



Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội:  
Các Khoa học Trái đất và Môi trường

Website: <https://js.vnu.edu.vn/EES>



## Phục hồi điều kiện cổ môi trường khu vực hồ Ao Tiên, Vườn Quốc gia Ba Bể bằng phương pháp phân tích đồng vị bền

Đặng Minh Quân<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Tài Tuệ<sup>1,2</sup>,  
Phạm Thảo Nguyên<sup>2</sup>, Lưu Việt Dũng<sup>2</sup>, Trần Đăng Quy<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam

<sup>2</sup>Phòng thí nghiệm Trọng điểm Địa môi trường và Ứng phó biến đổi khí hậu cấp Đại học Quốc gia

Nhận ngày 27 tháng 3 năm 2018

Chỉnh sửa ngày 23 tháng 4 năm 2018; Chấp nhận đăng ngày 26 tháng 4 năm 2018

**Tóm tắt:** Nghiên cứu phục hồi đặc điểm cổ môi trường và cổ khí hậu nhằm làm sáng tỏ các đặc trưng môi trường và khí hậu trong quá khứ. Các nghiên cứu cổ môi trường và cổ khí hậu cung cấp các thông tin quan trọng cho các nghiên cứu mô phỏng xu thế biến đổi môi trường và khí hậu trong tương lai. Mục tiêu của nghiên cứu này là phục hồi điều kiện cổ môi trường của khu vực hồ Ao Tiên, Vườn quốc gia Ba Bể bằng các chỉ thị đặc điểm thành phần độ hạt trầm tích, hàm lượng vật chất hữu cơ (OM), giá trị đồng vị bền carbon ( $\delta^{13}\text{C}$ ) và nitơ ( $\delta^{15}\text{N}$ ) và tỷ số C/N trong cột mẫu trầm tích. Sự biến đổi đồng thời về đặc điểm trầm tích và thành phần đồng vị bền chỉ ra rằng đặc điểm môi trường trong khoảng 700 năm trước đến nay tại khu vực nghiên cứu được chia thành ba giai đoạn chính: Giai đoạn từ năm 1300 đến năm 1424 là giai đoạn khí hậu có mưa nhiều, mực nước trong hồ tương đối cao và thành phần vật chất hữu cơ có nguồn gốc chủ yếu từ thực vật C3 xung quanh hồ; Giai đoạn từ năm 1424 đến năm 1864 là giai đoạn mực nước hồ giảm liên tục và đạt thấp nhất do sự giảm lưu lượng nước xung quanh chảy về hồ. Thành phần vật chất hữu cơ trong giai đoạn này có nguồn gốc hỗn hợp của thực vật quang hợp C3, thực vật phù du và có xu hướng phát triển của tảo lam và tảo nâu. Giai đoạn từ năm 1864 đến nay là thời kỳ mực nước hồ tăng, nguồn gốc vật chất hữu cơ trong trầm tích là hỗn hợp của thực vật sống quanh hồ và thực vật phù du. Cuối giai đoạn này, từ 1957 đến nay do lượng mưa ở khu vực giảm nên mực nước hồ tương đối thấp, thành phần vật chất hữu cơ trong trầm tích chủ yếu có nguồn gốc từ tảo nâu và tảo lam với sự chiếm ưu thế của tảo nâu trong điều kiện nghèo dinh dưỡng.

**Từ khóa:** Cổ môi trường, cổ khí hậu, đồng vị bền, tỷ số C/N, trầm tích hồ.

### 1. Mở đầu

Khôi phục cổ môi trường và cổ khí hậu nhằm đánh giá và làm sáng tỏ các đặc điểm khí

hậu và môi trường trong quá khứ [1]. Nghiên cứu phục hồi đặc điểm biến đổi cổ môi trường, cổ khí hậu trong Holocen đóng vai trò rất quan trọng, cung cấp thông tin chi tiết dữ liệu khí hậu cho việc dự báo và mô phỏng biến đổi khí hậu trong tương lai, cũng như đánh giá tác động của hoạt động nhân sinh đến tự nhiên [2]. Có rất

\*Tác giả liên hệ. ĐT.: 84-968050394.

Email: [quandm94@gmail.com](mailto:quandm94@gmail.com)

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.4238>

nhiều chỉ thị khí hậu khác nhau được sử dụng để phục hồi đặc điểm biến đổi cổ môi trường và cổ khí hậu trong Holocen. Nghiên cứu dựa vào sự phân tán và mật độ phân bố bào tử phấn hoa trong cột mẫu trầm tích xác định được điều kiện khí hậu [3] hoặc phân tích đặc điểm phân bố và độ hạt các tầng trầm tích được sử dụng để nghiên cứu dao động mực nước biển [4]. Cùng với các phương pháp phân tích đặc điểm địa hóa, phương pháp đồng vị bền được sử dụng rộng rãi trên thế giới để phục hồi điều kiện cổ môi trường và cổ khí hậu trong trầm tích hồ [5]. Trong đó, giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  và tỷ lệ C/N được sử dụng để xác định nguồn gốc và quá trình lắng đọng vật chất hữu cơ trong trầm tích, qua đó phục hồi thành công đặc điểm cổ môi trường đới bờ [4].

Tại Việt Nam, đã có một số công trình nghiên cứu thực hiện phục hồi điều kiện cổ khí hậu và cổ môi trường bằng các chỉ thị thành phần độ hạt trầm tích, bào tử phấn, chỉ số hạn hán (PDSI). Sử dụng phương pháp phân tích thành phần độ hạt từ các cột mẫu trầm tích đã chỉ ra biến đổi mực nước biển ở đồng bằng sông Hồng theo các giai đoạn khác nhau trong Holocen [6]. Kết quả sử dụng bào tử phấn đã phát hiện biến đổi khí hậu và tác động của con người lên môi trường ở đồng bằng sông Hồng trong Holocen [7]. Chỉ số PDSI và quá trình hoạt động của ENSO trong vòng 300 năm trở lại đây được xác định dựa vào kết quả phân tích giá trị đồng vị bền oxi ( $\delta^{18}\text{O}$ ) trong các vân gỗ của cây Pơ Mu tại Mù Cang Chải, Yên Bái [8]. Kết quả phân tích giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  và tỷ lệ C/N trong cột trầm tích rừng ngập mặn ở vùng cửa sông Ba Lạt đã chỉ ra rằng môi trường khu vực trong 100 năm qua tiến hóa theo các kiểu môi trường gồm vùng dưới triều, gian triều và trên triều [9]. Tuy nhiên, phương pháp áp dụng giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  và tỷ lệ C/N chưa được ứng dụng để phục hồi cổ môi trường các hồ trên núi ở Việt Nam. Do vậy, mục tiêu của bài báo này là áp dụng phương pháp phân tích đồng vị bền  $\delta^{13}\text{C}$ , tỉ số C/N, thành phần vật chất hữu cơ và thành phần độ hạt trong cột mẫu trầm tích để phục hồi điều

kiện cổ môi trường và cổ khí hậu ở khu vực hồ Ao Tiên, Vườn Quốc gia Ba Bể.

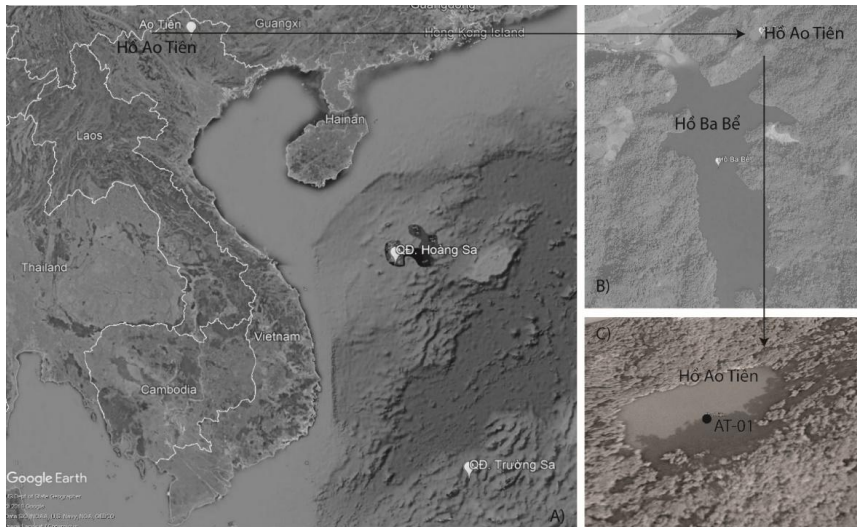
## 2. Khu vực và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Khu vực nghiên cứu

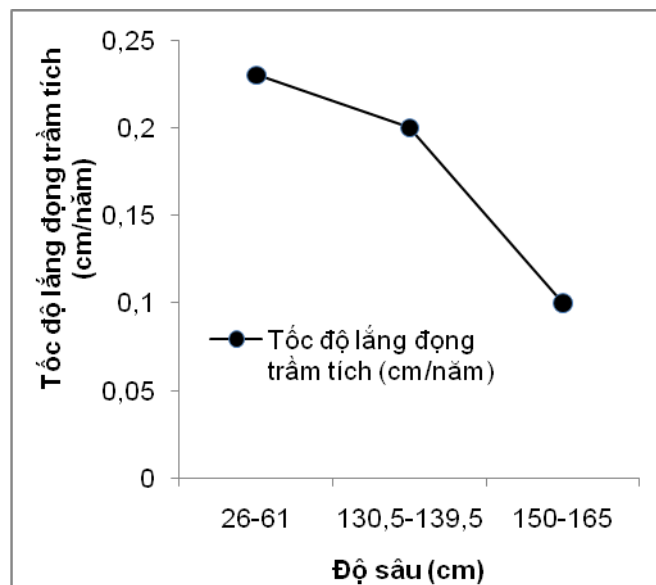
Hồ Ao Tiên nằm ở phía bắc hồ Ba Bể, là một kỳ quan địa chất và địa điểm du lịch nổi tiếng thuộc Vườn quốc gia Ba Bể. Hồ Ao Tiên là một hồ tự nhiên trên núi đá vôi, được hình thành do hoạt động kiến tạo vùng karst. Đây là một hồ kín có diện tích 1,5 ha, có độ sâu trung bình 10 – 11 m, với độ sâu lớn nhất trong thời điểm khảo sát tháng 5/2017 đo được là 16,0 m. Hồ có sự trao đổi nước mưa và nước ngầm với hồ Ba Bể và các vùng xung quanh. Bao quanh hồ là những dãy núi đá vôi cao từ 570 – 893 m với rừng nhiệt đới thường xanh nguyên sinh (Hình 1). Khu vực đặc trưng cho điều kiện khí hậu gió mùa, với sự phân hóa về nhiệt độ, lượng mưa theo mùa hè và mùa đông [10]. Giá trị nhiệt độ có sự chênh lệch lớn giữa mùa hè và mùa đông, với giá trị nhiệt độ thấp nhất và cao nhất lần lượt xảy ra trong tháng 1 và tháng 7. Lượng mưa tập trung chủ yếu trong các tháng mùa hè từ tháng 5 đến tháng 9, tháng 1 có lượng mưa thấp nhất.

Kết quả phân tích đồng vị phóng xạ  $^{14}\text{C}$  và  $^{137}\text{Cs}$  trong cột mẫu trầm tích hồ Ba Bể đã chỉ ra tốc độ lắng đọng trầm tích ở phần cột mẫu trầm tích có độ sâu 150 – 165 cm là 0,1 cm/năm; độ sâu 130,5 – 139,5 cm là 0,2 cm/năm và độ sâu 61 – 26 cm là 0,23 cm/năm [11, 12] (Hình 2).

Hồ Ao Tiên kết nối với hồ Ba Bể bởi hệ thống karst ngầm để trao đổi nước. Bên cạnh đó, hệ sinh thái rừng nguyên sinh vẫn còn được bảo tồn, duy trì tốt và phát triển trên núi đá vôi nên tốc độ lắng đọng trầm tích hầu như không chịu tác động của con người. Do đó, kết quả tốc độ lắng đọng trầm tích trung bình 0,15 cm/năm ở phần dưới 130 cm cột trầm tích ở hồ Ba Bể của Weide [12] là phù hợp cho toàn bộ hồ Ao Tiên và cột mẫu trầm tích trong nghiên cứu này sẽ phản ánh được thời gian biến đổi môi trường và khí hậu là khoảng 700 năm.



Hình 1. Sơ đồ vị trí khu vực nghiên cứu (A), vị trí hồ Ao Tiên ở Vườn quốc gia Ba Bể (B), vị trí cột mẫu AT-01 và quang cảnh hồ Ao Tiên (C).



Hình 2. Kết quả tốc độ lắng đọng trầm tích trong cột mẫu trầm tích hồ Ba Bể [11, 12].

## 2.2. Phương pháp lấy mẫu và bảo quản mẫu

Để thu thập cột mẫu trầm tích, nghiên cứu này đã chế tạo thiết bị lấy mẫu dựa trên thiết kế của Davis và Steinman [13], Somsiri và nnk [14]. Thiết bị lấy cột mẫu trầm tích gồm một mũi khoan bằng ống PVC có chiều dài 2 m, đường kính 90 mm, một đầu được cắt nhọn, đầu còn lại được nối với cần khoan, gồm bốn ống

PVC cùng kích thước có chiều dài 4 m được ghép nối với nhau bằng khớp nối. Chiều dài tổng số của thiết bị lấy mẫu là 14 m, trong đó hai ống PVC tiếp giáp với mũi khoan được khoan hai hàng lỗ (đường kính 1 cm) với khoảng cách giữa 2 lỗ gần nhau nhất là 30 cm. Các lỗ này có vai trò thoát nước và giảm áp lực của cột nước lên phần mẫu đã lấy được trong mũi khoan.

Cột mẫu được lấy bằng cách đóng từ từ mũi khoan xuống đáy hồ đến khi thiết bị lấy mẫu không thể di chuyển, sau đó kéo lên từ từ để tránh bị tụt mẫu. Cột mẫu trầm tích được ký hiệu là AT-01 và có tọa độ địa lí: Kinh độ: 105°37'2,64"; Vĩ độ: 22°26'51,35"; Độ sâu: 13 m; Chiều dài cột mẫu: 110 cm. Ngay sau khi lấy, cột mẫu trầm tích được giữ trong ống PVC, bịt kín hai đầu bằng nắp nhựa và băng dính để hạn chế tác động của môi trường khí quyển. Mẫu sau khi thu thập được vận chuyển về phòng thí nghiệm, bảo quản trong tủ lạnh ở nhiệt độ -20 °C đến khi xử lý các bước tiếp theo. Để tiến hành phân tích tỉ trọng, độ hạt trầm tích, giá trị OM, giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  và  $\delta^{15}\text{N}$ , tỉ số C/N, cột trầm tích được loại bỏ khoảng 1 cm ở phần trên cùng và dưới cùng để tránh nhiễm bẩn, sau đó cắt mẫu với khoảng cách độ sâu là 2 cm, tổng số mẫu trầm tích đã thu được là 54 mẫu.

### 2.3. Phương pháp xử lý và phân tích mẫu

#### *Phương pháp phân tích độ hạt trầm tích*

Khoảng 1 g mẫu trầm tích ướt được cân và chuyển vào các ống Falcon 50 mL, sau đó nhỏ dung dịch  $\text{H}_2\text{O}_2$  10% để loại bỏ thành phần vật chất hữu cơ. Trong quá trình thí nghiệm, các mảnh vụn hữu cơ, rễ cây nhỏ được lấy ra bằng kẹp inox. Sau quá trình phản ứng, dung dịch acid HCl 1N được nhỏ vào mẫu để loại bỏ carbonate [15]. Sau khi toàn bộ các phản ứng xảy ra, mẫu được li tâm để tách lượng  $\text{H}_2\text{O}_2$  và HCl còn dư, tiếp đó khoảng 10 mL nước cất được nhỏ vào mẫu để đảm bảo mẫu không bị khô.

Thành phần độ hạt trầm tích được phân tích bằng hệ thống phân tích độ hạt laser Horiba LA950V2. Đây là hệ thống có thể xác định thành phần các cấp hạt có kích thước từ 0,01 đến 3.000  $\mu\text{m}$ . Mỗi mẫu trầm tích được phân tích lặp lại 3 lần với giá trị sai số tương đối <1%. Kết quả phân bố thành phần độ hạt trầm tích từ hệ thống LA950V2 sẽ được đưa vào phần mềm GRADISTAT của Blott và Pye [16] để tính các tham số về kích thước độ hạt trung bình (Md) và độ chọn lọc (So).

#### *Phương pháp phân tích thành phần vật chất hữu cơ*

Khoảng 10 g mẫu trầm tích ướt được đặt vào chén sứ và sấy ở 60 °C trong 48 giờ đến khối lượng không đổi. Mẫu sau khi sấy khô được nghiền mịn bằng cối và chày mã nã, trong quá trình nghiền, các loại cành cây, rễ cây, vật chất hữu cơ thô và vụn, vỏ sinh vật được loại bỏ bằng các kẹp inox.

Thành phần vật chất hữu cơ (OM) được xác định thông qua lượng chất mất khi nung. Khoảng 2 g mẫu trầm tích được cho vào chén sứ và đốt ở nhiệt độ 550 °C trong 3 giờ. Giá trị OM (%) được xác định bằng tỷ số giữa hiệu số của khối lượng mẫu trầm tích trước và sau khi đốt trên khối lượng ban đầu trước khi đốt [17].

#### *Phương pháp phân tích đồng vị bền và tỉ số C/N*

Khoảng 0,2 g mẫu trầm tích đã nghiền mịn được phản ứng với 3 mL acid HCl 1N trong 24 giờ trong ống nghiệm Eppendorf để loại bỏ thành phần carbonate. Sau đó, dung dịch trong ống nghiệm được hút sạch bằng pi-pét. Khoảng 4 mL nước Mili-Q được nhỏ thêm vào và rung lắc bằng máy để đảm bảo mẫu được trộn đều. Ống nghiệm tiếp tục được đưa vào máy li tâm quay với tốc độ 6200 vòng/phút để tách riêng phần mẫu và dung dịch có chứa acid trong mẫu. Quá trình rửa mẫu này được lặp lại 4 lần để đảm bảo toàn bộ acid được loại bỏ, sau đó đem sấy khô ở 60 °C trong 48 giờ.

Sau khi sấy khô, khoảng 10 – 30 mg mẫu trầm tích mịn được định lượng bằng cân điện tử có độ chính xác 0,001 mg và gói trong các cốc thiếc siêu sạch kích thước 6×8 mm. Giá trị  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  và tỉ số C/N được phân tích bằng hệ thống phân tích nguyên tố (Elemental Analyzer) và hệ thống khối phổ tỉ số đồng vị bền (Sercon Ltd.). Trong quá trình phân tích, chất chuẩn quốc tế L-Histidine (CRM – Certified Reference Material;  $\delta^{13}\text{C} = -11,4\text{‰}$ ,  $\delta^{15}\text{N} = -7,6\text{‰}$ ) được sử dụng để thực hiện quản lý và đảm bảo chất lượng kết quả phân tích.

Giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  và  $\delta^{15}\text{N}$  của mẫu được tính theo phương trình:

$$\delta X (\text{‰}) = \left( \frac{R_{\text{sample}}}{R_{\text{standard}}} - 1 \right) \times 1000$$

Trong đó,  $\delta X$  là  $\delta^{13}\text{C}$  hoặc  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $R$  là tỉ số của đồng vị nặng với đồng vị nhẹ ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  hoặc  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ),  $R_{\text{sample}}$  là tỉ số của mẫu phân tích và  $R_{\text{standard}}$  là chất chuẩn đồng vị bền của đá với Pee Dee Belemnite (PDB).

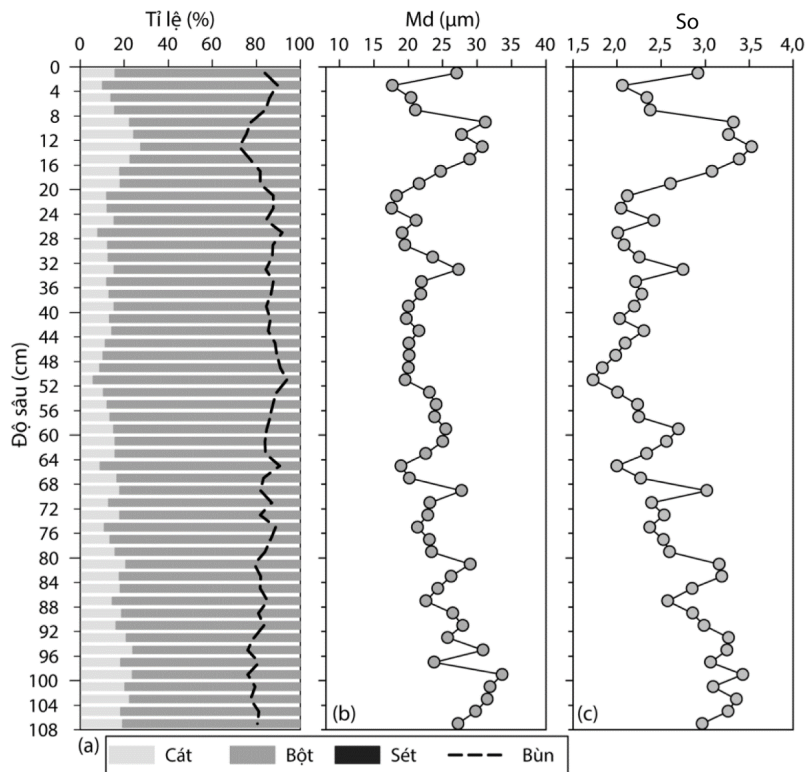
### 3. Kết quả

#### 3.1. Đặc điểm thành phần trầm tích

Cột trầm tích có thành phần chủ yếu là bột và cát. Thành phần cát dao động trong khoảng từ 6,04 – 27,67%, với giá trị trung bình là  $15,93 \pm 4,55\%$ . Thành phần bột dao động trong khoảng từ 72,33 – 93,96%, với giá trị trung bình là  $84,07 \pm 4,55\%$ . Thành phần sét chiếm tỉ

lệ không đáng kể (Hình 3a). Giá trị  $M_d$  dao động trong khoảng khá hẹp từ 17,58 đến 33,63  $\mu\text{m}$ , với giá trị trung bình là  $24,0 \pm 4,11 \mu\text{m}$ . Nhìn chung, giá trị  $M_d$  khá ổn định trong toàn bộ cột mẫu, mặc dù có sự giảm từ đáy cột mẫu đến độ sâu khoảng 21 cm, sau đó tăng nhẹ đến khoảng độ sâu 9 cm. Từ vị trí độ sâu này, giá trị  $M_d$  có xu thế giảm dần tới lớp trầm tích bề mặt (Hình 3b).

Giá trị  $S_o$  dao động trong khoảng 1,73 – 3,53, với giá trị trung bình  $2,6 \pm 0,49$ . Dựa vào thang phân chia trầm tích của Blott và Pye [16], trầm tích trong hồ được chia thành hai loại là độ chọn lọc trung bình và độ chọn lọc kém. Các mẫu có độ chọn lọc trung bình phân bố ở các độ sâu từ 46 – 52 cm và từ 64 – 66 cm (Hình 3c). Toàn bộ các mẫu trầm tích còn lại thuộc kiểu trầm tích có độ chọn lọc kém.



Hình 3. Biến đổi thành phần các loại trầm tích, kích thước độ hạt trầm tích trung bình, độ chọn lọc theo độ sâu cột mẫu trầm tích.

### 3.2. Đặc điểm thành phần vật chất hữu cơ

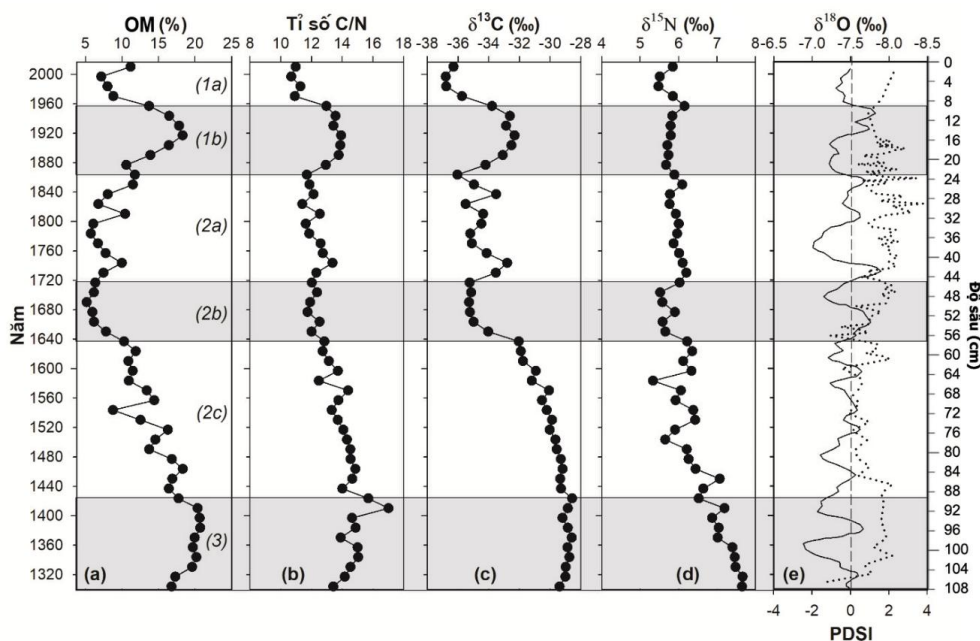
Sự biến đổi của OM thông qua lượng chất mất khi nung được trình bày trong Hình 4a. Giá trị OM dao động trong khoảng rộng từ 5,19 – 20,69%, với giá trị trung bình  $12,69 \pm 4,88\%$ . Biến động về thành phần vật chất hữu cơ trong cột mẫu trầm tích có thể chia thành các phần như sau: Giá trị OM là cao nhất và ít biến đổi ở độ sâu từ đáy cột mẫu đến độ sâu 91 cm. Từ độ sâu này, giá trị OM có xu thế giảm liên tục đến độ sâu 53 cm. Giá trị OM đạt giá trị thấp nhất ở trong khoảng độ sâu từ 53 cm đến 27 cm, mặc dù trong khoảng độ sâu này giá trị OM hình thành hai đỉnh giá trị cao hơn. Từ độ sâu 27 cm, giá trị OM tăng liên tục và đạt giá trị cao tại độ sâu 13 – 15 cm. Sau đó, giá trị OM có xu thế giảm liên tục đến trầm tích bề mặt.

Tỉ số C/N dao động trong khoảng từ 10,68 - 17,01, với giá trị trung bình  $13,23 \pm 1,33$ . Tỉ số C/N có xu thế tăng nhẹ từ đáy cột mẫu đến độ sâu 91 cm, sau đó, giảm nhẹ liên tục đến độ sâu 23 cm. Tiếp đó, tỉ số C/N tăng không đáng kể đến độ sâu 9 cm và giảm về lớp trầm tích bề

mặt (Hình 4b). Có thể nói xu thế biến đổi của tỉ số C/N và giá trị OM là khá tương đồng.

Giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  dao động trong khoảng từ  $-28,57$  đến  $-36,8\%$ , với giá trị trung bình là  $-32,23 \pm 2,67\%$ . Xu thế biến đổi giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  có thể được chia thành 3 phần: phần từ đáy cột mẫu đến độ sâu 69 cm có giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  ít biến đổi; sau đó giảm nhanh đến độ sâu 53 cm; từ độ sâu này đến độ sâu 23 cm, giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  dao động lên xuống nhưng với biên độ không lớn; sau đó tăng với biên độ lớn hơn đến độ sâu 11 cm; từ đây giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  giảm liên tục đến lớp trầm tích bề mặt (Hình 4c).

Giá trị  $\delta^{15}\text{N}$  dao động trong khoảng nhỏ từ 5,33 đến 7,67‰ với giá trị trung bình  $6,2 \pm 0,6\%$ . Xu thế biến đổi của giá trị  $\delta^{15}\text{N}$  trong cột mẫu trầm tích có thể được chia thành hai phần: phần từ đáy cột mẫu đến độ sâu 47 cm, giá trị  $\delta^{15}\text{N}$  có xu thế giảm nhẹ liên tục; phần từ 47 cm đến lớp trầm tích bề mặt giá trị  $\delta^{15}\text{N}$  hầu như không đổi, ngoại trừ một số mẫu ở trên bề mặt có xu thế giảm rất ít (Hình 4d).



Hình 4. Biến đổi giá trị OM, tỉ số C/N, giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  và  $\delta^{15}\text{N}$  theo các giai đoạn khác nhau trong quá khứ.

Ghi chú: Trong hình (e), đường nét liền là giá trị PDSI [18]; đường nét đứt là giá trị  $\delta^{18}\text{O}$  [19].

## 4. Thảo luận

### 4.1. Biến đổi thành phần độ hạt trầm tích trong môi trường hồ

Thành phần độ hạt trầm tích thường được sử dụng để phản ánh đặc điểm thủy văn trong hồ, nghiên cứu và phục hồi điều kiện môi trường trong hồ. Đặc điểm thay đổi giá trị Md theo thời gian phản ánh sự thay đổi về mực nước hồ [15]. Điều này gián tiếp phản ánh các thời kỳ ẩm và khô ở khu vực xung quanh hồ [20]. Trong cột mẫu trầm tích hồ Ao Tiên, giá trị Md có xu thế giảm nhẹ từ đáy cột mẫu trầm tích (vào khoảng năm 1300 A.D) đến độ sâu 65 cm (vào khoảng năm 1580) (Hình 3b). Trong giai đoạn này, thành phần cát cũng có xu thế giảm dần và thành phần bột có xu thế tăng dần (Hình 3a). Điều này chứng tỏ chế độ thủy văn của hồ thuận lợi cho lắng đọng trầm tích hạt mịn, hay mực nước hồ có xu thế tăng lên [21]. Giá trị Md và thành phần cát có xu thế tăng nhẹ trở lại trong giai đoạn từ năm 1580 đến năm 1680. Đặc điểm này chứng tỏ chế độ thủy động lực của hồ tăng lên, xáo trộn đáy hồ nhiều hơn, chỉ thị cho mực nước hồ thấp hơn giai đoạn trước [15, 20]. Từ năm 1680 đến năm 1880, giá trị Md nhỏ và thành phần cát có xu thế biến đổi rất ít, ngoại trừ hình thành một đỉnh tại năm 1797. Do vậy, trong thời kỳ này đặc điểm thủy văn của hồ khá yên tĩnh và mực nước khá cao. Trong thời kỳ từ 1880 đến 1957, kích thước độ hạt trầm tích tăng nhanh đột ngột cùng với thành phần cát, chứng tỏ các thay đổi sau đã xảy ra: 1) mực nước hồ chuyển từ cao sang thấp và 2) vận chuyển của các loại vật chất từ các núi xung quanh hồ trong quá trình chảy của nước mưa. Từ năm 1960 đến nay, kích thước độ hạt giảm dần, chứng tỏ hồ có mực nước khá cao, thuận lợi cho lắng đọng trầm tích hạt mịn.

### 4.2. Phục hồi đặc điểm cổ môi trường và khí hậu từ cột mẫu trầm tích

Dựa vào đặc điểm biến đổi giá trị OM, giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  và  $\delta^{15}\text{N}$ , tỉ số C/N điều kiện cổ môi trường hồ Ao Tiên được chia ra làm 3 giai đoạn khác nhau theo sự tăng lên về thời gian gồm:

Giai đoạn 3: từ năm 1300 đến năm 1424; giai đoạn 2 từ năm 1424 đến năm 1864; giai đoạn 1 từ năm 1864 đến nay (Hình 4).

Từ năm 1300 đến năm 1424 (*Giai đoạn 3*), giá trị OM, tỉ số C/N, và giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  khá ổn định ở mức cao nhất trong toàn bộ cột mẫu. Đặc điểm này phản ánh mực nước hồ khá cao, có thể do mưa nhiều và vận chuyển khối lượng vật chất hữu cơ từ các vùng núi xung quanh xuống hồ [22]. Giá trị OM và tỉ số C/N cao nhất lần lượt là 19,3% và 14,8 phản ánh một lượng lớn vật chất hữu cơ được vận chuyển xuống đáy hồ. Bên cạnh đó, giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  ổn định với giá trị trung bình đạt  $-28,9\%$  chứng tỏ thực vật bậc cao chiếm ưu thế trong thành phần vật chất hữu cơ. Các dữ liệu về trầm tích thành phần cát chiếm tỉ lệ 20,35%, giá trị Md cao nhất trong toàn bộ cột mẫu là 28,85  $\mu\text{m}$ , giá trị So trung bình đạt 3,15 đại diện cho trầm tích có độ chọn lọc kém (Hình 3) đã minh chứng rằng trầm tích được lắng đọng trong điều kiện được vận chuyển từ các vùng xung quanh vào hồ [20] và nguồn vật chất hữu cơ từ thực vật bậc cao xung quanh hồ được vận chuyển nhiều xuống đáy hồ. Kết quả phân tích về giá trị  $\delta^{18}\text{O}$  của thạch nhũ hang động ở phía nam Trung Quốc chứng tỏ rằng đây là thời kỳ hoạt động mạnh của gió mùa Tây Á, làm cho lượng mưa tăng lên và giảm giá trị  $\delta^{18}\text{O}$  [19] (Hình 4e). Mặc dù kết quả PDSI dựa trên vòng vân gỗ chỉ ra Việt Nam có các đợt hạn hán vào thời gian này, nhưng có thể vùng núi cao ở khu vực Vườn quốc gia Ba Bể không chịu tác động của hiện tượng giảm hoạt động của gió mùa do có sự đan xen giữa các năm khô hạn với các năm có mưa nhiều trên lãnh thổ Việt Nam [18].

Từ năm 1424 đến năm 1637 (*Giai đoạn 2c*), giá trị OM, tỉ số C/N, giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  và  $\delta^{15}\text{N}$  đều thể hiện xu thế giảm liên tục so với giai đoạn trước và lần lượt đạt các giá trị là 13,6%, 13,8,  $-30,3\%$ , 6,4%. Đồng thời các đặc điểm trầm tích như giá trị Md, So cũng có xu thế giảm nhưng không rõ ràng (Hình 3, Hình 4). Thành phần cát giảm đột ngột xuống giá trị 15,5%, giá trị Md giảm đến 23,7  $\mu\text{m}$ , giá trị So đạt 2,6 đại diện cho mức độ chọn lọc kém. Như vậy, thành phần vật chất hữu cơ trong trầm tích hồ có xu

thể dịch chuyển từ giàu thành phần thực vật bậc cao sang thành phần thực vật phù du có trong hồ [23]. Bắt đầu của giai đoạn mực nước hồ tương đối cao và phổ biến nguồn vật chất hữu cơ có nguồn gốc thực vật bậc cao vận chuyển từ núi xung quanh xuống hồ, nhưng sau đó mực nước hồ giảm dần do giảm nguồn nước xung quanh đổ vào hồ. Tỉ số C/N và giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  giảm, chứng tỏ nguồn vật chất hữu cơ từ thực vật phù du chiếm ưu thế. Sự giảm giá trị  $\delta^{15}\text{N}$  liên tục trong giai đoạn này có thể giải thích là do tăng lên về thành phần loài thực vật phù du thuộc nhóm tảo lam (*Cyanobacteria*), vốn có khả năng tổng hợp khí nitơ từ khí quyển để sinh trưởng, nên gây giảm giá trị  $\delta^{15}\text{N}$  trong trầm tích [24]. Các nghiên cứu về giá trị  $\delta^{18}\text{O}$  của thạch nhũ hang động và kết quả PDSI phục hồi từ vòng vân gỗ đều chỉ ra giai đoạn này có sự giảm hoạt động tương đối của gió mùa, giảm lượng mưa và có chỉ số hạn khá thấp [18, 19] (Hình 4e). Do vậy, đây là thời kỳ hoạt động của gió mùa giảm ở khu vực miền núi hồ Ba Bể kéo theo sự suy giảm lượng mưa dẫn tới mực nước hồ Ao Tiên giảm.

Từ năm 1637 đến năm 1717 (*Giai đoạn 2b*), giá trị OM, tỉ số C/N, giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  và  $\delta^{15}\text{N}$  đã giảm đến giá trị thấp nhất tính từ đáy cột mẫu đến thời điểm này. Trong giai đoạn này, thành phần trung bình của cát giảm chỉ còn 10%, giá trị Md đạt nhỏ nhất 21,1  $\mu\text{m}$  (Hình 3a). Tương tự, giá trị OM cũng đạt giá trị thấp nhất là 6,3%; tỉ số C/N trung bình là 12,1; giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  trung bình khá thấp là  $-35,0\%$ . Các kết quả này chứng tỏ có sự tăng lên về sinh khối của thực vật phù du trong nước hồ trong giai đoạn mực nước hồ hạ thấp. Sự giảm giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  và  $\delta^{15}\text{N}$  của vật chất hữu cơ trong trầm tích đã cho thấy sự chiếm ưu thế của các loài tảo nâu và tảo lam trong thành phần thực vật phù du. Tương tự các kết quả của Buckley và nnk [18] và Dykoski và nnk [19], giai đoạn này có sự giảm lượng mưa vào thời kỳ đầu và sau đó lượng mưa tăng dần, dẫn đến giảm giá trị  $\delta^{18}\text{O}$  của thạch nhũ hang động (Hình 4e).

Từ năm 1717 đến năm 1864 (*Giai đoạn 2a*), các giá trị về thành phần cát, Md và So đều có xu hướng tăng nhẹ với các giá trị lần lượt là:

8,4%, 21,2  $\mu\text{m}$ , 2,2 so với giai đoạn trước đó (Hình 3). Giá trị OM,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ , và tỉ số C/N đều có xu thế tăng hơn so với giai đoạn trước và đạt giá trị lần lượt là 8,4%,  $-30,3\%$ , 6,2%, và 13,8 (Hình 4). Các kết quả này chứng tỏ trầm tích hồ đã tiếp nhận một khối lượng trầm tích, vật chất hữu cơ vận chuyển từ vùng núi xung quanh xuống hồ và có sự tăng lên đồng thời của vật chất hữu cơ có nguồn gốc từ thực vật phù du và thực vật sống xung quanh hồ. Như vậy, mực nước hồ giai đoạn này là tương đối cao do tiếp nhận nguồn nước mưa chảy từ các núi xung quanh vào hồ, hay nói cách khác hoạt động của gió mùa đã tăng lên. Điều này phù hợp với kết quả phân tích giá trị  $\delta^{18}\text{O}$  của thạch nhũ hang động ở phía nam Trung Quốc [19]. Sự tăng dần giá trị OM, giảm tỉ số C/N, và giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  ở thời gian cuối của giai đoạn, và duy trì giá trị  $\delta^{15}\text{N}$  theo thời gian (Hình 4) chứng tỏ sinh khối của thực vật phù du phát triển trong điều kiện mực nước hồ lớn, sinh khối tăng dần theo thời gian. Một số thời điểm tăng lên giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  có thể là do tăng thành phần  $^{13}\text{C}$  trong carbon vô cơ hòa tan của nước hồ [25].

Từ năm 1864 đến năm 1957 (*Giai đoạn 1b*), thành phần cát, giá trị Md, So có sự tăng lên mạnh mẽ so với giai đoạn 2a và đạt giá trị lần lượt là 20,9%, 26,2  $\mu\text{m}$ , và 3,0 (Hình 3). Tương tự như các tham số trầm tích, giá trị OM tăng nhẹ so với giai đoạn trước đạt giá trị 15,3%, trong khi đó tỉ số C/N và giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  trung bình giảm nhẹ với các giá trị lần lượt là 13,5 và  $-33,1\%$ . (Hình 4). Các kết quả này cho thấy có sự tăng lên về thành phần vật chất hữu cơ có nguồn gốc từ thực vật bậc cao sống xung quanh hồ liên quan đến sự gia tăng lượng nước từ xung quanh đổ vào hồ và làm cho mực nước hồ tăng lên. Đối sánh với các kết quả phân tích giá trị  $\delta^{18}\text{O}$  của thạch nhũ hang động ở phía nam Trung Quốc [19] và chỉ số hạn hán PDSI phục hồi từ vòng vân gỗ ở Việt Nam [18] cho thấy lượng mưa có sự tăng lên vào thời kỳ đầu của giai đoạn và giảm nhẹ vào cuối giai đoạn [18, 19].

Từ năm 1957 đến nay (*Giai đoạn 1a*), thành phần cát, giá trị Md, So đều có xu thế giảm nhanh (Hình 3), giá trị OM, tỉ số C/N, giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  và  $\delta^{15}\text{N}$  đều có xu thế giảm đến bề mặt



trầm tích (Hình 4). Thành phần cát trung bình có giá trị 14,0%, giá trị Md là 21,5  $\mu\text{m}$ , giá trị OM giảm đột ngột còn 8,8%, tỉ số C/N giảm còn 11, giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  giảm mạnh so với giai đoạn trước là 3,4‰, trong khi giá trị  $\delta^{15}\text{N}$  giảm rất ít. Các kết quả này chứng tỏ giai đoạn này đã có sự giảm về lưu lượng nước đổ vào hồ. Tỉ số C/N và giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  thấp nhất trong toàn bộ cột mẫu, chứng tỏ thành phần vật chất hữu cơ trong hồ có nguồn gốc chủ yếu từ thực vật phù du sống trong cột nước hồ [26]. Sự giảm giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  (~3‰) của vật chất hữu cơ trong trầm tích có thể giải thích là do sự thay đổi về thành phần tảo, với sự chiếm ưu thế của các loài tảo nâu (*chrysophyceae*) có giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  dao động trong khoảng từ -34,4 đến -31,3‰ [24]. Thực tế, hiện nay nước hồ luôn có màu nâu vàng do màu của tảo gây ra. Do vậy, trong các nghiên cứu tương lai cần xác định rõ thành phần của các loài tảo trong nước hồ. Một lý do khác cho sự giảm giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  đột ngột của vật chất hữu cơ trong trầm tích là khi mực nước hồ hạ thấp có thể xảy ra quá trình xáo trộn nước tầng đáy, do vậy hàm lượng ôxi hòa tan trong nước hồ tăng và gây ôxi hóa các loại vật chất hữu cơ và khí metan ở lớp trầm tích trên cùng. Quá trình ôxi hóa này tạo sản phẩm là khí  $\text{CO}_2$  có thành phần đồng vị  $^{12}\text{C}$  thấp phát thải vào nước hồ. Các loài thực vật phù du sử dụng lượng khí  $\text{CO}_2$  hòa tan này để quang hợp sẽ tạo ra vật chất hữu cơ có giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  thấp. Sau khi chết các loại thực vật phù du sẽ lắng đọng xuống đáy hồ và tạo ra trầm tích hữu cơ có giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  thấp hơn [27]. Quá trình ôxi hóa này xảy ra mạnh khi có các loài sinh vật như cá được nuôi trong hồ. Theo nghiên cứu và phỏng vấn người dân, những năm gần đây một số loài cá đã được người dân thả vào hồ, nên có thể gây xáo trộn đáy hồ và làm giá tăng quá trình ôxi hóa vật chất hữu cơ.

## 5. Kết luận

Cột mẫu trầm tích có chiều dài 110 cm đã được lấy tại hồ Ao Tiên, Vườn quốc gia Ba Bể để phân tích thành phần độ hạt trầm tích, giá trị

OM, tỉ số C/N, giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  và  $\delta^{15}\text{N}$ . Kết quả cho thấy cột mẫu có thể phản ánh được điều kiện biến đổi môi trường và khí hậu của khu vực trong khoảng thời gian 700 năm (từ năm 1300 đến 2017). Sự biến đổi đồng thời của thành phần độ hạt trầm tích, giá trị OM, tỉ số C/N, giá trị  $\delta^{13}\text{C}$  và  $\delta^{15}\text{N}$  đã phản ánh điều kiện môi trường lắng đọng trầm tích và khí hậu của khu vực được chia thành 3 giai đoạn: từ năm 1300 đến năm 1424 (*giai đoạn 3*) là giai đoạn khí hậu có mưa nhiều, mực nước hồ tương đối cao và phổ biến vật chất hữu cơ có nguồn gốc từ thực vật C3 xung quanh hồ. Từ năm 1424 đến 1637 (*giai đoạn 2c*), mực nước hồ giảm liên tục và giảm cả lưu lượng nước xung quanh chảy về hồ. Thành phần vật chất hữu cơ trong trầm tích có nguồn gốc hỗn hợp của thực vật quang hợp C3 và thực vật phù du. Ngoài ra, hoạt động gió mùa trong thời kỳ này cũng có xu hướng giảm. Từ năm 1637 đến 1717 (*giai đoạn 2b*), mực nước hồ giảm thấp nhất do lượng nước mưa đổ vào hồ giảm, hồ nghèo dinh dưỡng và các loài tảo lam và tảo nâu chiếm ưu thế phát triển. Từ năm 1717 đến năm 1864 (*giai đoạn 2c*), có sự tăng dần của mực nước hồ do tăng dần về lượng mưa đổ về hồ, thực vật phù du phát triển trong điều kiện mực nước hồ cao, sinh khối tăng dần theo thời gian. Từ năm 1864 đến 1957 (*giai đoạn 1b*), mực nước hồ tăng, nguồn gốc vật chất hữu cơ trong trầm tích là hỗn hợp của thực vật sống quanh hồ và thực vật phù du. Hoạt động của gió mùa mạnh dần từ đầu đến cuối giai đoạn. Từ năm 1957 đến nay (*giai đoạn 1a*) được đặc trưng bởi sự giảm lượng mưa và hoạt động gió mùa ở khu vực, mực nước hồ tương đối thấp. Nguồn vật chất hữu cơ trong trầm tích chủ yếu có nguồn gốc từ tảo nâu và tảo lam. Trong đó, tảo nâu chiếm ưu thế trong điều kiện nghèo dinh dưỡng.

## Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Hà Nội trong đề tài mã số QG.16.16.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Leng, M.J. and J.D. Marshall, Palaeoclimate interpretation of stable isotope data from lake sediment archives. *Quaternary Science Reviews*, 2004. 23(7-8): p. 811-831.
- [2] Stocker, T., et al., *Climate change 2013: The physical science basis*. 2014: Cambridge University Press Cambridge, UK, and New York.
- [3] Rosén, P., et al., Holocene climatic change reconstructed from diatoms, chironomids, pollen and near-infrared spectroscopy at an alpine lake (Sjuodjijaure) in northern Sweden. *The Holocene*, 2001. 11(5): p. 551-562.
- [4] Wilson, G.P., et al.,  $\delta^{13}\text{C}$  and C/N as potential coastal palaeoenvironmental indicators in the Mersey Estuary, UK. *Quaternary Science Reviews*, 2005. 24(18-19): p. 2015-2029
- [5] Anderson, L., M.B. Abbott, and B.P. Finney, Holocene climate inferred from oxygen isotope ratios in lake sediments, central Brooks Range, Alaska. *Quaternary research*, 2001. 55(3): p. 313-321.
- [6] Tanabe, S., et al., Holocene evolution of the Song Hong (Red River) delta system, northern Vietnam. *Sedimentary Geology*, 2006. 187(1-2): p. 29-61.
- [7] Li, Z., et al., Climate change and human impact on the Song Hong (Red River) Delta, Vietnam, during the Holocene. *Quaternary International*, 2006. 144(1): p. 4-28.
- [8] Sano, M., C. Xu, and T. Nakatsuka, A 300-year Vietnam hydroclimate and ENSO variability record reconstructed from tree ring  $\delta^{18}\text{O}$ . *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* (1984-2012), 2012. 117(D12).
- [9] Tue, N.T., et al., The application of  $\delta^{13}\text{C}$  and C/N ratios as indicators of organic carbon sources and paleoenvironmental change of the mangrove ecosystem from Ba Lat Estuary, Red River, Vietnam. *Environmental Earth Sciences*, 2011. 64(5): p. 1475-1486.
- [10] Ha, N.T.T., et al., Selecting the Best Band Ratio to Estimate Chlorophyll-a Concentration in a Tropical Freshwater Lake Using Sentinel 2A Images from a Case Study of Lake Ba Be (Northern Vietnam). *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2017. 6(9): p. 290.
- [11] Weide, D.M., Freshwater diatoms as a proxy for Late Holocene monsoon intensity in Lac Ba Be in the Karst Region of Northern Viet Nam. 2012, California State University, Long Beach.
- [12] Weide, D.M., *Aulacoseira stevensiae* sp. nov. (Cocconeidiscophyceae, Bacillariophyta), a new diatom from Ho Ba Bê, Bac Kan Province, Northern Viet Nam. *Diatom Research*, 2015. 30(3): p. 263-268.
- [13] Davis, W.P. and A.D. Steinman, A Lightweight, Inexpensive Benthic Core Sampler for Use in Shallow Water. *Journal of Freshwater Ecology*, 1998. 13(4): p. 475-479.
- [14] Somsiri, T., et al., A simple device for sampling pond sediment. *Aquaculture*, 2006. 258(1): p. 650-654.
- [15] Xiao, J., et al., Partitioning of the grain-size components of Dali Lake core sediments: evidence for lake-level changes during the Holocene. *Journal of Paleolimnology*, 2009. 42(2): p. 249-260.
- [16] Blott, S.J. and K. Pye, GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth surface processes and Landforms*, 2001. 26(11): p. 1237-1248.
- [17] Heiri, O., A.F. Lotter, and G. Lemcke, Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of paleolimnology*, 2001. 25(1): p. 101-110.
- [18] Buckley, B.M., et al., Climate as a contributing factor in the demise of Angkor, Cambodia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2010. 107(15): p. 6748-6752.
- [19] Dykoski, C.A., et al., A high-resolution, absolute-dated Holocene and deglacial Asian monsoon record from Dongge Cave, China. *Earth and Planetary Science Letters*, 2005. 233(1): p. 71-86.
- [20] Yanhong, W., et al., Holocene climate development on the central Tibetan Plateau: a sedimentary record from Cuoe Lake. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2006. 234(2): p. 328-340.
- [21] Liu, X., et al., Holocene environmental and climatic changes inferred from Wulungu Lake in northern Xinjiang, China. *Quaternary Research*, 2008. 70(3): p. 412-425.
- [22] Meyers, P.A. and E. Lallier-Vergès, Lacustrine sedimentary organic matter records of Late Quaternary paleoclimates. *Journal of Paleolimnology*, 1999. 21(3): p. 345-372.
- [23] Talbot, M.R. and T. Lærdal, The Late Pleistocene - Holocene palaeolimnology of Lake Victoria, East Africa, based upon elemental and isotopic analyses of sedimentary organic matter. *Journal of Paleolimnology*, 2000. 23(2): p. 141-164.
- [24] Vuorio, K., M. Meili, and J. Sarvala, Taxon-specific variation in the stable isotopic signatures

- ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ ) of lake phytoplankton. *Freshwater Biology*, 2006. 51(5): p. 807-822.
- [25] Leng, M.J., et al., Isotopes in lake sediments, in *Isotopes in palaeoenvironmental research*. 2006, Springer. p. 147-184.
- [26] Lamb, A.L., et al., Holocene climate and vegetation change in the Main Ethiopian Rift Valley, inferred from the composition (C/N and  $\delta^{13}\text{C}$ ) of lacustrine organic matter. *Quaternary Science Reviews*, 2004. 23(7–8): p. 881-891.
- [27] Talbot, M.R. and T. Johannessen, A high resolution palaeoclimatic record for the last 27,500 years in tropical West Africa from the carbon and nitrogen isotopic composition of lacustrine organic matter. *Earth and Planetary Science Letters*, 1992. 110(1): p. 23-37.

## Reconstruction of Paleoenvironmental Changes in Ao Tien Lake, Ba Be National Park Using Stable Isotope Analysis

Dang Minh Quan<sup>1</sup>, Nguyen Tài Tue<sup>1,2</sup>, Pham Thao Nguyen<sup>2</sup>,  
Luu Viet Dung<sup>2</sup>, Tran Dang Quy<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Faculty of Geology, VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Hanoi, Vietnam*

<sup>2</sup>*VNU Key Laboratory of Geoenvironment and Climate change Response*

**Abstract:** Reconstruction of paleoenvironment and paleoclimate aims to clarify the characteristics the environments and climate in the past. The information of paleoenvironment and paleoclimate contributes important data for simulating the environmental and climate change in the future. The purpose of this study aims to reconstruct the paleoenvironmental characteristics in Ao Tien Lake, Ba Be National Park using the geochemical indicators of sediment grain size compositions, organic matter (OM), stable isotopes ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ ) and C/N ratios in one sediment core. The simultaneous variation of the geochemical indicators showed that paleoenvironmental characteristics of the study area since 700 years BP could be divided into the three following periods: The period from 1300 to 1424 AD was characterized by heavy precipitation, relatively high in lake water level and dominance of organic matter originated from C3 plants surrounding lake watershed; The period from 1424 to 1864 AD was characterized by a continuous decrease in the lake water level and reached to the lower water level due to the decrease in the precipitation water entering the lake. The sedimentary organic matter was originated from both C3 plants and lake microalgae with the dominance of *chrysophyceae* and *cyanobacteria*; The period from 1864 to the present was reconstructed by a slight increase in lake water level due to the intensifying of monsoon activities. The predominance sources of sedimentary organic matter consisted of C3 plants and lake microalgae. The period from the year 1957 to the present was characterized by a decrease in precipitation and a relatively low lake water level. The sedimentary organic matter sources were mainly from *cyanobacteria* and *chrysophyceae* microalgae. In which, the *chrysophyceae* microalgae was predominant in the oligotrophic state.

**Keywords:** Paleoenvironment, Paleoclimate, Stable isotopes, C/N ratios, Lake sediments.