

BIẾN ĐỔI ĐỊA HÌNH KARST KHU DI SẢN VỊNH HẠ LONG - NHỮNG VẤN ĐỀ ĐẶT RA CHO CÔNG TÁC QUẢN LÝ, BẢO TỒN

Nguyễn Hiệu *, Đặng Văn Bào *, Đỗ Trung Hiếu *, Trần Văn Hiến **

1. Mở đầu

Vịnh Hạ Long được UNESCO công nhận là Di sản thiên nhiên thế giới lần thứ 2 vào năm 2000 bởi những giá trị đặc thù về địa chất, địa mạo. Các đảo - núi sót đá vôi trên và dưới mực nước biển tạo nên ở đây các kiểu địa hình karst và hang động nổi tiếng thế giới. Những đảo đá vôi với hình thù độc đáo, như hòn Con Cóc, hòn Gà Trọi, hòn Thiên Nga... hay những hang động nổi tiếng, như hang Đầu Gỗ, Mê Cung, Bò Nâu, Thiên Cung... đã trở thành một hợp phần quan trọng trong quần thể du lịch nổi tiếng của khu di sản. Song, những giá trị tự nhiên đó không phải là vĩnh cửu, chúng luôn biến đổi theo không gian, thời gian, và rõ ràng đang bị biến đổi nhanh hơn bởi những tác động của con người.

Ảnh hưởng tới sự biến động địa hình karst Vịnh Hạ Long bao gồm cả các yếu tố tự nhiên và yếu tố nhân sinh. Đặc trưng về thành phần vật chất, mức độ dập vỡ của đá vôi, tính phân lớp, hướng cắm cùng yếu tố về sóng, dòng chảy, mưa... đang từng ngày tác động và gây ra sự biến đổi địa hình karst nơi đây theo các phương thức khác nhau, như sập đổ trần và nền hang động, đổ lở trên các vách đá vôi, hoặc làm tăng tốc độ ăn mòn do sự gia tăng hàm lượng CO₂ hoà tan trong nước. Ngoài các yếu tố tự nhiên về đặc điểm địa chất, kiến tạo, khí hậu..., các hoạt động nhân sinh, như phát triển du lịch, giao thông vận tải, chất thải, tiếng ồn... đang diễn ra ồ ạt ở đây cũng là những nhân tố góp phần đáng kể vào quá trình biến đổi địa hình karst trong khu vực nghiên cứu.

Nghiên cứu nguy cơ và mức độ biến động khác nhau của địa hình karst khu di sản Vịnh Hạ Long có ý nghĩa hết sức quan trọng, đó vừa là một cách nhìn nhận mới mẻ về những giá trị tự nhiên cần phải bảo tồn, vừa là cơ sở cho việc định hướng công tác quản lý di sản.

2. Địa hình karst - giá trị địa chất, địa mạo của di sản vịnh Hạ Long

Vịnh Hạ Long có một quá trình tiến hoá karst đầy đủ trải qua 20 triệu năm nhờ sự kết hợp đồng thời giữa các yếu tố như tầng đá vôi rất dày, khí hậu nóng ẩm và quá trình nâng kiến tạo chậm chạp trên tổng thể. Quá trình đó đã tạo ra cho vịnh Hạ Long tính đa dạng và những nét đặc trưng của địa hình karst, bao gồm cả địa hình karst trên mặt và địa hình karst ngầm.

Cấu tạo nên các đảo và hệ thống hang động karst vịnh Hạ Long chủ yếu là đá vôi thuộc loạt Carbon - Permian với ba hệ tầng: Cát Bà (C_{1cb}), Bắc Sơn (C - Pbs) và Bãi Cháy (P_{2bc}). Các thành tạo carbonat của hệ tầng Bắc Sơn với độ tinh khiết cao và cấu

*TS, PGS.TS, Khoa Địa lý, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG Hà Nội

**KS, Ban Quản lý Vịnh Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh

tạo dạng khối hoặc phân lớp dày tạo nên các khối núi đá vôi với sườn vách dốc đứng điển hình. Khác với hệ tầng Bắc Sơn, hệ tầng Cát Bà do có lượng tạp chất cao, cấu tạo phân lớp mỏng và dễ bị phá huỷ, phong hoá, đã tạo nên các dải núi thấp và đồi với địa hình mềm mại.

Vịnh Hạ Long chứa đựng nhiều dạng địa hình karst kiểu Phong Tùng, Phong Linh. Địa hình karst kiểu Phong Tùng bao gồm một cụm các đảo đá vôi hình chóp nằm kề nhau có đỉnh cao trên dưới 100m, cao nhất khoảng 200m. Địa hình Karst kiểu Phong Linh được đặc trưng bởi các đỉnh tách rời nhau tạo thành các tháp cao 50-100m, có vách dốc đứng. Cảnh đồng karst ở Vịnh Hạ Long phát triển trong các vùng karst có bề mặt tương đối bằng phẳng và thường xuyên bị ngập nước. Chúng được tạo thành theo nhiều phương thức khác nhau, như do kiến tạo liên quan các hồ sụt địa hào, do sụt trần của các thung lũng sông ngầm và hang động ngầm, do tồn tại các tầng đá không hoà tan như bị xói mòn mạnh mẽ nằm giữa vùng địa hình karst cao hơn vây quanh mà thành....

Các đảo đá vôi trên vịnh Hạ Long đều được thoát nước xuống đất qua hệ thống khe rãnh chằng chịt và qua các đường hang động rộng hơn. Ở đây không có dòng chảy mặt, nước mưa thoát nhanh trực tiếp xuống các khe rãnh hở. Được làm giàu bằng cacbonic nguồn gốc sinh học, nước tiếp tục mở rộng các khe nứt và tạo nên các hang mới nhờ hoà tan đá vôi. Các công trình nghiên cứu địa chất, địa mạo khu vực Vịnh Hạ Long cho thấy, các hang động trong các đảo đá vôi ở đây khá đa dạng, có thể chia ra làm ba nhóm chính, bao gồm: 1) *Nhóm hang ngầm cổ*, phần lớn là những lối thông thoát nước từ những phếu karst cổ, có lối đi dốc và có khoảng chênh cao đáng kể, ví dụ như Hang Sừng Sốt, động Tam Cung, động Lâu Đài, động Thiên Cung và hang Đầu Gỗ; 2) *Nhóm hang nền karst cổ* hình thành khi xâm thực mở rộng ngang tại mức cơ sở, có lối thông gần nh nằm ngang liên quan với các thềm biển bào mòn hoặc tích tụ nằm ngang mức cơ sở, ví dụ như hang Trinh Nữ, hang Bò Nâu; 3) *Nhóm hang hàm ếch biển* hình thành do quá trình hoà tan của nước biển, sóng và thủy triều, theo phản ứng hoá học thông thường: $\text{CO}_2 + \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}^{++} + 2(\text{HCO}_3)$, thường có mái trần nằm ngang tạo ra ở mức nước biển hiện tại và cả trong các kỳ biển tiến dao động trong Holocen, thậm chí cả Pleistocen, ví dụ như một số hang ở khu hồ Ba Hầm gồm tổ hợp 3 hang thông 3 hồ nước mặn với nhau và thông ra biển, hang Luồn ở đảo Bò Hòn...

3. Biến đổi địa hình karst và vấn đề bảo tồn di sản vịnh Hạ Long

Các dạng địa hình karst đã đem lại những giá trị tự nhiên độc đáo cho di sản Vịnh Hạ Long, song chúng cũng đang không ngừng bị cải biến theo thời gian. Sự vận động kiến tạo, các yếu tố khí hậu, hoạt động của dòng triều... đang từng ngày tác động lên những dạng địa hình karst, làm cho chúng bị biến đổi. Tốc độ biến đổi này đang ngày một tăng bởi sự can thiệp của con người và ảnh hưởng của những hoạt động kinh tế đang diễn ra ở ạt trong khu vực. Điều này đồng nghĩa với việc, một vài cảnh quan karst độc đáo sẽ có thể bị phá vỡ và biến mất vĩnh viễn và tất nhiên, cũng sẽ có những dạng địa hình mới xuất hiện. Song, những cảnh quan karst độc đáo vốn có kia là tài sản của cả nhân loại, việc bảo tồn và giữ gìn chúng cho thế hệ mai sau là nhiệm vụ vô cùng quan trọng.

****) Hiện trạng biến động địa hình karst khu di sản Vịnh Hạ Long***

. Các hoạt động đổ lở, nứt tách

Trong quá trình vận động kiến tạo của Trái đất cách đây chừng 20 đến 30 triệu năm đó làm cho các khối đá vôi nứt vỡ, tạo thành những khe nứt khổng lồ, ẩn chứa trong từng khối đá vôi những vết rạn nứt, lại cộng thêm tác động của mưa gió nên quá trình bào mòn đá vôi xảy ra càng nhanh. Bản chất đá vôi dễ bị ăn mòn, giòn, dễ gãy, đặc biệt dễ bị ăn mòn bởi nước mưa. Việc những hòm đá vôi nằm đơn độc trên nước sau một thời gian bị sóng, mưa bào mòn làm đứt gãy đổ sập là chuyện rất dễ xảy ra.

Hàng trăm các đảo đá trong vịnh tạo nên những cảnh quan nổi tiếng và ngoạn mục nhất là những hòn tháp đứng riêng biệt trong cảnh quan kiểu các núi đá vôi dạng tháp với các đồng bằng karst xen giữa đã bị biến làm chìm ngập. Phần lớn các đảo hình tháp có độ cao từ 50 - 100m, tỷ lệ độ cao/rộng khoảng 6. Các sườn đảo hình tháp thường là thẳng đứng và tiếp tục bị dốc hơn do các vách đá vôi lớn bị đổ sập.

Vào năm 1997, tại đảo Bồng, một phiến đá vôi lớn đã rớt xuống tạo nên một đảo tháp đá nhỏ vách thẳng đứng, mặt trượt chính nằm trên các khe nứt thẳng đứng, một phần của khe nứt mở thành hang, sau đó dần dần lại bị lớp nhũ đá lớn che lấp.

Dọc các tuyến khảo sát trên vịnh được tiến hành vào đầu năm 2008, có thể quan sát thấy rất rõ những đảo đá bị trượt mất đi cả một vách lớn dài rộng hàng trăm mét vuông và vết tích để lại là những mảng đỏ màu gỉ sắt, màu trắng đục tựa như những vết rỗng cào khổng lồ. Ở khu vực đảo Hàng Trai phía tây nam khu di sản, mới đây có hòn đảo đã bị tách làm đôi, tạo thành một khe nứt rộng hàng mét chạy từ trên đỉnh xuống chân. Trên các vách núi đá vôi, đặc biệt ở khu vực trung tâm của khu di sản, rất nhiều cá tảng hay khối đá vôi có nguy cơ bị tách trượt theo mặt lớp hoặc bị đổ sập ở phía sườn đối diện - sườn ngược với hướng cắm của mặt lớp đá vôi.

. Hiện tượng sập đổ trần và nền hang động

Hang động karst là một nét đặc trưng của địa hình karst khu di sản vịnh Hạ Long với nhiều hang động đẹp nổi tiếng và có giá trị du lịch, như hang Thiên Cung, Mê Cung, Cung Đình... Song hiện nay, một số hang, trong đó đặc biệt là hang Sừng Sốt - một hang lớn và đẹp nổi tiếng - đang phải đối mặt với những nguy cơ về hiện tượng sập đổ trong hang.

Khảo sát hang Sừng Sốt có thể quan sát thấy dấu vết sập đổ trần hang trong quá khứ ngay tại cửa hang. Đã xuất hiện những vết nứt thứ sinh chạy dọc theo một vài khối nhũ lớn. Vốn là một hang ngầm cổ, có độ chênh cao hàng chục mét, nên hiện tại vẫn có dòng chảy hoạt động vào mùa mưa, làm xói mòn dần các lớp vật liệu taravectanin cấu tạo nền hang. Các vật liệu sập đổ từ vách hang làm tăng tải trọng lên phía trên nền hang, thêm vào đó là hoạt động thăm quan của khách du lịch, đã làm tăng cường tình trạng sập đổ nền hang.

. Hoạt động mài mòn

Vịnh Hạ Long là nơi chế độ nhật triều với biên độ lớn thuộc vào loại điển hình trên thế giới, có hoàn lưu nước khá mạnh, không phải chủ yếu do sóng, mà do hoạt động của dòng triều. Hoạt động ăn mòn hoá học tại phần chân các bờ đảo đá vôi trong

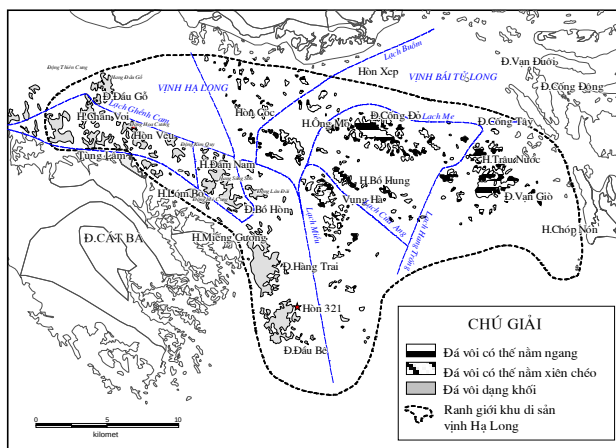
vịnh rất phát triển trong môi trường nước biển kiềm đã tạo nên các ngấn hàm ếch sâu rộng. Các ngấn nước hiện tại được phát triển kế thừa trên các ngấn biển cổ được thành tạo trong thời kỳ biển tiến Flandrian, làm cho chúng trở nên sâu hơn, kỳ bí và chứa đựng nhiều nguy cơ phá hủy mất những giá trị độc đáo của địa hình karst trên vịnh. Các kết quả đo đạc tại 18 điểm khác nhau trong vịnh cho thấy, độ sâu trung bình của các ngấn nước vào khoảng 1,91m, một số hòn đảo khu vực Động Lâu Đài, Hòn Vều, Động Kim Quy hiện đã bị ăn mòn khá sâu, có nơi ăn sâu vào tới hơn 3m.

Bảng 1. Độ sâu của các ngấn nước (m) tại một số điểm trong khu di sản vịnh Hạ Long

STT	Tên	Tọa độ	Độ sâu	Độ cao triều	Giờ đo	Ngày đo
1	Động Lâu Đài	20°50'12", 107°07'02"	2,42	2,35	12h25	10/1/2008
2	Đối diện động Lâu Đài	20°52'54", 107°02'18"	1,25	2,45	12h35	nt
3	Hòn Vều	20°52'54", 107°02'18"	3,30	2,75	12h40	
4	Vụng Ba Cửa	20°52'53", 106°59'20"	1,48	2,45	9h50	11/1/2008
5	Cửa động Thiên Cung	20°54'46", 107°01'04"	2,06	2,57	10h32	nt
6	Trước cửa động Kim Quy	20°51'57", 107°04'00"	3,15	1,88	11h07	nt
7	Cửa động Hoa Cương	20°52'54", 107°02'18"	0,95	1,96	13h50	nt
8	Hòn đđ Hòn Xếp (ko tên)	730651, 2307809	0,56	1,45	11h25	13/1/08
9	Cổng Đỏ	0730115, 2308984	1,86	2,05	10h24	14/1/08
10	Hòn Vụng Hà	0727559, 2306053	1,58	1,95	11h15	nt
11	Hồ Ba Hầm	721846, 2296322	2,18	2,34	14h58	nt
12	Hòn Con Cóc	718817, 2302003	2,54	1,85	15h30	nt
13	Trước cửa động Mê Cung	716926, 2305287	0,87	2,15	16h42	nt
14	Trước cửa hang Sừng Sốt	717573, 2306322	1,85	2,96	16h55	nt
15	Hòn Xếp	736500, 2307888	0.95	2,1	8h45	9.1
16	Hòn 321	724147, 2297417	3.95	1,8	10h15	8.1
17	Hòn Thiên Nga	738018, 2313431	2.3	2,1	11h26	9.1
18	Đảo Chân Voi	20°52'38", 107°00'45"	1.2	2,5	9h10	6.1
	Giá trị TB		1.91	2.2		

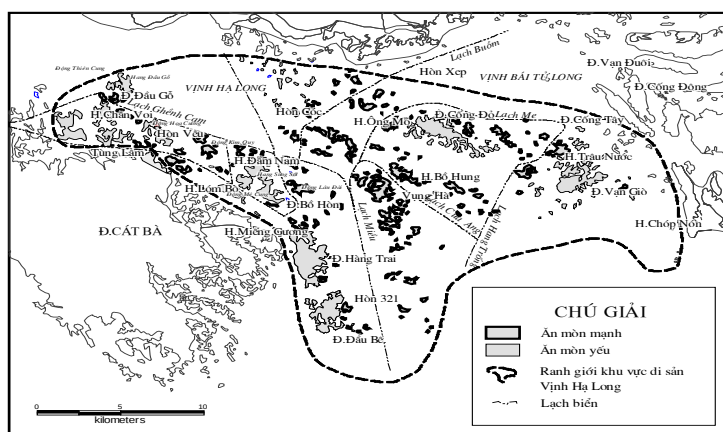
****) Biến đổi địa hình karst khu di sản vịnh Hạ Long và công tác quản lý, bảo tồn***

Nhằm cảnh báo những nguy cơ biến đổi địa hình karst trong khu di sản để có những biện pháp và kế hoạch kịp thời cho việc quản lý và bảo tồn, mức độ ổn định của các sườn đá vôi trong khu di sản được đánh giá thông qua mối tương tác giữa các nhân tố ảnh hưởng chính, bao gồm điều kiện thạch học, tính phân lớp của đá vôi (*hình 1*), mức độ ăn mòn và các yếu tố về dòng triều và sóng (bao gồm sóng tự nhiên và sóng được tạo bởi hoạt động giao thông trên biển).



Hình 1. Sơ đồ thể nằm đá vôi trong khu vực di sản vịnh Hạ Long

Các đảo được cấu tạo bởi đá vôi dạng khối hoặc có phân lớp dày của hệ tầng Bắc Sơn có độ ổn định cao hơn do giảm bớt được khả năng đào khoét gây sập đổ của sóng và dòng chảy. Thế nằm của các lớp đá vôi cũng ảnh hưởng rất lớn đến độ ổn định của sườn. Đá vôi phân lớp có tính ổn định kém hơn đá vôi dạng khối, song nó lại ổn định hơn các đá vôi có phân lớp xiên chéo. Ở các đảo cấu tạo bởi đá vôi phân lớp xiên chéo trong vịnh, hiện tượng tách trượt ở phía sườn trùng với hướng của mặt lớp và hiện tượng sập đổ ở phía sườn ngược hướng xảy ra phổ biến.



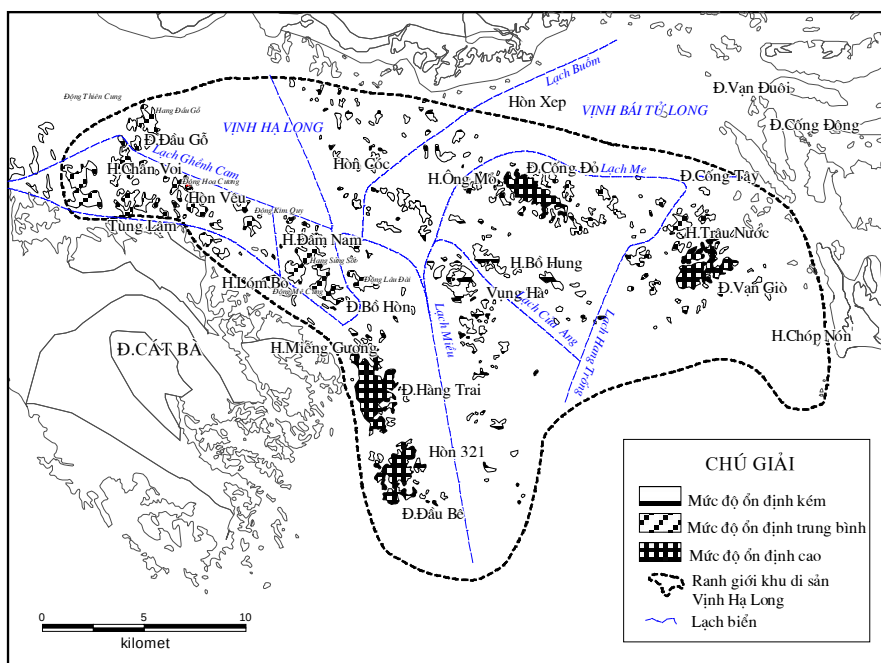
Hình 2. Sơ đồ thể hiện mức độ ăn mòn ngắn biển khu vực di sản vịnh Hạ Long

Những khu vực đá có thể nằm ngang, với kiểu phân lớp dày (khu vực Hòn Xếp thuộc quần đảo Cống Đông, Cống Đầm) nên địa hình có độ ổn định tương đối cao. Còn đối với những khu vực đá vôi có dạng phân lớp nằm xiên chéo thường có mức ổn định địa hình không cao ví dụ như ở khu vực Vung Hà.

Kết quả tính toán mức độ ăn mòn và tỷ lệ so với diện tích của các đảo cho thấy nguy cơ sập đổ tiềm ẩn đối với các đảo đá vôi có diện tích nhỏ (*hình 2*). Mặt khác, mức độ ăn mòn của các đảo còn được phân tích, đánh giá thông qua mức độ chịu tác động của dòng triều và sóng.

Do vịnh Hạ Long là một vịnh kín nên các khu vực đảo bên trong ít chịu tác động mạnh của sóng biển. Nơi chịu ảnh hưởng mạnh nhất của sóng biển thuộc khu vực di sản đó chính là khu vực đảo Hàng Trai, đảo Đầu Bê, Vụng Hà. Bên cạnh đó, sóng trong vịnh còn được hình thành bởi tàu thuyền chạy dọc theo các tuyến du lịch trên khu di sản hoặc các tuyến giao thông. Sóng do tàu thuyền tạo ra tuy không lớn nhưng lại có tần suất cao do mật độ tàu thuyền đi lại đông. Đây không chỉ là nhân tố các tác động tới môi trường nước biển do xả thải bừa bãi mà còn có tác động không nhỏ tới việc ăn mòn và phá hủy phần chân các đảo đá vôi. Lạch Miều là một trong những tuyến du lịch và giao thông chính trong khu di sản vịnh Hạ Long, theo tuyến này có thể rẽ sang lạch Cửa Áng, lạch Me, lạch Buồm, lạch ghềnh Cam. Do lưu lượng tàu thuyền du lịch, vận tải qua khu vực này khá lớn nên xét về động lực, dọc theo tuyến này tần suất sóng biển là lớn hơn các khu vực khác trong khu di sản.

Từ kết quả phân tích, đánh giá tổng hợp các nhân tố ảnh hưởng, bước đầu có thể phân chia ra các khu vực địa hình karst có mức độ ổn định khác nhau trong khu di sản Vịnh Hạ Long, bao gồm khu vực có mức độ ổn định kém chủ yếu ở khu vực trung tâm, có độ ổn định trung bình ở phía tây bắc và ổn định cao ở phía đông và phía tây nam (*hình 3*).



Hình 3. Sơ đồ phân cấp mức độ ổn định của địa hình đá vôi khu di sản vịnh Hạ Long

Khu vực mức ổn định cao nhất đó là vùng đảo Cống Đông, Cống Đàm, Cống Đỏ, Vạn Giò. Bởi vì các khu vực này hầu hết đá vôi đều có thể nằm dạng phân lớp nằm ngang nên mức độ ổn định của sườn đảo khá cao. Các đảo ở khu vực này chỉ bị sập đổ sườn vách khi chân đảo bị ăn mòn rất sâu, hoặc có những biến chất đủ mạnh tạo ra những khe nứt lớn.

Một khu vực có cấu trúc đá dạng khối tương chừng như rất bền vững, song lại có bề mặt sườn kém ổn định đó là khu vực đảo Đầu Bê và Hang Trai. Do tại đây mức độ dập vỡ của các khối đá rất lớn bởi những biến động địa chất, làm cho các khối đảo nứt tách thành những mảng lớn, rất nguy hiểm cho tàu bè và các hoạt động du lịch tại khu vực này. Còn lại các khu vực có cấu trúc đá dạng khối khác như hòn Chân Voi, đảo Đầu Gỗ, hòn Vêu đều có mức ổn định sườn khá cao do mức độ liên khối lớn, bề mặt sườn hầu như không bị dập vỡ nhiều.

Riêng khu vực Vụng Hà, hòn Bò Hung là khu vực mà hầu hết đá vôi đều có thể nằm xiên chéo theo hướng Đông Bắc - Tây Nam. Do vậy, khi chân các khối đảo bị ăn mòn sâu sẽ làm cho mức độ ổn định sườn giảm đi rất nhiều, dễ xảy ra trượt các lớp đá vôi. Mặt khác, hầu hết các đảo khu vực này đều là đảo nhỏ, mức độ liên khối không cao nên mức độ ổn định sườn ở đây là thấp nhất. Đặc biệt, ở khu vực này có hòn Con Cóc là một trong những hòn đảo không chỉ có giá trị về địa chất địa mạo mà nó còn có ý nghĩa và giá trị rất lớn về cảnh quan. Với cấu trúc đá nằm xiên chéo, diện tích đảo không lớn mà hiện tại phần chân đảo đang bị ăn mòn khá nhiều (chiều sâu ngắn khoảng 2,54 m), nếu không có công tác gia cố bảo vệ kịp thời, hòn đảo có ý nghĩa như một trong những biểu tượng của di sản vịnh Hạ Long này có thể bị sập đổ bất cứ lúc nào.

Một vấn đề cũng đang trở nên cấp thiết hiện nay trong công tác khai thác, quản lý và bảo tồn di sản vịnh Hạ Long là việc khai thác quá mức hệ thống các hang động cổ cho du lịch. Một số hang như hang Sừng Sốt, động Mê Cung đang xảy ra hiện tượng sụt lún nền hang do hoạt động rửa lửa của các dòng nước karst ngầm. Mặt khác các nền hang bị sụt lún có khi lại rất gần các tuyến đường mà khách du lịch đi lại thăm quan trong hang. Nếu số lượng người đi lại quá đông rất có thể dẫn đến sập đổ nền hang, kéo theo sự sập đổ của các trụ đá và các khối đá đã bị sập đổ từ trước hết sức nguy hiểm.

4. Kết luận

Vịnh Hạ Long, ngoài giá trị cảnh quan tự nhiên, còn có giá trị nổi bật về địa chất - địa mạo. Đó là giá trị khoa học về địa chất khu vực, địa chất Đệ tứ, địa chất biển, địa mạo karst. Hiện trạng biến động của địa hình karst đang đặt ra cho các nhà quản lý nhiều vấn đề quan tâm, đó là hiện tượng đổ lở, nứt tách của các sườn vách đá vôi, hiện tượng ăn mòn chân các núi đá vôi hay sự sập đổ trần và nền các hang động. Các hiện tượng này đang có xu thế diễn ra nhanh hơn bởi những tác động của các hoạt động kinh tế đang diễn ra bên trong và xung quanh khu di sản. Điều này đe dọa nghiêm trọng đến giá trị cảnh quan cũng như giá trị địa chất - địa mạo của khu di sản vịnh Hạ Long. Đặc biệt, những thành tạo địa hình karst có giá trị như biểu tượng của di sản vịnh Hạ Long như hòn Con Cóc, hòn Gà Chọi,... đang rất mong manh trước những biến đổi theo thời gian và có nguy cơ bị sập đổ, biến mất mãi mãi. Việc đánh giá và phân chia các khu vực có mức độ ổn định khác nhau của địa hình karst là cơ sở quan trọng, có tính chất định hướng cho công tác quản lý, bảo tồn những giá trị tự nhiên của khu di sản.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Tony Waltham, Trần Đức Thạnh, *Giá trị nổi bật về địa chất Vịnh Hạ Long*, tài liệu lưu trữ của Ban quản lý Vịnh Hạ Long.
- [2] Nguyễn Văn Hào và Hà Hữu Nga, 2002, *Hạ Long thời tiền sử*, Ban quản lý Vịnh Hạ Long xuất bản, Hạ Long 2002.
- [3] Trần Đức Thạnh, 1999, *Lịch sử địa chất Vịnh Hạ Long*, Ban quản lý Vịnh Hạ Long xuất bản, Hạ Long 1999.
- [4] Tony Waltham, *Karst đá vôi Vịnh Hạ Long*, Báo cáo nghiên cứu về địa mạo Di sản thế giới Vịnh Hạ Long.