

NGHIÊN CỨU ĐỘNG HỌC QUÁ TRÌNH THÀNH TẠO NHŨ ĐÁ VÀ SỰ BIẾN ĐỔI MÔI TRƯỜNG KHÍ HẬU TRONG LÒNG HANG ĐỘNG VƯỜN QUỐC GIA PHONG NHA - KÊ BÀNG

TS. TRẦN NGỌC, TS. BÙI KHẮC SƠN, ThS. ĐẬU THANH HOÀI
Trường Đại học Quảng Bình

1. Đặt vấn đề

Các kết quả nghiên cứu về môi trường, khí hậu hang động đều cho thấy: môi trường vi khí hậu trong lòng các hang động có sự trao đổi mạnh mẽ với môi trường khí hậu bên ngoài. Mọi biến đổi khí hậu hay môi trường bên ngoài đều có tác động đáng kể đến môi trường cũng như diện mạo và thành tạo các nhũ đá bên trong lòng hang. Ngoài ra, các biến đổi của điều kiện vi khí hậu lòng hang đều làm xuất hiện các tác động tiêu cực đến hệ sinh thái, cảnh quan, mỹ quan của hang [3,4].

Xét về góc độ sinh - hóa thì nếu khí hậu trong vùng (khí hậu bề mặt) ấm lên và ẩm ướt hơn, quá trình phong thủy hóa các kim loại khỏi đá gốc sẽ được đẩy mạnh, điều đó sẽ dẫn đến sự tăng hàm lượng vết kim loại trong thạch nhũ. Cơ chế của quá trình này như sau: Khi khí hậu ấm lên và ẩm ướt sẽ làm tăng tốc độ quá trình phân hủy chất hữu cơ trong đất cũng như trong nước ngầm dẫn đến sự tăng áp suất riêng phần của khí CO_2 (pCO_2) giữa các khe đất và giảm độ pH trong dung dịch đất. Thêm vào đó, khi quá trình phân hủy chất hữu cơ được đẩy mạnh, hàm lượng O_2 trong đất sẽ giảm thấp, dẫn đến giảm thế ôxi hóa khử, tạo điều kiện giải phóng các kim loại nặng khỏi pha kết tủa vào pha hòa tan. Chế độ thủy văn của các tầng nước ngầm cũng hoạt động mạnh hơn tạo ra các dòng chảy đến vị trí thành tạo nhũ đá. Do đó nhiều kim loại nặng đã chuyển trạng thái từ kết tủa trong đất đá sang hòa tan sẽ được vận chuyển bởi dòng nước ngầm này và cuối cùng bị giữ lại trong cấu trúc thạch nhũ trong quá trình hình thành của chúng [6, 7].

Bài viết này sẽ trình bày các kết quả nghiên cứu sự biến đổi khí hậu và môi trường vùng Vườn Quốc gia (VQG) Phong Nha - Kẻ Bàng nói

chung, vi khí hậu và môi trường các hang động đã, đang và sẽ đưa vào khai thác du lịch nói riêng thông qua việc phân tích các kết quả quan trắc cùng với các kết quả phân tích động học của quá trình thành tạo các nhũ đá, với mục đích làm cơ sở khoa học để đề xuất các giải pháp cho phát triển du lịch bền vững.

2. Kết quả và thảo luận

2.1. Đặc điểm khí hậu vùng Phong Nha - Kẻ Bàng

Khu Di sản Thiên nhiên thế giới VQG Phong Nha - Kẻ Bàng nằm về phía tây bắc tỉnh Quảng Bình, dọc biên giới Việt - Lào có tọa độ địa lý: $17^\circ 20'$ - $17^\circ 48'$ vĩ độ Bắc, $105^\circ 46'$ - $106^\circ 24'$ kinh độ Đông với chiều dài biên giới khoảng 50km. Chiều dọc, nơi dài nhất là 70km từ đèo Mụ Giạ đến núi U Bò theo hướng Tây Bắc - Đông Nam. Chiều ngang, nơi rộng nhất là 31km từ Tây Gát, xã Xuân Trạch (huyện Bố Trạch) đến biên giới Việt - Lào theo hướng Đông Bắc - Tây Nam [1, 2].

Nếu xét về góc độ địa khí hậu, khu vực Bắc Trung Bộ của Việt Nam trở ra và vùng Đông Nam Trung Quốc đều chịu sự chi phối của điều kiện thời tiết khí hậu gió mùa Đông Á. Tuy nhiên trên thực tế, khí hậu của tỉnh Quảng Bình nói chung và vùng VQG Phong Nha - Kẻ Bàng lại mang đặc trưng của khí hậu nhiệt đới gió mùa, nóng và ẩm hơn [6,7].

Do địa hình rừng núi đá hiểm trở, vì vậy đến nay chúng ta vẫn chưa có trạm khí tượng riêng cho khu vực VQG này, tuy nhiên các số liệu quan trắc và các kết quả phân tích trên 50 năm về các yếu tố khí hậu từ các trạm khí tượng chung quanh như trạm khí tượng Tuyên Hóa, Ba Đồn và Đồng Hới có thể áp dụng cho các điều kiện khí hậu của khu vực VQG, chi tiết ở bảng 1.

Bảng 1. Một số yếu tố khí hậu thu thập tại các trạm khí tượng xung quanh VQG [2]

Tọa độ trạm	Tuyên Hóa	Ba Đồn	Đồng Hới
Vĩ độ Bắc	17°50'	17°45'	17°28'
Kinh độ Đông	106°08'	106°25'	106°37'
Độ cao trên mực nước biển	25m	8m	7m
Yếu tố khí hậu			
Nhiệt độ trung bình năm	23,8°C	24,3°C	24,6°C
Nhiệt độ cực tiểu	5,9°C tháng 1	7,6°C tháng 12	7,7°C tháng 1
Nhiệt độ cực đại	40,1°C	40,1°C	42,2°C
Tổng lượng mưa năm	2.266,5mm	1.932,4mm	2.159,4mm
Số ngày mưa trong năm	159 ngày	130 ngày	135 ngày
Lượng mưa ngày lớn nhất	403mm	414mm	415mm
Số ngày mưa phùn	18 (tháng 1,2,3)	9,3 (tháng 11)	17 (tháng 12)
Độ ẩm không khí trung bình	84%	84%	83%
Độ ẩm tối thấp trung bình	66%	67%	68%
Số ngày có sương mù	47 (tháng 7,8,9)	20 (tháng 9,10)	13,8 (tháng 9,10)
Lượng bốc hơi trong năm	1.031mm	1.035mm	1.222mm

Ta có thể phân tích chi tiết các yếu tố khí hậu cho khu vực VQG như sau:

Chế độ nhiệt: Nhiệt độ bình quân hàng năm biến động từ 23 đến 25°C. Là một vùng núi đá vôi rộng lớn nên biên độ dao động nhiệt giữa ngày và đêm rất lớn, thường 8 đến 9°C, kể cả mùa đông (đặc biệt vào những ngày hè nóng bức, biên độ nhiệt có thể trên 10°C). Nhiệt độ bình quân giữa các tháng dao động khá lớn, cực đại vào tháng 7 (trên 29°C), cực tiểu vào tháng 1 (17°C). Nhiệt độ cao nhất tuyệt đối là 41,6°C (tháng 5/1992), nhiệt độ thấp nhất tuyệt đối là 5,5°C



Đoàn nghiên cứu tại hang động của VQG Phong Nha - Kẻ Bàng
Ảnh: T.N

(tháng 11/1993) theo số liệu quan trắc trên 50 năm qua. Thời tiết lạnh nhất trong năm vào các tháng 12, 1, 2. Thời tiết nóng nhất trong năm

vào các tháng 6, 7, 8, có nhiệt độ trung bình cao trên 28°C.

Chế độ mưa ẩm: VQG nằm trong vùng có lượng mưa lớn, bình quân từ 2.000 đến 2.500mm/năm. Ở khu vực núi giáp biên giới Việt - Lào, lượng mưa còn lên tới 3.000mm/năm (Minh Hóa). Ba tháng mưa lớn nhất là các tháng 9, 10 và 11. Tổng lượng mưa trong mùa mưa (từ tháng 5 đến tháng 12) rất cao, chiếm tới 88% tổng lượng mưa năm. Mưa tập trung với cường độ lớn, có ngày lượng mưa đạt 415mm. Số ngày mưa vùng ven biển chỉ có 135 ngày, ở miền núi số ngày mưa tăng lên hơn 160 ngày. Tần suất xuất hiện những trận mưa to chiếm khoảng 20%, tập trung vào tháng 9 và 10, vì vậy hiện tượng xói mòn và lũ lớn thường xảy ra vào thời gian này. Diễn tiến mưa hàng năm có thể phân thành hai đợt chính vào tháng 10 (500-600mm) là mùa mưa chính và vào tháng 5 hoặc tháng 6 (trên 100mm); lượng mưa cực tiểu vào tháng 2 và tháng 3 (30-40mm). Ngoài ra, các tháng mùa khô tuy có lượng mưa thấp về trị số, nhưng số ngày mưa bình quân tháng tối thiểu là 10 ngày (mưa tiểu mãn).

Lượng nước bốc hơi khá cao, biến động từ 1.000 đến 1.300mm/năm. Lượng bốc hơi lớn nhất vào các tháng 5, 6, 7, 8 do ảnh hưởng của gió Lào khô nóng. Độ ẩm không khí ở mức trung bình (83-84%). Mùa khô có độ ẩm thấp hơn nhiều, chỉ còn ở mức 66-68%, cá biệt có ngày xuống tới 28%, đây là những ngày gió Lào thổi mạnh.

Chế độ gió: Chế độ gió vùng VQG có thể phân thành hai mùa gió chính là mùa đông và mùa hè. Mùa đông bắt đầu từ tháng 11 đến tháng 1 năm sau, chủ yếu là hướng gió đông bắc xen giữa các đợt gió này là những ngày gió đông hoặc đông nam. Mùa hè bắt đầu từ tháng 5 đến tháng 8, do yếu tố địa hình nên các ngọn núi cao ngăn chặn hướng gió tây nam và đổi hướng thành gió tây bắc và khô. Hàng năm có trên 50 ngày có giông và 1 đến 2 cơn bão đi qua hoặc ảnh hưởng đến khu vực với tốc độ gió trên cấp 8.

Như vậy, đặc trưng của chế độ khí hậu của VQG Phong Nha - Kẻ Bàng vẫn mang những mặt chung nhất của khí hậu Quảng Bình là khí hậu nhiệt đới gió mùa, có mùa hè khô nóng và mưa

đến muộn (thu đông), chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của bão và front lạnh phía bắc. Nói cách khác là chịu ảnh hưởng của hai đối gió mùa Đông Á và Đông Nam Á.

2.2. Đặc điểm khí hậu, môi trường hang động vùng Phong Nha – Kẻ Bàng

Các kết quả quan trắc các thông số về khí hậu và môi trường trong, ngoài các hang động vùng VQG Phong Nha – Kẻ Bàng, bao gồm: nhiệt độ, độ ẩm tương đối, áp suất, cường độ ánh sáng, tốc độ gió/dòng khí, sinh thái lòng hang và kết quả phân tích các chỉ tiêu về khí và chất lượng nước cho ở các bảng 2a,b, 3, 4.

Bảng 2a: Các chỉ tiêu khí hậu (tháng 7/2014)

	Hang Phong Nha			
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang	Ngoài hang
Nhiệt độ (T°C)	25.3	25.3	24.5	27.5 ^o
Độ ẩm (%)	97.6	101	102	94,8%
Vận tốc gió (m/s)	0,2	0	0 đến 0.1	0,4-1,8
Áp suất (atm)	1	1	1	1
Cường độ sáng (Lux)	46	1	0	9.300
	Hang Thiên Đường			
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang	Ngoài hang
Nhiệt độ (T°C)	22	20.5	20.3	24.5 ^o
Độ ẩm (%)	85.2	96.4	103	96,8%
Vận tốc gió (m/s)	0.1-0.2	0	0.4	0,6-1,5
Áp suất (atm)	1	1	1	0,99
Cường độ sáng (Lux)	244	1	0	7.200
	Hang Va			
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang	Ngoài hang
Nhiệt độ (T°C)	22	22.4	22.4	24.1 ^o
Độ ẩm (%)	92	96	98.2	91,1%
Vận tốc gió (m/s)	0,1	0	0	0,3-1,1
Áp suất (atm)	1	1	0,98	1
Cường độ sáng (Lux)	5	0	0	8.500
	Hang Tiên Sơn			
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang	Ngoài hang
Nhiệt độ (T°C)	25.1	23.7	21.9	25.1 ^o
Độ ẩm (%)	84.6	88.3	96.3	96,1%
Vận tốc gió (m/s)	0.1	0	0	0,5-1,9
Áp suất (atm)	1	1	1	1
Cường độ sáng (Lux)	88	2	0	9.800

Ta có thể phân tích các kết quả trên như sau:

Các chỉ tiêu về khí hậu: Nhiệt độ của nước và không khí bên trong các hang tương đương nhau, không chênh lệch nhau nhiều lắm (nhiệt độ trung bình tháng 7 mùa hè dao động ở 25-26^oC, tháng 12 mùa đông thấp nhất dao động trong khoảng 11-12^oC). So với cửa hang thì càng đi sâu trong lòng hang thì nhiệt độ giảm. Với tất cả các hang, nhiệt độ trong hang thấp hơn nhiệt độ ngoài

Bảng 2b: Các chỉ tiêu khí hậu (tháng 12/2014)

	Hang Phong Nha			
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang	Ngoài hang
Nhiệt độ (T°C)	13,2	12,1	11,8	14.5 ^o
Độ ẩm (%)	96.6	100	100	93,8%
Vận tốc gió (m/s)	0,2	0,2	0 đến 0.3	0,4-2,0
Áp suất (atm)	1	1	1	1
Cường độ sáng (Lux)	34	0,8	0	7.800
	Hang Thiên Đường			
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang	Ngoài hang
Nhiệt độ (T°C)	12,5	11,6	10,9	13.8 ^o
Độ ẩm (%)	97.6	100	101	94,6%
Vận tốc gió (m/s)	0	0	0 đến 0.2	0,4-1,9
Áp suất (atm)	1	1	0,98	1
Cường độ sáng (Lux)	28	1	0	6600
	Hang Va			
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang	Ngoài hang
Nhiệt độ (T°C)	12,2	11,1	9,9	13.5 ^o
Độ ẩm (%)	95.6	99,5	100	95,6%
Vận tốc gió (m/s)	0,2	0	0	0,4
Áp suất (atm)	1	0,98	0,96	1
Cường độ sáng (Lux)	4	1	0	5.900
	Hang Tiên Sơn			
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang	Ngoài hang
Nhiệt độ (T°C)	13,1	12,8	12,2	14.2 ^o
Độ ẩm (%)	95.6	98	98	95,8%
Vận tốc gió (m/s)	0,7	0	0 đến 0.6	0,7-2,1
Áp suất (atm)	1	0,99	0,98	0,99
Cường độ sáng (Lux)	47	11	6,0	8.200

Bảng 3: Phân tích hàm lượng khí

	Hang Phong Nha		
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang
Nhiệt độ (T°C)	25.5	25.3	25.48
pH	8.48	8.57	8.56
DO (mg/l)	5.9	6	6.27
Độ cứng CaCO ₃ (mg/l)	120	120	118
BOD (mg/l)	6	5.5	5.5
Tổng chất hòa tan	0.1581	0.1497	0.1507
Chất rắn lơ lửng (NTU)	4.9	4	4.2
COD (mg/l)	7.2	7.6	7.2
	Hang Thiên Đường		
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang
Nhiệt độ (T°C)		20.56	22.02
pH		8.19	8.6
DO (mg/l)		3.97	5.45
Độ cứng CaCO ₃ (mg/l)		94	132
BOD (mg/l)		3	3
Tổng chất hòa tan		0.1555	0.1493
Chất rắn lơ lửng (NTU)		11.9	9.4
COD (mg/l)		4.2	8.1
	Hang Va		
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang
Nhiệt độ (T°C)	22.74	22.28	21.93
pH	8.29	8.01	8.26
DO (mg/l)	7.25	7.33	4.9
Độ cứng CaCO ₃ (mg/l)	145	140	110
BOD (mg/l)	2	2	0
Tổng chất hòa tan	0.1353	0.135	0.1666
Chất rắn lơ lửng (NTU)	3.6	5.7	59.9
COD (mg/l)	3.2	3.5	3.0

Bảng 4: Các chỉ tiêu chất lượng nước

Hang Phong Nha				
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang	Ngoài hang
CO ₂ (mg/m ³)	1.974	2.151	2.274	1.067
NO ₂ (mg/m ³)	0.01	0	0	1.32
CH ₄ (mg/m ³)	<GH	<GH	<GH	0
SO ₂ (ppm)	4.215	7.109	9.933-13.042	0
CO (ppm)	1,2	1,0	1,5	0.4
TVOC (ppb)	3.490-3.500	3.382	3.085	316-470
Hang Thiên Đường				
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang	Ngoài hang
CO ₂ (mg/m ³)	1.880-2.100	1.413	816-1.040	1.067
NO ₂ (mg/m ³)	0.12	0.09-0.1	0.02	1.01
CH ₄ (mg/m ³)	<GH	<GH	<GH	0
SO ₂ (ppm)	11,5	245,5	13821.3	122.6
CO (ppm)	6,6-7,2	1,45	1,6	0.5
TVOC (ppb)	4.600-5.200	2.301	5.036	227-360
Hang Va				
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang	Ngoài hang
CO ₂ (mg/m ³)	1.293	1.540	1.420	1.306
NO ₂ (mg/m ³)	0.09	0.07	0.09	1.0
CH ₄ (mg/m ³)	<GH	<GH	<GH	0
SO ₂ (ppm)	0	9,5	9,0	112.2
CO (ppm)	1,2	1,4	1,0	0.4
TVOC (ppb)	3.130	0	0	327-360
Hang Tiên Sơn				
	Cửa hang	Giữa hang	Gần cuối hang	Ngoài hang
CO ₂ (mg/m ³)	1.205	1.294-1.384	2.876-2.947	1.980
NO ₂ (mg/m ³)	0.1	0.1	0.07	0,12
CH ₄ (mg/m ³)	<GH	<GH	<GH	<GH
SO ₂ (ppm)	727,3	1,2	1,0	0
CO (ppm)	0,4	1,4	1,3	0.4
TVOC (ppb)	1.889	2.076	3.316	316-470

trời 2 đến 3⁰C.

Độ ẩm tăng dần từ ngoài hang vào đến bên trong, càng vào sâu độ ẩm càng tăng. Bên trong hang, độ ẩm thường ở mức bão hòa (100%). Đặc biệt có một số hang như Thiên Đường, Phong Nha độ ẩm đạt trên mức >100% tại các khu vực sâu trong hang.

Tốc độ gió có ảnh hưởng rất lớn đến sự điều hòa không khí trong hang, các kết quả quan trắc cho thấy: tốc độ gió ngoài trời trung bình vào khoảng 0,2 đến 0,5 m/s (những ngày bình thường về gió) và 0,4 đến 2,1m/s (những ngày có gió mùa đông bắc). Phần lớn các hang một cửa thì tốc độ gió trong hang đều bằng 0m/s. Tuy nhiên đối với một số hang như Thiên Đường, Phong Nha hay Tiên Sơn tại các điểm quan trắc phía trong hang thì tốc độ gió lại lớn hơn ở cửa hang, đặc biệt khi

địa điểm quan trắc gần đến các vị trí có giếng trời thì tốc độ gió có thể lên tới 0,4 - 0,7m/s.

Áp suất không khí trong lòng các hang đều không chênh lệch nhiều so với bên ngoài (ở áp suất khí quyển bình thường 1atm). Tuy nhiên càng đi sâu vào trong các hang chỉ một cửa như hang Va và hang có độ cao lớn như Tiên Sơn thì áp suất có thể giảm đi một ít nhưng không giảm nhiều (ở ngưỡng 0,96 atm).

Các chỉ tiêu về nước: Độ cứng và độ pH của nước trong các hang đều thuộc loại cao (độ pH đều lớn hơn 8). Chất rắn lơ lửng/độ đục thấp (nhỏ hơn 10 NTU) kể cả ở động Phong Nha. Các chỉ tiêu khác về nước đều nằm trong ngưỡng cho phép của nước sinh hoạt. Các kết quả phân tích lượng vết các kim loại và kim loại nặng cho thấy, chất lượng nước khu vực Phong Nha – Kẻ Bàng sạch, không bị ô nhiễm kim loại. Tuy nhiên có một số kết quả phân tích một số mẫu như mẫu trong hang Thiên Đường có hàm lượng sắt (Fe) cao hơn các mẫu khác, có thể là do mẫu có lẫn tạp chất.

Các chỉ tiêu về khí: Hàm lượng khí CO₂ trong lòng của tất cả các hang cao hơn nhiều so với ở bên ngoài. Với hang chưa đưa vào khai thác du lịch (như hang Va) hay hang khai thác du lịch nhưng thời điểm vắng khách thăm quan (hang Tiên Sơn vào giữa trưa) thì hàm lượng khí CO₂ sâu trong hang lớn hơn ở cửa hang và cao hơn bên ngoài. Với các hang ở thời điểm khách viếng thăm đông như (Thiên Đường, Tiên Sơn) thì kết quả lại không tuân theo quy luật trên mà hàm lượng CO₂ tại địa điểm đó và thời điểm đó cao hơn phía trong hang.

Qua quá trình quan trắc tất cả các điểm lựa chọn (bao gồm các vị trí hốc hang), nhìn chung hàm lượng khí CH₄ tại tất cả các điểm đo đều thấp hơn giới hạn phát hiện của đầu đo. Nói cách khác là nồng độ CH₄ đang nằm trong giới hạn an toàn cho phép đối với tất cả hang đã và chưa khai thác du lịch.

Hàm lượng khí NO₂ tại các điểm quan sát của tất cả các hang đều bé, nằm ở ngưỡng <0,12 mg/lít. Càng đi sâu vào hang, nồng độ loại khí này càng giảm. Các hang chưa tổ chức khai thác du lịch thì loại khí này gần như không xuất hiện

(như hang Va chẳng hạn).

Đã tiến hành quan trắc các loại khí khác như: SO₂; CO và TVOC, kết quả cho thấy: các loại khí này thay đổi bất thường tùy thuộc vào vị trí quan trắc trong hang. Tuy nhiên một điều đặc biệt là đối với các hang đã và đang khai thác du lịch đều có hàm lượng cao, đặc biệt là khí CO và TVOC.

2.3. Kết quả phân tích động học các quá trình hình thành các nhũ đá

Các kết quả phân tích đồng vị dC13 và đồng vị bền dO18 trong các mẫu nước, mẫu thạch nhũ và mẫu đá gốc cho ở bảng 5 a, b.

Bảng 5a: Phân tích đồng vị mẫu nước (‰)

	Thiên Đường			Hang Va			Phong Nha			Tiên Sơn		
	Cửa	Giữa	Trong	Cửa	Giữa	Trong	Cửa	Giữa	Trong	Cửa	Giữa	Trong
δO ¹⁸		-8.25	-9.73	-9.63	-9.77	-9.69	-9.72	-9.63	-8.25			
δC ¹³		-1.82	-0.79	-6.21	-5.73	-9.56	-6.21	-5.73	-6.54			

Bảng 5b: Phân tích đồng vị trong đá/thạch nhũ (‰VPDB)

	Thiên Đường			Hang Va			Phong Nha			Tiên Sơn		
	Cửa	Giữa	Trong	Cửa	Giữa	Trong	Cửa	Giữa	Trong	Cửa	Giữa	Trong
δO ¹⁸	-7.39	-7.14	-8.44	-9.26	-8.24	-8.25	-8.14	-8.23	-8.42	-8.71	-8.24	-8.01
δC ¹³	-0.47	-10.96	-9.94	0.52	0.72	0.75	0.62	-11.20	0.30	-11.36	-10.41	-10.11

Các kết quả phân tích đồng vị dC13 trong các mẫu nước, mẫu thạch nhũ và mẫu đá gốc cho thấy có sự khác biệt lớn giữa mẫu đá gốc với các mẫu nước và thạch nhũ. Hàm lượng dC13 trong mẫu đá gốc dao động trong khoảng 0.3 đến 0.7‰, trong khi trong mẫu nước và mẫu thạch nhũ hàm lượng dC13 lại thấp hơn nhiều trong khoảng từ -12 đến -9‰. Điều này chứng tỏ C kết tủa trong thạch nhũ không chỉ có nguồn gốc từ đá vôi gốc mà còn có thể là có kết hợp với C của môi trường (từ nước chiết). Cacbon của môi trường được sinh ra từ quá trình phát triển của tầng thực vật phủ phía trên địa hình karst là thành phần chính trong nhóm chức CO₂ kết hợp với Ca tạo thành thạch nhũ thông qua phản ứng hóa học sau:



Với giá trị dC13 trong thạch nhũ (có thời gian thành tạo từ hàng ngàn đến hàng vạn năm) tương đương với giá trị dC13 trong nước thu thập tại chỗ tại thời điểm hiện tại, có thể nói là điều kiện sinh thái môi trường ở Phong Nha – Kẻ Bàng hiện nay không khác nhiều với điều kiện môi trường sinh thái trong quá khứ (cổ khí hậu). So sánh giá trị tuyệt đối của dC13 trong thạch nhũ với dC13 trong đá gốc và dC13 trong các hệ thực vật hiện nay cho thấy, dC13 trong thạch nhũ là sự kết hợp của cả hai nhóm cacbon có nguồn gốc vô cơ và hữu cơ. Như vậy so sánh đối chiếu với dữ liệu thời tiết khí hậu (lượng mưa và nhiệt độ) và dữ liệu phân bố thảm thực vật khu vực VQG, rõ ràng có sự đóng góp của môi trường và thảm thực vật bề mặt vào quá trình hình thành và phát triển thạch nhũ trong hệ thống hang động Phong Nha – Kẻ Bàng.

Kết quả phân tích đồng vị bền dO18 cho thấy, sự cân bằng của đồng vị này giữa mẫu thạch nhũ và nguồn nước. Do cân bằng đồng vị bền O không khác nhau nhiều giữa các nhóm mẫu phân tích (nhóm mẫu nước và nhóm mẫu đá/thạch nhũ), chúng tôi cần tiến hành thêm các phép so sánh đối chiếu (ví dụ như dO18 trong nước mưa của khu vực) và nhiệt độ, lượng mưa trong khu vực để từ đó đưa ra được thêm các thông tin hữu ích về sự biến đổi điều kiện vi khí hậu trong lòng hang.

Kết quả phân tích nhóm các kim loại cho ở bảng 6.

Bảng 6: Phân tích kim loại trong mẫu đá và vách hang

	Thiên Đường			Hang Va			Phong Nha			Tiên Sơn		
	Cửa	Giữa	Trong	Cửa	Giữa	Trong	Cửa	Giữa	Trong	Cửa	Giữa	Trong
Fe(ppm)	9.63	5.64	200.88	5.08	5.67	5.47	8.07	6.85	13.86	7.19	5.42	8.37
Mg(ppb)	583.3	543.4	591.5	592.2	554.0	533.0	537.7	491.2	526.8	525.3	570.6	605.4
Sr(ppb)	6.142	5.051	7.114	6.097	5.583	6.314	6.539	6.847	6.439	6.459	5.868	5.291
Ba(ppb)	0.224	0.180	0.399	0.257	0.259	0.248	0.286	0.324	0.277	0.340	0.288	0.215
Mn(ppb)	1.039	0.832	3.098	3.150	0.701	0.438	0.526	1.763	0.591	3.862	4.011	2.574
Pb(ppb)	<GH	<GH	<GH	<GH	<GH	<GH	<GH	<GH	<GH	<GH	<GH	<GH
Cd(ppb)	0.0240	0.0333	0.0577	0.0401	0.0604	0.0414	0.0551	0.0543	0.0714	0.0721	0.0743	0.0313

Chú thích: GH: Giới hạn phát hiện; Hàm lượng Fe được xác định là: ppm

Các chỉ tiêu phân tích của nhóm các nguyên tố kim loại nhóm kiềm thổ (Mg, Sr, và Ba) đều phản ánh được điều kiện thời tiết khí hậu bên trong cũng như ngoài hang động. Hàm lượng Pb và Cd đang nằm ở ngưỡng thấp, chứng tỏ các sự phát triển của công nghiệp và quá trình đô thị hóa trong vùng chưa tác động mạnh đến môi trường vùng VQG Phong Nha - Kẻ Bàng.

Tóm lại, các hoạt động sinh học, sinh thái xảy ra ngoài và trong các hang động vùng VQG Phong Nha - Kẻ Bàng phản ánh đậm nét đặc trưng của đối khí hậu nhiệt đới gió mùa là rất rõ ràng. Các kết quả phân tích vi cấu trúc đã cho thấy có yếu tố sinh học trong quá trình hình thành thạch nhũ, điều đó cũng cho thấy điều kiện sinh thái môi trường ở Phong Nha - Kẻ Bàng hiện nay không khác nhiều với điều kiện môi trường sinh thái trong quá khứ (cổ khí hậu). Kết hợp các kết quả quan trắc và phân tích cho phép chúng ta ủng hộ quan điểm khí hậu vùng VQG Phong Nha - Kẻ Bàng nói riêng, tỉnh Quảng Bình nói chung nằm ở ranh giới ảnh hưởng của hai đới gió mùa Đông Á và Đông Nam Á. Cho đến nay, sự biến đổi khí hậu toàn cầu (lũ lụt, hạn hán, nhiệt độ tăng, các hiện tượng khí hậu cực đoan...) tác động chưa nhiều đến biến đổi hệ sinh thái và môi trường của khu vực VQG Phong Nha - Kẻ Bàng. Các tác động làm thay đổi các chỉ số về khí hậu chủ yếu là do biến đổi về môi trường ở nội khu vực tạo ra, mà chủ yếu là do các hoạt động của con người tạo ra.

3. Kết luận

Kết quả nghiên cứu về các điều kiện khí hậu, môi trường kết hợp các phân tích động học các quá trình thành tạo nhũ đá cùng với các hoạt động sinh học, sinh thái xảy ra ngoài và trong các hang động vùng VQG Phong Nha - Kẻ Bàng cho thấy khí hậu vùng này mang đặc trưng của đối khí hậu nhiệt đới gió mùa là rất rõ ràng. Với vị trí địa lý của tỉnh Quảng Bình nằm sát biển, lại có vĩ độ thấp hơn các khu vực Bắc Việt Nam và Đông Bắc Trung Quốc, cùng các thống kê số liệu về các chỉ tiêu khí hậu thủy văn trên 50 năm qua cho phép chúng ta ủng hộ quan điểm khí hậu vùng VQG Phong Nha - Kẻ Bàng nói riêng, tỉnh Quảng Bình nói chung nằm ở ranh giới ảnh hưởng của hai đới gió mùa Đông Á và Đông Nam Á.

Cho đến nay, sự biến đổi khí hậu toàn cầu

(lũ lụt, hạn hán, nhiệt độ tăng, các hiện tượng khí hậu cực đoan...) tác động chưa nhiều đến biến đổi hệ sinh thái và môi trường của khu vực VQG Phong Nha - Kẻ Bàng. Các tác động làm thay đổi các chỉ số về khí hậu, chủ yếu là do biến đổi về môi trường ở nội khu vực tạo ra, chủ yếu là do các hoạt động của con người tạo ra, bao gồm: Do chiến tranh (bom, đạn và cả việc mở các tuyến đường xuyên qua vùng lõi VQG trong giai đoạn kháng chiến chống Mỹ); Do các hoạt động khai thác tài nguyên và xây dựng các công trình hạ tầng, công nghiệp... khu vực xung quanh VQG và các công trình phục vụ du lịch ngay trong nội Vườn; do các hoạt động khai thác du lịch thời gian gần đây. Khi đó cùng với sự ẩm lên và ẩm ướt hơn của khí hậu chung của khu vực sẽ làm tăng hàm lượng khí CO₂. Sự tăng hàm lượng của khí CO₂ và ánh sáng lòng hang do các hoạt động du lịch sẽ xảy ra quá trình bào mòn nhũ đá mạnh hơn, điều đó dẫn đến cảnh quan tự nhiên của cả hệ thạch nhũ, vách đá thay đổi theo chiều hướng tiêu cực, điều này sẽ làm biến đổi hệ sinh thái, khí hậu và thậm chí là mỹ quan lòng hang. Đây là nguy cơ làm phân hóa hệ thạch nhũ đã được hình thành từ hàng triệu năm ■

Tài liệu tham khảo:

1. Nhiều tác giả, "*Hồ sơ đăng ký Di sản Thiên nhiên thế giới Vườn Quốc gia Phong Nha - Kẻ Bàng tỉnh Quảng Bình*", (2007).
2. Nguyễn Đức Lý (chủ biên) và cộng sự, *Khí hậu và Thủy văn tỉnh Quảng Bình*, Nxb Khoa học Kỹ Thuật Hà Nội, (2013).
3. Gams, I., Nicod, J., Sauro, M., Julian, E. and Anthony, U. (1993) Environmental change and Human Impacts on the Mediterranean karsts of France, Italy and the Dinaric Region.
4. P.W. Williams (ed.) Karst Terrains: Environmental Changes and Human Impacts. Catena Verlag, Cremlingen-Destedt, p. 59-98.
5. Trần Nghi (chủ biên), "*Di sản Thiên nhiên thế giới - Vườn Quốc gia Phong Nha - Kẻ Bàng, Quảng Bình, Việt Nam*", (2009).
6. Trinh Anh Duc and Javier Garcia Guinea; (2013) "Vulnerability, pressures, and protection of karst caves and their speleothems in Ha Long Bay, Vietnam"; Environmental Earth Sciences (ISSN 1866-6280-DOI 10.1007/s12665-013-2884-z).
7. Trinh Anh Duc; "Microscopic analysis of Speleothem in Ha Long Bay, a proxy for regional environmental assessment"; The Tenth International Symposium on Southeast Asian Water Environment (2012).