

HOẠT ĐỘNG KARST CỦA KHỐI ĐÁ VÔI PHONG NHA - KÊ BÀNG DƯỚI GÓC ĐỘ THUYẾT ĐỊA HOÁ

ĐỖ QUANG THIÊN¹, NGUYỄN THỊ NGỌC YẾN², VŨ CAO MINH³

E-mail: dquangthien@yahoo.com

¹Trường Đại học Khoa học Huế

²Trường Đại học Bách Khoa Đà Nẵng

³Viện Địa Chất - Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Ngày nhận bài: 15 - 5 - 2011

1. Mở đầu

Khối đá vôi Phong Nha - Kẻ Bàng nằm trên địa bàn của huyện Bố Trạch và Minh Hóa, tỉnh Quảng Bình, cách thành phố Đồng Hới khoảng 50km về phía tây bắc; phía tây giáp khu bảo tồn thiên nhiên Hin Namno, tỉnh Khammouan (Lào). Khối đá vôi này có diện tích lớn, rộng khoảng 200.000 ha (thuộc lãnh thổ Việt Nam), phần khối núi nhô lên trên mặt đất (vùng lõi) có diện tích là 85.754 ha với 300 hang động, các sông ngầm và hệ động thực vật quý hiếm. Tổng chiều dài của hang động hơn 80 km, nhưng các nhà khoa học mới chỉ thám hiểm được 20km, trong đó 17km ở khu vực Phong Nha và 3km ở khu vực Kẻ Bàng. Trước đây, động Phong Nha - Kẻ Bàng giữ khá nhiều kỷ lục như: hang nước dài nhất; cửa hang cao và rộng nhất; bãi cát, đá rộng và đẹp nhất; hồ ngầm đẹp nhất; thạch nhũ trắng lệt và kỳ ảo nhất; dòng sông ngầm dài nhất Việt Nam và hang khô rộng và đẹp nhất thế giới. Tuy vậy, tháng 4/2009, đoàn thám hiểm Hang động Hoàng gia Anh đã phát hiện hang Sơn Đoòng là hang động có kích thước lớn nhất thế giới (dài trên 500km, cao 200m, và rộng 150m), lớn hơn nhiều so với hang Deer ở Gunung Mulu - Sarawak (Malaysia), lớn gấp 4 đến 5 lần so với Phong Nha. Đá vôi Phong Nha - Kẻ Bàng là một khối đá vôi lớn thuộc hệ tầng Bắc Sơn, là khối đá vôi cổ nhất Châu Á được hình thành cách đây 400 triệu năm. Trải qua nhiều thời kỳ địa chất - địa mạo, địa hình

khu vực này trở nên hết sức phức tạp và được UNESCO công nhận là Di sản thiên nhiên thế giới theo tiêu chí địa chất - địa mạo năm 2003; hiện nay khối núi đá vôi này đang hướng tới mục tiêu được UNESCO công nhận lần 2 là Di sản thiên nhiên thế giới với tiêu chí đa dạng sinh học. Hoạt động karst rất nhạy cảm đối với sự phát sinh nhiều tai biến địa chất tự nhiên, nhân sinh đồng hành khác và có tác động tích cực lẫn tiêu cực đến môi trường, dân sinh, kinh tế và an ninh quốc phòng của mỗi quốc gia. Do vậy, để có một bức tranh tổng quát về hoạt động karst hiện nay của khối đá vôi đang xét, việc sử dụng các phương pháp thủy địa hóa để đánh giá sự ổn định của di sản thiên nhiên này là hết sức cần thiết và có ý nghĩa lớn về mặt khoa học cũng như thực tiễn.

2. Cơ sở đánh giá khả năng hoạt động Karst

Karst là một trong các quá trình địa chất động lực tự nhiên ngoại sinh phổ biến ở nhiều quốc gia trên thế giới và Việt Nam. Trên quan điểm địa chất động lực công trình, chúng tôi cho rằng: hoạt động karst là một quá trình xảy ra khi nước trên mặt và nước dưới đất tiếp xúc với các đá có khả năng dễ bị hoà tan (đá vôi, đá đolômit, đá phấn, đá macnơ, thạch cao, anhydrite, muối mỏ, muối kali), khi đó các đá có khả năng dễ bị hoà tan sẽ bị hoà tan (xói mòn hóa học), xâm thực (xói mòn cơ học) cuốn trôi đất đá dễ hoà tan và hình thành nên các dạng địa hình trên mặt cũng như các hang động ngầm rất

đặc trưng. Nhằm đánh giá khả năng hoạt động karst của khối đá vôi Phong Nha - Kẻ Bàng, chúng tôi sử dụng hai phương pháp: phương pháp so sánh tích số hoạt tính ($a_{Ca^{2+}} \dots a_{CO_3^{2-}}$) với tích số hoà tan của đá vôi ($K_{CaCO_3} = 7,7 \times 10^{-9}$) và phương pháp lượng thiếu hụt bão hoà của ion $[Ca^{2+}]$ và $[CO_3^{2-}]$ trong nước.

Đối với phương pháp so sánh tích số hoạt tính $a_{Ca^{2+}} \dots a_{CO_3^{2-}}$ với tích số hoà tan của đá vôi, Lomtdze (1977) [3] cho rằng tích số hòa tan của đá vôi $K_{CaCO_3} = 7,7 \times 10^{-9}$ và tích số hoạt tính của ion $[Ca^{2+}]$ và $[CO_3^{2-}]$ được xác định theo phương trình (1):

$$(a_{Ca^{2+}} \dots a_{CO_3^{2-}}) = 1/4 \times 10^{-6} \times y_{CaCO_3} [Ca^{2+}] \times [CO_3^{2-}] \quad (1)$$

trong đó $[Ca^{2+}]$, $[CO_3^{2-}]$ là hàm lượng của ion $[Ca^{2+}]$ và $[CO_3^{2-}]$ trong nước (tính bằng me/l). Trường hợp trong kết quả phân tích nước không có hàm lượng ion $[CO_3^{2-}]$ mà chỉ có hàm lượng ion $[HCO_3^-]$ thì hàm lượng ion $[CO_3^{2-}]$ được tính theo công thức (2):

$$[CO_3^{2-}] = \frac{3,77 \times 10^{-11} \times [HCO_3^-] \times f}{10^{(-pH)}} \quad (2)$$

f là tích số hoạt tính bicarbonat phụ thuộc vào lực ion μ và được tra theo *bảng 1*.

Lực ion được xác định theo công thức (3):

$$\mu = \frac{1}{2} \times 10^{-3} \times \left\{ \sum [x_1] z_1 + \sum [x_2] z_2 + \dots + \sum [x_n] z_n \right\} \quad (3)$$

Với $[x_1, x_n]$: nồng độ (me/l) của các ion có hoá trị 1, 2, ..., n

z_1, z_n : hoá trị của các ion

y_{CaCO_3} : hệ số hoạt tính carbonat trung bình, được xác định theo công thức 4:

$$\log y_{CaCO_3} = \frac{-1,98 \times \sqrt{\mu}}{1 + 1,62 \sqrt{\mu}} \quad (4)$$

Sau khi xác định và tính toán các thông số theo công thức 1, 2, 3, 4, hoạt động karst được đánh giá theo tiêu chí sau: Nếu tích số hoạt tính: $a_{Ca^{2+}} \dots a_{CO_3^{2-}}$

$> K_{CaCO_3} \Rightarrow$ hoạt động karst đã ngưng nghỉ;

$a_{Ca^{2+}} \dots a_{CO_3^{2-}} < K_{CaCO_3} \Rightarrow$ hoạt động karst đang hoạt động; $a_{Ca^{2+}} \dots a_{CO_3^{2-}} = K_{CaCO_3} \Rightarrow$ hoạt động karst đang

ở trạng thái cân bằng.

Đối với phương pháp lượng thiếu hụt bão hoà của ion $[Ca^{2+}]$ và $[CO_3^{2-}]$ trong nước: trong thực tế, nước chỉ có thể hoà tan đá vôi đến một giới hạn nào đó, nếu lượng chứa ion $[Ca^{2+}]$ và $[CO_3^{2-}]$ trong nước thấp hơn giới hạn đó, thì được gọi là nước thiếu hụt bão hoà ion $[Ca^{2+}]$ và $[CO_3^{2-}]$. Vì thế, dựa vào lượng thiếu hụt bão hoà ion $[Ca^{2+}]$ và $[CO_3^{2-}]$ có thể đánh giá được hoạt động karst đang mạnh hay yếu hoặc ngưng nghỉ. Lượng thiếu hụt bão hoà ion $[Ca^{2+}]$ và $[CO_3^{2-}]$ được xác định theo phương trình tích số hoạt tính 5:

$$y_{CaCO_3} \times \{ [Ca^{2+}] + [x] \} \times \{ [CO_3^{2-}] + [x] \} = 0,038 \quad (5)$$

Trong đó $[x]$ là lượng thiếu hụt bão hoà của ion $[Ca^{2+}]$ và $[CO_3^{2-}]$. Giải phương trình (5) ta tính được lượng thiếu hụt bão hoà $[x]$, nếu $[x] \gg 0$ thì quá trình karst đang hoạt động.

Bảng 1. Quan hệ giữa tích số hoạt tính bicarbonat và lực ion μ

μ	F	μ	F	μ	F	μ	F
0,0025	0,73	0,0100	0,05	0,0500	0,2800	0,1300	0,17
0,0030	0,69	0,0125	0,48	0,0600	0,27	0,1400	0,16
0,0040	0,65	0,0150	0,46	0,0700	0,26	0,1500	0,15
0,0050	0,61	0,0175	0,45	0,0800	0,23	0,1600	0,15
0,0060	0,59	0,0200	0,43	0,0900	0,22	0,1700	0,14
0,0070	0,56	0,0250	0,41	0,1000	0,20	0,1800	0,13
0,0080	0,54	0,0300	0,38	0,1100	0,19	0,1900	0,13
0,0090	0,53	0,0400	0,34	0,1200	0,18	0,2000	0,12

3. Đánh giá khả năng hoạt động karst của đá vôi Phong Nha - Kẻ Bàng

Trên cơ sở phân tích thành phần hóa học của 05 mẫu nước tại phòng thí nghiệm của Liên đoàn quy hoạch, điều tra tài nguyên nước miền Trung, phường Vĩnh Hải, Nha Trang, chúng tôi sử dụng 2 phương pháp nêu trên để tính toán cho 5 mẫu nước ngầm lấy vào ngày 30/12/2009 đến ngày 2/01/2010 ở khu vực nghiên cứu. Trong đó, mẫu nước được lấy theo diện ở tầng nông, tọa độ vị trí lấy mẫu được trình bày trên *bảng 2*.

Kết quả phân tích thành phần hóa học của mẫu nước và tính toán các thông số được trình bày trên *bảng 3* và *bảng 4*.

Như trên đã đề cập, tích số hoà tan của đá vôi

chứa calcite tinh khiết là $K_{CaCO_3} = 7,7 \times 10^{-9}$ [3].

Tuy nhiên, từ số liệu phân tích 5 mẫu nước ở *bảng 2* cho thấy, trong thành phần của đá vôi, ngoài calcite còn có đolomit với hàm lượng không lớn. Do đó, Nguyễn Thanh quy ước lấy tích số hoà tan của đá vôi tăng lên ($K_{CaCO_3} = 9,9 \times 10^{-9}$) [2].

Bảng 2. Tọa độ vị trí lấy mẫu nước

STT	Ký hiệu mẫu	Vị trí	Tọa độ (x - y)
1	PN1	Bến thuyền - Sông Sơn	0638583 - 1947817
2	PN2	Cầu Chày - xã Tân Trạch	0630924 - 1940315
3	PN4	xã Sơn Trạch	0638638 - 1944664
4	PN5	xã Thượng Hóa	0601575 - 1960074
5	PN6	xã Minh Hóa	0604661 - 1964421

Bảng 3. Kết quả phân tích, tính toán các chỉ tiêu thủy địa hóa nước karst

Chỉ tiêu phân tích, tính toán	PN1		PN3		PN4		PN5		PN6	
	mg/l	me/l	mg/l	me/l	mg/l	me/l	Mg/l	Me/l	mg/l	me/l
HCO ₃ ⁻	216,61	3,5510	219,66	3,6010	31,01	0,5084	198,31	3,2510	173,90	2,8508
CO ₃ ²⁻	0,00	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,0000	6,00	0,2000	3,00	0,1000
SO ₄ ²⁻	1,15	0,0240	1,68	0,0350	1,38	0,0288	2,14	0,0446	1,31	0,0273
Cl ⁻	8,15	0,2296	10,63	0,2994	7,09	0,1997	9,22	0,2597	8,86	0,2496
NO ₃ ⁻	2,54	0,0410	1,74	0,0281	0,84	0,0135	1,49	0,0240	0,88	0,0142
Ca ²⁺	63,13	3,1565	59,12	2,9560	13,03	0,6515	60,12	3,0060	52,10	2,6050
Mg ²⁺	6,69	0,5575	11,55	0,9625	2,43	0,2025	6,69	0,5575	7,30	0,6083
Na ⁺	2,23	0,0970	3,10	0,1348	2,58	0,1122	1,88	0,0817	2,06	0,0896
K ⁺	0,35	0,0090	0,35	0,0090	0,57	0,0146	0,56	0,0287	0,35	0,0090
Fe ³⁺	0,01	0,0005	0,01	0,0005	0,02	0,0011	0,01	0,0005	0,01	0,0005
pH	8,29		8,27		7,87		8,37		8,33	
μ (*)	0,00570		0,00599		0,00130		0,00560		0,00495	
F (*)	0,59		0,59		0,73		0,59		0,61	
CO ₃ ²⁻ (*)	0,0154		0,0149		1,037.10 ⁻³		0,0169		0,0140	
γ _{CaCO₃} (*)	0,73587		0,73085		0,85600		0,73765		0,74980	
a _{Ca²⁺...a_{CO₃²⁻}} (*)	8,943.10 ⁻⁹		8,047.10 ⁻⁹		0,145.10 ⁻⁹		9,397.10 ⁻⁹		6,844.10 ⁻⁹	

(Ghi chú: (*) là thông số tính toán)

Bảng 4. Kết quả tính toán lượng thiếu hụt bão hoà của ion [Ca²⁺] và [CO₃²⁻] của 05 mẫu nước

Mẫu	γ _{CaCO₃}	[Ca ²⁺]	[CO ₃ ²⁻]	X
PN1	0,73587	3,1565	0,01540	0,955.10 ⁻³
PN3	0,73085	2,9560	0,01490	2,972.10 ⁻³
PN4	0,85600	0,6515	0,00104	61,25.10 ⁻³
PN5	0,73765	3,0060	0,01695	0,185.10 ⁻³
PN6	0,74980	2,6050	0,01402	5,395.10 ⁻³

Từ kết quả tính toán ở *bảng 3*, chúng ta thấy tích số hoạt tính ($a_{Ca^{2+}...a_{CO_3^{2-}}}$) của các mẫu phân tích có giá trị tương đối nhỏ từ $0,145.10^{-9}$ - $9,397.10^{-9}$, những trị số này đều nhỏ hơn tích số hoà tan của đá vôi là $K_{CaCO_3} = 9,9 \times 10^{-9}$. Điều đó đã minh chứng ở khu vực Phong Nha - Kẻ Bàng, quá trình karst vẫn đang hoạt động nhưng yếu.

Kết quả tính toán bằng phương pháp lượng thiếu hụt bão hoà ion [Ca²⁺] và [CO₃²⁻] cho 05 mẫu

nước nêu trên (bảng 4) cho thấy các giá trị x đều lớn hơn 0, nhưng rất bé từ $0,185.10^{-3}$ đến $61,25.10^{-3}$. Điều đó, một lần nữa khẳng định quá trình karst khu vực Phong Nha - Kẻ Bàng vẫn đang diễn ra với cường độ từ yếu đến rất yếu.

4. Dự báo mức độ bóc mòn karst thông qua bề dày hòa tan đá vôi

Trên cơ sở tính toán, dự báo động lực của quá trình karst bằng 2 phương pháp thủy địa hóa đã đề cập ở trên đều cho thấy quá trình karst của khối đá vôi Phong Nha - Kẻ Bàng vẫn đang diễn ra với cường độ từ yếu đến rất yếu. Do vậy, chúng tôi tiến hành tính toán cường độ bóc mòn karst thông qua bề dày hòa tan đá vôi trong 1 năm để so sánh với tốc độ bóc mòn karst ở các khu vực khác trên thế giới. Để tính toán cường độ bóc mòn karst, cần phải tính toán lượng đá vôi bị hòa tan mang đi trên một km^2 . Nhưng do thiếu số liệu quan trắc dòng chảy ở các sông suối tiêu thoát nước từ khối đá vôi Phong Nha - Kẻ Bàng, nên chúng tôi lấy tỷ phân lượng dòng ngầm tàng trữ, vận động trong khối đá vôi gây ra quá trình karst ở đây bằng 40% lớp dòng chảy năm (theo kinh nghiệm của P.F.Boscarev, 1963) [1].

Dựa vào các tài liệu khí tượng khu vực (lượng mưa, lượng bốc hơi) tiến hành tính toán lớp dòng chảy (lưu lượng dòng chảy mặt và dòng ngầm) năm của khu vực. Trong đó, qui ước lưu lượng dòng chảy bằng lượng mưa trung bình năm trừ đi lượng bốc hơi trung bình năm. Khu vực nghiên cứu nằm trong vùng có lượng mưa lớn, bình quân từ 2000 đến 2500 mm/năm. Ở vùng núi giáp biên giới Việt - Lào, lượng mưa còn lên tới 3000 mm/năm (Minh Hoá). Do đó tập thể tác giả lấy lượng mưa trung bình của năm làm cơ sở để tính toán, lượng mưa rơi xuống trung bình hằng năm của khu vực là 2250mm/năm. Khu vực Phong Nha - Kẻ Bàng có lượng bốc hơi khá cao, biến động từ 1000 đến 1300 mm/năm, lượng bốc hơi lớn nhất vào các tháng 5, 6, 7, 8 do ảnh hưởng của gió Lào khô nóng. Tuy nhiên, do thời gian khảo sát thực địa và lấy mẫu nước phân tích là mùa mưa (30/12/2009 đến ngày 02/01/2010) nên khu vực có lượng bốc hơi bé nhất. Vì thế, trong quá trình tính toán chúng tôi chọn lượng bốc hơi trung bình năm của khu vực ở giá trị nhỏ nhất là 1000mm/năm. Như vậy:

- Lượng dòng chảy mặt và dòng chảy ngầm trong 1 năm = 2250 - 1000 = 1250mm/năm.

- Lượng dòng chảy ngầm = $40\% \times 1250 = 500\text{mm/năm} = 0,5\text{m/năm}$.

- Dòng chảy ngầm vận động trong đá vôi trên diện tích 1km^2 của khu vực trong một năm là: $10^6 \times 0,5 = 5 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{năm}$.

Từ kết quả phân tích các mẫu nước, có thể xác định được hàm lượng trung bình của các ion có trong nước như trên *bảng 5*.

Bảng 5. Hàm lượng trung bình của các ion có trong nước

Chỉ tiêu phân tích	Đơn vị	Hàm lượng trung bình	Chỉ tiêu phân tích	Đơn vị	Hàm lượng trung bình
pH	-	8,210	Ca ²⁺	mg/l	49,500
HCO ₃ ⁻	mg/l	167,898	Mg ²⁺	mg/l	6,9320
CO ₃ ²⁻	mg/l	1,800	Na ⁺	mg/l	2,3700
SO ₄ ²⁻	mg/l	1,532	K ⁺	mg/l	0,4360
Cl ⁻	mg/l	8,790	Fe ³⁺	mg/l	0,0108
NO ₃ ⁻	mg/l	1,498	-	-	-

Do kết quả phân tích mẫu nước PN1, PN3, PN4 không có hàm lượng ion [CO₃²⁻] nên nhóm tác giả tiến hành tính toán hàm lượng ion [CO₃²⁻] theo hàm lượng của ion [HCO₃⁻]. Hàm lượng ion [HCO₃⁻] trong mẫu nước phân tích bao gồm cả ion [HCO₃⁻] trong đá vôi và ion [HCO₃⁻] do khí CO₂ trong không khí tác dụng với nước tạo nên, mà khối lượng phân tử của ion [HCO₃⁻] là 61 và của ion [CO₃²⁻] là 60, nên:

- Hàm lượng ion [CO₃²⁻] trong nước tính theo hàm lượng ion [HCO₃⁻] là: $[\text{CO}_3^{2-}] = [\text{HCO}_3^-] / 2,03 = 82,71 \text{ mg/l}$.

- Hàm lượng ion [CO₃²⁻] trung bình có trong mẫu nước là $82,71 + 1,8 = 84,51 \text{ mg/l}$.

- Tổng lượng ion có trong 1 lít nước là: $155,5788 \text{ mg/l} = 0,1555788 \text{ mg/m}^3$ (hàm lượng ion [CO₃²⁻] trong nước tính theo hàm lượng ion [HCO₃⁻]) nên không tính hàm lượng của ion [HCO₃⁻].

- Tổng lượng ion trong nước karst trên $1 \text{ km}^2 = 155578,8 \times 5,10^5 = 7,7789410^{10} \text{ mg/km}^2 = 77,7894 \text{ T/km}^2$.

- Lượng đá vôi bị hòa tan mang đi trên 1 km^2 là: $77,7894 / 2,5 = 31,12 \text{ m}^3/\text{km}^2 = 31,12 \times$

$10^9 \text{mm}^3 / 10^{12} \text{mm}^2 = 31,12 \times 10^{-3} \text{mm}$ ($2,5 \text{T/m}^3$ là khối lượng riêng của đá vôi có mức độ nứt nẻ trung bình, đá vôi chặt xít có khối lượng riêng là $2,70 \text{T/m}^3$).

- Lượng đá vôi bị hòa tan trong một năm là $31,12 \times 10^{-3} \text{mm}$.

Vì hàm lượng đá vôi bị hòa tan mang đi trên 1km^2 trong một năm rất bé, do đó chúng tôi tính lượng đá vôi bị hòa tan mang đi khỏi khu vực trên một ki lô mét vuông cho 1000 năm là: $31,12 \times 10^{-3} \times 1000 = 31,12 \text{mm}$

Như vậy, tốc độ bóc mòn karst của khối đá vôi Phong Nha - Kẻ Bàng có giá trị gần tương tự như một số khối đá vôi trên thế giới như: Đông Siberi (Nga) là $22 \text{mm}/1000$ năm; ở Pennsylvania (Mỹ) là $34 \text{mm}/1000$ năm, Hungary $20 \text{mm}/1000$ năm. Riêng các khối đá vôi ở Indonesia ($85 \text{mm}/1000$ năm) và Papua Newguinea ($270-760 \text{mm}/1000$ năm) có tốc độ bóc mòn karst lớn hơn gấp nhiều lần [4].

5. Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu nêu trên có thể đi đến các kết luận sau:

- Tích số hoạt tính ($a_{\text{Ca}^{2+}} \dots a_{\text{CO}_3^{2-}}$) có giá trị tương đối nhỏ: ($0,145 \cdot 10^{-9} - 9,397 \cdot 10^{-9}$), nhỏ hơn tích số hoà tan của đá vôi là $K_{\text{CaCO}_3} = 9,9 \times 10^{-9}$; Lượng thiếu hụt bão hòa các ion $[\text{Ca}^{2+}]$; $[\text{CO}_3^{2-}]$ x đều lớn hơn 0, nhưng có giá trị rất bé: $0,185 \cdot 10^{-3} - 61,25 \cdot 10^{-3}$.

- Kết quả tính toán cường độ hoạt động karst theo hai phương pháp trên đều khẳng định hoạt động karst khu vực Phong Nha - Kẻ Bàng vẫn đang diễn ra và rất đặc trưng cho karst vùng nhiệt đới, cường độ hoạt động karst từ yếu đến rất yếu.

- Tốc độ bóc mòn karst của khối đá vôi đang xét được tính toán thông qua bề bày hòa tan đá vôi có giá trị khoảng $31,12 \text{mm}/1000$ năm, tương tự với tốc độ bóc mòn karst của một số khối đá vôi trên thế giới.

TÀI LIỆU DẪN

[1] *Boscarev P.F.*, 1963: Tuyển tập nghiên cứu Karst. Nxb. ĐHTH Permi, 246 trang (tiếng Việt).

[2] *Canh Nguyen Van, Thanh Nguyen, Thien Quang Do*, 2009: Predictive potential danger zonation of karstic subsidence in Cam Lo District Quang Tri Province and proposal of appropriate managing and preventing solutions, Geokarst 2009. Internal symposium on Geology, Natural resources and hazards in karst regions, Hanoi, Viet Nam, pp.87-93.

[3] *Lomtadze V.D.*, 1982: Địa chất động lực công trình. Nxb. Đại học và trung học chuyên nghiệp, Hà Nội, 330 trang.

[4] *Nguyễn Quang Mỹ, Vũ Văn Phái*, 1997: Khái quát về karst Việt Nam. NXB ĐHQG Hà Nội, 198 trang.

[5] *Popov I.V.*, 1959: Engineering geology. MGU (in Russian), 325 trang.

[6] *Socolov D.S.*, 1951: Essential conditions of karst development. Bull. MOIP, Division Geol., v.126., No.2, pp.11-17.

[7] *Đoàn Văn Tuyên, Vũ Cao Minh*: 2008: Tai biến sụt lún karst và một số kết quả nghiên cứu dự báo phân vùng nguy hiểm. Tuyển tập công trình khoa học, hội thảo khoa học toàn quốc về tai biến địa chất và giải pháp phòng chống, tr.153-162.

SUMMARY

Karst activity of Phong Nha - Ke Bang's Limestone under Hydro - Geochemical viewpoint

Based on the analysis results of 5 water samples taken from limestone of Phong Nha - Ke Bang area in January 2009, the authors has used the method of comparison between active product and dissolved limestone production and the method of lacking content in saturation of $[\text{Ca}^{2+}]$, $[\text{CO}_3^{2-}]$ anions in water for assessment of Karst activity intensity. The calculated results from different methods show that Karst activity of research limestone taking place with intensity from weak to very weak. On this basis, assessment the Karst denudated intensity through dissolved limestone thickness for one year is $31,12 \times 10^{-3} \text{mm}$. In comparison with others limestone blocks on the world, the Karst denudated intensity of Phong Nha - Ke Bang's limestone block is weak.