịch bản mô phỏng lan truyền sóng thần ở Việt Nam. Đó là giải phương trình lan truyền sóng trên cơ sở lý thuyết hàm Green [11], để xây dựng các kịch bản mô phỏng lan truyền sóng thần và đưa ra cảnh báo nguy hiểm sóng thần cho các vùng ven biển và hải đảo của Việt Nam.

Phần mềm mô phỏng lan truyền sóng thần, trên cơ sở hàm Green, được viết trên ngôn ngữ Fortran theo nhiệm vụ hợp tác khoa học và công nghệ Việt Nam - Italy năm 2006-2008 [1]. Đây là chương trình mô phỏng lan truyền sóng thần trong môi trường nước nông phù hợp với độ sâu Biển Đông của Việt Nam.

1. Các đới đứt gãy hoạt động và đới phát sinh động đất trong khu vực Biển Đông

Thông thường các đứt gãy được xác định là đang hoạt động, ít nhất phải có biểu hiện một trong các dấu hiệu sau: 1) Tốc độ dịch chuyển tương đối, hiện đại giữa hai cánh đứt gãy (ngang và thẳng đứng); 2) Nứt - sụt, trượt - lở đất, xói mòn - tích tụ hoặc biến đổi địa hình - địa mạo do nguyên nhân kiến tạo; 3) Hoạt động động đất, núi lửa (trong kỷ Đệ tứ và hiện đại); 4) Hoạt động nước nóng, nước khoáng, phun khí.

Ở Việt Nam, việc xác định đứt gãy hoạt động là một vấn đề khó giải quyết. Vì chúng ta không có đủ tài liệu cũng như thiết bị và công nghệ để đánh giá. Đặc biệt là nghiên cứu đứt gãy hoạt động trong các vùng nước sâu. Để khắc phục khó khăn trên, đồng thời đáp ứng tối đa các điều kiện thực tế ở Biển Đông, một số các dấu hiệu (DH) dưới đây được đưa ra và sử dụng để đánh giá đứt gãy hoạt động trong khu vực Biển Đông và lân cận.

1) Tính địa chấn (DH1): cao khi đứt gãy định hướng gần trùng với dải chấn tâm tâm động đất quan sát, trong đó có chấn tâm các động đất mạnh ($M > 5,5$); trung bình khi các chấn tâm phân bố rải rác hoặc tập trung thành từng nhóm riêng biệt, có vị trí gần trùng với đứt gãy, bao gồm các chấn tâm động đất vừa và mạnh ($4,5 < M < 5,5$); thấp khi chỉ quan sát được động đất yếu ($M < 4,5$) phân bố dọc theo đứt gãy; Không biểu hiện.

2) Biểu hiện phun trào núi lửa thời kỳ Đệ tứ và hiện đại (DH2): rất rõ, rõ, kém và không hoạt động. Các hiện tượng thoát khí ở đáy biển cũng được xếp vào tiêu chí này.

3) Biểu hiện sụt lún kiến tạo trong Đệ tứ (DH3), qua sự thay đổi đột ngột bề dày trầm tích Đệ tứ dọc theo các dải hẹp, dạng tuyến có sự định hướng hoặc gần trùng với đứt gãy: rõ, có biểu hiện và không biểu hiện.

4) Biểu hiện tái hoạt động trong Đệ tứ (DH4), bao gồm các đứt gãy cắt qua trầm tích Đệ tứ tới đáy biển hiện đại; trùng với các dải sụt hạ dạng tuyến trên địa hình đáy biển: rất rõ, rõ và không rõ.

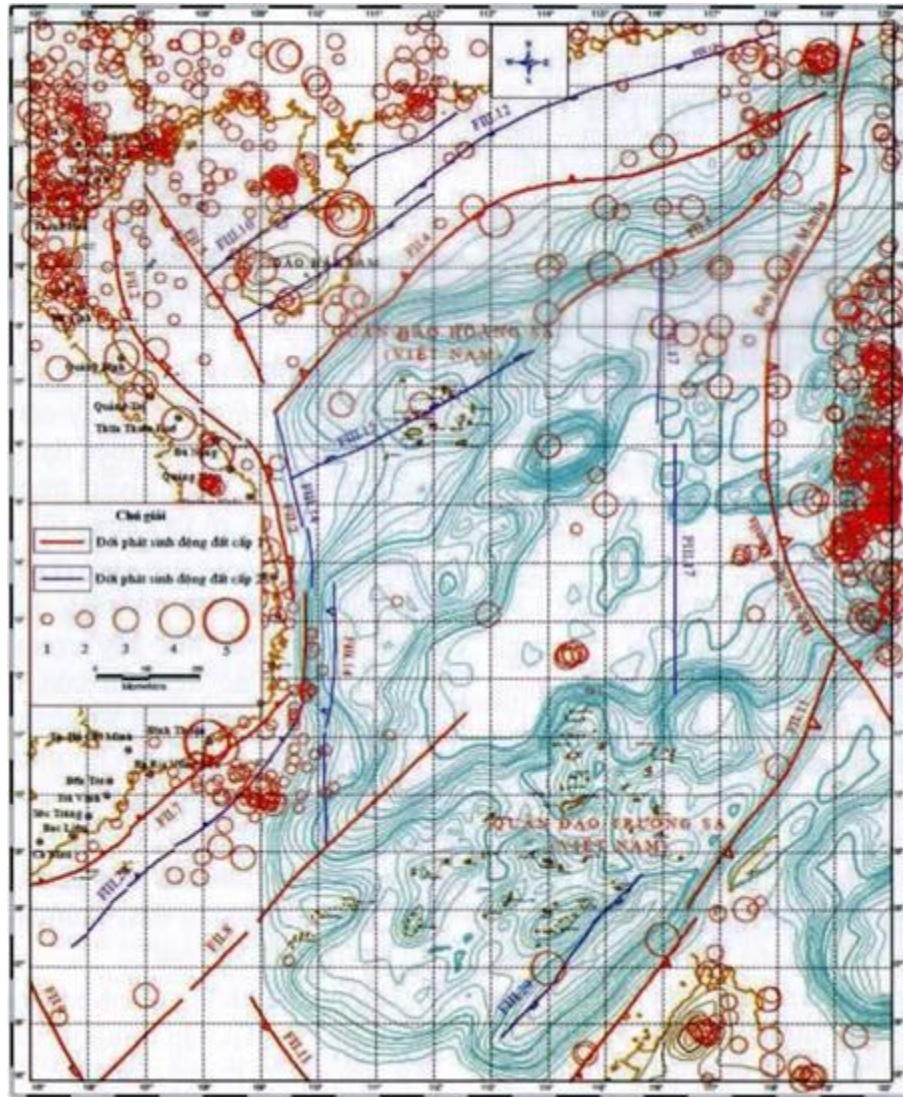
Đối với tiêu chí thứ nhất (DH1) số liệu hiện có khá đầy đủ để đánh giá tính địa chấn đối với các đứt gãy trong khu vực nghiên cứu. Các tiêu chí còn lại chỉ áp dụng hạn chế trong một số vùng thềm lục địa Việt Nam, những nơi có mức độ khảo sát, nghiên cứu khá chi tiết và đầy đủ về địa chất, địa vật lý.

Việc xác định các đứt gãy sinh chấn (đới phát sinh động đất) thường tuân thủ với hai nguyên tắc sau:

- Động đất không mạnh xảy ra mọi nơi trong vỏ Trái đất, tập trung tại các đới đứt gãy sâu phân miền cấu trúc hoặc phân chia các khối, phụ khối cấu trúc trong mỗi miền. Các đứt gãy có lịch sử phát triển lâu dài, có biểu hiện tái hoạt động. Mức độ hoạt động và quy mô đứt gãy quyết định độ lớn của động đất tiềm ẩn trong đứt gãy đó (theo Coppersmith 1994).

- Động đất đã từng xảy ra tại một phân đoạn bất kỳ của đứt gãy, thì cũng có khả năng xảy ra trên các phân đoạn còn lại của đứt gãy đó hoặc trên các đứt gãy khác mà có các đặc điểm địa chấn - kiến tạo tương đồng.

Từ các nguyên tắc nêu trên cùng với kết quả phân tích cơ cấu chấn tiêu, trường ứng suất Coulomb, các tác giả đưa ra sơ đồ đứt gãy sinh chấn (đới phát sinh động đất) cho khu vực nghiên cứu như trên Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ vùng nguồn phát sinh động đất khu vực Biển Đông và lân cận.
 1; $3,0 < M < 4,0$; 2; $4,0 < M < 5,0$; 3; $5,0 < M < 6,0$; 4; $6,0 < M < 7,0$; 5; $M > 7,0$

2. Nguy hiểm sóng thần đối với các vùng ven biển và hải đảo Việt Nam

Sự xáo động của đáy biển tạo nên cột nước và lan truyền theo tất cả các phương. Trong trường hợp mô hình là khối chất lỏng đồng nhất vô hạn trên khắp một nửa không gian đàn hồi, xuất phát từ biểu thức hàm Green (1) tương ứng với một điểm lực theo phương thẳng đứng trên mặt tự do trong trường hợp dịch chuyển của đáy biển theo phương thẳng đứng và điểm lực nằm ngang trong

nửa không gian. Mô hình nguồn đơn giản (nguồn điểm) sau đó được mở rộng ra mô hình nguồn có dạng hình hộp chữ nhật (phù hợp hơn với cơ cấu chấn tiêu) với nửa không gian giới hạn bởi đường biên là đường bờ [5, 8, 13- 15]. Các tác giả áp dụng mô hình này trong tính toán lan truyền sóng thần tại Biên Đông Việt Nam

Với công thức của hàm Green

$$u^q(x, x_0): \nabla p(u^q) + \rho f \omega^2 u^2 = e_q \delta(x - x_0) \quad (1)$$

Trong đó: $p(x, x_0)$ là áp suất; $u(x, x_0)$ là trường dịch chuyển; ρf là mật độ của chất lỏng; e_q là véc tơ đơn vị trong phương q .

Theo công thức thức toàn cầu của Coppersmith, 1994 và công thức của Cao Đình Triều, 2002, tính dự báo M_{max} trên độ dài mỗi đứt đoạn của các đới phát sinh động đất [4, 9], Chúng tôi xác định được động đất cực đại M_{max} có thể xảy ra trên các đới phát sinh động đất được thể hiện ở Bảng 1.

Bảng 1. Động đất mạnh nhất có thể xảy ra dọc các đứt gãy sinh chấn khu vực Biên Đông Việt Nam và lân cận

Ký hiệu	Tên đới đứt gãy	Hướng và góc cắm	Chiều dài (km)	M_{max}
FII.2	Sông Hồng	ĐB (60-70°)	950	7,30
FII.3	Sông Lô	TN (60-70)	650	7,40
FII.4	Bắc Hoàng Sa	TB (75°)	1.200	7,80
FII.5	Phủ Lâm Linh Cầu	TB	600	7,70
FII.7	Thuận Hải - Minh Hải	TB (60°)	690	7,60
FII.8	Nam Côn Sơn - Tư Chính		1.000	7,60
FII.9	Ba Tháp	TN(70-80°)	1.200	7,50
FII.11	Sarawak - Palawan	ĐN (80°)	463	8,35
	Đới hút chìm Manila	Đ (45°)	1.500	8,85
FIII.10	Lôi Châu	TB (60-70°)	500	7,30
FIII.12	Hải Nam	ĐN (60-70°)	1.000	7,70
FIII.14	Kinh tuyến 110°	T	820	7,50
FIII.15	Ôc Tai Voi (Hoàng Sa)	TB	510	7,70
FIII.17	Kinh tuyến 117°		780	7,70
FIII.24	Đông Côn Sơn	TB (50-60°)	600	7,50
FIII.29	Kiều Ngự	ĐN	1.400	7,60

(Ký hiệu: B- Bắc; Đ-Đông; N- Nam; T- Tây; ĐB- Đông Bắc; ĐN- Đông Nam; TB- Tây Bắc; TN- Tây Nam).

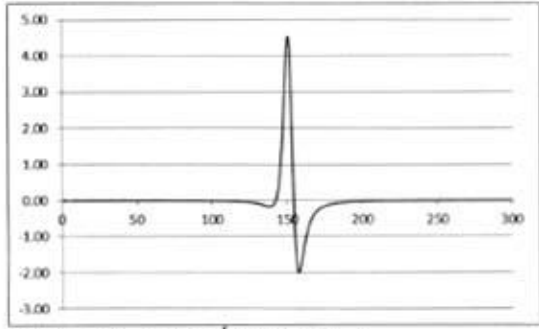
Trong bài báo này, tập thể tác giả tính mô phỏng lan truyền sóng thần từ 8 vị trí nguồn phát sinh động đất với các kịch bản như sau:

Đứt gãy Sông Hồng ($M = 7,3$); Đứt gãy Sông Lô ($M = 7,4$); Đứt gãy Bắc Hoàng Sa ($M = 8,0$); Đứt gãy Kinh tuyến 110° ($M = 7,5$); Đứt gãy Thuận Hải - Minh Hải ($M = 7,5$); Đứt gãy Đông Côn Sơn ($M = 7,5$); Đứt gãy Sarawak-Palawan ($M = 8,35$) và Đới hút chìm Manila ($M = 8,85$). Các nguồn sóng thần là các động đất kịch bản với M_{max} như trên, tại các vị trí sóng đến có độ cao sóng thần và khoảng thời gian mà sóng lan truyền tới dọc các tỉnh, thành phố ven biển và khu vực quần đảo Hoàng Sa, quần đảo Trường Sa được thống kê ở Bảng 2.

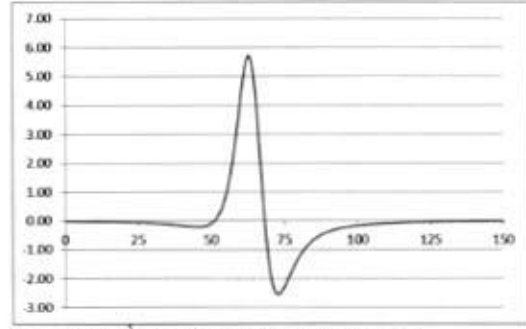
Bảng 2. Độ cao sóng thần lớn nhất và thời gian sóng đến tại các vị trí dọc ven biển và quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa của Việt Nam

Nguồn phát sinh	Động đất M_{max}	Địa điểm quan sát	Khoảng cách (km)	Độ cao sóng thần (m)	Thời gian lan truyền (phút)
-----------------	--------------------	-------------------	------------------	----------------------	-----------------------------

Sông Hồng	7,3	Tỉnh Gia	60	5,61	62
		Quỳnh Lưu	80	4,94	75
		Nghi Lộc	100	3,65	111
		Hoàng Mai	200	4,83	176
Sông Lô	7,4	Cửa Lò	220	5,31	166
		Vũng Áng	200	4,49	150
		Đà Nẵng	800	1,5	115
Bắc Hoàng Sa	8,0				
Kinh tuyến 110°	7,5	QĐ. Hoàng Sa	400	2,0	40
		Khánh Hòa	350	1,1	125
Thuận Hải- Minh Hải	7,5	Vũng Tàu	50	2,7	25
Đông Côn Sơn	7,5	Bình Thuận	150	1,5	97
Sarawak- Palawan	8,35	QĐ. Trường Sa	600	0,5	85
Manila	8,85	Vũng Tàu	1.000	1,4	180
		QĐ. Trường Sa	300	1,8	35
		Quảng Ninh	1.300	3,2	240
		Hải Phòng	1.400	3,3	235
		Nghệ An	1.300	3,4	230
		Quảng Bình	1.200	4,5	190
		Thừa Thiên Huế	1.100	4,5	170
		Đà Nẵng	1.000	4,2	160
		Quảng Ngãi	1.000	5,5	150
		Bình Định	900	5,4	120
		Khánh Hòa	1.000	4,8	120
		Bình Thuận	1.100	4,3	160
		Vũng Tàu	1.200	3,8	200
		Cà Mau	1.500	3,0	260
QĐ. Hoàng Sa	600	6,0	60		
QĐ. Trường Sa	500	7,0	70		

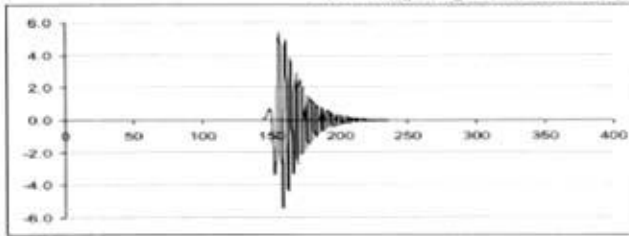


a) Sóng Lô - Vũng Áng (Hà Tĩnh)

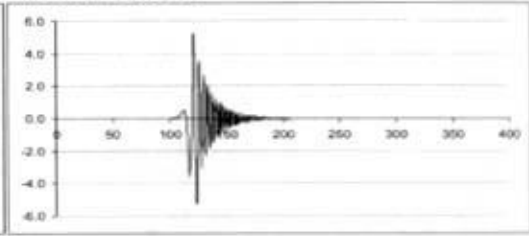


b) Sóng Hồng - Quỳnh Lưu (Nghệ An)

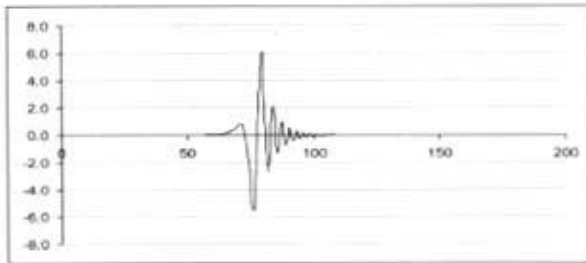
Hình 2. Bảng triểu tổng hợp, mô tả chiều cao và thời gian lan truyền sóng từ nguồn Sông Lô, Sông Hồng đến Vũng Áng, Hà Tĩnh và Quỳnh Lưu, Nghệ An.



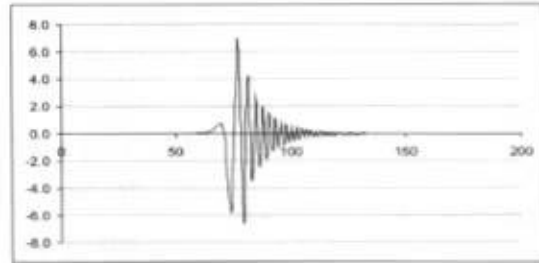
3a: Manila - Quảng Ngãi



3b: Manila - Bình Định



3c: Manila - Hoàng Sa



3d: Manila - Trường Sa

Hình 3. Bảng triểu tổng hợp, mô tả chiều cao và thời gian lan truyền sóng từ nguồn Manila đến Quảng Ngãi, Bình Định, QĐ. Hoàng Sa và QĐ. Trường Sa tương ứng với các Hình 3a, 3b, 3c và 3d.

III. KẾT LUẬN

Biển Đông Việt Nam và lân cận là khu vực có thể xảy ra động đất lớn tiềm ẩn nguy cơ xảy ra sóng thần ở Việt Nam. Đã ghi nhận được động đất $M > 7,0$ xảy ra trong khu vực nghiên cứu như: $M = 7,0$ tại vùng biển Bình Thuận, $M = 7,3$ tại khu vực biên Philippines và $M = 7,5$ tại khu vực Tây Nam đảo Hải Nam, Trung Quốc.

Trên cơ sở phân tích tổng hợp tài liệu nghiên cứu về địa chất, địa vật lý kết hợp với tài liệu nghiên cứu động đất, trong khu vực nghiên cứu có 16 đứt gãy sinh chấn, tức là 16 đới phát sinh động đất gồm: đứt gãy Sông Hồng, Sông Lô, Bắc Hoàng Sa, Phú Lâm - Linh Cầu, Thuận Hải - Minh Hải, Nam Côn Sơn - Tư Chính, Ba Tháp, Sarawak- Palawan, Manila, Lôi Châu, Hải Nam, Kinh tuyến 110° , Hoàng Sa, Kinh tuyến 117° , Đông Côn Sơn và đứt gãy Kiều Ngựa.

Động đất cực đại M_{max} dự báo theo Coppersmith lớn nhất có thể xảy ra trên các đới phát sinh động đất trong khu vực có $M_{max} = 8,85$ thuộc đới hút chìm Manila, $M_{max} = 8,0$ đới Bắc Hoàng Sa và Sarawak- Palawan là $M_{max} = 8,35$.

Mô phỏng lan truyền sóng thần trên cơ sở hàm Green, nguồn phát sinh từ các đới phát sinh động đất đến bờ biển và hải đảo Việt Nam. Với động đất nhỏ hơn 7,0 gần như không có nguy cơ gây ra sóng thần. Động đất lớn hơn 7,0 có nguy cơ gây ra sóng thần cho một số nơi, sóng có thể cao từ 3-7 m, tùy thuộc vào độ lớn động đất và vị trí phát sinh sóng thần (nguồn sóng thần). Đới hút chìm Manila là nguồn sóng thần nguy hiểm đối với Việt Nam. Nếu động đất $M_{max}=8,85$ xảy ra tại đây và gây ra sóng thần thì khu vực Quảng Nam, Quảng Ngãi và Bình Định có thể chịu sóng thần cao 5-6 m, ở quần đảo Hoàng Sa và quần đảo Trường Sa có sóng thần cao 6-7 m. Còn lại các khu vực khác dọc ven biển Việt Nam có thể có sóng thần cao từ 3-5 m. Độ cao sóng thần tính toán được ở đây là phù hợp với các kết quả của các nghiên cứu trước đây bằng các phương pháp khác.

Một số nguồn trong Biển Đông như: Lô Châu, Sông Hồng, Sông Lô, Bắc Hoàng Sa, Kinh tuyến 110° và Thuận Hải - Minh Hải, cũng có nguy cơ gây nguy hiểm sóng thần cho các địa phương ven biển và các hải đảo gần đó.

VĂN LIỆU

1. **Bùi Công Quế và nnk, 2010.** Nghiên cứu đánh giá độ nguy hiểm của động đất và sóng thần ở vùng ven biển và hải đảo Việt Nam và đề xuất các giải pháp phòng tránh, giảm nhẹ hậu quả. *Báo cáo đề tài cấp nhà nước.*

2. **Cao Đình Triều, Fabio R., Mai Xuân Bách, Thái Anh Tuấn, 2008.** Áp dụng phương pháp hàm Green trong nghiên cứu sóng thần ở Việt Nam. *TC Địa chất, A/314: 63-73. Hà Nội.*

1. **Cao Đình Triều, Nguyễn Đức Vinh, 2012.** Phân đoạn đứt gãy trong đánh giá động đất cực đại ở Việt Nam. *TC Địa chất, A/331-332:59-68. Hà Nội.*

2. **Cao Đình Triều, Phạm Huy Long, 2002.** Kiến tạo đứt gãy lãnh thổ Việt Nam. *Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 208 trang.*

3. **Cao Đình Triều, Phạm Huy Long, Đỗ Văn Linh, Lê Văn Dũng, Cao Đình Trọng, 2013.** Địa động lực hiện đại lãnh thổ Việt Nam. *Nxb Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội, 242 trang.*

4. **Cao Đình Triều, Phạm Nam Hưng, 2008.** Đới đứt gãy có nguy cơ phát sinh động đất mạnh khu vực Biển Đông Việt Nam và kế cận. *Tuyển tập báo cáo khoa học: Hội nghị khoa học địa chất biển toàn quốc lần thứ nhất tại Hạ Long. Trang 491-497.*

5. **Cao Đình Triều, Thái Anh Tuấn, Cao Đình Trọng, 2008.** Một số nét đặc trưng về kiến tạo địa chấn khu vực Đông Nam Á. *TC Địa chất, A/306:3-13. Hà Nội.*

6. **IOC-IUGG International Workshop: Tsunami Risk Assessment Beyond 2000. Theory, Practice and Plans, 34-43, Moscow.**

7. **Mai Xuân Bách, Nguyễn Đức Vinh, 2013.** Nguy cơ tiềm ẩn của sóng thần khu vực ven biển Nghệ An- Hà Tĩnh. *TC Khoa học và Công nghệ Biển; 13/3A: 211-216. Hà Nội.*

8. **Nguyễn Hồng Phương, 2004.** Bản đồ nguy hiểm động đất Việt Nam và Biển Đông. *TC Các Khoa học về Trái Đất, 26/2: 97-111. Hà Nội.*

9. **Nguyễn Ngọc Thủy, 2004.** Nghiên cứu khả năng xảy ra sóng thần ở ven biển và hải đảo Việt Nam. *TC Các Khoa học về Trái Đất, 26/4:289-294. Hà Nội.*

10. **Nguyễn Văn Lương & nnk, 2013.** Đặc điểm địa chấn kiến tạo khu vực thềm lục địa Việt Nam và lân cận. *Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học địa chất biển toàn quốc lần thứ hai, Hà Nội- Hạ Long, tr 738-754.*

11. **Yanovskaya T., 1999.** Report about the research within the framework of the SAND group: *Tsunami generation by earthquakes near coastline, ICTP internal report.*

12. Yanovskaya T., 2000. Report about the research within the framework of the SAND group: *Tsunami generation by inland/coastal earthquakes, ICTP internal report.*

13. Yanovskaya T.B., Romanelii F. and Panza G.F., 2003. Tsunami excitation by inland/coastal earthquakes: *the Green function approach. NHESS, 3, 353-365.*