

# Kiến tạo Kainozoi khu vực Cao nguyên đá Đồng Văn qua phân tích hệ thống các hang động karst

Nguyễn Văn Hương<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Thùy Dương<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Ánh Nguyệt<sup>1</sup>,  
Phạm Nữ Quỳnh Nhi<sup>1</sup>, Đặng Thị Phương Thảo<sup>1</sup>,  
Trần Văn Phong<sup>2</sup>, Nguyễn Ngọc Anh<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

<sup>3</sup>Viện Tài Nguyên và Môi Trường Biển, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Nhận ngày 15 tháng 8 năm 2016

Chỉnh sửa ngày 20 tháng 9 năm 2016; chấp nhận đăng ngày 28 tháng 10 năm 2016

**Tóm tắt:** Hệ thống hang động karst vùng cao nguyên đá Đồng Văn phát triển chủ yếu trên các thành tạo carbonat tuổi Carbon - Permian và Trias. Sự phát triển của chúng bị khống chế bởi vận động kiến tạo trong Kainozoi. Thông qua việc phân tích định hướng của các lối thông trong hang động và độ cao phân bố của các tầng thành tạo hang động, bài viết xác định đặc điểm trường ứng suất khu vực và vận động nâng trong giai đoạn Tân kiến tạo và Hiện đại. Kết quả cho thấy hệ thống hang động karst vùng cao nguyên đá ghi nhận hoạt động phá hủy kiến tạo với hai pha biến dạng có trục ứng suất nén ngang cực đại ( $SH_{max}$ ) định hướng chủ đạo theo phương đông-tây trong pha sớm (Miocen - Pliocen) và bắc - nam trong pha muộn (Pliocen - Hiện tại). Các tầng thành tạo hang động karst ở cao nguyên đá thể hiện hoạt động nâng Tân kiến tạo diễn ra theo bốn giai đoạn phát triển từ Miocen đến ngày nay.

*Từ khóa:* Tân kiến tạo, trường ứng suất, lối thông hang động, karst, Đồng Văn.

## 1. Giới thiệu

Việt Nam có tỷ lệ diện tích đá vôi so với diện tích phần lục địa của lãnh thổ thuộc loại cao trên thế giới, lại nằm trong vùng nhiệt đới, nên hoạt động karst xảy ra rất mãnh liệt. Ở Bắc Bộ, diện tích đá vôi chiếm tới 18% tổng diện tích, với khoảng 22.000 km<sup>2</sup>. Địa hình karst đa dạng, phát triển trong những tầng đá vôi dày tới hàng trăm mét, đã tạo nên những cảnh quan

karst kỳ thú. Cao nguyên đá (CND) Đồng Văn, bao gồm toàn bộ diện tích 4 huyện của tỉnh Hà Giang gồm Đồng Văn, Mèo Vạc, Yên Minh và Quản Bạ, là công viên địa chất đầu tiên của Việt Nam được UNESCO vinh danh năm 2010 [1]. Trong số các di sản địa chất của CND Đồng Văn, đối tượng hang động thuộc kiểu di sản Địa mạo [2], phân bố chủ yếu trên địa bàn các huyện Đồng Văn, Mèo Vạc và Yên Minh. Nhiều hang động có giá trị di sản trong khu vực, tiêu biểu như Động Nguyệt, Hang Ong, hang Xả Lũng, hang Sung Khe... đã được khám phá và lập sơ đồ hang chi tiết [3] (Hình 1).

\* Tác giả liên hệ. ĐT.: 84-973272608  
Email: huongtectonics@vnu.edu.vn

Các yếu tố liên quan đến sự hình thành và không chế sự phát triển của các cảnh quan karst nhiệt đới Việt Nam gồm đặc điểm thạch học của đá carbonat, chuyển động kiến tạo và vị trí của mực nước ngầm [4]. Thông thường, các quá trình karst bề mặt thường bắt đầu với sự nâng lên của các khối đá vôi hoặc sự hạ thấp mực nước ngầm. Sự thay đổi vị trí mực nước ngầm hầu hết đều do kết quả của chuyển động trong Kainozoi theo phương thẳng đứng của vỏ Trái Đất. Do vậy chuyển động kiến tạo nói chung là yếu tố quyết định sự phát triển của địa hình karst, trong đó có hang động.

Các chuyển động thẳng đứng của vỏ Trái Đất có nguyên nhân sâu xa từ các chuyển động theo phương ngang, gây ra các phá hủy. Theo thống kê, khoảng 57% hang động hình thành trên các mặt phân lớp của đá trầm tích, 42% bị không chế bởi đứt gãy, còn lại 1% hình thành liên quan tới độ rỗng của đá [5]. Số liệu này cho thấy gần một nửa số hang động hình thành liên quan đến hoạt động kiến tạo. Ngoài ra, các hang động phát triển trên các mặt phân lớp cũng có thể ảnh hưởng bởi hoạt động kiến tạo do chúng có xu thế hình thành ở vị trí giao nhau của các khe nứt với mặt phân lớp hơn là chỉ hình thành trên các mặt lớp riêng rẽ.

Ngoại trừ các hang có hình thái dạng vòm tròn, các hang động karst thường có hình thái gồm các lối thông không liên tục và có nhiều nhánh. Các ngã rẽ là nơi ghi nhận sự thay đổi phương phát triển ở mỗi lối thông, đóng vai trò kết nối các lối thông để thành hệ thống hang động. Các lối thông hang động thường có xu thế định hướng vuông góc với thành phần căng giãn của trường ứng suất hiện thời [6]. Do vậy mối liên hệ giữa định hướng kéo dài của các hang động và ứng suất kiến tạo cho thấy các hệ thống karst có thể là chỉ thị tốt cho việc phục hồi trường ứng suất kiến tạo, đặc biệt là trong giai đoạn Tân kiến tạo và kiến tạo hiện đại [6, 7].

Nghiên cứu được thực hiện trên cơ sở phân tích, thống kê phương kéo dài của các hang động hình thành trên đá vôi khu vực CNĐ Đồng Văn, trong đó chủ đạo là các hang nằm trong địa phận các huyện Đồng Văn, Mèo Vạc và Yên Minh (Hình 1), kết hợp với phân tích độ

cao phân bố chủ yếu của các tầng thành tạo hang động theo tài liệu địa hình và thông tin địa chất - kiến tạo bề mặt. Từ đó xác định, đánh giá chuyển động Tân kiến tạo và kiến tạo hiện đại cũng như ảnh hưởng của chúng đến sự hình thành và phát triển của hang động trong vùng nghiên cứu.

## 2. Đặc điểm địa chất khu vực

### 2.1. Các thành tạo địa chất

Trên Bản đồ Địa chất và Khoáng sản tỉ lệ 1: 200.000 tờ Bảo Lạc [8] và các văn liệu khác [9, 10], khu vực CNĐ bao gồm chủ yếu các thành tạo carbonat, lục nguyên và phun trào. Theo thời gian hình thành có thể mô tả các thành tạo này trong 3 khoảng tuổi: Paleozoi sớm, Paleozoi muộn và Mesozoi (Hình 4).

Các hang động xuất hiện không phổ biến trong các thành tạo các thành tạo đá vôi Paleozoi sớm. Các thành tạo Paleozoi muộn phân bố rộng khắp và là nhóm thành tạo phổ biến nhất trong vùng CNĐ Đồng Văn. Đặc biệt, hang động phân bố thường xuyên nhất trên các thành tạo đá vôi dạng khối, đá vôi trứng cá phân lớp dày đến trung bình, đá sét vôi thuộc hệ tầng Bắc Sơn (C-P<sub>2</sub> bs). Các thành tạo Mesozoi gồm các đá sét vôi hệ tầng Hồng Ngải (T<sub>1</sub> hn) và đá phun trào xen lục nguyên hệ tầng Sông Hiến (T<sub>1</sub> sh). Các đá carbonat của hệ tầng Hồng Ngải là đối tượng liên quan đến sự phân bố hang động chủ đạo trong nhóm thành tạo Mesozoi.

Các phếu karst (hay hố sụt karst) thường phân bố ở phần trũng của các thung lũng karst, nơi có sự phân bố của các trầm tích hiện đại. Các trầm tích này thường có bề dày không lớn, thành phần chủ yếu gồm trầm tích hạt mịn và là đối tượng canh tác nông nghiệp quan trọng của cư dân địa phương.

### 2.2. Đặc điểm địa hình

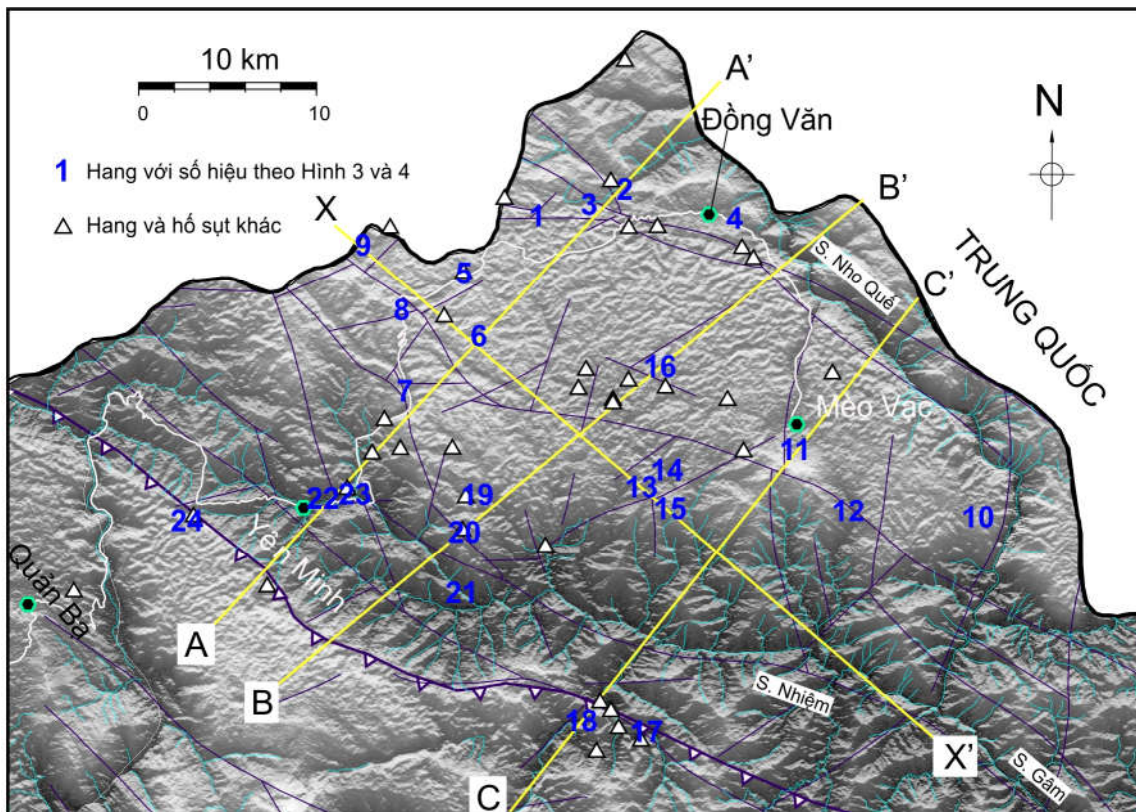
Sông Nho Quế là sông chính trong vùng chảy theo phương tây bắc - đông nam từ Đồng Văn sang Mèo Vạc sau đó chuyển hướng sang hướng gần bắc nam ở phía đông nam huyện Mèo Vạc. Trên diện tích huyện Yên Minh còn

có sông Nhiệm chảy theo phương tây bắc - đông nam đến khu vực Lý Bôn, đông nam huyện Mèo Vạc thì hợp lưu với Sông Nho Quế tạo thành chi lưu chính của Sông Gâm (Hình 1).

Địa hình khu vực bị phân cắt mạnh bởi hệ thống sông vừa nêu với độ cao chiếm ưu thế khoảng 1300 - 1500 m, cực đại có thể lên tới hơn 1700 m ở khu vực Phó Bảng và phía nam thị trấn Mèo Vạc. Trung tâm của huyện Đồng Văn và Mèo Vạc nằm ở các độ cao khoảng 900 - 1000 m trong khi đó trung tâm của Yên Minh nằm ở độ cao khoảng 450 m. Mực xâm thực cơ sở địa phương ở Đồng Văn - Mèo Vạc nằm ở khoảng cao 400 - 500 m, trong khi ở Yên Minh - đông nam Mèo Vạc ở khoảng cao 250-300 m [12].

Về tổng thể địa hình khu vực CNĐ Đồng Văn được chia thành 4 nhóm nguồn gốc bao

gồm (1) Địa hình kiến tạo và kiến trúc bóc mòn; (2) Địa hình bóc mòn tổng hợp; (3) Địa hình karst; và (4) Địa hình dòng chảy [13]. Đá vôi chiếm hơn một nửa diện tích khu vực Đồng Văn - Mèo Vạc và Yên Minh do vậy địa hình karst có tầm quan trọng đặc biệt, tiêu biểu là phần trung tâm của CNĐ Đồng Văn, gồm các nhóm đỉnh karst đặc trưng, xen giữa là các trũng giữa núi. Từ Xà Phìn theo hướng đông nam đến Lũng Chinh, có thể quan sát thấy địa hình cao nguyên karst đặc trưng với đỉnh dạng nón ở các mức độ cao trên 1500 m, 1400 - 1500 m, 1000-1200 m và 800 - 1000 m [14]. Trong nhóm địa hình bóc mòn tổng hợp, đáng chú ý, có thể quan sát thấy tính phân bậc địa hình thông qua sự phân bố 5 mặt san bằng ở các mức độ cao khác nhau [13].



Hình 1. Vị trí các hang động, hồ sụt karst và thủy hệ khu vực Đồng Văn - Mèo Vạc - Yên Minh thể hiện trên mô hình số địa hình (GDEM). Phân bố đứt gãy địa chất theo [8] và [11].

Vị trí các mặt cắt địa hình được biểu diễn cho Hình 6.

### 2.3. Bối cảnh kiến tạo

CNĐ Đồng Văn nằm trong khối cấu trúc Đông Bắc Bộ. Khu vực này trải qua lịch sử phát triển kiến tạo đa kỳ từ giữa Paleozoi đến Kainozoi với 3 pha kiến tạo ghi nhận được rõ nét. Pha kiến tạo cổ nhất được ghi nhận trên các thành tạo Paleozoi sớm (hệ tầng Chang Pung và Lutxia) xảy ra trong giai đoạn Ordovic - Silur với sự xuất hiện các đới trượt cắt - chòm nghịch biến dạng dẻo quy mô khu vực và các nếp uốn đẳng nghiêng đi kèm xuất hiện [10]. Trong Mesozoi xảy ra pha biến dạng dẻo đến dòn-dẻo kịch phát cuối Trias do va chạm lục địa, được biết đến dưới tên gọi pha kiến tạo Indosini với phổ biến các hiện tượng uốn nếp và đứt gãy chòm nghịch quy mô lớn [11, 10]. Ngoài ra có thể quan sát thấy rõ dấu vết front biến dạng phủ chòm Indosini Đông Bắc Việt Nam dọc đông nam Sông Nhiệm [11] (Hình 4). Pha biến dạng này về cơ bản đã định hình nên các cấu trúc địa chất chính ở Việt Nam nói chung và khu vực nghiên cứu nói riêng [9].

Trong Kainozoi, khu vực CNĐ xảy ra pha biến dạng dòn với biểu hiện hoạt động đứt gãy cơ chế thuận và trượt bằng tái hoạt động trên các đứt gãy hình thành trước đó [10]. Pha biến dạng này được cho là hệ quả của quá trình xô húc Ấn Độ - Âu Á khởi phát vào đầu Kainozoi khiến khối Đông Dương (Indochina) trôi trượt về phía đông nam và biến dạng được tiêu tán thông qua hoạt động trượt bằng trái quy mô lớn khởi phát vào cuối Oligocen, phát triển mạnh mẽ trong Miocen dọc đứt gãy Sông Hồng [15 và 9]. Oligocen muộn - Miocen cũng được coi là giai đoạn Tân kiến tạo ở Việt Nam. Từ Pliocen đến ngày nay, tính chất dịch trượt của đứt gãy Sông Hồng chuyển từ trượt bằng trái sang trượt bằng phải [16].

Kết quả của biến dạng đa pha khiến các đá carbonat trong khu vực nghiên cứu bị biến dạng ở mức độ khác nhau. Các kiến trúc hình thành trong các pha kiến tạo trước đó thường tái hoạt

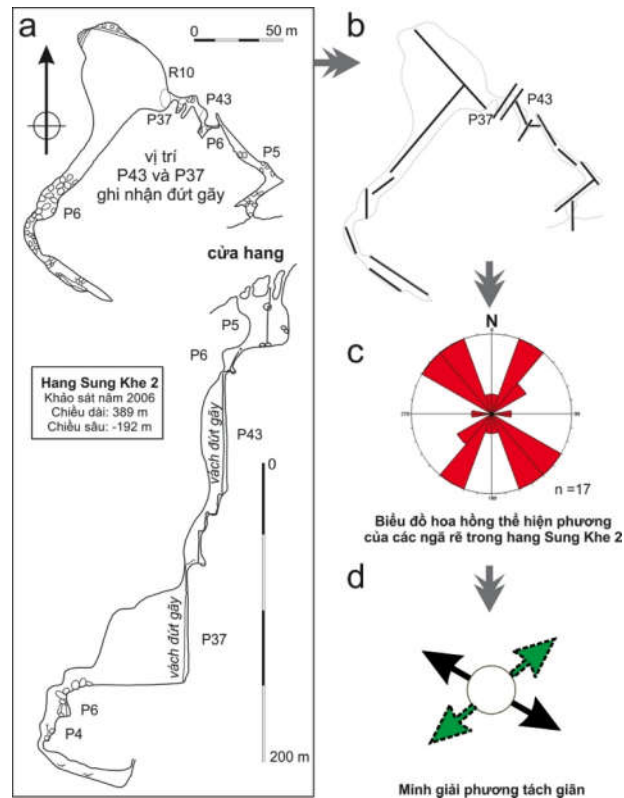
động hoặc biến dạng chùng chập dẫn đến sự phức tạp về đặc điểm biến dạng trong các loại đá có mặt trong khu vực [10]. Nếu như pha biến dạng Indosini trong Mesozoi được cho là hình thành nên những cấu trúc địa chất chính trên đá carbonat trong vùng CNĐ, thì biến dạng dòn trong Kainozoi được xem là yếu tố quyết định không chế sự hình thành và phát triển của các dạng địa hình và hệ thống hang động.

### 3. Cơ sở tài liệu và phương pháp nghiên cứu

Các hang động vùng CNĐ Đồng Văn được khảo sát chi tiết và toàn diện đầu tiên trong dự án hợp tác Việt - Bỉ [3]. Các sơ đồ hang được đo vẽ ở mức độ khái lược, trong đó có một số hang đã được xây dựng cả mặt cắt ngang và mặt cắt dọc. Đây là nguồn tài liệu chính dùng để phân tích định hướng hệ thống lối thông trong các hang động. Năm 2015, nhóm nghiên cứu cũng đã đo vẽ và thành lập sơ đồ Hang Rỗng (xã Sảng Tùng - huyện Đồng Văn). Các đoạn hang mở rộng thành các phòng rộng) không được lựa chọn để phân tích do không có định hướng chung rõ ràng.

Dựa trên sơ đồ của 30 hang động thu thập và khảo sát, các lối thông trong mỗi hang được gắn định hướng so với phương bắc Trái Đất bằng phần mềm GMDE, chẳng hạn sơ đồ hang Sung Khe 2 (Hình 2a, b) [17]. Tiếp theo, biểu đồ hoa hồng thể hiện định hướng các lối thông được xây dựng bằng phần mềm TectonicsFP [<http://www.kargl.cc/tectonicsfp.com>] với khoảng đếm phương vị  $20^\circ$  (Hình 2c).

Sau đó, các phương phát triển chủ đạo của các hang động được xác định để phân tích các phương tách giãn dựa trên quan điểm định hướng của các hang động vuông góc với ứng suất ngang cực tiểu [6, 7]. Khi các lối thông trong hang có nhiều hơn một phương phát triển chủ đạo, phương ứng suất được luận giải để gắn với hai pha kiến tạo. Khi hai phương phát triển chủ đạo tạo thành một góc nhọn, hang được cho là hình thành do kết quả của các cặp phá hủy cộng ứng (Hình 2d) [6].



Hình 2. Khái quát các bước cơ bản phân tích phương các lối thông trong hang động để thu được thông tin về kiến tạo (dựa theo cách tiếp cận của Littva và nnk. 2015 [6]): (a) Thu thập sơ đồ hang theo phương ngang và phương thẳng đứng; (b) Xây dựng sơ đồ phương của các lối thông; (c) Xây dựng biểu đồ hoa hồng; (d) minh giải. Sơ đồ hang Sung Khe 2 dựa theo [3].

Từ 30 hang ban đầu, một số hang ở vị trí gần nhau được gộp chung vào thành một nhóm hang. Từ đó thu được biểu đồ hoa hồng thể hiện định hướng các lối thông của 24 hang/nhóm hang (Hình 3) và minh giải ứng suất (Hình 4).

Các hang động vùng CNĐ Đồng Văn thường phân bố ở các độ cao khác nhau và trong mỗi khoảng độ cao, độ dài của từng đoạn hang cũng khác nhau (Hình 2b, dưới). Để phân cấp các độ cao thành tạo hang chủ yếu, nghiên cứu đã tiến hành xác định độ dài của mỗi đoạn hang trong khoảng độ cao đều 50 m đối với 73 hang có thông tin tương đối đầy đủ. Trong số 73 hang bao gồm cả 30 hang đã nêu ở phần trước. Tổng độ dài của tất cả các đoạn hang của tất cả các hang trong mỗi khoảng độ cao đều được tính toán và biểu diễn trên biểu đồ (Hình 5).

Số liệu để xây dựng mô hình số độ cao (DEM) (Hình 1) được tải về từ trang web của

NASA [<https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>] với độ phân giải ban đầu 30m. Số liệu độ cao được đan dày bằng cách nội suy để tạo DEM độ phân giải 15 m, sau đó các mặt cắt địa hình đặc trưng được lựa chọn (Hình 6) để phân tích độ cao phát triển của các hang động. Một số hình vẽ được thực hiện bằng phần mềm GMT [18].

#### 4. Phân bố phương của các lối thông hang động

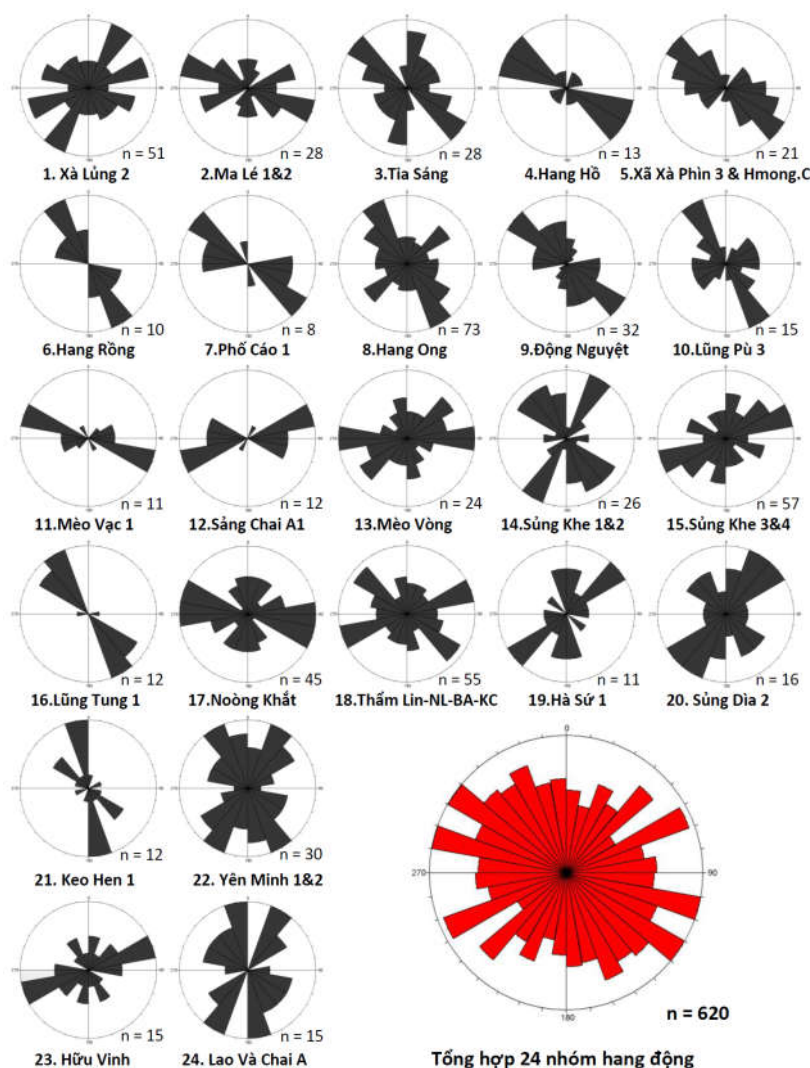
Phân tích tổng hợp định hướng chung của 620 lối thông thuộc 24 hang/nhóm hang động karst vùng Đồng Văn, Mèo Vạc và Yên Minh cho thấy các hang động nói chung và các lối thông trong hang nói riêng phát triển mạnh nhất theo phương tây bắc - đông nam ( $280 - 310^\circ$ ) (Hình 3). Ngoài ra có thể thấy sự phát triển mạnh của các lối thông theo phương đông bắc -



tây nam (40 - 70°). Phân tích chi tiết biểu đồ hoa hồng của từng hang/nhóm hang cho thấy có 3 nhóm với các đặc điểm như sau (Hình 3):

- Các hang động có 1 phương chính tây bắc - đông nam bao gồm 13 hang/nhóm hang, trong đó có 8 hang/nhóm hang phát triển theo một phương duy nhất, 4 hang/nhóm hang phát triển thêm 1 phương phụ và 1 hang phát triển 2 phương phụ. Cụ thể Hang Hồ (#4 - để người đọc tiện theo dõi, trong mục 4 và 5 sẽ gọi tên hang/nhóm hang kèm theo số thứ tự trong Hình 3 với dấu # được đặt trước số thứ tự của

hang/nhóm hang), nhóm Xã Xà Phìn & H'Mong castle (#5), Ròng (#6), Phố Cáo 1 (#7), Động Nguyệt (#9), Mèo Vạc 1 (#11), Lũng Tung 1 (#16) và Keo Hen 1 (#21) phát triển theo phương duy nhất tây bắc - đông nam; nhóm Ma Lé 1&2 (#2), Hang Ong (#8), Lũng Pù 3 (#10), và Noòng Khắt (#17) phát triển thêm một phương phụ đông bắc - tây nam; còn lại Mèo Vòng (#13) phát triển thêm hai phương phụ đông bắc - tây nam và bắc tây bắc - nam đông nam.



Hình 3. Biểu đồ hoa hồng thể hiện định hướng của các lối thông của 24 hang/nhóm hang động được nghiên cứu khu vực Đồng Văn, Mèo Vạc và Yên Minh.

- **Các hang động có 1 phương chính đông bắc - tây nam** bao gồm 6 hang/nhóm hang, trong đó có 2 hang phát triển theo một phương duy nhất, 2 hang phát triển thêm 1 phương phụ và 2 hang/nhóm hang phát triển thêm 2 phương phụ. Cụ thể hang Sáng Chải A1 (#12) và Hữu Vinh (#23) phát triển theo phương duy nhất đông bắc - tây nam; Hà Sứ 1 (#19) phát triển thêm phương phụ gần bắc nam, Sung Dia 2 (#20) phát triển thêm phương phụ tây bắc - đông nam; Xà Lũng 2 (#1) phát triển hai phương phụ đông đông bắc - tây tây nam và tây tây bắc - đông đông nam; và nhóm Sùng Khe 3&4 (#15) phát triển thêm hai phương phụ bắc đông bắc - nam tây nam và tây bắc - đông nam.

- **Các hang động có 2 phương chính tây bắc - đông nam và đông bắc - tây nam**, bao gồm 5 hang/nhóm hang: Tia Sáng (#3), nhóm Sùng Khe 1&2 (#14), nhóm Thẩm Lin (gồm Thẩm Lin, Nà Luông, Bản An và Khau Cua - #18), nhóm Yên Minh 1&2 (#22) và Lao Và Chải A (#24). Khi minh giải ứng suất, các hang có 2 phương phát triển chính hợp với nhau tạo thành góc nhọn được minh giải là các phá hủy cộng ứng.

Hai phương phát triển chính của hệ thống hang động phù hợp với sự có mặt của hai hệ thống đứt gãy phổ biến nhất trong vùng phương tây bắc - đông nam và đông bắc - tây nam được thể hiện trên bản đồ địa chất [8]. Chỉ có 3 hang gồm Xà Lũng 2 (#1), Sùng Dia 2 (#20) và Lao Và Chải A (#24) có phương phát triển khác biệt hẳn với phương của các đứt gãy lân cận (Hình 4).

## 5. Trường ứng suất kiến tạo

Dựa trên cách tiếp cận cho rằng các lỗi thông hang động có xu thế định hướng vuông góc với thành phần căng giãn của trường ứng suất tại thời điểm hình thành phá hủy (phá hủy này về sau không chế sự hình thành hang động) [6 và 7], các biểu đồ hoa hồng (Hình 3) thể hiện phương phát triển ưu trội của các lỗi thông hang động được phân tích nhằm tìm ra phương căng giãn ngang cực đại ( $SH_{min}$ ), và từ đó suy ra

phương nén ép ngang cực đại ( $SH_{max}$ ). Kết quả minh giải ứng suất được thể hiện trên Hình 4.

Theo đó, trong số 24 hang/nhóm hang được lựa chọn phân tích, có 5 hang/nhóm hang được minh giải phát triển trên các phá hủy cộng ứng bao gồm: Tia Sáng (#3), Sùng Khe 1&2 (#14), nhóm Thẩm Lin (#18), Yên Minh 1&2 (#22) và Lao Và Chải A (#24) (tên hang cụ thể xem Hình 3). So sánh với sơ đồ địa chất cho thấy các hang động được minh giải liên quan đến phá hủy cộng ứng đều phân bố ở gần các vị trí có hai hệ thống phá hủy chéo nhau (Hình 4). Khi đó, trục  $SH_{max}$  sẽ nằm ở phân giác của góc nhọn hợp bởi 2 phương chính; ngoại trừ nhóm Thẩm Lin (#18) có trục  $SH_{max}$  định hướng theo phương đông - tây, các hang còn lại đều có  $SH_{max}$  định hướng theo phương bắc - nam.

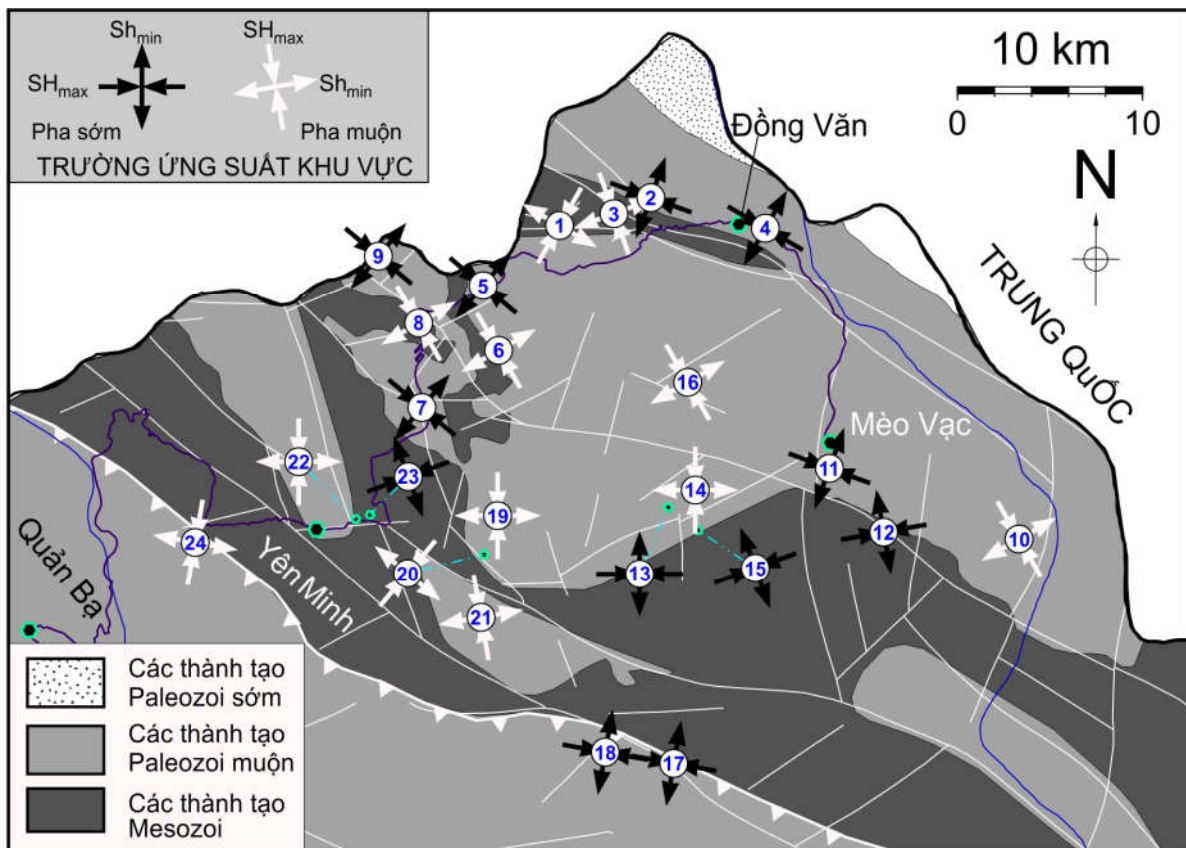
Trong số các hang/nhóm hang có 1 phương phát triển chính và 1 hoặc 2 phương phụ, có 4 hang với số lượng tập hợp lỗi thông lớn ( $n \geq 45$ ) bao gồm: Xà Lũng 2 (#1), Hang Ong (#8), Noòng Khắt (#17) và Sùng Khe 3&4 (#15). Các hang này được cho là phát triển trên các phá hủy gây ra trong hai giai đoạn khác nhau (phương pháp minh giải xem mục 3. *Cơ sở tài liệu và phương pháp nghiên cứu*). Tuy nhiên minh giải ứng suất từ các phá hủy theo phương phụ chỉ mang tính chất tham khảo.

Còn lại 15 trên tổng số 24 hang/nhóm hang có các lỗi thông được minh giải phát triển trên các phá hủy căng giãn với phương  $Sh_{min}$  vuông góc với phương chủ đạo của các lỗi thông hang động, hay nói cách khác phương  $SH_{max}$  song song với phương phát triển chủ đạo của các lỗi thông.

Chế độ địa động lực thời kỳ Kainozoi trên lãnh thổ Việt Nam và vùng lân cận phát triển theo mô hình biến dạng hai pha do ảnh hưởng của sự va chạm giữa lục địa Ấn Độ và Âu - Á xảy ra trong Paleogen [15, 19]. Trong pha sớm (Eocen - Miocen), chế độ địa động lực khu vực đặc trưng bởi trường ứng suất kiến tạo có lực nén ép ( $SH_{max}$ ) theo phương á vĩ tuyến, tách giãn ( $Sh_{min}$ ) theo phương á kinh tuyến [19, 20]; trong pha muộn (Pliocen - Đệ Tứ), trường ứng suất có chế độ nén ép theo phương á kinh tuyến và tách giãn theo phương á vĩ tuyến [19, 20, 21].

Cảnh quan địa hình nói chung và hệ thống hang động vùng CNĐ Đồng Văn nói riêng phát triển trong Kainozoi bị khống chế bởi hoạt động Tân kiến tạo [13, 12, 10]. Kết quả minh giải định hướng của hệ thống hang động cho thấy có hai phương của các trục tách giãn ( $SH_{min}$ ) chủ yếu: bắc - nam (trục nén ép tương ứng -  $SH_{max}$  phương đông tây) và đông đông bắc - tây tây

nam (nén ép tương ứng là bắc tây bắc - nam đông nam) (Hình 4). Đối chiếu với chế độ địa động lực chung trong Kainozoi trên lãnh thổ Việt Nam và lân cận như đã nêu, có thể phân chia theo tuổi các chỉ thị ứng suất cho vùng CNĐ Đồng Văn thu được từ định hướng của các lối thông hang động theo hai pha (Hình 4):



Hình 4. Sơ đồ địa chất khu vực Đồng Văn - Mèo Vạc - Yên Minh với kết quả minh giải ứng suất từ phân tích biểu đồ hoa hồng thể hiện phương của các lối thông của 24 hang/nhóm hang động trong khu vực. Các chữ số thể hiện tên hang/nhóm hang như Hình 3. Nền địa chất phỏng theo [8, 10 và 11].

**Pha sớm** với  $SH_{max}$  định hướng theo phương đông - tây bao gồm 12 hang/nhóm hang: #2, #4, #5, #7, #9, #11, #12, #13, #15, #17, #18 và #23. Hang #18 thu được từ phân tích phá hủy cộng ứng. Hang #15 và #17 có khả năng phát triển trên các phá hủy đa pha.

**Pha muộn** với  $SH_{max}$  định hướng theo phương gần bắc nam bao gồm 12 hang/nhóm

hang: #1, #3, #6, #8, #10, #14, #16, #19, #20, #21, #22 và #24. Chỉ thị từ hang #3, #14 và #24 thu được từ phân tích phá hủy cộng ứng. Hang #1 và #8 có khả năng phát triển trên các phá hủy đa pha.

Đối chiếu lại các hang được phân chia theo hai pha kiến tạo nêu trên với mô tả trong quá trình khảo sát các hang (theo [3]) cho thấy: trong



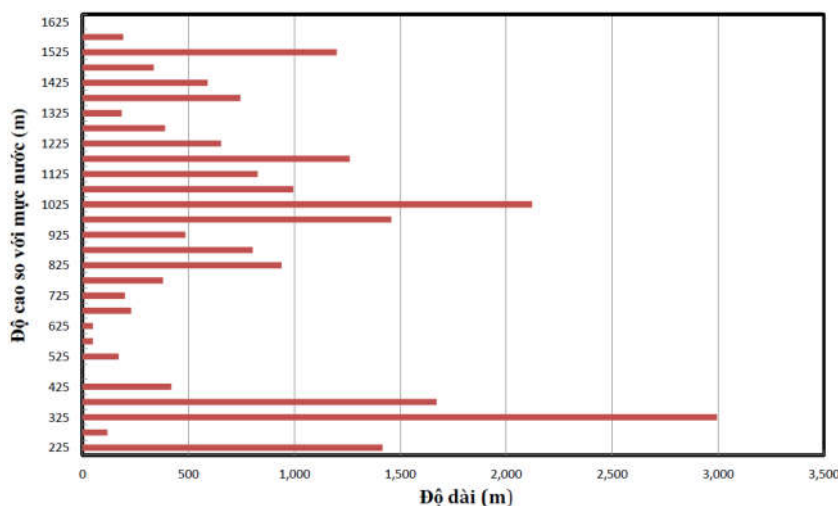
số các chi thị thuộc nhóm pha sớm, có 2 hang phát hiện đứt gãy (#11 và #17); trong số các chi thị thuộc nhóm pha muộn, có 6 hang phát hiện đứt gãy #3, #6, #8, #10, #14, #19, #24.

Các dấu vết hoạt động ở mặt trượt của đứt gãy hình thành trên đá carbonat thường sớm bị xóa nhòa do hoạt động hòa tan với sự có mặt của nước. Số lượng lớn hơn các chi thị ứng suất được cho thuộc về pha muộn so với pha sớm thu được từ phân tích các hang bắt gặp đứt gãy cho thấy ảnh hưởng của hoạt động kiến tạo thuộc pha muộn được bảo tồn tốt hơn trong hệ thống hang động karst so với pha sớm, mặc dù cường độ hoạt động kiến tạo pha muộn thường được xem kém mãnh liệt hơn [15, 16]. Có 3 chi thị ứng suất được gán pha muộn được minh giải từ các phá hủy công ứng dựa trên sơ đồ hang (#3, #14, #24), và 3 hang này được mô tả có xuất hiện đứt gãy [3]. Từ đó cho phép nhận định: định hướng của các hang động vùng CNĐ Đồng Văn bị khống chế bởi hoạt động Tân kiến tạo và kiến tạo hiện đại và có thể tin cậy việc phân tách chúng thành các pha biến dạng khác nhau cũng như tin tưởng cách tiếp cận phân tích định hướng của hệ thống lõi thông hang động karst để tìm ra định hướng ứng suất.

## 6. Các tầng thành tạo hang động và vận động nâng Tân kiến tạo

Các độ cao thành tạo hang động được thống kê và thể hiện trên biểu đồ tương quan giữa độ cao và độ dài tổng của các đoạn hang trong khoảng độ cao đều 50 m dựa trên thông tin của 73 hang (theo [3]). Theo đó, có thể xác định 4 khoảng độ cao tập trung hang động chủ yếu, bao gồm 1250-1650 m, 950-1225 m, 750-925 m và 225-425 m (Hình 5). Các khoảng độ cao tập trung hang động vừa nêu được gán lên các mặt cắt địa hình và vị trí gần đúng của các hang động (Hình 6). Kết hợp với các mô tả trong từng hang [3], có thể khái quát các đặc điểm các tầng thành tạo hang động chủ yếu ở vùng CNĐ Đồng Văn theo 4 cấp như sau:

**Cấp 0:** phân bố chủ yếu trong khoảng độ cao 1250 - 1650 m, thường nằm ở các tháp karst phía trên mực dòng chảy thường xuyên hiện tại. Các hang tiêu biểu gồm: Động Nguyệt, Hang Rông, Xã Xà Phìn 1&3, Tả Lùng, Pa Ca 1&2, Hmong castle, Lũng Tung 1 và phần cao của Hang Ong. Các hang động cấp 0 thể hiện mức ngập lụt trong quá khứ hoặc sự tồn tại của các dòng chảy ngầm cổ. Chúng không còn hoạt động bởi quá trình nâng lên của bề mặt địa hình hoặc sự hạ thấp mực xâm thực cơ sở. Các hang hình thành ở cấp này thường được gọi là hang hóa thạch [3].



Hình 5. Phân bố theo độ cao của các nhánh hang động vùng Đồng Văn - Mèo Vạc - Yên Minh.

**Cấp 1:** phân bố chủ yếu trong khoảng độ cao 950-1225 m, thường nằm ở chân của các tháp karst với các hang tiêu biểu bao gồm: Ma Lé 1&2, Mèo Vạc 1, Sùng Dia 2, Italia (Pải Lũng), Tia Sáng, Lao Và Chải 1, 2, 3, Hang Hồ, phần sâu nhất của Hang Ong và các phân cao của các hang Mèo Vòng 1, Sùng Khe 34 và Xà Lũng 2.

**Cấp 2:** phân bố chủ yếu trong khoảng độ cao 750 - 925 m, thường nằm ở đáy của các thung lũng sông chính với các hang tiêu biểu bao gồm: Ha Su 1, Sàng Chải A1, Sùng Khe 1A, 1B, Kho Cho, và phần sâu của các hang Mèo Vòng 1, Sùng Khe 34 và Xà Lũng 2.

**Cấp 3:** phân bố chủ yếu trong khoảng độ cao 225 - 425 m, thường nằm ngang mực nước ngầm khu vực, tiêu biểu bao gồm Noong Khắt, Khau Cua, Nậm Luông, Tham Lin, Yên Minh 1, Hữu Vinh 2, Bản An 1 và Keo Hen 1.

Các hang cấp 1, 2 và 3 hình thành liên quan mật thiết đến hệ thống dòng chảy ngầm ở mức phía dưới tầng hang hóa thạch, và được phân loại là các hang hoạt động [3]. Các hang cấp 3 thường chỉ tồn tại ở vùng phía nam trung tâm của khu vực nghiên cứu. Do bề mặt địa hình có xu thế nghiêng dần về phía đông nam, trên mặt cắt A-A' cắt qua phía tây bắc của CNĐ Đồng Văn không xuất hiện các hang ở cấp 3, trong khi đó trên mặt cắt C-C' cắt qua phía đông nam của CNĐ hang cấp 0 không xuất hiện (Hình 6). Mặt cắt X-X' mặc dù không cắt qua vị trí thực của các hang cấp 3 nhưng ở độ cao tương đương trên mặt cắt C-C' vẫn tồn tại nhiều hang động thuộc cấp này (Hình 1).

Trong vùng CNĐ Đồng Văn tồn tại tính phân bậc địa hình thông qua sự phân bố các mặt san bằng ở các mức độ cao 1800-1900 m (peneplen Đông Dương) tuổi Paleogen (Eocen - Oligocen), 1500-1600 m (pediplen Phó Bảng) tuổi Miocen sớm - giữa ( $N_1^{1-2}$ ), 1200-1300 m (pediplen Mèo Vạc) tuổi Miocen muộn ( $N_1^3$ ), 800-1000 m (pediplen Làng Đán - Quán Bạ) tuổi Pliocen ( $N_2$ ) và 400-600 m (pedimen thung lũng Sông Nho Quế và Sông Nhiệm) tuổi Đệ Tứ. Tuổi tương đối của các bề mặt san bằng được xác định dựa trên sự có mặt của trầm tích Neogen vùng Đồng Văn [13].

Mặt san bằng được thành tạo tương ứng với giai đoạn bình ổn kiến tạo, là giai đoạn cuối của một chu kỳ phát triển địa hình do kiến tạo và các quá trình ngoại sinh. Các bậc địa hình hiện tại quan sát được trên lục địa chính là các di tích của các chu kỳ phát triển đó, mà các bậc cao hơn thường có tuổi cổ hơn [13]. Các vận động nâng kiến tạo xảy ra theo từng chu kỳ xen kẽ với các giai đoạn tương đối yên tĩnh hình thành tính phân tầng của địa hình (các mặt san bằng, các bậc thềm sông, các tầng hang động) và các hố sụt, các thung lũng sông, suối lớn ở những độ cao khác nhau [22]

Sự hình thành hang động do hòa tan thường phụ thuộc đặc điểm thạch học của đá carbonat, chuyển động kiến tạo và vị trí của mực nước ngầm. Vì điều kiện khí hậu từ Neogen đến ngày nay trong khu vực nhiệt đới không có nhiều thay đổi đáng kể, có thể bỏ qua nguyên nhân thay đổi mực nước ngầm do khí hậu [4]. Tạm thời chưa xem xét yếu tố thạch học, vận động nâng kiến tạo được quan tâm hàng đầu trong việc hình thành các tầng hang động. Các hang động có thể tồn tại ở dạng đang hoạt động hoặc dạng tàn dư (dạng hang hóa thạch) khi các điều kiện hình thành hang động không còn. Các tầng hang động cổ phân bố ở vị trí cao hơn so với các tầng hang động trẻ. Bề mặt san bằng peneplen Đông Dương (1800-1900 m) là bề mặt cổ nhất trong vùng tồn tại dưới dạng các bề mặt đỉnh sót cao nhất trong vùng CNĐ Đồng Văn với diện tích hạn chế ở khu vực Lũng Táo - Đồng Văn và đỉnh cao ngay sát phía nam thị trấn Mèo Vạc và hầu như không tồn tại các hang động ở mức bề mặt này. Theo đó, bốn bề san bằng mặt trẻ hơn có thể liên hệ với bốn tầng hang động đã mô tả phía trên. Tổng hợp khoảng độ cao phân bố của các tầng hang động với các tham số thống kê chiều dài và chiều sâu trung bình của các hang, được liên hệ với các bề mặt san bằng và luận giải kiến tạo được thể hiện chi tiết trong Bảng 1.

Trong quá trình phát triển của hang động, nếu mực xâm thực cơ sở địa phương duy trì ổn định, các hang sẽ phát triển tạo thành hệ thống nhiều nhánh phức tạp phía trên mực nước ngầm. Nghĩa là trong giai đoạn bình ổn kiến tạo

hoặc nâng chậm, hàng động sẽ có xu thế phát triển theo chiều ngang [5]. Các hàng động hình thành trong quá khứ vẫn tiếp tục phát triển theo thời gian khi có tác dụng của dòng nước ở mực xâm thực cơ sở địa phương. Tuy nhiên xét trên quy mô toàn CNĐ Đồng Văn, sự hình thành của các tầng hàng động có liên quan mật thiết với các bề mặt san bằng nguồn gốc kiến tạo đã nêu, và từ đó, đặc điểm chiều dài và chiều sâu của các tầng hàng động có thể phản ánh vận động kiến tạo hình thành nên các bề mặt san bằng.

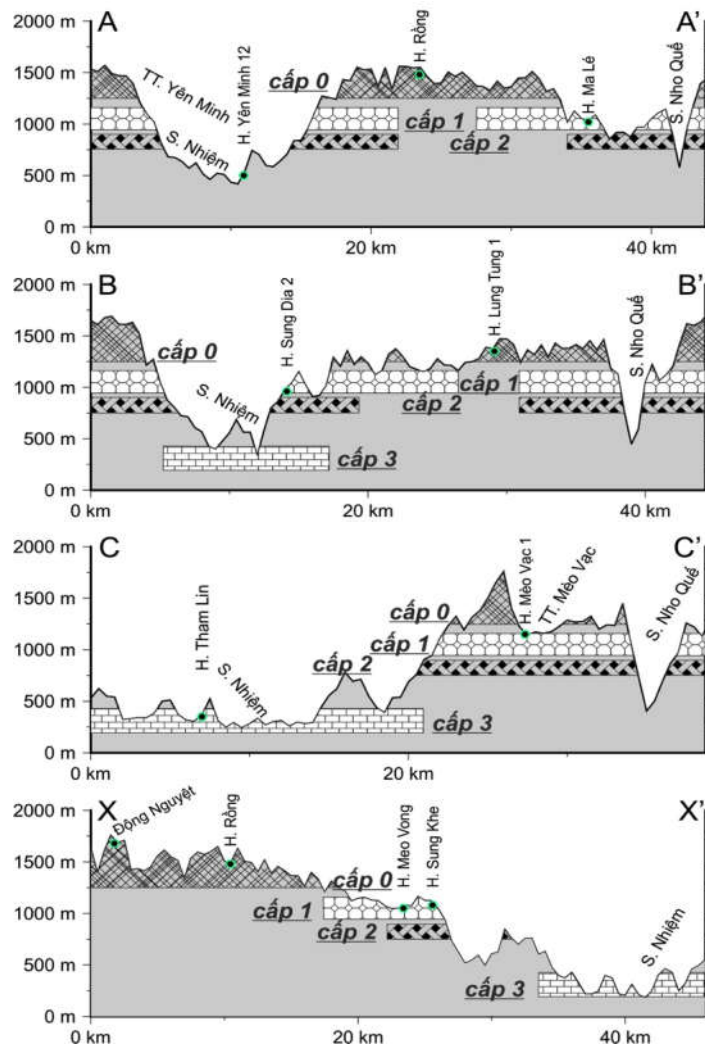
Theo đó, trong vùng CNĐ Đồng Văn trong giai đoạn Tân kiến tạo từ Miocen đến nay, các vận động nâng xảy ra theo bốn giai đoạn: Miocen sớm - giữa, Miocen muộn, Pliocen và Đệ Tứ với tốc độ nâng khác nhau xen kẽ với

các giai đoạn tương đối yên tĩnh hình (Bảng 1). Các vận động chậm trong Miocen sớm tương đối phù hợp với hoạt động trượt bằng xảy ra mãnh liệt cùng kỳ ở đới đứt gãy Sông Hồng - Sông Chảy, theo sau là giai đoạn bình ổn kiến tạo kéo dài trong Miocen giữa. Giai đoạn nâng nhanh hoặc trung bình trong Miocen muộn và Pliocen tương ứng với giai đoạn vận động trượt bằng đã giảm cường độ hoạt động cũng trên đới đứt gãy Sông Hồng - Sông Chảy [15, 9, 16]. Trong giai đoạn Hiện đại, địa hình khu vực vẫn tiếp tục nâng lên tạo điều kiện phát triển các hàng động. Điều này phù hợp với kết quả đo lập thủy chuẩn miền Bắc Việt Nam cho thấy hiện tại khu vực CNĐ Đồng Văn đang tiếp tục nâng lên với tốc độ 2-3 mm/năm [23].

Bảng 1. Độ dài và độ sâu trung bình của các hàng động theo các cấp hình thành hàng động vùng CNĐ Đồng Văn và luận giải vận động nâng Tân kiến tạo

	Khoảng độ cao phân bố (m) (*)	Tỉ lệ số lượng	Tổng chiều dài (m)	Chiều dài trung bình (m)	Độ sâu trung bình (m)	Mặt san bằng tương ứng	Luận giải
<b>Cấp 0</b>	1250-1650	16%	4139	345	79	Pedimen Phó Bảng, tuổi Miocen sớm - giữa ( $N_1^{1-2}$ ) (23-11,6 triệu năm)	Nâng chậm với biên độ 400 m trong Miocen sớm và bình ổn kéo dài trong Miocen giữa
<b>Cấp 1</b>	950-1250	46%	6887	203	36	Pedimen Mèo Vạc, tuổi Miocen muộn ( $N_1^3$ ) (11,6-5,3 triệu năm)	Nâng nhanh với biên độ 300 m và bình ổn kiến tạo trong giai đoạn ngắn cuối Miocen
<b>Cấp 2</b>	500-950	18%	3485	268	82	Pediment Làng Đán, tuổi Pliocen ( $N_2$ ) (5,3 - 2,6 triệu năm)	Nâng trung bình đến nhanh với biên độ 450 m và bình ổn kiến tạo trong giai đoạn ngắn cuối Pliocen
<b>Cấp 3</b>	225-500	19%	7446	532	28	Pediment thung lũng Sông Nho Quế và Sông Nhiệm tuổi Đệ Tứ (Q) (2,6 triệu năm - nay)	Nâng chậm với biên độ 225 m và tiếp tục phát triển hàng động
<b>Cấp 3</b>	225-500	19%	7446	532	28	Pediment thung lũng Sông Nho Quế và Sông Nhiệm tuổi Đệ Tứ (Q) (2,6 triệu năm - nay)	Nâng chậm với biên độ 225 m và tiếp tục phát triển hàng động

(\*) Độ cao tính so với mực nước biển



Hình 6. Mặt cắt địa hình thể hiện các cấp phân bố phát triển hang động chủ yếu khu vực Đồng Văn - Mèo Vạc và Yên Minh. Vị trí mặt cắt xem Hình 1.

Thông thường, các hang động ở tầng cổ nhất thường có chiều dài nhỏ hơn các hang ở các tầng trẻ hơn. Tuy nhiên ở vùng CNĐ Đồng Văn, các hang cấp 0 lại có chiều dài trung bình lớn hơn hang cấp 1 và cấp 2. Điều này có thể do sự có mặt của tầng chắn khu vực với sự tồn tại của các thành tạo Devon phía dưới sâu ở vùng lòng chảo thị trấn Đồng Văn và lân cận phía tây [12] hoặc sự tồn tại của các trầm tích sét hiện đại ở đáy hang tương tự như quan sát thấy trong Hang Rừng. Cần có các nghiên cứu định tuổi

đồng vị các trầm tích hang động để chính xác hơn tuổi hình thành hang động và tốc độ nâng trong Tân kiến tạo khu vực tây huyện Đồng Văn nói riêng và CNĐ Đồng Văn nói chung.

## 7. Kết luận

Hệ thống hang động karst vùng cao nguyên đá Đồng Văn có các tập hợp lối thông trong hang định hướng theo hai phương chủ đạo: tây bắc- đông nam và đông bắc - tây nam.

Trong Kanozoi, hệ thống hang động karst vùng cao nguyên đá ghi nhận hoạt động phá hủy kiến tạo với hai pha biến dạng. Trong pha sớm, trục ứng suất nén ngang cực đại ( $SH_{max}$ ) định hướng chủ đạo theo phương đông - tây. Trong pha muộn, trục ứng suất nén ngang cực đại định hướng chủ đạo theo phương bắc - nam. So sánh với các khu vực khác trên lãnh thổ Việt Nam và lân cận, pha sớm tương ứng với giai đoạn hoạt động Miocen - Pliocen và pha muộn tương ứng với gian đoạn từ Pliocen đến ngày nay.

Hoạt động nâng Tân kiến tạo diễn ra với bốn giai đoạn xác định từ Miocen đến ngày nay thông qua sự tồn tại bốn tầng thành tạo hang động karst ở cao nguyên đá tương ứng với bốn bề mặt san bằng địa hình khu vực trong Miocen sớm - giữa, Miocen muộn, Pliocen và Đệ Tứ.

### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Khoa học Tự nhiên trong đề tài mã số TN.16.19.

### Tài liệu tham khảo

- [1] Global Geopark Network (GGN), 2010. Dong Van Karst Plateau Geopark. <http://www.globalgeopark.org/aboutggn/list/vietnam/6509.htm> (truy cập 19/6/2016).
- [2] La Thế Phúc, Trần Tân Văn, Lương Thị Tuất, Đoàn Thế Anh, Hồ Tiến Chung, Đặng Trần Huyền, Nguyễn Xuân Khiển, Đàm Ngọc, Đỗ Thị Yến Ngọc, Nguyễn Đại Trung, Phạm Khả Tùy, Trương Quang Quý, Cao nguyên đá Đồng Văn - Công viên địa chất toàn cầu đầu tiên của Việt Nam và vấn đề bảo tồn di sản địa chất, Tạp chí các khoa học về Trái đất - Số 3/(2011).
- [3] Masschelein, J., Coessens V., Lagrou D., Dusar M., Tran T.V. (Eds.). Northern Vietnam 1993 - 2006 (Belgian-Vietnamese Speleological Projects in the Provinces of Bac Kan, Ha Giang, Hoa Binh, Lai Chau and Son La). Berliner Höhlenkundliche Berichte 22, 1-212, (2007).
- [4] Pham Khang, The development of karst landscape in Vietnam. Acta Geologica Polonica, Vol. 35, N. 3 - 4 (1985), p 305-319.
- [5] Palmer, A.N., Origin and morphology of limestone caves. Geol. Soc. Am. Bull. 103 (1991), 1e21.
- [6] Littva Juraj, Jozef Hok, Pavel Bella. Cavitonics: Using caves in active tectonic studies (Western Carpathians, case study). Journal of Structural Geology 80 (2015).
- [7] Shanov, S., Kostov, K. Dynamic Tectonic and Karst. In: Cave and Karst Systems of the World. Springer, Heidelberg, (2015).
- [8] Hoàng Xuân Tinh (chủ biên). Bản đồ địa chất và khoáng sản tờ Bảo Lạc, (F-48-X). Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, (2000).
- [9] Tran Van Tri, Vu Khuc (Eds.), Geology and Earth Resources of Vietnam. General Dept of Geology, and Minerals of Vietnam, Hanoi, Publishing House for Science and Technology, 634 p. (2011)
- [10] Tran Thanh Hai, Dang Van Bat, Ngo Kim Chi, Hoang Dinh Que, Nguyen Minh Quyen, Structural controls on the occurrence and morphology of karstified assemblages in northeastern Vietnam: a regional perspective. Environ. Earth Sci. 70 (2) (2013), 511-520.
- [11] Lepvrier, C., Faure, M., Nguyen, V.V., Vu, V.T., Lin, W., Thang, T.T., Phuong, H., North-directed Triassic nappes in northeastern Vietnam (East Bac Bo). J. Asian Earth Sci. 41 (2011), 56-68.
- [12] Tran Tan Van; Lagrou, D., Masschelein J.; Dusar M.; Thai Duy Ke; Hoang Anh Viet; Dinh Xuan Quyet; Do Van Thang; Ho Tien Chung & Doan The Anh: Karst Water Management in Dong Van and Meo Vac Districts, Ha Giang Province, Vietnam. Contribution of Geological and Speleological Investigations - Trans-KARST 2004, Proceedings of the International Transdisciplinary Conference on Development and Conservation of Karst Regions, Hanoi, Vietnam, 13-18.9.2004,p. 265-271; Hanoi, (2004).
- [13] Lê Đức An, Đặng Văn Bào, Cao nguyên Đồng Văn - Mèo Vạc: Một di sản địa mạo karst quý giá. Tạp chí các Khoa học về Trái Đất, T.30(4) Phụ chương: 534-544, (2008). Hà Nội.
- [14] Tạ Hòa Phương, Đặng Văn Bào, Đoàn Nhật Trường, Nghiên cứu điều kiện tự nhiên vùng cao nguyên đá Đồng Văn - Mèo Vạc phục vụ xây dựng Công viên địa chất (Geopark), Báo cáo tổng kết đề tài đặc biệt Đại học Quốc gia Hà Nội mã số QG.08.12. Lưu trữ, ĐHQGHN, (2010).
- [15] Tapponnier P, Lacassin R, Leloup PH et al (1990) The Ailao Shan/Red River metamorphic



- belt: tertiary left-lateral shear between Indochina and South China. *Nature* 343 (1990), 431-437.
- [16] Wang, E., Burchfiel, B.C., Royden, L.H., Liangzhong, C., Jishen, C., Wenxin, L. & Zhiliang, C. (eds), Late Cenozoic Xianshuihe-Xiaojiang, Red River, and Dali Fault Systems of Southwestern Sichuan and Central Yunnan, China. Geological Society of America, Special Papers, (1998) 327.
- [17] Allmendinger, R. W., and Judge, P. A., Stratigraphic uncertainty and errors in shortening from balanced sections in the North American Cordillera: Geological Society of America Bulletin, v. 125, no. 9/10 (2013) p. 1569-1579, doi: 10.1130/B30871.1.
- [18] Wessel, P., Smith, W. H. F., Scharroo R., Luis J., Wobbe, F. Generic Mapping Tools: Improved version released. EOS, Trans. Amer. Geophys. Union 94 (45) (2013), 409-410.
- [19] Nguyễn Trọng Yêm, Các chế độ trường ứng suất kiến tạo Kainozoi ở lãnh thổ Việt Nam. Tạp chí Địa chất, Loạt A, số 236, 9-10 (1996), tr.1-6.
- [20] Phan Trong Trinh, Cenozoic stress field in the Northwestern region of Vietnam. Journal of Geology (Hanoi), series B (3-4) (1994), 12-18.
- [21] Heidbach, O., Tingay, M., Barth, A., Reinecker, J., Kurfel, D. & Muller, B., Global crustal stress pattern based on the 2008 World Stress Map database release. *Tectonophysics*, 482 (2010), 3-15.
- [22] Trần Tân Văn (chủ nhiệm), Báo cáo tổng kết đề tài “Điều tra, nghiên cứu các di sản địa chất và đề xuất xây dựng công viên địa chất ở Miền Bắc Việt Nam”. Mã số KC.08.20/06-10. Lưu trữ Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản (2011).
- [23] Trần Đình Tô, Nguyễn Trọng Yêm, Chuyển động thẳng đứng lãnh thổ Việt Nam theo số liệu đo lặp thủy chuẩn chính xác. Tạp chí Địa chất, Số 202-203 (1-4) (1991), Hà Nội.

## Cenozoic Tectonics in Dong Van Karst Plateau Recorded in Karst Cave System

Nguyen Van Huong<sup>1</sup>, Nguyen Thuy Duong<sup>1</sup>, Nguyen Thi Anh Nguyet<sup>1</sup>,  
Pham Nu Quynh Nhi<sup>1</sup>, Dang Thi Phuong Thao<sup>1</sup>,  
Tran Van Phong<sup>2</sup>, Nguyen Ngoc Anh<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>*Institute of Geological Sciences, Vietnam Academy of Science and Technology*

<sup>3</sup>*Institute of Marine Environment and Resources, Vietnam Academy of Science and Technology*

**Abstract:** Karst cave system in Dong Van karst plateau develops mainly in Carboniferous and Permian carbonate rocks, and is controlled by Cenozoic tectonic activities. Through analyzing of cave passage orientation and attitude of cave floors, it can be defined regional tectonic stress fields in Neotectonics and Recent tectonics. The orientation of cave passage shows two main tectonic phases: early phase with east - west orientation of maximum horizontal stress ( $SH_{max}$ ); and late phase with north - south orientation of  $SH_{max}$ . Four cave levels recorded indicates that four uplifting events has been occurred in the region since Miocene time.

*Keywords:* Neotectonics, stress field, cave passage, karst, Dong Van.