

ĐẶC ĐIỂM ĐỊA MẠO, CÁC GIÁ TRỊ NỔI BẬT VỀ ĐỊA MẠO VÀ CẢNH QUAN VÙNG TRẢNG AN (NINH BÌNH)

PHẠM KHẢ TÙY¹, TRẦN TÂN VĂN², NGUYỄN ĐẠI TRUNG², NGUYỄN PHÚC ĐẠT²

¹Hội Địa mạo - Đệ tứ Việt Nam

²Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Thanh Xuân, Hà Nội

Tóm tắt: Vùng Trảng An gồm khối đá vôi Trảng An, các đồi núi đất thấp và các bộ phận đồng bằng tích tụ lân cận thuộc bộ phận phía tây nam đồng bằng Hà Nội. Khu Quần thể danh thắng Trảng An nằm trọn trên khối đá vôi Trảng An, được cấu tạo bởi đá vôi sạch, chiều dày khá lớn của hệ tầng Đồng Giao (T_{2a} đg). Khu Quần thể nằm ở một vùng có chế độ nâng yếu tân kiến tạo lâu dài. Khu vực này còn là phần tận cùng phía ĐN của các dải đá vôi thuộc nhánh đại dương Tethys cổ từ tây nam kéo vào Việt Nam. Sau khi tạo nên loạt các cao nguyên Tây Bắc nổi tiếng, các dải đá vôi kéo qua Cúc Phương về tới Trảng An thì bị chia cắt theo dạng “ô mạng” với các dải hẹp xen kẽ các thung kín và hồ, rồi thành các đồi đá vôi sót rải rác trên đồng bằng trước khi chìm hẳn xuống dưới bề mặt đồng bằng, kéo dài về phía Vịnh Bắc Bộ. Được hình thành từ 250 Tr.n trước, trải qua lịch sử địa chất đầy biến động, đặc biệt là chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của sụt lún biển Đông, sụt lún mở rộng trũng Hà Nội, của các đợt biển tiến, biển thoái... khối đá vôi Trảng An mang trên mình nhiều cảnh quan karst nhiệt đới điển hình của cảnh quan karst cụm đỉnh-lũng, cùng với kiểu tháp, nón rời rạc với các kiểu nón, tháp, kiểu đền Angco, hoặc kiểu trung gian độc đáo. Các cảnh quan này phân bố có quy luật theo không gian từ rìa vào trung tâm khối đá vôi: từ già nua nhất trên đồng bằng, tới trẻ hơn ở bộ phận chuyển tiếp và trẻ hơn cả ở bộ phận trung tâm. Đặc biệt từ bộ phận chuyển tiếp ra ngoài rìa khối là phạm vi phân bố cảnh quan của một vịnh biển thực thụ nhưng đã trở thành “hóa thạch” - nổi lên trên cạn. Mặc dù biển đã rời xa Trảng An từ hàng ngàn năm nay song cảnh quan “karst nhiệt đới bị biển xâm lấn và biến cải” vẫn được giữ nguyên với các đồi, núi đảo karst mang nhiều dấu ấn hoạt động của biển xưa như các ngân nước, các thềm mài mòn, các hang xuyên thủy, các hồ thủy triều, các thung nước, các hình thù kì dị do quá trình ăn mòn karst tạo nên, các “thành lũy” karst dạng cung, dạng lưỡi kiếm không nơi nào có được.

Cùng với các giá trị nổi bật về văn hóa, lịch sử, các cảnh quan tự nhiên của khu Quần thể danh thắng Trảng An có giá trị ngoại hạng về địa mạo - thẩm mỹ, rất xứng đáng được UNESCO công nhận là Di sản thiên nhiên và văn hóa thế giới.

I. MỞ ĐẦU

Những kết quả điều tra, nghiên cứu về địa chất, địa mạo của các chuyên gia thuộc Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Viện Khảo cổ học Việt Nam đã xác nhận những giá trị nổi bật về địa mạo, cảnh quan và văn hóa, lịch sử của Quần thể danh thắng Trảng An. Các giá trị này là cơ sở để quyết tâm xây dựng Thành phố Ninh Bình trở thành thành phố du lịch trọng điểm quốc gia với Quần thể danh thắng Trảng An đạt được danh hiệu Di sản thiên nhiên và văn hóa thế giới. Với những giá trị này, từ lâu Quần thể danh thắng Trảng An đã được khai thác sử dụng hợp lý và có tính bền vững, xứng đáng được đầu tư phát triển du lịch. Hiện nay, UBND tỉnh Ninh Bình đã xây dựng một Ban quản lý chung cho Quần thể danh thắng Trảng An. Tiếp đó, Hội thảo quốc tế “Xác

định giá trị nổi bật toàn cầu của Quần thể danh thắng Tràng An” diễn ra vào ngày 24 và 25/7/2012 đã được tổ chức. Trong Hội thảo, các chuyên gia trong nước và quốc tế đã xem xét, thảo luận về các giá trị nổi bật toàn cầu về tự nhiên (tiêu chí 7 và 8) và văn hóa (tiêu chí 5 và 3) của các kết quả nghiên cứu mới về địa chất, địa mạo và khảo cổ học của Quần thể danh thắng Tràng An. Quần thể đã được đánh giá có nhiều khả năng trở thành một Di sản Thế giới hỗn hợp với cả hai tiêu chí văn hóa và thiên nhiên đầu tiên tại Việt Nam.

Bài viết này nhằm cung cấp các tài liệu về đặc điểm địa mạo, các giá trị nổi bật về địa mạo và cảnh quan của Quần thể danh thắng Tràng An, góp phần tạo cơ sở lập hồ sơ trình UNESCO xếp hạng Di sản Thế giới cho vùng này.

II. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA MẠO

Trên cơ sở phân tích các bức ảnh chụp từ vũ trụ, các bản đồ địa hình tỷ lệ 1:25.000 và các tài liệu thực địa chi tiết gần đây có thể định ra các bề mặt, các cảnh quan có các nguồn gốc khác nhau của Quần thể danh thắng Tràng An.

1. Địa hình kiến tạo

Sườn và vách do đứt gãy kiến tạo: Sự kết hợp theo dạng “ô mạng” của hai hệ thống đứt gãy chính TB - ĐN và ĐB - TN là đặc điểm thể hiện nổi bật nhất trên toàn bộ bề mặt khối đá vôi Tràng An. Hệ thống đứt gãy TB - ĐN đóng vai trò khống chế cấu trúc sơn văn dạng tuyến của khối đá vôi này. Dọc theo đứt gãy, các thung lũng phát triển dài đến 3-4 km, rộng nhất ở bộ phận ĐN tới 1km. Đầu TB khối, các thung lũng thu hẹp và tiếp tục cắt xẻ sâu vào gân tới bộ phận trung tâm khối. Các thung lũng-đứt gãy này còn phân chia bộ phận ĐN của nửa phía Nam khối thành các dải nổi cao xen kẽ. Hệ thống này còn làm tách hẳn bộ phận rìa ĐB khối Tràng An ra một khối nhỏ hơn qua thung lũng kéo dài từ Xóm Ngàn tới Xuân Áng Nội.

Ở nửa phần phía Nam khối đá vôi Tràng An, mặc dù có sự kết hợp với các đứt gãy ĐB - TN và cả á kinh tuyến, đứt gãy TB - ĐN vẫn thể hiện rõ vai trò chủ đạo trong việc tạo ra trong nội bộ mỗi khối nhỏ chuỗi “các lũng hướng TB - ĐN”.

Ở bộ phận rìa ĐB khối Tràng An, các thung lũng và các sống núi xen giữa chủ yếu có hướng ĐB - TN.

Khối đá vôi Tràng An còn bị xẻ đôi bởi đứt gãy á kinh tuyến kéo dài từ Chí Phong qua Đền Trần tới núi Hang Chùa. Dọc theo đứt gãy này phát triển được chuỗi các lũng kín và các đoạn thung lũng hở phương B-N. Nhìn chung hệ thống đứt gãy ĐB - TN và á kinh tuyến chia cắt các dải cao do hệ thống TB - ĐN tạo ra thành các khối tầng nhỏ hơn. Ở nơi giao nhau đã xuất hiện các ô trũng, thung lũng kiểu ngập nước tạo nên cảnh quan kiểu “ô mạng” đặc sắc.

2. Địa hình bóc mòn - cấu trúc

Địa hình đơn nghiêng: Địa hình đơn nghiêng (hay còn gọi là địa hình cuesta) phát triển trên thế nằm đơn nghiêng của các lớp đá vôi, đá vôi xen dolomit thuộc phần giữa của hệ tầng Đồng Giao, chủ yếu cắm về ĐB. Đó là đồi hoặc núi thấp có một sườn rất dốc còn sườn đối diện thoải và dài hơn trùng với mặt lớp. Các sườn này giao nhau tạo nên “mào cuesta”. Mào cuesta rất mảnh và bị đứt ra thành nhiều đoạn ngắn. Các cuesta phân bố chủ yếu ở rìa ĐB khối đá vôi (Ảnh 1).

3. Địa hình bóc mòn tổng hợp

Trong nhóm địa hình này có bề mặt san bằng và các bề mặt pediment.



Ảnh 1. Cuesta ở Nam Hoa Lư.

a) Bề mặt san bằng Pliocen muộn: Ở ven rìa TN đồng bằng Hà Nội còn tồn tại phổ biến các di tích của bề mặt san bằng Pliocen muộn cao 200-400 m hình thành do bóc mòn lâu dài địa hình núi trong chế độ nâng yếu tân kiến tạo. Từ Pliocen do hoạt động sụt lún, mở rộng trũng Sông Hồng mà bộ phận ĐB vùng Tràng An bị lôi cuốn vào hoạt động sụt lún làm cho bề mặt này bị biến dạng, hạ thấp độ cao xuống còn 250 m ở phía TB và 150m ở phía ĐN. Vào Pleistocen sớm bề mặt này bị chia cắt do được nâng lên làm hình thành cụm các khối đá vôi hình nón được ngăn cách nhau bởi các hố sụt, thung lũng karst, nhưng vẫn giữ được độ cao sần sần nhau của bề mặt nguyên thủy.

b) Các bề mặt pediment:

Trong Pleistocen sớm vận động nâng xảy ra từng đợt làm hình thành các bề mặt pediment dạng bậc thang trước núi và trong thung lũng, cao 10-20 m, 20-40 m trên cả đá lục nguyên - carbonat, lục nguyên hệ tầng Pa Khôm (ngoại vi khối đá vôi) và carbonat hệ tầng Đồng Giao (trong các thung lũng).

4. Địa hình do biển

a) Các bậc thềm mài mòn cổ: Các bậc thềm này được hình thành vào Pleistocen, trên các đá lục nguyên và lục nguyên - carbonat, chúng phát triển trên diện rộng hơn nhiều so với trên đá vôi ở dọc đường 12 và ở phạm vi chùa Bái Đính, tạo nên các bậc cao 8-20 m, 25-30 m và 40-60 m tương ứng với các thời kỳ gian băng Wurn₁ - Wurn₂, Wurn₁ - Riss và Riss - Mindel (Ảnh 2, 3).

Trên đá vôi, các thềm mài mòn tồn tại trên các tháp trong các vũng biển cổ ở bộ phận rìa khối Tràng An và trên đồng bằng, cao 7-15 m, 20-30 m, 40-60 m. Trên bề mặt các thềm thường có nhiều hình thù kỳ dị do sóng tạo nên (Ảnh 4, 5, 6, 7).

Ngoài ra, các đợt biển tiến, biển thoái còn tạo ra loạt các vách biển (clif) phân bố ở bên trên các bề mặt thềm nói trên. Từ độ cao 60 m trở lên, không thấy tồn tại các thềm mài mòn nào cho thấy khối đá vôi Tràng An không bị ngập nước biển từ Pleistocen giữa trở về trước.



Ảnh 2. Các bậc thềm mài mòn 20-25 m.



Ảnh 3. Thềm mài mòn ở Sơn Hà 40-60 m ở phạm vi chùa Bái Đính.



Ảnh 4. Thềm mài mòn sau đền vua Đinh.



Ảnh 5. Thêm mài mòn cao 50 m.



Ảnh 6. Thêm mài mòn cao 25 m.



Ảnh 7. Thêm mài mòn cao 20 m ở Trường Yên.

b) Các ngấn nước do nước biển hòa tan đá vôi: Các đợt biển tiến Holocen giữa (biển tiến Flandrian) và Holocen muộn (biển lấn Quảng Xương) để lại dấu ấn rõ ràng nhất trong “vịnh Trảng An” xưa. Trong vịnh này, đường bờ biển chạy viền theo các vũng nhỏ hơn đã được cắt sâu vào rìa khối đá vôi Trảng An từ trước. Các vũng nhỏ này cùng với các bán đảo xen giữa đã tạo nên kiểu đường bờ rất phức tạp: kiểu “Rias” trên đá vôi như ở Gia Sinh, Hoa Lư, Ninh Hòa, Ninh Nhất, Ninh Xuân, Ninh Thăng, Ninh Hải. Khắp nơi dọc theo đường bờ này dễ dàng nhận ra các ngấn biển khoét sâu vào các vách đá vôi với các mức cao: 1,5-2,5 m, 3,5- 4 m. Mức đầu hình thành do biển lấn Quảng Xương (2500-1500 năm trước), mức sau hình thành do biển tiến Flandrian (7000-4000 năm trước) (Ảnh 8).

Trên tường và sàn của một số ngấn biển còn tồn tại rõ di tích hào hà biển bám thành mảng như ở Hang Quàn, Bắc động Thiên Hương (Ảnh 9), Cố Viên Lầu (Ảnh 10), Động Thiên Hà, Hòn Non Nước.



Ảnh 8. Hai ngăn hòa tan cao 3,5 m và gần 2 m ở gần động Thiên Hương.



Ảnh 9. Hàu hà trên sàn và tường cao 3,5-4 m ở Cổ Viên Lâu.



Ảnh 10. Hàu hà bám trên trần ngăn nước cao 3,5 m gần động Thiên Hương.

c) Các “*hang xuyên thủy*”, các “*hồ nước thủy triều*” và các “*thung nước*”: Độc đáo nhất trong hệ thống hang động của khối đá vôi Tràng An là “*hang xuyên thủy*”. Chúng là những con sông nước ngọt kế thừa từ những hang luôn nước mặn trước đây. Các hang xuyên thủy ngập nước thường xuyên, nằm ngang, dài ngắn khác nhau chạy zích zắc (ở Tràng An), chạy thẳng (ở Tam Cốc - Bích Động) trong lòng các tháp karst theo các hệ thống đứt gãy đan chéo nhau hình mắt cáo. Những hang xuyên thủy này nối thông với những hồ nước kín (hồ thủy triều xưa) ở sâu trong lòng khối Tràng An tạo thành một hệ thống liên hoàn ngập nước độc đáo, có một không hai trên thế giới. Trần của các hang xuyên thủy phẳng, nhẵn, nằm ngang rất thấp, có nhiều nhũ đá rủ xuống tạo thành nhiều hình thù độc đáo theo các khe nứt cắt nhau dạng ô mạng. Các hang xuyên thủy và các hồ nước tạo nên các tuyến du lịch nổi tiếng ở Tam Cốc, Tràng An (Ảnh 11, 12).



Ảnh 11. *Hang xuyên thủy Hang Giữa (Bích Động).*



Ảnh 12. *Hang xuyên thủy xuyên qua tháp karst (Hang Tối) ở Tràng An.*

Đường dẫn tới hệ thống “hang xuyên thủy” - “hồ nước” là các thung lũng karst ngập nước “thung nước” vốn là các lạch triều cô dẫn nước từ khối đá vôi Tràng An ra biển cô, sau đó bị xâm thực trở nên sâu và rộng hơn bởi các dòng triều lên và rút (Ảnh 13, 14). Trên đáy các thung nước tại nhiều nơi lộ rõ thành tạo đầm lầy ven biển gồm các di tích rừng ngập mặn bán phân hủy trong bùn sét xám đen.



Ảnh 13. *Thung nước ở Bích Động liên thông với đồng bằng.*



Ảnh 14. Thung nước Hang Múa với hai ngán nước ở chân vách

5. Địa hình karst

Trong vùng Tràng An tồn tại hai loại địa hình karst chính: trụi và tự phủ. Loại karst trụi phát triển rộng rãi, tạo nên những cảnh quan độc đáo có tính thẩm mỹ cao, cấu tạo bằng đá vôi hệ tầng Đồng Giao. Loại karst tự phủ chiếm diện tích nhỏ ở phía Tây và TN khối đá vôi Tràng An nhưng cũng có giá trị nhất định về thẩm mỹ. Loại này hình thành trên đá lục nguyên - carbonat hệ tầng Pa Khôm, tạo nên dãy nón cân tròn xoay ở Tây và TN khối Tràng An, đồng thời cũng là nền móng của một “cánh đồng karst” hình thành trên các thềm mài mòn cô ở chân Núi Đính.

Đá vôi hệ tầng Đồng Giao hội tụ các điều kiện để quá trình karst xảy ra mạnh mẽ: độ sạch cao, độ nứt nẻ lớn, chiều dày khá lớn (300 m), nằm trong vùng được nâng tân kiến tạo lâu dài, chậm chạp. Do có những điều kiện đó trên khối đá vôi Tràng An đã hình thành được các cảnh quan karst trưởng thành (theo sơ đồ chuỗi các giai đoạn phát triển cảnh quan karst của Tony Waltham, (1998) [10], thậm chí già nua.

Dường như có cùng bản chất với quy luật “xâm thực giạt lùi” trên địa hình núi đá lục nguyên, quá trình karst hóa trên đá vôi vùng Tràng An cũng diễn ra từ rìa ngoài của khối tới bộ phận chuyển tiếp, rồi tới bộ phận trung tâm. Mặc dù cùng được nâng lên trong Pleistocen sớm nhưng quá trình karst hóa xảy ra ở bộ phận rìa là sớm nhất nên ở đó hiện đã đạt được cảnh quan già nua trước các bộ phận còn lại của khối. Thực vậy, một bộ phận rộng lớn của rìa khối đá vôi đã đạt tới giai đoạn già nua nhất với phần lớn các đồi đá vôi đã nằm ở bên dưới tầng trầm tích dày nguồn gốc khác nhau của đồng bằng Hà Nội, chỉ còn lác đác nhô cao lên các đồi dạng tháp ở phạm vi nghiên cứu. Trên bộ phận rìa hiện tại của khối, quá trình karst hóa đã đạt tới giai đoạn già với cảnh quan karst “đỉnh - thung lũng” mà đỉnh là cụm các tháp liên kết với nhau bị ngăn cách bởi các thung lũng dài, rộng đáy nằm ngang mực xâm thực địa phương, vốn là các bãi triều cổ bị lầy hóa, hiện thường xuyên ngập nước.

Trên bộ phận chuyển tiếp, quá trình karst hóa cũng đã đạt đến giai đoạn già với kiểu cảnh quan “đỉnh - lũng kín” với đỉnh là dãy các khối đá vôi dạng trung gian (đỉnh bằng, mấp mô, nón có vách ở dưới,...) và lũng kín là các lũng dài, kín do các lũng nhỏ nối thông với nhau có đáy nằm xấp xỉ mực xâm thực địa phương. Trong các lũng này, quá trình ăn mòn chân vách xảy ra mạnh làm các vách lùi dần, làm mỏng dần các dãy nổi cao ngăn cách chúng, cuối cùng dẫn tới kiểu karst “thành lũy” độc đáo chỉ có ở Tràng An.

Trên bộ phận trung tâm quá trình karst hóa đạt tới giai đoạn trưởng thành, hình thành kiểu cảnh quan “đỉnh - trũng sụt” với đỉnh là cụm các nón bao lấy các trũng sụt có đáy nằm cao trong tầng đá vôi, cao hơn mực xâm thực địa phương.

Dưới đây là những kiểu cảnh quan karst phát triển trên khối đá vôi Tràng An theo hướng từ trung tâm ra rìa.

a) **Kiểu cảnh quan karst “đỉnh - lũng kín có đáy nằm nông”**: Trên bộ phận trung tâm và trên phần “lõi” của các khối nhỏ hơn ở phía Bắc còn tồn tại rõ kiểu karst “cụm đỉnh - lũng” với “đỉnh” là các “nón liên kết” làm thành bộ xương dạng ô mạng bao lấy các lũng là các “trũng sụt kín có đáy nằm cao trong tầng đá vôi”. Các trũng sụt kín có đáy nằm trên 6 tầng độ cao: 1-4 m, 8-10 m, 10-20 m, 20-40 m, 40-60 m và 70-80 m (Ảnh 15).



Ảnh 15. “Các nón nối nhau bao quanh lũng hẹp, kín” ở phía Bắc Hang Trống hình thành vào đầu Đệ tứ.

Kiểu cảnh quan này chiếm bộ phận cao nhất của khối đá vôi Trảng An phân bố từ núi Con Lợn đến Đông Hang Bói, từ Hang Trống đến Nam Đồng Dang (bộ phận trung tâm) và từ Nam Đồng Dang tới Mỏm Thân. Đây là kiểu trẻ hơn cả trong chuỗi cảnh quan karst trưởng thành của khối đá vôi Trảng An. Kiểu này có địa hình rất hiểm trở, sườn dốc 45° - 50° , đèo cao, rừng rậm, khan hiếm nước mặt, rất khó đi lại, hiện không có người sinh sống. Các đặc điểm đó là những điều kiện tự nhiên tối ưu cho việc định ra một bộ phận của vùng lõi của quần thể danh thắng Trảng An.

Kiểu cảnh quan này có nhiều đặc điểm tương đồng với Kegel karst thuộc lãnh thổ nhiệt đới phát triển ở Indonesia, Jamaica, Puerto Rico, các phần của Trung Mỹ, Nam Trung Quốc, Malaysia (Hình 1) [11].



Hình 1. Các giai đoạn phát triển cảnh quan “cụm - đỉnh lũng” kiểu Kegel karst (thứ tự phát triển từ trái sang phải).

F1: Đứt gãy phương TB-ĐN;

F2: Đứt gãy phương ĐB-TN.

b) **Gian-lũng**: Cũng là kiểu cảnh quan “karst đỉnh - lũng” nhưng phân bố ở bộ phận chuyển tiếp từ trung tâm ra rìa khối đá vôi Trảng An. Tại những nơi này “đỉnh” không còn dạng nón mà là các dạng dương phức tạp trung gian giữa nón và tháp, còn “lũng” vẫn là các sụt trũng kín có đáy ở độ sâu gần đạt đến mực nước xâm thực cơ sở. Kiểu này chiếm diện tích lớn nhất trên khối đá vôi Trảng An: ở Tây Hang Bói, trên phạm vi rộng của dải núi Chùa Thủ - núi Cột Đèn, ở phạm vi các xã Ninh Xuân, Ninh Hải. Các dạng dương trung gian giữa nón và tháp ở đây có thể là các nón độc lập nổi cao trên móng đá vôi chung, các nón có vách ở dưới chân, nón có mặt trong vùng chủ yếu phân bố các tháp nổi cao trên đáy thung lũng, các tháp liên kết với bề mặt đỉnh có hình dạng phức tạp, các tháp không đối xứng, nón tù, nón đỉnh bằng.

Do đã đạt gần tới mực nước xâm thực cơ sở mà đáy các lũng ngày càng được mở rộng và trở nên bằng phẳng nhờ quá trình mở rộng ngang xảy ra mạnh. Quá trình này là một khâu trong chuỗi tiến hóa từ nón thành tháp karst: san bằng chân sườn do nước ăn mòn hóa học đá vôi → xuất hiện

các ngấn hòa tan → sập đổ đá của vách trên ngấn → tạo vách mới. Quá trình này cứ thế diễn ra liên tục, lâu dài làm cho mặt vách lùi dần, thu nhỏ dần các nón, tháp liên kết dạng thành lũy, cuối cùng làm hình thành các tháp. Do hiện tượng nâng cao mới (tân kiến tạo) chậm chạp xảy ra tiếp theo mà gương nước ngầm bị hạ thấp, đáy các trũng lại tiếp tục mở rộng và rồi lại bị san bằng ngang, cuối cùng lại tạo nên các tháp sót trên đáy thung lũng bị trẻ hóa.

c) Tháp karst: Tháp karst là cảnh quan hấp dẫn nhất trên khối đá vôi Tràng An. Đó là những đồi karst có chiều cao lớn hơn đường kính, có các vách đứng bao quanh. Chúng thường phân bố trên đáy các thung lũng, trên bề mặt đồng bằng ngoại vi, sát chân sườn. Chúng thường được chấp nhận như là sản phẩm tiến hóa kế thừa từ nón karst trong chuỗi tiến hóa phức tạp. Trên khối đá vôi Tràng An, các tháp phân bố tập trung nhiều nhất trong các thung lũng rộng, đáy bằng thường ngập nước do nằm ngang mực nước ngầm địa phương tại Ninh Xuân, Ninh Hải, Ninh Hòa, Hoa Lư,... và ở ven rìa đồng bằng tích tụ (Thiên Tôn, Ninh Khánh, Ninh Nhất,...).

Ngoài ra trong vùng còn có kiểu karst “tháp liên kết tựa xít nhau” rất ngoạn mục trên các dải đá vôi dẫn vào Vụng Chạy (Tam Cốc). Các tháp này dường như đang được hình thành từ các dãy đá vôi gồm các lớp nằm ngang bị hệ thống khe nứt thẳng đứng chia cắt trông giống như đền Ăng Co ở Campuchia. Sự mở rộng các khe nứt này do nước mưa hòa tan đá vôi dọc theo chúng tạo nên các tháp liên kết sơ khai rất đặc thù (Ảnh 16).



Ảnh 16. Các tháp kiểu “đền Ăng Co” hình thành theo các khe nứt dọc ở thung Hang Giữa (Tam Cốc).

d) Kiểu cảnh quan “đỉnh - thung lũng bị biến cải bởi biển”: Trong kiểu này, “đỉnh” là các dạng trung gian như đã nêu, nhưng thung lũng đã liên thông với đồng bằng và các sụt lún kéo dài, đáy bằng phẳng gần như đạt tới mực nước xâm thực cơ sở. Kiểu này có ở Hoa Lư, Ninh Hoà, Ninh Xuân, Ninh Hải. Do quá trình ăn hay gặm mòn chân rất mạnh mẽ mà đáy thung lũng ngày càng mở rộng, các dãy núi cao bị mỏng dần hình thành kiểu karst “thành lũy” hẹp, vách dốc với các dạng cung, lưỡi kiếm, xương rồng, vô lăng,... chỉ có ở khối đá vôi Tràng An (Ảnh 17), không thấy có ở nơi nào khác trên thế giới. Kinh đô Hoa Lư với các di tích của các triều đại Đinh - Lê - Lý được xây dựng dựa trên tính hiểm trở của địa hình karst “thành lũy”.



Ảnh 17. Kiểu karst “thành lũy” ở Đại Áng.

e) Kiểu cảnh quan karst “đỉnh tách biệt trên đồng bằng”: Kiểu cảnh quan này hình thành ở giai đoạn già nua nhất trong chuỗi tiến hóa của cảnh quan karst. Đỉnh là các tháp đơn lẻ hoặc thành cụm trên đồng bằng tích tụ, hoặc trên đáy các thung lũng liên thông với đồng bằng (Ảnh 18, 19).



Ảnh 18. Tháp tách biệt trên đồng bằng ở Xuân Áng Nội.



Ảnh 19. Dãy các nón karst sót trên đồng bằng ở Tràng An.

Dưới đây là kiểu cảnh quan hình thành trên đá lục nguyên - carbonat hệ tầng Pa Khôm.

g) Kiểu “nón cân tròn xoay” của karst tự phủ: Kiểu này tồn tại rõ ở vùng Tây Nam khối đá vôi Tràng An tại Yên Bình, Yên Sơn. Đó là những nón karst điển hình có sườn phẳng, dốc cỡ 40° - 45° , liên kết thành dãy hẹp kéo dài theo phương tây bắc - đông nam. Đây là một kiểu karst độc đáo vì nó thường chỉ xuất hiện trên vùng núi, khí hậu lạnh nhưng ở đây lại nằm ngay trên đồng bằng (Ảnh 20, 21).



Ảnh 20. Nón cân tròn xoay tự phủ ở Sơn Hà (Yên Bình).

f) Cảnh đồng karst: Cảnh đồng karst chiếm diện tích lớn từ chân sườn Tây Nam núi Đính về tới gần cầu Bến Nhảy. Đó là một bề mặt khá bằng phẳng, nghiêng thoải về phía nam từ độ cao 20 m xuống tới 4-5 m. Ở bộ phận phía Bắc, trên bề mặt cánh đồng lộ các sông và tầng đá vôi sét, đá sét vôi trong tầng terarosa hàng mét chứa các kết vón laterit tròn dạng hạt đậu và các mảnh laterit. Lượng hạt đậu tăng lên dày đặc cùng với các viên bi calcit về phía Nam (Ảnh 22). Cảnh đồng karst có thể được hình thành vào Holocen sớm (?) trên bề mặt các thềm mài mòn cao 15-20 m, 5-10 m.



Ảnh 21. Nón cân tròn xoay tự phủ ở Sơn Lai (Yên Sơn).





Ảnh 22. Cảnh đồng karst phát triển trên các thềm mài mòn cổ ở Tây Nam chùa Bái Đính.

6. Địa hình tích tụ

Trong phạm vi Quần thể danh thắng Tràng An, các đồng bằng tích tụ cao từ 0,5-15 m (so với mực nước biển) được hình thành do nhiều nhân tố: sông, biển - đầm lầy, sông - biển, biển có tuổi từ Pleistocen giữa đến nay.

a) Bề mặt tích tụ biển Pleistocen giữa:

Bề mặt có diện phân bố hẹp, bằng phẳng, cao 0,5-2 m ở Trường Yên, Đại Áng, Ninh Vân, Ninh Xuân. Đôi chỗ trên bề mặt này có các trũng thấp ngập nước. Bề mặt có cấu tạo trên mặt là sét bột xám xanh, xám vàng, đôi nơi bị phong hóa có màu loang lổ.

b) Bề mặt tích tụ sông-biển Pleistocen muộn: Bề mặt này phân bố khá rộng cao 5-15 m, thuộc địa phận các xã Quỳnh Lưu, Sơn Hà, Quảng Lạc có cấu tạo trên mặt là bột sét xen thấu kính kaolin màu xám, xám sáng lẫn ít di tích thực vật bán phân hủy mà xám đen. Trên bề mặt, các vật liệu này bị phong hóa nên sét có màu nâu, đỏ, vàng loang lổ và lẫn nhiều hạt sạn laterit cứng chắc. Sét của bề mặt này thường được khai thác làm gạch ngói.

c) Bề mặt tích tụ biển Holocen muộn: Đây là các cồn cát, doi cát cổ, cát bãi triều cao 1,5-4,5 m kéo dài thành diện khá rộng phương đông bắc - tây nam. Xen giữa chúng là các lạch trũng do triều, cát mịn, cát bột trên chúng có màu nâu vàng, xám vàng chứa các vỏ sò, hến,...

d) Bề mặt tích tụ sông - biển Holocen muộn: Bề mặt phân bố khá rộng, bằng phẳng cao 0,5-1,5 m, trên mặt thường có kết vón laterit rắn chắc, dưới là bột sét, bột sét chứa cát mịn màu xám, xám nâu, xám vàng. Trên bề mặt này có phân bố xen kẽ các val cát, bãi cát triều cổ.

e) Bề mặt tích tụ biển - đầm lầy Holocen muộn: Bề mặt này bằng phẳng, cao dưới 1 m, thường xuyên bị ngập nước, phân bố ven các sông nhỏ, trong các thung lũng karst nối thông với đồng bằng ngoại vi karst, trong các hồ hiện đại ven các dải đá vôi. Bề mặt này cấu tạo bằng bột sét lẫn nhiều mùn thực vật xen các lớp bùn sét màu đen.

f) Bãi bồi sông tuổi hiện đại: Bộ phận ngoài đê các sông Hoàng Long, sông Đáy, sông Chanh,... cấu tạo bằng bột, sét bột màu nâu, ở chỗ trũng thấp thường có bột cát xen thấu kính cát mịn thuộc hệ tầng Thái Bình. Bộ phận trong đê cấu tạo trên mặt là bột màu xám nâu, mịn dẻo, dưới là hạt màu xám đen chứa tàn tích sò ốc, cành cây, gốc cây bán phân hủy.

III. CÁC GIÁ TRỊ NỔI BẬT VỀ ĐỊA MẠO

Khối đá vôi Tràng An nhỏ bé nằm ở đầu mút tận cùng phía ĐN của hệ thống các cao nguyên (các bề mặt san bằng) miền Tây Bắc độc đáo vào hạng bậc nhất trên thế giới, vốn là một bộ phận của đại dương Tethys cổ. Đặc điểm dạng tuyến đặc sắc của đại dương này vẫn được thể hiện rõ trên khối Tràng An qua hệ thống các dải núi, các thung lũng, các trũng sụt, các bậc địa hình, các

đoạn dòng chảy chủ yếu có hướng TB - ĐN. Đóng vai trò quan trọng trong việc tạo nên các giá trị nổi bật về địa mạo khối đá Trảng An còn ở đặc điểm thạch học của đá vôi nền móng, chuyển động nâng-sụt trong giai đoạn tân kiến tạo dẫn tới sự thành tạo các hệ thống đứt gãy cơ bản, vai trò của các đợt biển tiến, biển thoái, biển lấn, biển lùi liên quan với các thời kì gian băng và băng hà trong Đệ tứ trên thế giới.

Cấu tạo nên khối đá vôi Trảng An là đá vôi hệ tầng Đồng Giao (T_{2a} đg). Đây là tầng đá vôi sạch, mật độ nứt nẻ cao, có cấu tạo phân lớp nằm ngang hay nghiêng thoải, bị chia cắt bởi hệ thống các đứt gãy xuyên tầng, thẳng đứng có phương TB-ĐN và ĐB-TN hoặc kinh tuyến (là những đứt gãy trẻ tân kiến tạo) thành các khối, dãy tạo nên kiểu “cấu trúc ô mạng”. Nhiều trũng ở nơi giao cắt hình thành các lũng kín mà karst hóa đạt tới mực nước xâm thực cơ sở để tạo các trũng - đầm lầy có vách dựng đứng được nối với nhau bằng các hang xuyên núi. Đó là những điều kiện rất thuận lợi cho quá trình karst hóa phát triển mạnh mẽ và sâu sắc trong hoàn cảnh khí hậu nóng ẩm, gió mùa. Sự kết hợp của các điều kiện này đã giúp cho khối Trảng An có được một cảnh quan karst trưởng thành. Cảnh quan trưởng thành của khối Trảng An còn được phân hóa sâu sắc, triệt để hơn do quá trình karst hóa diễn ra theo trật tự từ ngoài rìa vào trung tâm khối (tương tự như quy luật xâm thực giạt lùi). Chính bởi vậy mà ở rìa khối đã tồn tại cảnh quan karst già nua nhất (thấp trên đồng bằng, thấp trên đáy thung lũng rộng), ở bộ phận chuyển tiếp là các dạng karst trung gian giữa nón và tháp vây quanh các trũng sụt đáy bằng đạt tới cơ sở xâm thực địa phương (mực nước ngầm), ở bộ phận trung tâm là cảnh quan karst trẻ hơn cả (nón bao quanh các trũng sụt đẳng thước có đáy nằm cao trong tầng đá vôi).

Quá trình karst hóa đã diễn ra từ rất sớm trên khối Trảng An, ngay sau pha xiết ép tạo núi sát trước Nori (vào khoảng 215 Tr.n trước). Chế độ lục địa thống trị rất lâu dài trên một khu vực rộng lớn, không ngoại trừ phạm vi có khối Trảng An, làm cho nó bị bào mòn, phá hủy mạnh. Trong giai đoạn tân kiến tạo (bắt đầu từ 55 Tr.n trước) xảy ra hai sự kiện: tách giãn Biển Đông theo phương ĐB-TN vào giữa Eocen (khoảng 40 Tr.n trước sau đó là giai đoạn yên tĩnh kiến tạo tương đối tạo ra các bề mặt san bằng) và sụt lún mở rộng trũng Hà Nội vào Pliocen muộn. Do sụt lún mạnh trên đồng bằng Hà Nội và ở bề Sông Hồng với móng cứng trước Đệ tam bị chìm sâu có nơi tới gần 20 km nên đã làm xuất hiện hệ thống đứt gãy trẻ phương ĐB-TN, á kinh tuyến cắt vào khối đá vôi Trảng An. Sự giao thoa của các hệ thống đứt gãy này làm hình thành cấu trúc “ô mạng” của các dải núi và các dải trũng sụt trên khối đá vôi Trảng An. Chế độ yên tĩnh kiến tạo tương đối Pliocen muộn do bóc mòn lâu dài mà ở phạm vi ven rìa đồng bằng Hà Nội, trong đó có vùng Trảng An đã hình thành được một “đồng bằng bóc mòn” rộng rãi, cao 200-400 m. Do ảnh hưởng của sụt lún mở rộng trũng Hà Nội vào thời kì này mà đồng bằng bóc mòn ở vùng Trảng An bị biến dạng, hạ thấp chỉ còn cao 150-250 m. Quá trình karst hóa lâu dài trong điều kiện cấu trúc - tân kiến tạo thuận lợi đã tạo ra cho Trảng An các kiểu cảnh quan karst đặc sắc khác nhau như là kiểu cấu trúc “ô mạng”.

Vùng Trảng An đã từng bị biển xâm lấn và bị biến cải trong các đợt biển tiến, biển thoái, kể từ Pleistocen giữa (từ 700 ngàn năm trước). Các bậc thềm mài mòn trên đá lục nguyên, lục nguyên - carbonat ở phía Tây khối đá vôi Trảng An cao 40- 60 m ứng với thời kì gian băng Mindel - Riss (Pleistocen giữa) hay biển tiến Yên Mô, bậc 25-30 m ứng với gian băng Riss - Wurn₁ (Pleistocen muộn) ứng với biển tiến Bim Sơn và Cát Lâm, bậc 8 - 10m ứng với gian băng Wurn₁- Wurn₂ ứng với biển tiến Vĩnh Phúc (Pleistocen muộn). Các đợt biển tiến từ Holocen giữa (Flandrian) (4000-7000 năm trước) và đầu Công Nguyên (2500-1500 năm trước) đã để lại các dấu ấn rõ ràng nhất trên khối đá vôi Trảng An, đó là các ngân nước biển, các “hồ thủy triều xưa”, các “hang xuyên thủy” và các “thung nước”. Tất cả các thành tạo do biển hiện nằm trên cạn và ở sâu trong lục địa.

Nguyên nhân làm cho một vịnh biển thực thụ của Ninh Bình - “vịnh Tràng An”- trở thành một “vịnh hóa thạch” bị “bỏ rơi” nằm sâu trong lục địa là do đường bờ bị đẩy ngày càng xa lục địa trong quá trình phát triển của đồng bằng châu thổ sông Hồng: trầm tích hạt thô của các sông được tích tụ dọc bờ tạo thành các gờ cao, trầm tích hạt mịn tiếp tục được đưa ra biển. Chính vì thế mà các vùng xa dòng chảy trở thành các “ô trũng”. Tiếp sau đó do quá trình đắp đê ngăn lũ và lấn biển từ thế kỉ X, XI đến nay mà phù sa sông được đưa thẳng ra biển làm mở rộng châu thổ một cách mạnh mẽ.

IV. CÁC GIÁ TRỊ NỔI BẬT VỀ CẢNH QUAN

Nếu có dịp may mắn nào đó được leo lên khối đá vôi Tràng An theo dấu chân vua Trần Thái Tông trên đường từ Núi Đính tới Đền Trần, mà lại tới được Hang Trống (cao 141 m) mặc dù chưa đạt được tới độ cao lớn nhất của khối (246 m), ta cũng có cơ hội được ngắm nhìn cảnh quan karst “đỉnh-lũng” hùng vĩ ở đây. Đó là những chuỗi gồm nhiều khối đá vôi dạng nón, sườn rất dốc có đỉnh cao sần sần nhau, xen kẽ những lũng sâu, dài, nối tiếp nhau trải rộng như những rừng măng đá, những mái ngói đơn sơ của một thị trấn yên tĩnh. Đó là kiểu cảnh quan trẻ nhất trong cảnh quan karst trưởng thành, chỉ có ở bộ phận trung tâm khối. Các đỉnh này được các nhà khoa học Trung Quốc đặt tên là “Fengcong”, còn các nhà khoa học phương Tây chỉ gọi đơn giản là “karst nón liên kết”. Nếu giàu trí tưởng tượng, ta sẽ nhận ra bộ phận trên cùng của các đỉnh đều có độ cao tương đồng nhau vốn là “bề mặt san bằng” hiện đã bị phân cắt mạnh. Trên cảnh quan này là lớp phủ rừng nguyên sinh dày đặc với màu xanh mát mắt. Khi những giọt mồ hôi vừa khô, trái tim đã đỡ đập dồn dập sau khi vừa leo tới đây, với lòng ngực căng đầy khí trời mát lạnh ta chợt nhận thấy nơi ta đang đứng (Hang Trống) chỉ là một điểm trong “vùng chuyển tiếp” từ bộ phận “trung tâm” ra “rìa” khối, cao 150-200 m cũng rộng không kém. Trên bộ phận này có sự hòa quyện phong phú nhất giữa rất nhiều đỉnh có hình dáng phức tạp khác nhau: hình nón, hình thang, nón lệch, tháp đỉnh tròn, đỉnh nhọn. Ta cảm thấy chúng dường như là cao hơn mức cao nói trên do chúng bị xẻ ngang, dọc bởi các thung sâu, vách dốc đứng, có đáy đã đạt tới độ cao của bề mặt đồng bằng bao quanh khối Tràng An.

Khi đã đặt chân vào địa phận rìa khối, du khách sẽ sững sờ khi đứng trước vẻ lộng lẫy, uy nghi của các tháp có đỉnh tròn được bao quanh bởi các vách dốc đứng lộ ra những lớp đá vôi xếp ngang trông như những “ngôi đền Angco”. Các “ngôi đền” này xếp hàng sừng sững trên mặt nước của các lũng tròn nối với nhau thành chuỗi do có những con sông rộng chảy qua. Tưởng như ta sẽ không ra được khỏi các lũng này, trừ khi phải leo qua các què, nhưng mắt chúng ta sẽ sáng lên cùng với tiếng reo trầm trồ khi được các chèo lái thuyền đưa chúng ta ra được thế giới bên ngoài qua các hang luồn dưới chân tháp được người dân địa phương gọi là “hang xuyên thủy”. Các hang xuyên thủy có khi chạy thẳng xuyên qua chân tháp đá vôi (như ở Tam Cốc - Bích Động) hoặc chạy zích zắc (như ở Tràng An). Khi đi xuyên qua các hang này phải nhớ chú ý cúi thấp đầu xuống để tránh va phải các đám nhũ rủ lấp lánh như sao sa mang dáng vẻ khối dạng củ, dạng mấu, dạng mảnh, rềm, dạng bắp cải. Rồi xa dần các “hồ nước”, các “hang xuyên thủy” tâm trạng luyến tiếc của chúng ta sẽ được giải tỏa khi lại tiếp tục được lắng nghe tiếng vỗ ì oạp của các mái chèo khua trên những dòng sông trong vắt chảy trên bề mặt các thung lũng dài và rộng và say mê với khung cảnh của các loài thủy sinh dưới mặt nước hay ngắm các con dê lấp ló trên vách các tháp, hoặc đàn cò quẩn quýt với đàn trâu thả hoang trên bờ, hoặc quan sát người dân Ninh Bình với những hoạt động mưu sinh trên sông nước mang đậm nét truyền thống của người nông dân đồng bằng Bắc Bộ xưa. Các hồ nước (vốn kế thừa từ các “hồ thủy triều” của vịnh Tràng An xưa) cùng với các “hang xuyên thủy” và “thung nước” làm thành một hệ thống liên hoàn có một không hai trên thế giới trong khối đá vôi Tràng An. Các thung lũng karst liên thông với đồng bằng tích tụ ngoại

vi bị tràn ngập nước biển Holocen giữa trở thành các “vũng biển” trong “vịnh Tràng An” xưa. Trong vịnh cổ này có các lạch triều cổ mà sau này kế thừa nó là các “thung nước”. Các lạch triều cổ là các dòng dẫn nước ra biển, thường thấy có trên bề mặt các bãi triều có rừng ngập mặn mà kế thừa nó là các bãi lầy hiện đại. Hệ thống này cùng với các cảnh quan tháp hai bên bờ có sức hấp dẫn rất lớn khách du lịch, trở thành những tuyến du lịch chủ lực của vùng Tràng An. Chỉ tính riêng tuyến du lịch sinh thái Tràng An đã có tới hàng ngàn lượt khách du lịch bằng thuyền mỗi ngày trong vòng 5 năm qua.

Ở bộ phận rìa khối Tràng An, các dải núi do các tháp nối liền với nhau tạo thành, dưới tác động “ăn mòn chân” của nước biển hòa với nước mưa mà hiện tượng sập lở, đổ vỡ các vách cũ tạo ra vách mới xảy ra rất mạnh làm mở rộng dần thung lũng, đồng thời thu hẹp dần, làm mỏng dần đi các dải nổi cao này, tạo nên cảnh quan karst dạng “thành lũy” không nơi nào trên thế giới có được. Các “thành lũy” này khi thì đâm ngang qua các lũng tạo nên dạng mũi kiếm, khi thì “mũi kiếm” kết hợp với “thành lũy” chạy vòng tạo ra dạng “vô lăng”, hoặc từ “mũi kiếm” xiên ra hai bên các mũi kiếm khác nhỏ hơn. Dựa vào tính hiểm hóc của chúng mà kinh đô Hoa Lư đã được xây dựng nhằm chống lại ý đồ xâm lược của ngoại bang.

Ở rìa phía ĐB và N khối Tràng An còn tồn tại một kiểu cảnh quan đặc sắc khác thường - “cảnh quan đơn nghiêng”. Đó là những cơn sóng lưng bằng đá dồn dập đổ vào bờ ở phía TN. Các cảnh quan karst như đã nêu đã làm cho vùng Tràng An khác biệt nhiều với các vùng karst khác ở Việt Nam và trên thế giới.

Sẽ là thiếu sót lớn nếu không kể đến các dạng măng đá, vú đá, bồn đá trong các hang khô, cũng như các dạng kỳ dị trên bề mặt đỉnh của các tháp, cũng tạo nên những cảnh quan có sức lôi cuốn mạnh mẽ du khách.

V. KẾT LUẬN

Mặc dù có quy mô nhỏ bé, trên khối đá vôi Tràng An vẫn còn lưu giữ được những đặc trưng của cấu trúc biên Tethys cổ, của các biểu hiện đứt gãy kiến tạo, của các kiểu cảnh quan karst nhiệt đới ẩm.

Vùng Tràng An từ lâu đã được biết đến như là một “vịnh Hạ Long trên cạn”. Đây là nơi hội tụ không chỉ những nét đẹp thiên nhiên độc nhất vô nhị không chỉ riêng của tỉnh Ninh Bình mà còn của cả thế giới. Phong cảnh thiên nhiên tuyệt vời ở đây đã được hình thành trên nền móng đá vôi tinh khiết, khá dày, độ nứt nẻ cao của hệ tầng Đòng Giao trong điều kiện khí hậu nhiệt đới ẩm của một vùng nâng tân kiến tạo chậm chạp lâu dài, đặc biệt trong môi trường vịnh biển cổ đã từng hình thành, tồn tại cách ngày nay từ trên một nghìn năm đến sáu nghìn năm và nhiều đợt biển tiến nữa vào trước Holocen. Mặc dù biển đã lùi xa từ rất lâu song các dấu ấn tác động của nó trên khối đá vôi Tràng An vẫn còn rất rõ ràng, làm nên cảnh quan “karst nhiệt đới bị chìm ngập nước biển” tương tự như vịnh Hạ Long và Bái Tử Long, nhưng đã trở thành “hóa thạch” làm nên Quần thể danh thắng Tràng An nổi tiếng, thể hiện rõ tác động hòa tan, bóc mòn của nước mưa và xâm thực của nước biển.

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu hiện có, với nhận định về giá trị nổi bật về địa mạo cùng với những giá trị lịch sử, văn hóa, xã hội khác, vùng Tràng An xứng đáng được UNESCO công nhận là di sản thiên nhiên thế giới theo tiêu chí địa mạo cảnh quan.

VĂN LIỆU

1. Doãn Đình Lâm, Boyd W.E., 2001. Một số dẫn liệu về mực nước biển trong Pleistocen muộn - Holocen vùng Hạ long và Ninh Bình, *TC Các Khoa học về Trái đất*, 23/2 : 86-91.

2. **Đình Minh Mộng và nnk, 2005.** Bản đồ địa chất và khoáng sản tờ Ninh Bình F-48-XXXIV, tỷ lệ 1:200000. *Lưu trữ Địa chất. Hà Nội.*
3. **John B., Whittow, 1984.** The penguin dictionary of physical geography, penguin books
4. **Lê Bá Thảo, 1977.** Thiên nhiên Việt Nam. Nxb KHK. Hà Nội.
5. **Lê Triều Việt, 2002.** Đặc điểm kiến trúc và địa động lực các trũng Kainozoi Miền Bắc Việt Nam. *Luận án Tiến sĩ Địa chất, Hà Nội, Bộ Giáo dục và Đào tạo.*
6. **Minh Đức, 9-3-2009.** Tràng An khu du lịch sinh thái mang vẻ đẹp tiềm ẩn, *Trang thông tin chính thức của Thanh Thiếu niên (VTV6), Đài Tiếng nói Việt Nam.*
7. **Minh Hạnh, 18-8-2001.** Giới thiệu hệ thống hang động Tràng An với UNESCO, *Báo Thông tấn xã Việt Nam.*
8. **Robert L., Bates and Julia A., Jackson, Editors, 1987.** Glosary of Geology. *American Geological Justitule Alexandria. Virginia.*
9. **Thủy Lê, 4-3-2008.** Quần thể xuyên thủy động Tràng An - nét độc đáo hiếm có. *Báo điện tử Đảng Cộng Sản Việt Nam.*
10. **Tony Waltham, 1998.** Limeston karst of Halong bay Vietnam. *Engineering Geology Report # 806 Nothingham Trent University.UK.*
11. **Tony Waltham, 2008.** Fengcong, Fenglin, cone karst and tower karst. *Cave and karst Science, 35/3 : 77-78.*
12. Tràng An sẽ hút khách, 19-6-2009, *Thông tin thể thao du lịch, Tổng cục Du lịch.*
13. Tràng An, 11-5-2012, *Wikipedia, tiếng Việt.*
14. **Trần Thanh, 19-10-2008.** Hoa Lư còn gì cho di sản thế giới. *Báo Tiền Phong.*
15. **Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản 7/2012.** Một số kết quả nghiên cứu về đặc điểm và giá trị địa chất - địa mạo Quần thể Danh thắng Tràng An. Tài liệu hội thảo xác định giá trị nổi bật toàn cầu của Quần thể danh thắng Tràng An, tỉnh Ninh Bình.