

XÁC ĐỊNH TRẠNG THÁI CỔ ỨNG SUẤT VÀ ỨNG SUẤT HIỆN ĐẠI KHU VỰC VEN BIÊN BẮC TRUNG BỘ THEO PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH KHE NỨT NỘI LỚP

NGUYỄN HỮU TUYẾN¹, CHU VĂN NGỢI², CAO ĐÌNH TRIỀU¹
NGÔ THỊ LƯ¹, LÊ VĂN DŨNG¹, MAI XUÂN BÁCH¹,

¹Viện Vật lý Địa cầu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam,
18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

²Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại Học Quốc Gia Hà Nội

Tóm tắt: Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu về phân bố khe nứt trong đất đá có tuổi khác nhau, phục vụ cho việc xác lập trạng thái cổ ứng suất và ứng suất Hiện đại của vỏ Trái đất khu vực Bắc và Trung Trung Bộ Việt Nam. Trên cơ sở sử dụng các chương trình tính toán chuyên dụng, đã phân tích chi tiết và xử lý các số liệu về khe nứt nội lớp trong các đất đá có tuổi khác nhau, xây dựng các biểu đồ lập thể phân bố định hướng các khe nứt, biểu đồ hoa hồng về hướng phương vị của các hệ thống khe nứt và tái tạo trạng thái cổ ứng suất ở giai đoạn thành tạo chúng. Trên cơ sở đó, xác định các đặc điểm phân bố khe nứt và làm sáng tỏ một số biểu hiện địa động lực và quá trình biến đổi ứng suất kiến tạo vỏ Trái đất khu vực Bắc và Trung Trung Bộ Việt Nam.

I. MỞ ĐẦU

Hướng nghiên cứu xác lập trạng thái ứng suất hiện đại và khôi phục trường ứng suất cổ trong các thành tạo đất đá có ý nghĩa quan trọng trong việc xác lập lại tiến trình tiến hóa địa động lực và hoạt động kiến tạo của một khu vực. Những hiểu biết về hiện trạng và quá trình tiến hóa địa động lực là cơ sở quan trọng cho minh giải về hoạt động kiến tạo và các tai biến đi kèm như: nứt, trượt, sụt lở đất, động đất, núi lửa, hóa lỏng... Thông thường để xác định trường ứng suất hiện đại người ta có thể dùng nhiều phương pháp khác nhau như: đo đạc khe nứt, đo dịch chuyển GPS, phân tích biến dạng, phân tích kiến trúc, phương pháp biến đổi ứng suất Coulombe, phân tích cơ cấu chấn tiêu động đất, đo ứng suất lỗ khoan... Trong đó hệ thống các phương pháp đo đạc, phân tích và xử lý khe nứt trong các thành tạo địa chất đã được các nhà Địa chất Việt Nam sử dụng hiệu quả để tái lập trường ứng suất cho các thời gian địa chất khác nhau ở nhiều khu vực lãnh thổ nước ta [6, 14, 16, 18-20]. Các phương pháp thường được dùng nhiều hơn cả là hệ các phương pháp thống kê do các nhà Địa chất Liên xô (cũ) sáng lập và sử dụng [6, 16, 18-20]. Ưu điểm của các phương pháp này là dễ sử dụng và xử lý tương đối đơn giản, áp dụng hầu hết cho các đối tượng (thể) địa chất khác nhau. Tuy nhiên, một trong những vấn đề gây tranh luận như: Độ chính xác khi xử lý các “cặp khe nứt cộng ứng” (là hệ các khe nứt đồng sinh do cùng một trường ứng suất xảy ra trong cùng một thời gian); Thời điểm thành tạo của các hệ thống khe nứt cũng là vấn đề cần được quan tâm giải quyết.

Trong khuôn khổ Hợp tác nghiên cứu, các nhà khoa học Nga đã giới thiệu một phương pháp đo đạc xử lý khe nứt mới, có khả năng chính xác hoá được hệ khe nứt cộng ứng sinh ra bởi cùng một trường ứng suất trong một thời gian xác định [15]. Nội dung của phương pháp này và kết quả ứng dụng nghiên cứu ban đầu cho một số vùng lãnh thổ nước ta đã được đề xuất trong các công trình nghiên cứu trước đây [14, 17]. Trong bài báo này, tập thể tác giả sẽ trình bày rõ hơn về phương pháp phân tích và các kết quả đo đạc minh giải số liệu ở khu vực ven biển Bắc Trung Bộ và kế cận lãnh thổ Việt Nam phục vụ cho nghiên cứu xác lập trạng thái cổ ứng suất và trạng thái ứng suất hiện đại khu vực nghiên cứu.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nguyên lý của phương pháp nghiên cứu khe nứt nội lớp được các nhà khoa học Nga xây dựng và phát triển, dựa trên cơ sở quan sát thực nghiệm và mô hình hóa, được trình bày trong các công trình nghiên cứu [1-5, 7-12, 14, 17], với nội dung cụ thể được đề cập dưới đây:

- Các vật liệu (bao gồm khoáng vật, vụn đất, đá và vật liệu hữu cơ...) được cung cấp để hình thành nên các thành tạo trầm tích nguyên thủy trong các cấu trúc địa chất dạng bồn, các trũng, các địa hào với đặc tính phân lớp của các thành tạo trầm tích này, có thể nằm ngang hoặc gần nằm ngang.

Trong quá trình phát triển gắn kết và thành đá (*diagenesis*), các lớp trầm tích đang cứng rắn sẽ bị nứt nẻ trước khi bị biến dạng uốn nếp. Theo Viện sĩ Belousov V.P., (2005) [1] các hệ thống khe nứt hình thành đồng thời với quá trình thành tạo đá trầm tích được gọi là “*Nứt nẻ trong lớp*” (*prislôinôi tresinovatost*). Hệ thống khe nứt này phát triển có quy luật theo lý thuyết định vị lớp không bền vững (*sloi localizaxionoi neustoitivosti - sự bất ổn nội lớp*) – nghĩa là hai hệ thống khe nứt nội lớp có thể được thành tạo trước tiên bởi sự sắp xếp định hướng của các khoáng vật theo “*hai hướng lớp không bền vững*” được định vị ngay trong quá trình thành đá. Kết quả nghiên cứu cho thấy, trong hệ “*hai hướng lớp không bền vững*” với các khoáng vật có định hướng chủ yếu luôn cắm thẳng đứng, vuông góc với thể nằm phân lớp ngang ban đầu của lớp trầm tích nhất định và không vượt ra khỏi ranh giới của lớp ấy. Phân giác của của hệ khe nứt “*hai hướng lớp không bền vững*” cộng ứng nói trên sẽ trùng với các trục ứng suất định hướng của trục co nén hoặc căng giãn [12, 14]. Sau khi các vật liệu trầm tích lắng đọng và trải qua quá trình thành đá, các lớp trầm tích có định vị hệ khe nứt “*hai hướng lớp không bền vững*” sẽ trở thành các đới xung yếu. Hay nói cách khác, đây là các đới dễ bị phá hủy nhất trong quá trình tiến hóa địa động lực, dưới tác động của trường ứng suất kiến tạo để hình thành nên các hệ khe nứt mới. Các hệ khe nứt mới này luôn phát triển tựa theo các đới xung yếu đã được định vị trước đó. Chúng tạo nên các cực đại phân bố khe nứt trong các lớp trầm tích. Các khe nứt nội lớp phát triển rộng khắp và có trật tự trong các trầm tích nằm ngang ổn định và cả trong các lớp đã bị biến dạng uốn nếp [1-5, 12, 14 ...].

Việc tái lập trường ứng suất kiến tạo có thể thực hiện được bằng cách thu thập đo đạc khe nứt trong một lớp trầm tích nhất định có tuổi thành tạo được xác định bởi Belousov T.P. và Mukhamediev S.A., [1, 2]. Phương pháp này khôi phục các lớp trầm tích về vị trí nằm ngang ban đầu, loại trừ các khe nứt không cắt thẳng đứng (vuông góc) với thể nằm ngang của lớp. Các khe nứt cắt thẳng đứng (vuông góc) với thể nằm ngang của lớp còn lại được lựa chọn để phân tích và xác lập trường ứng suất tại thời điểm chúng được hình thành cùng với tuổi của trầm tích chứa chúng. Đối với các thể magma xâm nhập, với đặc tính cấu tạo dạng lớp - bong tách (*dettachment*) được hình thành trong quá trình nén ép nâng trôi. Đặc tính phân lớp này thông thường phát triển gần như vuông góc với phương vận động nâng lên. Do vậy, khi áp dụng phương pháp phân tích này vẫn cho nhiều thông tin bổ ích và được áp dụng để tăng mức độ tin cậy cho khu vực nghiên cứu.

Đây là phương pháp phân tích đã được ứng dụng để nghiên cứu xác định trường ứng suất, địa chấn kiến tạo cho nhiều vùng của Liên Xô cũ và trên thế giới như Krum, Cavcaz, Stavropol, Cuba và các miền địa chấn tích cực, các miền chứa dầu khí của Trái đất, v.v... [2-5]. Các kết quả nghiên cứu ở các vùng này đã được công bố trên nhiều tạp chí và hội nghị khoa học ở Nga và Quốc tế [7-12, 14, 17]. Kinh nghiệm áp dụng ban đầu với lãnh thổ phía Bắc Việt Nam cho thấy, có thể sử dụng phương pháp này để bổ sung và làm phong phú hơn hệ các phương pháp tái lập trường ứng suất kiến tạo đang sử dụng ở nước ta, qua đó sẽ góp phần để xác định chính xác hơn tuổi hình thành các hệ khe nứt cộng ứng tạo bởi trường ứng suất tại thời gian hình thành nên chúng.

Để khôi phục trạng thái ứng suất cổ và xác lập trường ứng suất hiện đại khu vực ven biển Bắc Trung Bộ Việt Nam, phương pháp “*Phân tích khe nứt*” đã được các tác giả áp dụng.

- Công tác thu thập kết quả đo đạc ngoài thực địa đã được mô tả chi tiết trong [5, 12, 14]. Theo đó, số liệu thu thập ngoài thực địa cần các thông tin sau: Phương vị đường phương vết lộn; thể nằm

mặt lớp chứa các khe nứt khảo sát, Phương vị hướng dốc và góc dốc của ít nhất 100 khe nứt; diện tích vết lộ; tọa độ địa lý, quan hệ không gian với các thể địa chất liền kề, các đặc điểm địa chất, kiến tạo và địa mạo của lớp (tập, vỉa) địa chất khảo sát; đặc điểm thạch học và các đặc trưng khác; đặc điểm vết lộ của đất đá, điểm lộ tự nhiên (bậc thềm, độ dốc của các thung lũng...), điểm lộ nhân sinh (các mỏ khai thác, các vách taluy đường, hố đào...); Các chỉ số động học (độ mở của các khe nứt, độ rộng của nó, độ lấp đầy khe nứt bởi thạch cao, calcit, thạch anh và các thành tạo khoáng vật khác, các yếu tố thể nằm của gương và rãnh của các mặt trượt...).

Các điểm khảo sát (*ký hiệu là ks*) với các thông tin nêu ở trên được ghi nhận nhờ các dụng cụ chuyên dụng như: địa bàn địa chất, thước dây, thiết bị GPS và các tài liệu như bản đồ địa chất (tỷ lệ 1/200.000 hoặc lớn hơn), bản đồ địa hình... Quy trình khảo sát thực địa, cần phải thực hiện nghiêm ngặt các qui tắc thu thập số liệu khe nứt, nhằm tái tạo lại các ứng suất cổ một cách tin cậy. Một trong những quy tắc quan trọng cần lưu ý là: tại mỗi vết lộ tất cả các phép đo khe nứt cần được tiến hành trong đất đá của cùng một lớp hoặc cùng một vỉa. Quy định này được đưa ra vì trong cùng điều kiện của một trường ứng suất, trong các đất đá khác nhau về thạch học, trầm tích hay độ hạt, các khe nứt được hình thành theo các góc sẽ khác nhau.

- Việc xử lý số liệu khe nứt được tiến hành trên lưới cầu Smith, chia góc đều nhau, thuận tiện cho việc phân tích thống kê mật độ phân bố chuẩn đối với các mặt khe nứt. Các số liệu được xử lý trên máy tính theo các chương trình tính toán tương ứng gồm: chương trình *Fracture Data Editor Version 2.0* (định dạng số liệu đo) và chương trình *Joints Orientation Distribution Version 2008* (phân tích xác định các cực trị và chuyển về trạng thái phân lớp ban đầu của lớp đất đá trầm tích có chứa các khe nứt quan trắc).

- Kết quả minh giải về sự phân bố khe nứt trong phạm vi vết lộ nhận được sau khi xử lý số liệu đo được gọi là sự phân bố định hướng địa phương. Phần diện tích đặc trưng của các đo đạc khe nứt địa phương dao động từ 0,5 đến 100 m², là diện tích nhỏ nhất của hầu hết các cấu trúc địa chất. Để đưa ra các đặc tính đặc trưng của khe nứt đối với một khu vực cụ thể hay đối với đất đá có tuổi và thành phần vật chất xác định trong khu vực đó, cần phải liên kết, tổng hợp toàn bộ các số liệu đo ở nhiều vết lộ thành phần để tìm ra quy luật biểu hiện chung. Sự liên kết này được gọi là phân bố tổng hay phân bố khu vực. Chúng mô tả các phương chính của hệ thống các khe nứt đặc trưng của khu vực nghiên cứu; quan hệ tương hỗ với các đứt gãy sâu, với các đới phá huỷ có ý nghĩa minh giải cho cả khu vực.

Hình thái khe nứt phân bố tổng được xác lập đối với các lớp đưa về vị trí nằm ngang ban đầu, khi đó trong các biểu đồ lập thể này hầu như các cực đại của mật độ cực các khe nứt luôn luôn được thể hiện một cách rõ ràng. Các cực đại thường phân bố trên các rìa của biểu đồ cầu, tương ứng với hướng cầm gàn thẳng đứng của hệ thống khe nứt chính sau khi xoay các lớp về phương nằm ngang gần trung tâm biểu đồ cầu (Hình 1, 2).

- Việc xác lập trạng thái cổ ứng suất tại thời điểm thành tạo của lớp đất đá được đề cập trong [12], theo đó các bước tính toán, phân tích hệ thống các khe nứt để xác định các trục ứng suất sẽ tiến hành các bước sau: Bước thứ nhất, xác định các khe nứt ngoài thực địa (khoảng 100 khe nứt) và các thông số liên quan; Bước thứ hai, lập và vẽ biểu đồ mật độ các cực của khe nứt chung nhất (*biểu đồ cực trị*). Các cực trị mật độ cực sẽ tương ứng với mức độ tập trung thống kê của dải số liệu đưa vào tính toán như được chỉ ra trên Hình 3.



1. Các đường đẳng mật độ cực
2. Vị trí hiện tại của của cực đại mật độ cực (số giá trị biểu diễn độ lớn cực đại theo đơn vị ước định)
3. Vị trí cực đại mật độ cực trong thời kỳ hình thành khe nứt nê
4. Trục nén cực đại
5. Trục giãn
6. Các đường nodal

Hình 1. Ví dụ về biểu đồ lập thể mật độ cực chuẩn của các khe nứt phát triển trong đá cát kết tuổi Creta sớm ở vùng chuyển tiếp Pamir với Thiên Sơn [14].

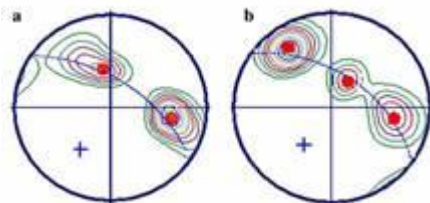


Hình 2. Ví dụ về tái lập trạng thái ban đầu của hệ thống các khe nứt phát triển trong các đá phiến Carbo n thuộc dãy núi Altai:

a) trong hệ thống trắc địa hiện đại và b) đưa về vị trí ban đầu [12].

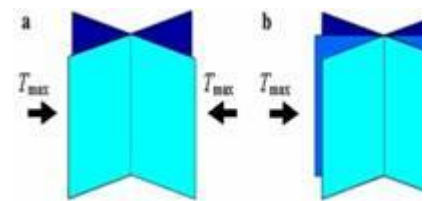
Kết quả trên Hình 3 chỉ ra biểu đồ phân bố cực trị: Hình 3a hiển thị sự tồn tại của số cực tương ứng với hai hệ thống khe nứt chính; Hình 3b hiển thị sự tồn tại của số cực tương ứng với ba hệ thống khe nứt, trong đó một cực phân bố ở vị trí phân giác nhọn giữa hai cực trị còn lại. Lưu ý rằng, các mặt giao tuyến của các hệ thống khe nứt trong bất kỳ thể địa chất nào cũng gần như trực giao (vuông góc) với bề mặt lớp, do vậy hệ thống các khe nứt, hay ít ra là các bề mặt tựa, phát triển theo các đối xứng yếu có sẵn đã được thành tạo trước khi bị uốn nếp. Kết quả việc khôi phục trạng thái cổ ứng suất bằng cách xoay lớp trầm tích có chứa các khe nứt đã ghi nhận được về vị trí nằm ngang ban đầu và ta thu được kết quả ghi nhận ý tưởng như thấy trên biểu đồ Hình 3.

Minh giải về sự thành tạo của khe nứt đồng sinh [12], các tác giả đã bám sát với lý thuyết đề s uất của mô hình này, theo đó các khe nứt phát triển ngay trên mặt phân lớp nằm ngang trong môi trường tương tác ảnh hưởng với các lực kiến tạo tác động lên quá trình thành tạo chúng. Trong mô hình 2D, trạng thái ứng suất căng-giãn ngang xuất hiện bên trong lớp, trong điều kiện liên kết kém và mềm yếu là một đặc tính cơ bản của các vật liệu trầm tích, chính điều này đã tạo nên những biểu hiện không bền vững tại các vùng cực trị địa phương [21]. Kết quả nghiên cứu cho thấy, trục ứng suất nén ép ngang cực đại T_{max} sẽ phát triển trùng với phân giác của góc nhọn giữa các hệ thống khe nứt. Nếu tồn tại thêm một hệ thống khe nứt thứ ba không liên tục được sinh ra trong cùng một thời kỳ với các hệ thống khe nứt khác mà giữa chúng vẫn tạo nên một góc phân giác nhọn với các hệ thống khe nứt còn l ại, khi đó phương của hệ thống khe nứt không liên tục thứ ba này được sắp xếp song song với ph ương của trục nén ép ngang cực đại T_{max} (Hình 3b). Tuy nhiên, do sự mềm yếu và liên kết kém của vật liệu trầm tích trong quá trình tạo đá, nên sự phát triển của các hệ thống khe nứt này không thể liên tục như chúng ta thường quan sát thấy trong các phá hủy dòn (*brittle deformation*) trên các loại đất đá khác.



Hình 3. Biểu đồ cực mật độ các khe nứt; đường liên-

giá trị mật độ cực đại khe nứt, a - hai cặp khe nứt cộng ứng; b- ba cặp khe nứt cộng ứng, với một hệ là phân giác góc nhọn giữa hai cặp còn lại [12].



Hình 4. Biểu đồ xác định trục ứng suất;

a- tương ứng với sơ đồ 3a; b- tương ứng với sơ đồ 3b sau khi đưa lớp trầm tích về vị trí nằm ngang ban đầu [12].

III. KẾT QUẢ THU THẬP SỐ LIỆU, XỬ LÝ VÀ PHÂN TÍCH KẾT QUẢ ĐO

Kết quả nghiên cứu cấu trúc, kiến tạo khu vực Bắc và Trung Trung Bộ Việt Nam trước đây cho thấy khu vực này được cấu tạo đặc trưng bởi đai uốn nếp Trường Sơn và Địa khu Indosini (Lê Duy Bách, 2008). Diện tích khu vực nghiên cứu giới hạn từ: 20⁰N-12⁰N vĩ độ Bắc, 104⁰E-108⁰E kinh độ Đông và mở rộng ra Biển Đông. Khu vực này có mặt cắt đầy đủ các thành tạo địa chất tuổi, thành phần và kiểu biến chất ở mức độ khác nhau: từ các đá biến chất cao - siêu biến chất tuổi AR - PR đến các đá biến chất yếu hơn thuộc các thành tạo trầm tích - phun trào và xâm nhập có thành phần từ bazơ, trung tính, axit đến kiềm có tuổi Phanerozoi. Các đá cổ AR - PR cấu thành các khối uốn nếp cổ Tiền Cambri và là móng uốn nếp đầu tiên của vỏ lục địa khu vực. Các thành tạo Phanerozoi tham gia vào thành phần các đai uốn nếp có tuổi khác nhau từ Caledoni, Hercyni, Indosini, Kimmeri đến Alpi. Khung cấu trúc kiến tạo của khu vực nghiên cứu gồm các đơn vị cấu trúc chính dưới đây [13]:

- Đai uốn nếp Trường Sơn của hệ uốn nếp Việt - Lào: Đai uốn nếp này được cấu thành bởi hai đới uốn nếp có tuổi cổ kết khác nhau: Đới Sông Đà và Bắc Sông Cả ở phía bắc với ranh giới là đứt gãy Sông Mã và Đới Nam Sông Cả ở phía nam với ranh giới là đứt gãy Sông Cả. Ranh giới phía nam của đai uốn nếp này với địa khối Kon Tum là đới đứt gãy Thà Khệt - A Lưới - Tam Kỳ - Phước Sơn.



Hình 5. Phân vùng kiến trúc lãnh thổ Việt Nam [14].

- Địa khối Kon Tum: Địa khối này có cấu trúc đặc trưng bởi phần nhô móng uốn nếp tiền Cambri của khối lục địa cổ Indosinia bị bao bọc bởi các đới uốn nếp có quá trình sinh thành và phát triển lâu dài, khối nhô bị biến cải và từng phần tham gia vào các quá trình kiến tạo diễn ra ở các vùng rìa lân cận. Ở đây có mặt các phức hệ vật chất kiến trúc khác nhau, chồng chất và đan xen nhau: các phức hệ granulit hai pyroxen hệ tầng Kan Nack (AR kn) và các phức hệ uốn nếp Paleozoi hạ lộ ở phần Bắc và Tây của khối. Rìa của khối bị biến cải mạnh bởi hoạt động kiến tạo kiểu rìa thụ động trong Paleozoi và kiểu đai núi lửa pluton rìa - Mesozoi. Trong khối này, đặc trưng của hoạt động magma xâm nhập - phun trào phát triển mạnh các thành tạo từ siêu mafic đến axit, axit kiềm và kiềm có tuổi từ tiền Cambri, Paleozoi, Mesozoi đến Kainozoi.

- Đới uốn nếp Mesozoi Đà Lạt - Campuchia: Đới này phát triển trên phần phía nam địa khối Indosini và có ranh giới với khối nhô Kon Tum dọc theo đới đứt gãy á vĩ tuyến Tuy Hoà - Ô Ranh.

Quá trình thu thập số liệu thực địa, chúng tôi đã quan sát trên hầu hết các thành tạo địa chất từ tiền Arkei đến các thành tạo trẻ Đệ tứ của khu vực nghiên cứu. Kết quả đã tiến hành khảo sát đo đạc trên 58 điểm lộ, trên các đá có tuổi thành tạo khác nhau: Thành tạo Arkei, Proterozoi, Carbon-Permi gồm 18 điểm khảo sát; Thành tạo Mesozoi gồm 21

điểm khảo sát (thành tạo Trias

15 điểm, Jura 3 điểm, Creta 3 điểm); Thành tạo Kainozoi gồm 19 điểm khảo sát (Paleogen 1 điểm, Neogen 9 điểm, Pleistocen 4 điểm, Holocen 5 điểm).

Kết quả phân tích và xử lý trên máy tính các số liệu đo đạc khe nứt của khu vực nghiên cứu, đã xây dựng nên các biểu đồ lập thể phân bố định hướng của các khe nứt, các biểu đồ hoa hồng biểu diễn hướng kéo dài của các hệ thống khe nứt và biểu đồ khôi phục về vị trí thể nằm ban đầu của đất đá trong mối quan hệ với ứng lực cổ tác động lên chúng thời kỳ Mesozoi-Kainozoi (Bảng 1).

Việc phân tích tuần tự hệ thống khe nứt trên đất đá có tuổi khác nhau nhằm thiết lập được các đặc điểm phân bố và cấu tạo chính của chúng. Ví dụ điểm khảo sát (ks22) trên hệ tầng Kim Sơn (AR ks) của đá phiến màu nâu sẫm bị vỡ nhàu uốn nếp, phong hóa mạnh với ba hệ thống khe nứt kéo dài theo phương vị: 335^0 - 337^0 ; 125^0 và 55^0 . Mặc dù chỉ khảo sát 3 điểm đất đá của hệ tầng Kim Sơn (AR ks) tại các vết lộ: ks22, ks23, ks24, nhưng hình hài của khe nứt này và về mặt tuổi sẽ đóng vai trò là các điểm chủ đạo làm sáng tỏ các nét cơ bản về hoạt động địa động lực và phát triển kiến tạo vùng nghiên cứu.

Trong các đá cổ Proterozoi gồm 7 điểm khảo sát tại các điểm lộ: ks14, ks37 đá granit phức hệ Chu Lai (PR₃ cl); điểm ks15, ks16 đá phiến bị phong hóa màu nâu sẫm hệ tầng Khâm Đức (PR₂₋₃ kd); điểm khảo sát ks30 đá granit phức hệ Tu Mơ Rông (PR₁ tmr); điểm khảo sát ks31, ks32 đá rần chắc bị ép phiến, phân phiến mạnh hệ tầng Sông Re (PR₁ sr); Kết quả phân tích cho thấy có biểu hiện tồn tại 7 hệ khe nứt chính với các phương chủ đạo là: 35^0 ; 52^0 ; 80^0 ; 115^0 ; 175^0 - 190^0 ; 315 và 350^0 - 0^0 .

Trong các đá có tuổi từ Cambri sớm - Ordovic (ϵ -O_{1av}) đến Paleozoi muộn (PZ₃ bg-qs) đã xác định được 7 hệ thống khe nứt theo các phương: 15^0 ; 60^0 ; 115^0 ; 210^0 ; 260^0 ; 290^0 và 335^0 . Trên các thành tạo đá Devon muộn đến Carbon-Permi, ngoài 7 hệ thống khe nứt xuất hiện trong Paleozoi muộn đến Cambri sớm đã nêu ở trên, còn thấy xuất hiện thêm 3 hệ thống khe nứt mới theo các phương 35^0 ; 85^0 và 170^0 . Trong các đá Carbon-Permi hệ tầng Ngũ Hành Sơn (C-P nhs) thấy xuất hiện hệ thống khe nứt chủ đạo theo phương: 285^0 ; 335^0 và 0^0 . Như vậy các khảo sát trên các đá giới Paleozoi gồm 8 điểm đo, thuộc các hệ tầng A Vương (ϵ -O_{1av}), Long Đại (O₃-S₁ ld), Tân Lâm (D₁ tl) và hệ tầng Ngũ Hành Sơn (C-P nhs) phát triển 10 hệ thống khe nứt theo các phương: 15^0 ; 35^0 ; 60^0 ; 85^0 ; 115^0 ; 170^0 ; 210^0 ; 260^0 ; 290^0 và 335^0 .

Quá trình nghiên cứu khe nứt các đá tuổi Mesozoi đã được tiến hành tại 21 vết lộ, chủ yếu trên các thành tạo Trias với 15 vết lộ gồm: Trias sớm 3 điểm, Trias giữa 3 điểm và Trias muộn 9 điểm. Phân tích số liệu nứt nẻ của chúng cho thấy, trong toàn bộ khu vực nghiên cứu các đá trầm tích Trias đã thể hiện 11 hệ thống khe nứt. Trong các đá Trias sớm có 5 các hệ khe nứt với phương vị sau: 80^0 ; 125^0 ; 170^0 ; 265^0 và 350^0 - 0^0 (trong đó hệ thống 350^0 - 0^0 thể hiện rõ hơn). Trong các đá Trias trung có 3 phương vị sau: 80^0 ; 170^0 và 350^0 - 0^0 (trong đó hệ thống 350^0 - 0^0 và hệ thống 80^0 thể hiện tốt hơn). Trong các đá trầm tích Trias muộn, ngoài các hệ thống khe nứt đã thấy xuất hiện như trong Trias thượng và Trias trung, còn xuất hiện các hệ thống khe nứt mới có phương: 20^0 ; 40^0 ; 65^0 ; 200^0 ; 245^0 và 315^0 . Trong Trias, ở khu vực nghiên cứu đã diễn ra sự biến động địa động lực (sự bắt đầu của pha kiến tạo Kimeri và biểu hiện hoạt động uốn nếp). Những thay đổi về hình thái khe nứt ở các đá Trias chịu sự biến dạng mạnh và hình thành một số hệ thống khe nứt với các phương vị khác nhau so với Paleozoi muộn. Kết quả đối sánh giữa hai thời kỳ này đã chỉ ra rằng, những thay đổi có liên quan chủ yếu đối với hệ thống khe nứt được định hướng trong Paleozoi theo phương ĐB-TN và phương TB-ĐN, ví dụ như phương vị đường phương của hệ thống 15^0 -

35⁰ đã bị thay đổi thành 20⁰-40⁰; phương vị 115⁰ thành 125⁰, phương vị 210⁰-260⁰ thì đổi thành 245⁰-265⁰ và phương vị 290⁰-35⁰ thì đổi thành 315⁰-350⁰.

Khe nứt trong đá có tuổi Jura được chúng tôi nghiên cứu tại 3 điểm khảo sát: Điểm khảo sát (ks52) trên thành tạo của hệ tầng Bàn Cờ (J₁bc) với thành phần cấu tạo từ cuội, sa n, sỏi thạch anh gắn kết rắn chắc, tại điểm này thấy xuất hiện hệ thống khe nứt phát triển theo các phương 217⁰; 107⁰ và 315⁰. Điểm khảo sát (ks56) trên hệ tầng A Ngo (J₁an) với thành tạo trầm tích bột kết hạt mịn, kết quả tính toán cho thấy các hệ thống khe nứt chính 131⁰; 189⁰ và 227⁰. Điểm khảo sát (ks57) trên hệ tầng A Ngo (J₁an) với các hệ thống khe nứt chính 107⁰; 175⁰; và 239⁰. Kết quả phân tích cho thấy, hệ thống các khe nứt phát triển trên trầm tích Jura có 4 phương chủ đạo: 110⁰-130⁰; 175⁰-200⁰; 220⁰-235⁰ và 315⁰, các hệ thống này khá trùng với các hệ thống khe nứt phát triển trong các đá Trias trước đó.

Khe nứt trong đất đá có tuổi Creta được nghiên cứu tại 3 điểm khảo sát: điểm khảo sát ks12 granit tuổi Paleogen phức hệ Phan Rang (Epr1); điểm khảo sát ks25 và ks29 tiến hành trên các thành tạo granodiorit và granit phức hệ Đèo Cả (K₂đc). Kết quả phân tích trong các thành tạo này cho thấy suất hiện 6 hệ thống khe nứt chính: 50⁰; 110⁰; 150⁰-165⁰; 200⁰; 240⁰ và 320⁰. Như vậy, tập hợp các hệ khe nứt phát triển trong các thành tạo đất, đá tuổi Mesozoi chủ yếu tập trung trong 12 hệ thống: 20⁰; 35-40⁰; 60⁰-65⁰; 80⁰-85⁰; 110⁰; 125-140⁰; 170⁰; 200⁰; 245⁰; 265⁰; 315⁰ và 345⁰-0⁰. Trong đó tập trung ổn định hơn cả trong 7 hệ thống sau: 80⁰-85⁰; 125-140⁰; 170⁰; 200⁰; 245⁰; 315⁰ và 345⁰-0⁰.

Khảo sát 19 điểm đo trong các thành tạo đất đá có tuổi Kainozoi bao gồm: Paleogen 1 điểm khảo sát, Neogen 9 điểm khảo sát, Pleistocen 4 điểm khảo sát, Holocen 5 điểm khảo sát. Trong đá granit tuổi Paleogen phức hệ Cù Mông (ks28) đã xác định được 4 hệ thống khe nứt chính: 12⁰; 88⁰; 265⁰ và 320⁰. Trong các thành tạo Neogen cũng xác định được 8 hệ thống: 40⁰; 60⁰; 80⁰; 120⁰; 160⁰; 200⁰-230⁰; 270⁰-290⁰; 315⁰-340⁰. Trong các trầm tích Pleistocen gồm 4 điểm khảo sát (ks2, ks17, ks39, ks40), với 5 hệ thống khe nứt: 120⁰; 150⁰; 240⁰; 270⁰ và 340⁰, các thành tạo Holocen gồm 5 điểm khảo sát (ks1, ks13-1, ks36, ks38, ks43), trong đó tập trung 6 hệ thống khe nứt: 60⁰; 110⁰; 160⁰; 250⁰; 310⁰; 345⁰. Tổng cộng trong các thành tạo Kainozoi các khe nứt tạo thành 9 hệ thống: 12⁰; 60⁰; 80-88⁰; 110-120⁰; 160⁰; 200⁰-230⁰; 270⁰; 310⁰; 345⁰.

Kết quả phân tích hệ thống khe nứt phát triển trong giai đoạn Mesozoi và thời kỳ Paleogen-Creta và Jura cho thấy có sự nhiễu loạn mạnh về phương của trục nén ép, sự thay đổi cả về phương của trục nén ép ở các cấu trúc địa phương cũng như các cấu trúc ở khu vực lân cận. Qua đó cho thấy sự biến động phức tạp của trường ứng suất khu vực cũng như vai trò khống chế, chi phối của các thực thể địa chất như (đới đứt gãy, đai uốn nếp, khối kiến trúc...) làm thay đổi trạng thái ứng suất theo không gian. Trạng thái ứng suất trong các thời kỳ này cho thấy có sự thay đổi hướng ứng lực theo thời gian cụ thể:

Thời kỳ Trias, đặc trưng của trường ứng lực nén ép chủ đạo theo phương bắc - tây bắc sang bắc - đông bắc trong khoảng (5⁰-10⁰), trạng thái này phát triển ổn định trên toàn bộ khu vực nghiên cứu.

Trong Kainozoi, biểu hiện trạng thái ứng suất biến động theo thời gian: giai đoạn Neogen sớm (N₁) có đặc trưng nén ép chủ đạo theo phương bắc - tây bắc; giai đoạn Neogen muộn (N₂²) có biểu hiện nén ép theo phương vĩ tuyến; Thời kỳ Q₁²⁻³, trạng thái ứng suất có biểu hiện nén ép chủ đạo theo phương á vĩ tuyến; trong giai đoạn Hiện đại Holocen (Q₂), trạng thái nén ép theo phương chủ đạo là bắc - tây bắc sang đôi chỗ có đảo phương bắc -đông bắc khoảng (5⁰-

10⁰). Trong vấn đề này cần được tiếp tục kiểm chứng ở diện rộng và chi tiết hơn trong các nghiên cứu tiếp theo để có kết luận chính xác hơn.

Bảng 1. Biểu đồ lập thể, biểu đồ hoa hồng, biểu diễn phân bố và hướng kéo dài của các hệ thống khe nứt trong các đá đá tuổi Mesozoi- Kainozoi, khu vực nghiên cứu

Chú thích:

Cột 1: Biểu đồ lập thể phân bố định hướng địa phương của các khe nứt trong hệ trục địa hiện đại và phương nén ép ngang chính (đường mũi tên).

Cột 2: Khôi phục biểu đồ lập thể phân bố định hướng địa phương của các khe nứt sau khi xoay các lớp nằm ngang (là thể nằm ban đầu);

Cột 3: Biểu đồ hoa hồng, biểu diễn hướng kéo dài của các hệ thống khe nứt;

Cột 4: Thể nằm của lớp đá

(phương vị hướng dốc, góc dốc), các hệ thống khe nứt tách- giãn chính và hàm lượng phần trăm của chúng, hệ thống g khe nứt phụ;

Cột 5: Ký hiệu điểm đo, tọa độ,

đặc điểm thạch học và tuổi của đá đá tại điểm khảo sát và phương của trục nén ép tại thời điểm thành tạo (σ).

Bảng 1. Biểu đồ lập thể, biểu đồ hoa hồng, biểu diễn phân bố và hướng kéo dài của các hệ thống khe nứt trong các đá đá tuổi Mesozoi- Kainozoi, khu vực nghiên cứu

Chú thích:

Cột 1: Biểu đồ lập thể phân bố định hướng địa phương của các khe nứt trong hệ trục địa hiện đại và phương nén ép ngang chính (đường mũi tên).

Cột 2: Khôi phục biểu đồ lập thể phân bố định hướng địa phương của các khe nứt sau khi xoay các lớp nằm ngang (là thể nằm ban đầu);

Cột 3: Biểu đồ hoa hồng, biểu diễn hướng kéo dài của các hệ thống khe nứt;

Cột 4: Thể nằm của lớp đá

(phương vị hướng dốc, góc dốc), các hệ thống khe nứt tách- giãn chính và hàm lượng phần trăm của chúng, hệ thống g khe nứt phụ;

Cột 5: Ký hiệu điểm đo, tọa độ,



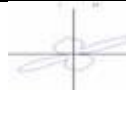



đặc điểm thạch học và tuổi của đá đá tại điểm khảo sát và phương của trục nén ép tại thời điểm thành tạo (σ).

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
			ks11 0 0,00, +325°-77° 1 8,91 165°-81° 3 7,71 265°-60° 2 6,16 220°-84° 4 5,23 0°-0°	ks11 16.10143 108.26929 Đá granit sáng màu hạt lớn, phức hệ Hải Vân ($T_1 hv1$), $\sigma = 50$
			ks10 0 0,00, +335°-65° 1 16,94 129°-82° 3 9,40 270°-10° 2 4,63 250°-84°	ks10 16.10358 108.26452 Đá granit sáng màu hạt to, phức hệ Hải Vân ($T_1 hv1$) $\sigma = 70$
			ks54 0 0,00, +120°-80° 1 8,72 80°-80° 2 7,22 128°-84°	ks54 15.78927 107.86605 Đá cát kết, bột kết, bột kết vôi, hệ tầng Sông Bung ($T_{1-2 sb}$), $\sigma = 114$
			ks55 0 0,00, +190°-6° 3 13,64 185°-8° 2 10,64 345°-78° 1 10,27 87°-80°	ks55 15.80293 107.88342 Đá cát kết, bột kết thuộc thành hệ molat của hệ tầng Nông Sơn ($T_{2-3 n-r ns}$), $\sigma = 80$
			ks21 0 0,00, +320°-43° 1 11,20 314°-45° 2 10,98 112°-89° 3 9,40 65°-87° 4 3,63 0°-0°	ks21 14.61045 109.0529 Granit sáng màu phức hệ Hải Vân ($T_3 hv1$), $\sigma = 52$
			ks20 0 0,00, +320°-41° 1 15,52 310°-45° 3 9,57 131°-68° 2 7,26 233°-88°	ks20 14.81346 108.96439 Granit sáng màu phức hệ Hải Vân ($T_3 hv1$), $\sigma = 85$
			ks9 0 0,00, +315°-47° 3 16,90 125°-19° 2 10,23 200°-75° 1 6,64 80°-87°	ks9 16.181211 108.13098 Đá granit sáng màu hạt to, phức hệ Hải Vân ($T_3 hv3$), $\sigma = 123$
			ks8 0 0,00, +305°-60° 1 12,67 40°-76° 2 11,55 310°-85° 3 7,83 30°-20°	ks8 16.212235 108.10722 Đá granit sáng màu hạt to, phức hệ Hải Vân ($T_3 hv3$), $\sigma = 135$

			<p>ks7</p> <p>0 0.00, +305°-65°</p> <p>2 15.13 35°-82°</p> <p>3 6.17 20°-15°</p> <p>1 6.01 345°-83°</p>	<p>ks7 18.26295</p> <p>108.03246</p> <p>Đá granit sáng màu hạt to, phức hệ Hải Vân (T₃ hv3), σ = 115</p>
			<p>ks46</p> <p>0 0.00, +290°-60°</p> <p>1 11.15 23°-85°</p> <p>3 8.07 284°-56°</p> <p>2 8.02 115°-60°</p>	<p>ks46 15.84594</p> <p>107.99712</p> <p>Cuội kết rắn chắc phân lớp dày, hệ tầng Nông Sơn (T₃ n-r ns), σ = 81</p>
			<p>ks47</p> <p>0 0.00, +240°-64°</p> <p>1 8.43 307°-65°</p> <p>2 6.42 230°-65°</p>	<p>ks47 15.8449</p> <p>107.97696</p> <p>Cuội kết rắn chắc phân lớp dày, hệ tầng Nông Sơn (T₃ n-r ns), σ = 128</p>
			<p>ks53</p> <p>0 0.00, +26°-60°</p> <p>1 10.18 190°-63°</p> <p>2 7.44 280°-64°</p> <p>3 4.51 335°-85°</p>	<p>ks53 15.77435</p> <p>107.80203,</p> <p>Đá cát kết, bột kết thuộc thành hệ molat của hệ tầng Nông Sơn (T₃ n-r ns), σ = 135</p>
			<p>ks52</p> <p>0 0.00, +340°-5°</p> <p>3 10.28 217°-81°</p> <p>1 7.61 107°-84°</p> <p>2 6.09 315°-10°</p>	<p>ks52 15.76737</p> <p>107.82381</p> <p>Cuội sạn sỏi kết, gắn kết rắn chắc, hệ tầng Bàn Cờ (J₁ bc), σ = 135</p>
			<p>ks56</p> <p>0 0.00, +225°-84°</p> <p>1 12.38 189°-28°</p> <p>2 10.19 227°-84°</p> <p>3 9.62 131°-85°</p>	<p>ks56 16.62523</p> <p>106.5944</p> <p>Bột kết mịn, phân lớp nằm ngang tuổi Jura hạ, hệ tầng A Ngo (J₁ an), σ = 110</p>
			<p>ks60</p> <p>0 0.00, +280°-6°</p> <p>2 11.42 239°-72°</p> <p>3 10.31 175°-79°</p> <p>1 7.87 107°-78°</p>	<p>ks60 16.65583</p> <p>106.78474</p> <p>Bột kết hạt nhỏ, hệ tầng A Ngo (J₁ an), σ = 122</p>
			<p>ks29</p> <p>0 0.00, +240°-83°</p> <p>2 8.61 242°-83°</p> <p>4 7.32 192°-85°</p> <p>1 5.92 88°-80°</p> <p>3 2.04 320°-85°</p>	<p>ks29 13.69448</p> <p>109.17825</p> <p>Granit hạt to sáng màu nguyên khối, phức hệ Đèo Cả (K₂ đc1), σ = 115</p>
			<p>ks25</p> <p>0 0.00, +320°-29°</p> <p>1 9.96 318°-30°</p> <p>2 9.38 106°-86°</p> <p>3 6.86 57°-60°</p> <p>4 5.41 145°-38°</p>	<p>ks25 14.06198</p> <p>109.0508</p> <p>Granit hạt to sáng màu nguyên khối, phức hệ Đèo Cả (K₂ đc2), σ = 110</p>
			<p>ks12</p> <p>0 0.00, +355°-15°</p> <p>1 10.17 165°-75°</p> <p>3 10.12 240°-35°</p> <p>2 7.50 50°-80°</p>	<p>ks12 15.9998</p> <p>108.25542</p> <p>Granit nguyên khối, sáng màu hạt to tuổi Paleogen (E pr), σ = 90</p>
			<p>ks28</p> <p>0 0.00, +90°-56°</p> <p>2 11.17 88°-50°</p> <p>1 7.77 12°-87°</p> <p>4 3.03 265°-58°</p> <p>3 2.35 320°-56°</p>	<p>ks28 13.66865</p> <p>109.18329</p> <p>Granit rắn chắc hạt to màu sáng, Paleogen đèo Cù Mông (E cm), σ = 125</p>
			<p>ks_khebo</p> <p>0 0.00, +10°-21°</p> <p>3 4.40 315°-80°</p> <p>1 3.81 220°-80°</p> <p>2 2.53 160°-70°</p>	<p>ks - Neogen Khe Bó 19 11 45</p> <p>104 34 22</p> <p>Sét kết, bột kết, phân lớp dày, nghiêng thoải, hệ tầng Khe Bó (N₁³ kb), σ = 132</p>
			<p>ks17</p> <p>0 0.00, +0°-0°</p> <p>1 10.68 265°-88°</p> <p>2 7.49 310°-87°</p> <p>3 7.35 290°-45°</p> <p>4 6.27 150°-50°</p>	<p>ks17 15.31921</p> <p>108.82698</p> <p>Bazan khối tảng màu xanh đen, hệ tầng Đại Nga (N₂ đn), σ = 115</p>
			<p>ks35</p> <p>0 0.00, +150°-52°</p> <p>3 14.12 311°-85°</p> <p>2 12.40 233°-85°</p> <p>1 4.70 113°-36°</p>	<p>ks35 15.14984</p> <p>108.8171</p> <p>Đá bazan bị phong hóa màu nâu đỏ, bờ rời, hệ tầng Đại Nga (N₂ đn), σ = 120</p>



	<p>ks41</p> <p>0 0,00, +320°-20°</p> <p>2 10,56 40°-82°</p> <p>3 9,88 320°-32°</p> <p>1 8,57 135°-60°</p>	<p>ks41 15.83074</p> <p>108.19399</p> <p>Thềm sông Hiện đại, vật liệu trầm tích hạt mịn, xen lẫn kaolin màu xám xanh, hệ tầng Ái Nghĩa ($N_2^2 an$), $\sigma = 125$</p>
	<p>ks6</p> <p>0 0,00, +20°-55°</p> <p>1 13,97 60°-80°</p> <p>2 9,45 320°-80°</p>	<p>ks6 16.39316</p> <p>107.57343</p> <p>Cát bột kết phân lớp mỏng ($N_2 - Q_1^2$), $\sigma = 135$</p>
	<p>ks42</p> <p>0 0,00, +270°-25°</p> <p>1 10,48 195°-79°</p> <p>2 8,93 124°-86°</p> <p>3 6,20 270°-26°</p>	<p>ks42 15.83656</p> <p>108.12378</p> <p>Thềm sông Hiện đại, vật liệu trầm tích hạt mịn, xen lẫn kaolin màu xám xanh, hệ tầng Ái Nghĩa ($N_2^2 Q_{1an}$), $\sigma = 135$</p>
	<p>ks57</p> <p>0 0,00, +100°-25°</p> <p>2 12,50 188°-29°</p> <p>1 7,32 107°-84°</p> <p>3 6,34 284°-30°</p>	<p>ks57 16.60438</p> <p>106.62791</p> <p>Bazan đặc sít, dạng bó sợi, với thành tạo trầm tích bột kết hạt mịn, hệ tầng A Ngo ($J_1 an$), $\sigma = 125$</p>
	<p>ks58</p> <p>0 0,00, +270°-46°</p> <p>2 13,08 61°-61°</p> <p>1 9,10 160°-82°</p> <p>3 7,20 265°-43°</p>	<p>ks58 16.62308</p> <p>106.7296</p> <p>Bazan đặc sít, dạng bó sợi, gồm chủ yếu là bazan olivin, hệ tầng Làng Vây ($N_2 - Q_1$), $\sigma = 50$</p>
	<p>ks59</p> <p>0 0,00, +280°-6°</p> <p>2 13,42 184°-84°</p> <p>1 12,16 85°-87°</p>	<p>ks59 16.63452</p> <p>106.78108</p> <p>Bazan đặc sít, dạng bó sợi, gồm chủ yếu là bazan olivin, hệ tầng Làng Vây ($N_2 - Q_1$), $\sigma = 50$</p>
	<p>ks39</p> <p>0 0,00, +110°-45°</p> <p>1 9,42 237°-83°</p> <p>2 9,31 116°-44°</p>	<p>ks39 15.82504</p> <p>108.22717</p> <p>Cuội đa khoáng, sạn, độ chọn lọc kém, phân lớp dày (aQ_1^{2-3}), $\sigma = 60$</p>
	<p>ks40</p> <p>0 0,00, +290°-55°</p> <p>1 9,42 237°-83°</p> <p>2 9,31 116°-44°</p>	<p>ks40 15.82388</p> <p>108.22031</p> <p>Cuội đa khoáng, sạn, độ chọn lọc kém, phân lớp dày aQ_1^{2-3}, $\sigma = 60$</p>
	<p>ks17</p> <p>0 0,00, +276°-20°</p> <p>1 9,13 270°-32°</p> <p>2 8,23 340°-80°</p> <p>3 5,81 220°-85°</p> <p>4 3,88 180°-50°</p>	<p>ks17 15.41921</p> <p>108.82698</p> <p>Bazan tuf phân lớp mỏng, xen kẹp lẫn tro, bột, sạn kết (aQ_1^{2-3}), $\sigma = 85$</p>
	<p>ks2</p> <p>0 0,00, +105°-65°</p> <p>1 9,28 210°-79°</p> <p>2 8,59 125°-81°</p>	<p>ks2 16.6989</p> <p>107.2163</p> <p>Dăm, vụn, sạn sỏi, phân lớp rõ, aQ_1^3, $\sigma = 135$</p>
	<p>ks1</p> <p>0 0,00, +200°-15°</p> <p>1 9,64 163°-52°</p> <p>3 6,27 310°-75°</p> <p>2 5,01 250°-80°</p>	<p>ks1 16.9269</p> <p>107.0425</p> <p>Sét loang lổ xen lẫn dăm sắc cạnh màu nâu đỏ, (bazan phong hóa Q_2), $\sigma = 120$</p>
	<p>ks36</p> <p>0 0,00, +190°-87°</p> <p>3 6,94 348°-53°</p> <p>1 6,35 110°-89°</p> <p>2 4,89 245°-61°</p>	<p>ks36 15.15986</p> <p>108.81342</p> <p>Trầm tích bờ rời tuổi Holocen giữa ($am Q_2^2$), $\sigma = 120$</p>
	<p>ks38</p> <p>0 0,00, +145°-83°</p> <p>1 9,63 60°-70°</p> <p>2 7,35 160°-79°</p>	<p>ks38 15.30874</p> <p>108.81218</p>

				Thềm sông Hiện đại, vật liệu đất thô nhường pha cát hạt mịn, c
				ó thực vật phủ bên trên, t uổi Holocen muộn (amQ ₂ ³), σ = 50
			ks43 0 0.00, +270°-80° 3 7.53 172°-70° 1 7.87 270°-80° 2 6.94 330°-70°	ks43 15.8295 108.16748 Đất thô nhường màu vàng nhạt bờ rời, tuổi Holocen (amQ ₂), σ = 85
			ks13_1 0 0.00, +350°-40° 1 10.58 320°-40° 2 6.90 115°-77°	ks13_1 15.51737 108.4026 Trầm tích nâu đỏ bờ rời, xen lẫn sét loang lổ tuổi edQ- aQ ₂ ³ , σ = 105

Những kết quả phân tích, tính toán ban đầu nhằm khôi phục trạng thái ứng suất cổ, trong các thời kỳ thành tạo đất đá có tuổi khác nhau trong giai đoạn Mesozoi và Kainozoi, được thực hiện trên cơ sở xoay các thành tạo về vị trí nằm ngang ban đầu (Bảng 1, cột 2). Kết quả tính toán phương nén ép cực đại và phương tách giãn (phát triển vuông góc với phương nén ép chính), trong các thành tạo đất đá có tuổi và vị trí khác nhau, sẽ cung cấp những thông tin quan trọng về trường ứng suất khu vực và tiến trình thay đổi của chúng theo thời gian và không gian. Kết quả tính toán giá trị của phương nén ép ngang cực đại (σ) tại mỗi thời kỳ được biểu diễn trên (Bảng 1, cột 5), những giá trị tính toán này cung cấp những thông tin gợi mở về tiến trình biến đổi ứng suất ở quy mô khu vực cũng như trong từng cấu trúc địa phương qua các thời kỳ khác nhau. Kết quả này sẽ được đề cập trong các nghiên cứu tiếp theo.

IV. KẾT LUẬN

Phân tích chi tiết hình thái khe nứt nội lớp trong các đá có tuổi khác nhau thuộc khu vực nghiên cứu cho thấy biểu hiện tiến hoá ứng suất kiến tạo:

1/ Số lượng các hệ thống khe nứt trong các đá tại khu vực nghiên cứu phát triển, phân bố một cách định hướng và khá ổn định: Arkei-Proterozoi gồm 7 hệ khe nứt; Paleozoi gồm 10 hệ; Mesozoi gồm 7 và Kainozoi gồm 9 hệ khe nứt.

2/ Trong thời kỳ Trias, trên diện tích của khu vực nghiên cứu đã diễn ra biến động địa động lực, thể hiện hình trong hình thái và mức độ biến đổi của khe nứt trong các đá Trias so với Paleozoi muộn. Đã thấy xuất hiện một số thay đổi và sự hình thành một số hệ thống khe nứt với các phương vị khác nhau: Hệ thống khe nứt được định hướng trong Paleozoi muộn theo phương ĐB-TN và phương TB-ĐN bị biến đổi một góc phương vị như: Phương vị 15^0-35^0 đã bị thay đổi thành 20^0-40^0 ; Phương vị 115^0 thành 125^0 ; phương 210^0-260^0 đổi thành 245^0-265^0 và phương vị 290^0-35^0 đổi thành 315^0-350^0 . Kết quả biến đổi ấn tượng này gợi mở sự biến dạng quay của khu vực theo chiều thuận kim đồng hồ với 1 góc chừng $5-25^0$ trong giai đoạn này.

3/ Phân tích trạng thái ứng suất giai đoạn Mesozoi và Kainozoi khu vực nghiên cứu cho thấy có sự biến động theo thời gian: Thời kỳ Holocen (Q_2) có biểu hiện nén ép theo phương chủ đạo là bắc-tây bắc, đôi chỗ có đảo phương bắc - đông bắc (5^0-10^0); Thời kỳ Q_1^{2-3} , trạng thái nén ép chủ đạo theo phương á vĩ tuyến; Giai đoạn Neogen thượng N_2^2 có biểu hiện nén ép vĩ tuyến; và giai đoạn N_1 với đặc trưng nén ép chủ đạo theo phương bắc - tây bắc. Thời kỳ Trias được biểu thị bởi trường ứng lực nén ép chủ đạo của khu vực nghiên cứu theo phương bắc - tây bắc (5^0-10^0).

Lời cảm ơn: Tập thể tác giả cảm ơn TS. Ngô Gia Thắng, TS. Phạm Văn Hùng, GS. Belousov T.P. (Viện Hàn lâm KH Nga), đã cùng tham gia các chuyên thực địa khảo sát và thu thập số liệu trong vùng nghiên cứu. Bài báo được hoàn thiện từ kinh phí hỗ trợ của Đề tài Mã số: KC.09.20/11-15. “Nghiên cứu kiến tạo - địa động lực, cơ chế hình thành và phát triển bể Kainozoi Phú Khánh, Nam Côn Sơn, Tư Chính - Vũng Mây dưới ảnh hưởng của tách giãn Biển Đông và bối cảnh kiến tạo - địa động lực các vùng kế cận, phục vụ điều tra, đánh giá khoáng sản, dầu khí” và Đề tài Mã số: KC.08.11/11-15. “Nghiên cứu địa động lực hiện đại, đứt gãy hoạt động và tai biến tự nhiên có liên quan (động đất, trượt lở, nứt sụt đất) ở các lưu vực Sông Cả - Rào Nậy, đề xuất các biện pháp ứng phó giảm nhẹ thiên tai phục vụ quy hoạch xây dựng các công trình trên khu vực”.

VĂN LIỆU

1. **Belousov T.P., Kurtasov S.F., Mukhamediev S.A., Orbera L., 2005.** Tensorial characteristics of rock joint patterns. *The report of Fundamental Programme 5 of Russian Foundation for Basic research and by the section of the Earth's Sciences RAS.*
2. **Belousov T.P., Mukhamediev S.A., Orbera L., 1993.** Tái thiết lập lịch sử trạng thái ứng suất của vỏ Trái đất theo tính nứt nẻ của đất đá trong ví dụ miền tây Cu Ba. Mô hình hóa toán học các quá trình địa chất. *Moscow. VNIIGeosystem, 1993. Tr. 143-158. (Tiếng Nga).*
3. **Belousov T.P., Mukhamediev S.A., Tritragev V.P., 1993.** Biến dạng trong vùng chấn tâm động đất Ratrinsk ở miền Nam Kavka lớn. *Doklad RAN. 1993. T. 333, № 6, Tr. 775-780. (Tiếng Nga)*
4. **Belousov T.P., Kurtasov S.F., Mukhamediev S.A., 1997.** Tính phân chia của vỏ Trái đất và cổ ứng suất trong các vùng hoạt động địa chấn và các vùng chứa dầu khí của Trái đất. *Moscow, OIFZ RAN, 1997. 320 tr. (Tiếng Nga).*
5. **Belousov T.P., Solokhopv V.V., Enman S.V., 2000.** Địa động lực và địa chấn kiến tạo vùng Stavropol. Ấn phẩm KH của viện Vật lý Trái đất, Viện Hàn lâm KH Nga. *Moscow, 2000. 184 tr. (Tiếng Nga).*
6. **Bùi Văn Thom, 2002.** Một số đặc điểm đứt gãy tân kiến tạo khu vực Bắc Trung Bộ. *LATS Địa chất, Thư viện Quốc Gia. Hà Nội.*
7. **Galybin A.N., Mukhamediev S.A., 2006.** Reconstruction of elastic stress fields in adjacent tectonic plates from discrete data on stress orientations. *Geophysical Research Abstracts, Vol. 8, 06446, 2006, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU06-A-06446, © European Geosciences Union 2006.*
8. **Mukhamediev S.A., 2005.** The area of full and partial Dynamic in influence of active fault. *The report of Fundamental Programme 5 of Russian Foundation for Basic research and by the section of the Earth's Sciences RAS.*
9. **Mukhamediev S.A., Galybin A.N., and Belousov T.P., 2005.** From Discrete Orientations of the Principal Axes of Paleostresses to the Reconstruction of Paleostress Fields in the Elastic Lithosphere. *DOKLADY EARTH SCIENCES Vol. 403 No. 5 2005, p789-793.*
10. **Mukhamediev, S.A., Galybin A.N., 2005.** Application of the stress orientation concept to some problems of geodynamics and palaeogeodynamics. *Geophysical Research Abstracts, Vol. 7, 03919, 2005, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU05-A-03919, © European Geosciences Union 2005.*
11. **Mukhamedieva S.A., Galybinb A.N., Bradyb B.H.G., 2006.** Determination of stress fields in the elastic lithosphere by methods based on stress orientations. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 43 (2006) 66-88.*
12. **Mukhamediev S.A., Nikitin L.V., 2007.** Application of the material force concept to formation of discontinuities in soft sedimentary rocks. *Arch Appl Mech, 77:155–163, DOI 10.1007/s00419-006-0093-x.*
13. **Ngô Gia Thắng, Phùng Thị Thu Hằng, Nguyễn Hữu Tuyên, 2010.** Kiến trúc kiến tạo và mô hình địa chấn kiến tạo Việt Nam. Báo cáo chuyên đề Nhiệm vụ Nghị định thư Việt – Nga (2008 – 2011): “Đánh giá tiềm năng địa chấn lãnh thổ Việt Nam theo tài liệu ĐC-ĐVL, địa chấn.
14. **Ngô Thị Lư, Belousov T.P., Kurtasov S.F., Ngô Gia Thắng, Nguyễn Hữu Tuyên và nnk., 2010.** Kết quả nghiên cứu khe nứt trong đất đá, trạng thái cổ ứng suất và các quy luật địa động lực của vỏ Trái đất vùng Tây Bắc Việt Nam. *TC Các khoa học về Trái đất. Hà Nội.*

15. Ngô Thị Lư (Chủ biên), 2011. Đánh giá tiềm năng địa chấn lãnh thổ Việt Nam theo tổ hợp các tài liệu địa chất-địa vật lý và địa chấn. *Báo cáo Nhiệm vụ Nghị định thư Việt – Nga (2008 – 2011)*, lưu TT TTTL, Viện HLKH&CN VN.

16. Phạm Văn Hùng, 2000. Xác định tính chất động học của đới đứt gãy khu vực Nam Trung Bộ bằng phân tích khe nứt kiến tạo. *TC Các khoa học về Trái đất*, 22(2), 113-119.

17. Nguyễn Hữu Tuyên,
2012. Nghiên cứu điều kiện địa động lực vùng Tuần giáo và kế cận xác lập cơ sở khoa học đánh giá và dự báo động đất. *Luận án Tiến sỹ*, 125 tr, Thư viện Quốc gia. Hà Nội.

18. Nguyễn Trọng Yên, Gusenko O.I., Lê Minh Quốc, Motrikov A.,
1996. Trường ứng suất hiện đại và cơ thức biến dạng vỏ Trái đất Đông Nam Á. *Địa chất Tài nguyên*, 2, tr 8-13.

19. Nguyễn Trọng Yên 1996. Phân vùng trường ứng suất kiến tạo hiện đại Việt Nam, *Địa chất Tài nguyên*, Tập 1, tr. 8 - 13. Hà Nội.

20. Nguyễn Trọng Yên, 1996. Các chế độ trường ứng suất kiến tạo trong Kainozoi ở lãnh thổ Việt Nam", *TC Địa chất*, A/236:1-6. Hà Nội.

21. Rudnicki J.W., Rice J.R., 1975. Conditions for the localization of deformation in pressure-sensitive dilatant materials. *J. Mech Phys. Solids* 23, 371-394.