

ĐẶC ĐIỂM CẤU TRÚC VÀ SỰ KHÔNG CHẾ QUẶNG HOÁ TẠI MỎ ĐA KIM NÚI PHÁO, ĐẠI TỪ, THÁI NGUYÊN

TRẦN THANH HẢI¹, MATHEW FARMER², JAMES STEMLER² VÀ STEVE DUKA²

¹Khoa Địa chất, Đại học Mỏ - Địa chất, Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam

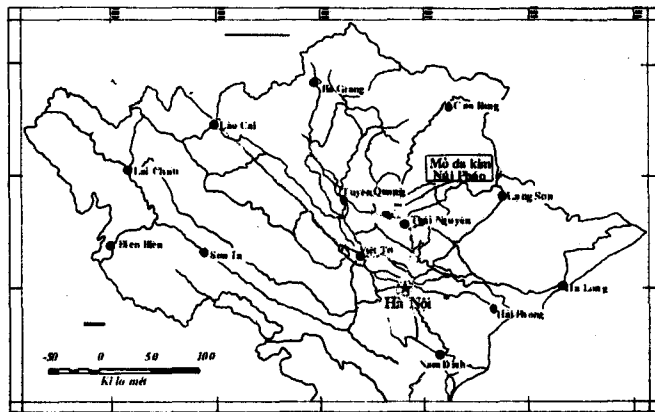
²Tiberon Minerals Ltd, Toronto, Ontario, Canada

Tóm tắt: Mỏ đa kim Núi Pháo, một mỏ skarn nằm trong đá trầm tích của hệ tầng Phú Ngũ tuổi Ordovic-Silur, có nguồn gốc liên quan tới sự xâm nhập của các đá granit hai mica thuộc phức hệ Pia Oắc tuổi Creta muộn. Đá vây quanh quặng chịu tác động bởi ít nhất 3 pha biến dạng khu vực, trong đó có hai pha biến dạng dẻo và một pha biến dạng giòn. Pha biến dạng thứ nhất làm uốn nếp mạnh mẽ các đá trầm tích lục nguyên - carbonat thuộc hệ tầng Phú Ngũ, tạo nên hàng loạt nếp uốn đẳng cánh làm dày các trầm tích lên nhiều lần, và làm dịch chuyển hệ tầng Phú Ngũ ra khỏi vị trí trầm tích nguyên thủy của nó. Pha biến dạng thứ hai tái uốn nếp các cấu trúc hình thành trong pha 1 và tạo nên hình thái cấu trúc chủ yếu của khu vực. Các biến dạng giòn thuộc pha 3 làm phức tạp hoá các thành tạo có trước, nhưng không làm thay đổi đáng kể bình đồ cấu trúc khu vực. Thân quặng skarn đa kim có hình thái đơn giản và hình thành sau hai pha biến dạng dẻo chính, nhưng hình thái và quy mô thân quặng và sự phân bố của nó bị khống chế mạnh mẽ bởi các yếu tố cấu trúc khu vực tiền tạo quặng. Do đó việc luận giải đúng đắn mối quan hệ cấu trúc không những góp phần làm rõ bản chất biến dạng khu vực, mà còn góp phần quan trọng vào việc suy đoán quy mô và phương phát triển của khoáng hoá.

MỞ ĐẦU

Mỏ đa kim wolfram-fluorit-bismut-đồng-vàng Núi Pháo chiếm một diện tích khoảng

45 km² ở phía đông thị trấn Đại Từ, thuộc huyện Đại Từ, tỉnh Thái Nguyên (Hình 1), cách Hà Nội khoảng 80 km về phía bắc.



Hình 1. Vị trí mỏ đa kim Núi Pháo ở tỉnh Thái Nguyên, miền Bắc Việt Nam

Các dấu hiệu quặng hoá trong vùng mỏ, bao gồm cả thiếc và wolfram và một số khoáng sản khác lần đầu tiên được tìm kiếm vào cuối những năm 1960 và từ đó tới đầu những năm 1990 được các nhà địa chất Việt

Nam tiến hành tìm kiếm, nghiên cứu và đánh giá dự báo triển vọng ở các mức độ khác nhau [1, 7, 8]. Đến khi Công ty khoáng sản Tiberon Ltd., một công ty chuyên về tìm kiếm khoáng sản có trụ sở chính tại Canada,

tiến hành tìm kiếm thăm dò vùng mỏ từ năm 1997 thì tiềm năng khoáng sản của mỏ đa kim Núi Pháo mới thực sự được đánh giá một cách chi tiết và định lượng. Công ty Tiberon hiện đang tiến hành thăm dò bổ sung và nghiên cứu khả thi để xin giấy phép khai thác mỏ.

Mỏ đa kim Núi Pháo là một mỏ có nguồn gốc skarn và greisen liên quan tới xâm nhập được đặc trưng bởi một tổ hợp các khoáng vật chứa W, Au, Cu, Bi, F, và Be. Hình thái cấu trúc của khu mỏ và vùng lân cận cũng như của thân quặng đa kim bị khống chế bởi một loạt sự kiện biến dạng có thời gian khác nhau. Mỏ gồm một thân quặng lớn nằm sâu dưới lớp phủ Đệ tứ hoặc vỏ phong hoá dày, có nơi tới vài chục mét. Phần lộ của thân quặng bị phong hoá rất mạnh mẽ và chỉ còn tồn tại dưới dạng các đới mũ sắt có kích thước khác nhau (Hình 2a) hoặc một lớp vỏ phong hoá dày. Lớp phủ dày với sự phong hoá mạnh mẽ đã làm cho việc quan sát và luận giải địa chất trong vùng mỏ gặp rất nhiều khó khăn và phải dựa chủ yếu vào việc phân tích các tài liệu khoan.

Theo các số liệu tính toán đến cuối năm 2003 của Công ty Tiberon Ltd thì mỏ đa kim Núi Pháo có tổng trữ lượng tài nguyên tương ứng với các cấp B, C₁, và C₂ là 110 triệu tấn tính cho giá trị hàm lượng biên tương đương với WO₃ là 0,2%, trong đó bao gồm một phần trữ lượng đáng kể của fluorit, vàng, đồng, và bismut. Với trữ lượng và quy mô như vậy, mỏ Núi Pháo có thể là một trong những mỏ có trữ lượng wolfram và fluorit lớn nhất được biết cho đến nay ở Việt Nam và khu vực lân cận.

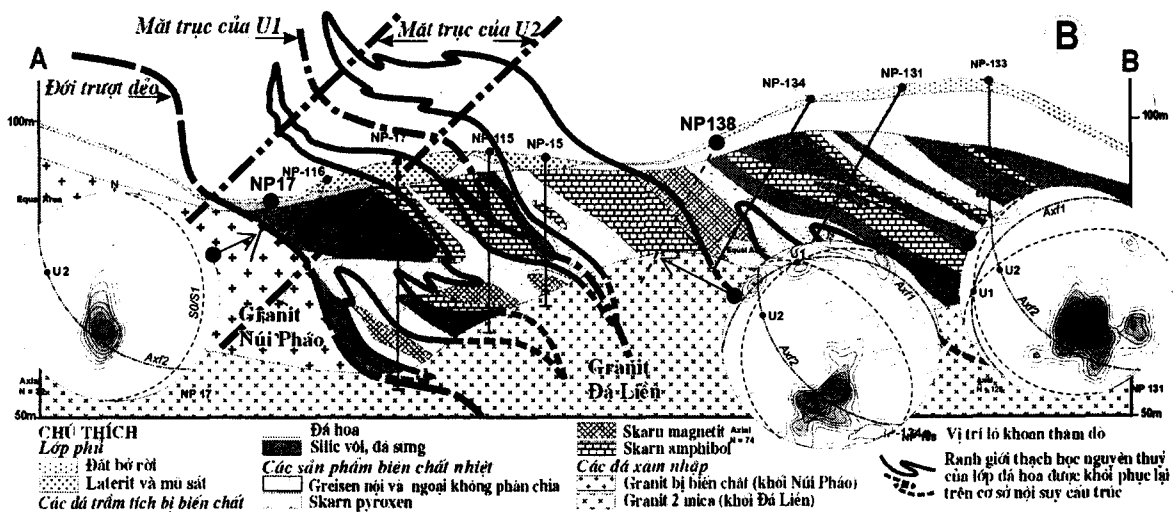
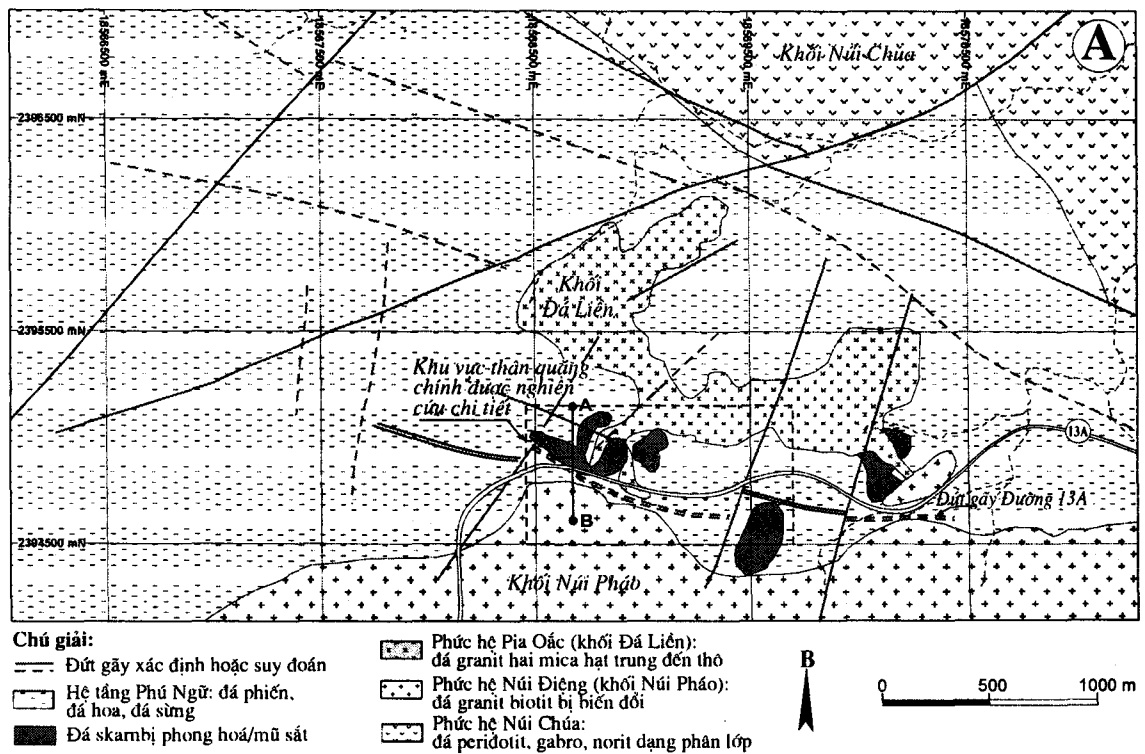
Vì việc khảo sát và đánh giá mỏ vẫn đang được tiến hành nên các luận giải chi tiết và đầy đủ nhất về địa chất và khoáng sản liên quan tới khu mỏ này chưa thể thực hiện được. Trong bài báo này chúng tôi trình bày những nhận định ban đầu về đặc điểm cấu trúc liên quan tới quá trình biến dạng của đá trong khu vực mỏ và vai trò của chúng đối

với khoáng hoá đa kim. Những kết quả này được dựa trên việc phân tích chi tiết đặc điểm cấu tạo của đá và quặng và mối quan hệ giữa các loại cấu tạo khác nhau thu được chủ yếu từ các lỗ khoan thăm dò định hướng do Công ty Tiberon thực hiện.

I. KHÁI QUÁT ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT CỦA MỎ ĐA KIM NÚI PHÁO

Thân quặng đa kim tại mỏ Núi Pháo phân bố trong các đá trầm tích biến chất tuổi Ordovic-Silur của hệ tầng Phú Ngừ [4]. Trong vùng nghiên cứu, hệ tầng Phú Ngừ bao gồm chủ yếu là cát kết, bột kết, đá hoa, silic vôi, đá phiến thạch anh, đá phiến mica, đá phiến chlorit và các sản phẩm skarn hoá như đá sừng amphibol, pyroxen, granat, andalusit. Ở nhiều nơi, các khoáng vật quặng của wolfram, fluor, bismut, đồng và vàng tập trung trong đá với hàm lượng công nghiệp.

Các đá trầm tích hệ tầng Phú Ngừ có ranh giới tiếp xúc với 3 khối xâm nhập (Hình 2a), trong đó có khối xâm nhập mafic Núi Chúa tuổi Trias muộn và hai khối granitoid là khối Núi Pháo thuộc phức hệ Núi Điện tuổi Trias muộn [3] và khối Đá Liền thuộc phức hệ Pia Oắc tuổi Creta muộn [2]. Khối Núi Chúa lộ ra ở phía bắc khu mỏ (Hình 2a) và được cấu tạo chủ yếu bởi peridotit, gabro, norit với một lượng nhỏ đồng, nickel và cobal. Khối Núi Pháo nằm ở phía nam quốc lộ 13A (Hình 2a) và có thành phần chủ yếu là granit biotit hạt mịn tới thô, màu xám sẫm tới sáng màu. Trong các đá của khối này còn có một hàm lượng dị thường của các nguyên tố Sn, As, Zn, Pb, hoặc Mo. Khối Đá Liền lộ ra ở trung tâm của khu mỏ, phía bắc quốc lộ 13A dưới dạng một hình lưỡi liềm trên bình đồ (Hình 2a) với một diện tích khoảng 2 km². Khối này bao gồm các đá granit hai mica sáng màu hạt vừa đến thô. Đôi chỗ trong thành phần của đá còn có các khoáng vật quặng như cassiterit, wolframit, và sheelit. Chúng có quan hệ xuyên cắt rõ ràng với cả đá trầm tích của hệ tầng Phú Ngừ lẫn các đá magma xâm nhập của khối Núi Pháo. Theo những kết quả



Hình 2. A) Bản đồ địa chất khái quát của khu mỏ đa kim Núi Pháo (Theo tài liệu của Công ty Khoáng sản Tiberon). Đường AB chỉ mặt cắt địa chất chi tiết trong Hình 2b. B) Mặt cắt địa chất qua tuyến 8680E cho thấy quan hệ giữa các thể hệ cấu tạo và khoáng hoá skarn. Ranh giới giữa hai lớp đá hoa và silic-vôi được suy đoán dựa trên tàn tích của sản phẩm skarn (đá hoa thường bị skarn hoá hoàn toàn còn silic vôi ở nhiều nơi vẫn còn giữ được tinh phân lớp và thành phần nguyên thủy) và các cấu tạo địa chất gặp trong lỗ khoan. Ba hình tròn trên mặt cắt là các hình chiếu đẳng diện tích (chiều xuống bán cầu dưới) của số liệu S_1 và S_2 trong các lỗ khoan định hướng NP17, NP138, NP131 trong đó U_1 và U_2 là giá trị trung bình của trục nếp uốn thế hệ 1 và 2, axf_1 và axf_2 là giá trị trung bình của mặt trục nếp uốn thế hệ 1 và 2, đường gạch-gạch biểu thị giá trị trung bình của cấu tạo lớp S_0 và phiến S_1 . Tại NP17, các cấu tạo phiến S_1 phát triển mạnh trong đá granit Núi Pháo và bị uốn nếp bởi U_2 . Độ hẹp của nếp uốn U_1 tăng dần khi đi về phía nam (NP138 có độ hẹp cao hơn so với NP131).

ngiên cứu mới của Công ty Tiberon, khối xâm nhập Đá Liền là nguồn sinh khoáng chính trong khu vực: sự xâm nhập của các đá granit hai mica Đá Liền là nguyên nhân tạo nên hiện tượng skarn và greisen hoá và lắng đọng khoáng hoá đa kim trong vùng này. Một số mạch pegmatit muộn, có thể liên quan tới giai đoạn cuối của hoạt động magma tạo nên khối Đá Liền, cũng có mặt rải rác và đôi nơi có chứa các khoáng hoá cassiterit.

Các đá của hệ tầng Phú Ngũ bị biến dạng rất mạnh mẽ và phức tạp do sự tác động của nhiều pha biến dạng và ở trong các môi trường biến dạng khác nhau từ dẻo tới giòn, làm cho cấu trúc khu vực cũng như cấu trúc không chế quặng hoá trở nên hết sức phức tạp và ảnh hưởng mạnh mẽ tới sự tập trung quặng hoá cũng như hình thái thân quặng. Ngoài ra, các khối xâm nhập trong vùng cũng bị biến dạng với các mức độ khác nhau. Các yếu tố cấu tạo liên quan tới sự biến dạng này sẽ được thảo luận chi tiết ở phần sau.

Cả biến chất khu vực và biến chất tiếp xúc đều có mặt trong vùng nghiên cứu. Biến chất khu vực tác động lên các đá trầm tích thuộc hệ tầng Phú Ngũ ở tương đá phiến lục, thể hiện bởi sự phát triển rộng rãi các khoáng vật biotit, chlorit và sericit. Biến chất tiếp xúc rất phổ biến trong khu vực mỏ và đặc trưng bởi một đới rộng các loại đá sừng, đá hoa và sillit vôi vây quanh khối granit Đá Liền. Bản thân khối granit Núi Pháo cũng bị tác động của biến chất tiếp xúc ở phần tiếp xúc với khối Đá Liền. Hiện tượng skarn hoá các đá trầm tích của hệ tầng Phú Ngũ phát triển rất rộng rãi và được trưng bởi sự phân đới khác nhau từ đá sừng > pyroxen (diopsid) > granat (grossular) > wolastonit ± vesuvianit > calcit ± tremolit ± actinolit. Ngoài ra, các đới skarn hoá còn có mặt với mức độ phổ biến khác nhau của các khoáng vật biến chất khác và một số đáng kể sheelit, pyrotit, magnetit, chalcopirit, sphalerit, hoặc molybdenit. Khác với các đá granit trong vùng thường có biểu hiện từ tính yếu, các đới

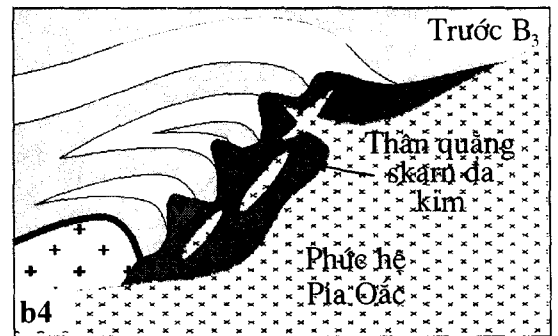
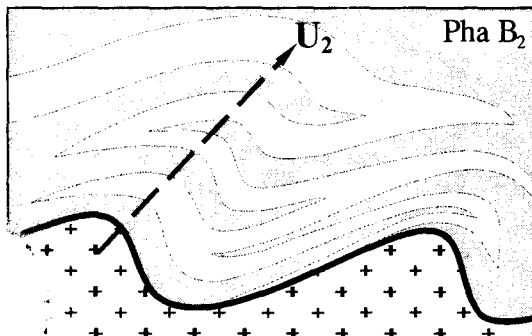
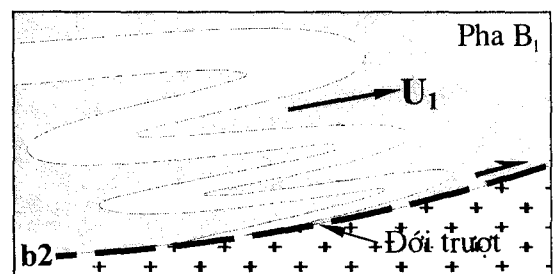
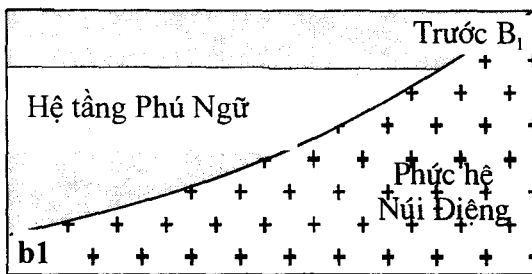
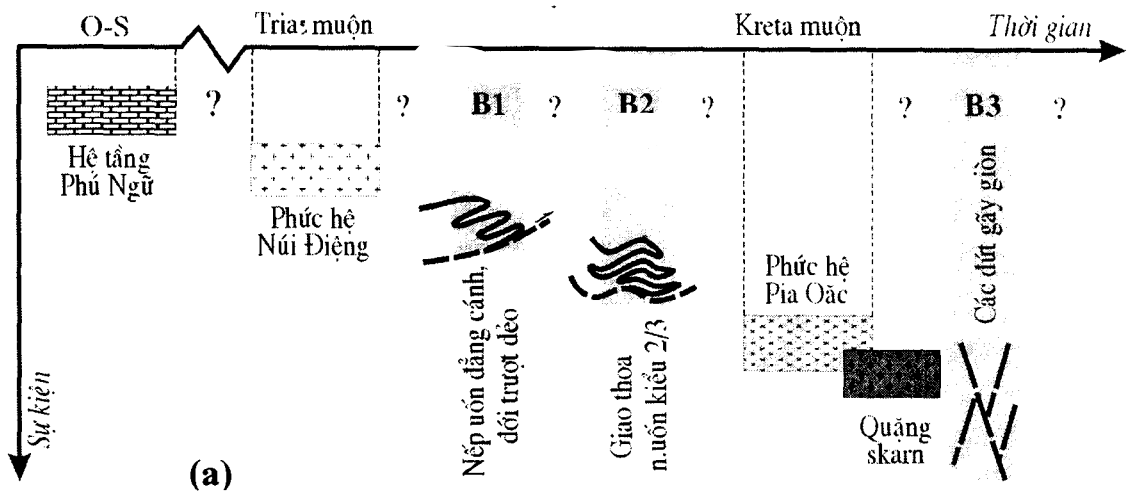
biến đổi skarn thường có biểu hiện địa vật lý từ rất mạnh do chúng chứa một hàm lượng đáng kể các khoáng vật từ tính như pyrotit hoặc magnetit. Do đó các dị thường địa vật lý từ trong khu vực là một trong những dấu hiệu biểu hiện của khoáng hoá skarn.

Hiện tượng skarn hoá rất phổ biến trong toàn khu vực nghiên cứu, chứng tỏ thể tích của khối xâm nhập granit Đá Liền là rất lớn và có thể trải rộng trên toàn bộ diện tích nghiên cứu ở dưới sâu. Các đá skarn lại bị chồng lấn bởi hiện tượng greisen hoá muộn hơn, dẫn đến sự tập trung và làm giàu một số khoáng vật quặng, đặc biệt là fluorit, tới hàm lượng công nghiệp.

II. ĐẶC ĐIỂM BIẾN DẠNG KHU VỰC VÀ QUAN HỆ GIỮA CẤU TRÚC VỚI QUẶNG HOÁ

1. Đặc điểm biến dạng

Các tài liệu nghiên cứu trước đây đều cho rằng hoạt động kiến tạo trong khu vực chủ yếu hình thành các đứt gãy giòn trong đó đứt gãy Đường 13A đi qua trung tâm khu vực mỏ Núi Pháo là một đứt gãy lớn với vai trò phân đới cấu tạo và liên quan tới các hoạt động magma và sinh khoáng trong vùng. Đặc biệt, không có một tài liệu nào đề cập tới sự hình thành của các cấu tạo phiến cũng như vai trò của các hoạt động uốn nếp. Các tài liệu cũ thường xem trật tự và mối quan hệ địa tầng giữa các tầng đá là đơn giản, mang tính chuyển tiếp và không có sự xáo trộn về mặt thể nằm so với trật tự địa tầng nguyên thủy. Tuy nhiên các tài liệu địa chất do Công ty Tiberon thu thập và các quan sát của chúng tôi cho thấy không có những bằng chứng xác đáng để chứng minh vai trò quan trọng của các đứt gãy giòn trong bình đồ cấu trúc khu vực [9]. Ngược lại, những tài liệu hiện có chỉ ra rằng cấu trúc của vùng mỏ Núi Pháo, và có thể trên một quy mô khu vực rộng lớn hơn, hình thành từ sự giao thoa của nhiều pha biến dạng kiến tạo khác nhau [9]. Mỗi pha biến dạng đã hình thành nên một thể hệ cấu tạo có tính hệ thống và có quy mô khu vực. Bằng phương pháp loại trừ dần các mối quan hệ chồng lấn của các thể hệ cấu tạo

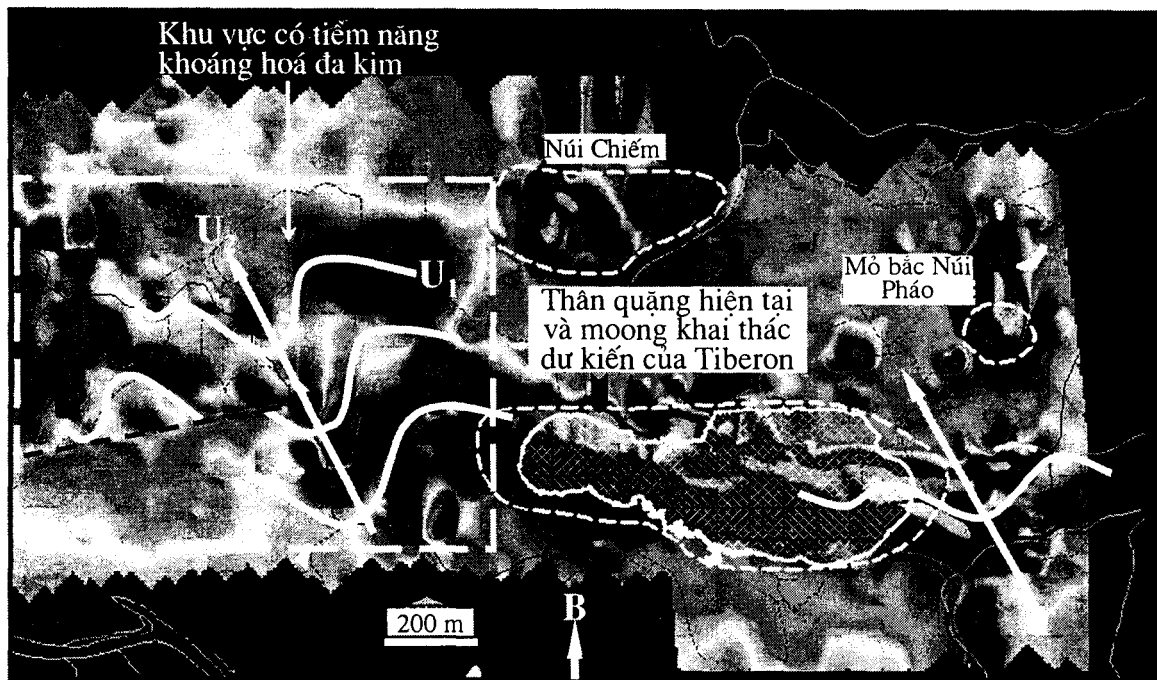


Hình 3. a) Biểu đồ khái quát mô tả trình tự phát triển tương đối của các sự kiện địa chất chính trong khu vực nghiên cứu theo thời gian và không gian. b) Hình vẽ mô phỏng các sự kiện biến dạng và sự hình thành các cấu tạo chủ yếu liên quan tới chúng theo thời gian trên mặt cắt. Các mặt cắt vẽ theo phương bắc-nam và nhìn về phía tây; hình vẽ không theo tỷ lệ. Xem thảo luận trong phần III.2 của bài báo.

hình thành muộn hơn lên các cấu tạo có trước và so sánh đặc điểm của từng thể hệ cấu tạo đặc trưng cũng như thời gian thành tạo tương đối của chúng có thể phân lập được từng pha biến dạng riêng biệt. Những pha biến dạng cơ bản mang tính khu vực trong vùng nghiên cứu được mô tả dưới đây.

Pha biến dạng thứ nhất (B_1) và các cấu tạo liên quan

Pha biến dạng đầu tiên có thể nhận biết được trong vùng nghiên cứu là một pha biến dạng trong môi trường dẽo, đặc trưng bởi sự phát triển của một thể hệ phân phiến khu vực (S_1) tác động mạnh mẽ lên các đá trầm tích thuộc hệ tầng Phú Ngũ và, ít hơn, trong các đá granit biotit thuộc phức hệ Núi Điện (khối Núi Pháo). Các cấu tạo phân lớp nguyên thủy (S_0) trong hệ tầng Phú Ngũ đã



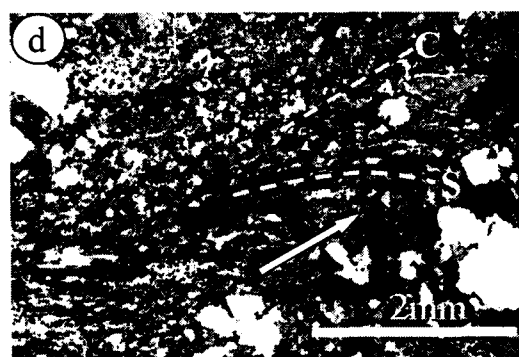
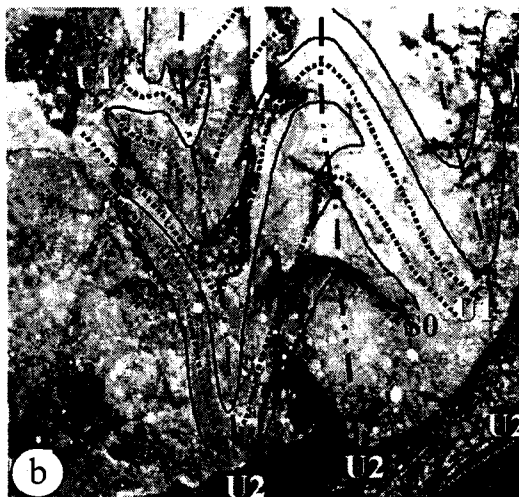
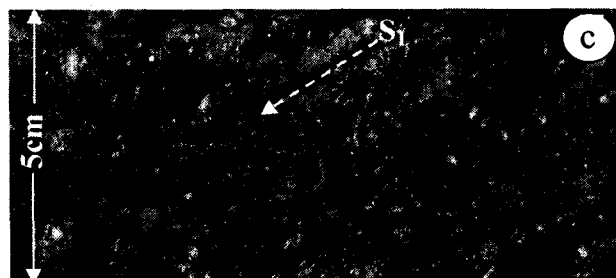
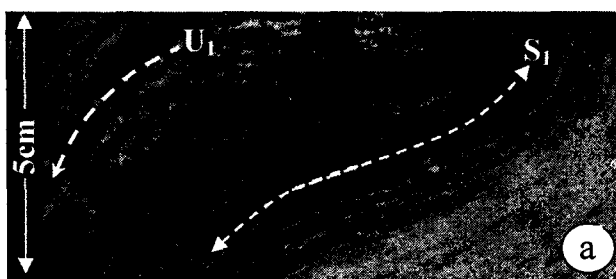
Hình 4. Bản đồ địa vật lý từ mặt đất của vùng mỏ đa kim Núi Pháo cho thấy hàng loạt dị thường từ dương kể cả thân quặng đa kim có từ tính rất cao và dường như phân bố theo hình thái uốn nếp của các đá. U_1 và U_2 là vết mặt trục phóng đoán của các nếp uốn thế hệ 1 và 2. Dựa vào mối quan hệ giữa quặng hoá và cấu trúc, có thể thấy rằng thân quặng skarn đa kim có thể tiếp tục kéo dài về phía tây bắc, nhưng ở những độ sâu lớn hơn do các nếp uốn thế hệ 2 có xu hướng cắm xuống phía tây bắc.

bị phá huỷ gần như hoàn toàn và được thay thế bằng hoặc chuyển thành song song với cấu tạo phân: phiến khu vực (S_1). Cấu tạo phân phiến này song song với mặt trục của các nếp uốn đẳng tà (U_1 , ảnh 1a) dạng tương tự (similar fold [5]) uốn nếp các cấu tạo phân lớp nguyên thủy (S_0) của hệ tầng Phú Ngũ (ảnh 1b). Độ hẹp của các nếp uốn U_1 có xu hướng tăng khi đi về phía ranh giới của hệ tầng Phú Ngũ với khối granit Núi Pháo (Hình 2b).

Ngoài ra, các cấu tạo phân phiến S_1 còn phát triển mạnh và song song với các cấu tạo dải trượt (C) của phân phiến mylonit phát triển trong granit khối Núi Pháo (Hình 2b, ảnh 1c, 1d), đặc biệt là ở gần ranh giới tiếp xúc của khối này với các đá trầm tích hệ tầng Phú Ngũ. Dới mylonit có bề dày tới vài mét, trong đó có nơi granit đã bị mylonit hoá hoàn toàn và trở thành siêu mylonit (ultramylonite) với các cấu trúc thể hiện hướng trượt rất rõ ràng như cấu tạo sigma

hoặc dải trượt, chúng tỏ ranh giới của khối granit Núi Pháo và đá trầm tích thuộc hệ tầng Phú Ngũ đã trở thành một đới trượt lớn mà dọc theo đó hệ tầng Phú Ngũ đã bị dịch chuyển khỏi vị trí nguyên thủy của nó. Cấu tạo dạng 'tương tự' và sự gia tăng độ hẹp của nếp uốn về phía đới trượt (ở rìa khối Núi Pháo) chứng tỏ sự uốn nếp liên quan chặt chẽ với chuyển động uốn cắt (shear folding [5, 6]) mang tính khu vực trong pha biến dạng thứ nhất. Như vậy đá granit thuộc khối Núi Pháo xâm nhập vào hệ tầng Phú Ngũ trước khi pha biến dạng thứ nhất xảy ra và vị trí kiến tạo của hệ tầng Phú Ngũ hiện tại là ngoại lai (allochthonous) so với vị trí trầm tích nguyên thủy của nó.

Các cấu tạo trong pha biến dạng thứ nhất hình thành đồng thời với biến chất khu vực ở tương đá phiến lục thấp, nhưng chúng thường bị các cấu tạo muộn hơn hoặc các cấu tạo liên quan tới skarn phá huỷ, chứng tỏ



Ảnh 1. a) Cấu tạo phân phiến S_1 được thành tạo trong pha biến dạng 1 và song song với mặt trục của nếp uốn đẳng tà U_1 (mẫu LK NP193). b) Sự giao thoa giữa hai thể hệ nếp uốn U_1 và U_2 (S_0 là mặt lớp nguyên thủy) quan sát được trên vết lộ. c) Cấu tạo mylonit trong granit biotit thuộc khối Núi Pháo ở gần ranh giới với hệ tầng Phú Ngũ (mẫu LK NP119). d) Cấu tạo C-S dạng sigma trong mylonit: mũi tên trắng chỉ hướng dịch trượt tương đối.

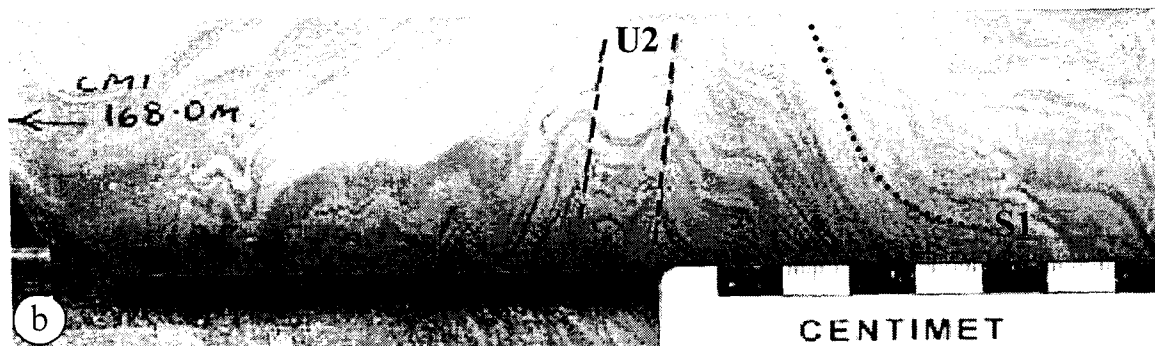
pha biến dạng thứ nhất hoạt động trước khi quá trình tạo quặng skarn diễn ra.

Sự uốn nếp trong pha biến dạng thứ nhất đã làm cho lớp đá hoa và đá silic vôi của hệ tầng Phú Ngũ bị uốn nếp liên tục với các nếp uốn đẳng cánh lớn kiểu tương tự (similar [5, 6]) với bề dày trầm tích của phần cánh nhỏ hơn rất nhiều so với phần vòm. Sự tồn tại của các nếp uốn này làm cho bề dày của các lớp trầm tích biến chất, đặc biệt là các lớp đá hoa tăng lên nhiều lần so với bề dày nguyên thủy của chúng (Hình 2b). Do đó các cấu tạo của pha biến dạng thứ nhất đã tạo nên môi trường đá vây quanh thuận lợi cho quá trình skarn và greisen hoá dẫn đến tạo quặng, cũng như khống chế quy mô và hình thái của các đới khoáng hoá sau này khi có sự xâm nhập của khối granit Đá Liền.

Pha biến dạng thứ hai (B_2) và các cấu tạo liên quan

Pha biến dạng thứ 2 (B_2) cũng là một pha biến dạng dẻo đặc trưng bởi sự tái uốn nếp các cấu tạo phân phiến hình thành trong giai đoạn thứ nhất, tạo nên các nếp uốn kiểu 'tương tự' thể hệ thứ 2 (U_2) (Ảnh 2a, 2b) với vòm tương đối không nhọn, mặt trục cắm từ thoải đến tương đối dốc về phía tây nam và trục cắm thoải về phía tây bắc (Hình 2b). Các nếp uốn này thường đi kèm với các cấu tạo thớ chẻ mặt trục dạng thớ nhú trong các đá trước đó bị phân phiến mạnh mẽ (Ảnh 2b) và dạng thớ rỗng trong các đá cứng hơn như granit của khối Núi Pháo. Các cấu tạo thuộc pha hai thường làm tái biến dạng các cấu tạo hình thành trong pha thứ nhất, tạo nên sự giao thoa cấu tạo phức tạp (Ảnh 1b, 2a, 2b, 2c). Các nếp uốn khu vực thể hệ thứ 2 đã tạo nên khung cấu trúc khu vực có hướng tây bắc - đông nam của vùng nghiên cứu.

Các cấu tạo thuộc pha biến dạng thứ 2 vắng mặt trong granit khối Đá Liền, chứng tỏ pha biến dạng này hình thành trước khi có

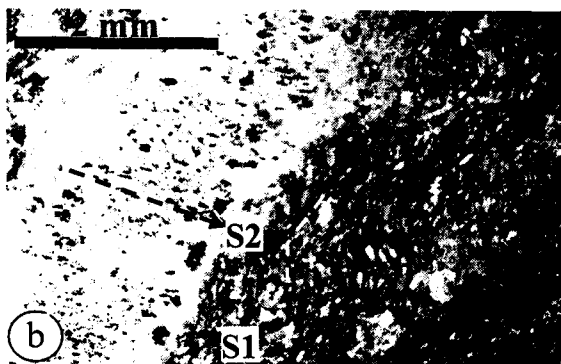


Ảnh 2. a và b) Các nếp uốn thế hệ 2 thể hiện rất rõ ràng trong các mẫu lõi khoan vùng Núi Pháo. c) Thớ chế mặt trực của nếp uốn thế hệ 2 dạng thớ nhũ phát triển rất mạnh làm biến dạng cấu tạo phân phiến hình thành trong pha biến dạng đầu tiên. Phần trên bên trái của ảnh là một mạch thạch anh-calcit chứa quặng cắt qua cả 2 cấu tạo phân phiến, chứng tỏ quặng được hình thành muộn hơn.

sự xâm nhập của khối đá magma này. Mặt khác, các cấu tạo thuộc thế hệ thứ hai cũng bị xoá nhoà hoặc làm phức tạp hoá bởi quá trình skarn, greisen, và khoáng hoá đa kim (Ảnh 3a, 3b), chứng tỏ chúng được thành tạo trước quá trình tạo khoáng skarn. Tuy nhiên, sự hình thành hàng loạt cấu tạo trong pha này như các vòm nếp uốn lớn và các hệ thống thớ chế mặt trực của chúng có thể đã tạo ra các kênh dẫn và bể cấu trúc thuận lợi cho sự lưu chuyển dung dịch nhiệt dịch (chẳng hạn dọc theo các vòm nếp uốn) và sự lắng đọng quặng về sau.

Pha biến dạng thứ 3 (B_3) và các cấu tạo liên quan

Đây là một pha biến dạng diễn ra trong môi trường giòn và chỉ tạo thành các đới biến dạng riêng rẽ trong vùng nghiên cứu. Các đới này thường là các đứt gãy dịch ngang và có phương chủ yếu từ tây bắc - đông nam tới á vĩ tuyến và đông bắc - tây nam, đặc trưng bởi các mặt đứt gãy hoặc đới dập vỡ (Ảnh 4a), các đới dăm kết hoặc cát nát (Ảnh 4b), các đới hematit hoá và các cấu tạo lineamen trên ảnh hoặc các dải dị thường địa vật lý dạng tuyến. Các đới hoặc mặt đứt gãy này cắt qua tất cả các cấu tạo mô tả trên đây, và đôi chỗ cắt qua cả thân quặng đa kim (Ảnh 4a), mặc dù đôi nơi có một số mạch quặng thiếc hoặc đồng nhỏ phát triển dọc



Ảnh 3. Mối quan hệ giữa cấu tạo và quặng hoá trong mỏ Núi Pháo cho thấy quặng được thành tạo muộn hơn sự phân phiến. a) Mặc dù giả hình (mimic) với cấu tạo phân phiến và uốn nếp của đá vây quanh, các tinh đám quặng (màu đen) vẫn mọc chồng lên cấu tạo phiến; b) Một mạch chứa quặng sáng màu bên trái với các hạt màu đen) phát triển chồng lên cấu tạo phân phiến S_1 và thờ nhú S_2 ; c) Một hạt quặng tương đối tự hình nằm chồng lên cấu tạo phân phiến cổ trước.

theo phương kéo dài và có thể liên quan tới chúng (Ảnh 4b).

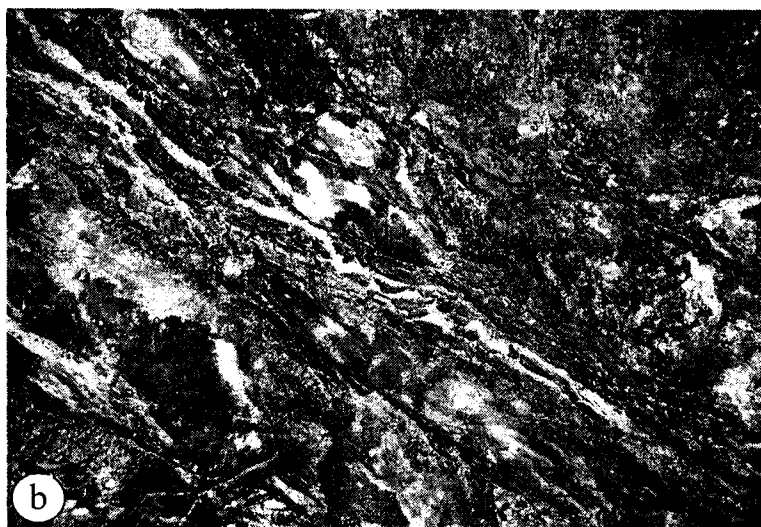
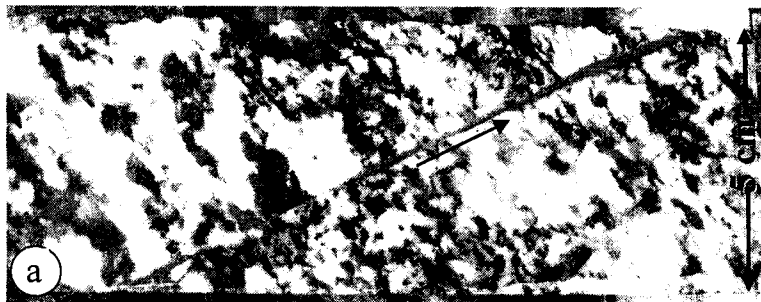
Dựa vào mối quan hệ giữa các cấu tạo thuộc pha biến dạng này, có thể chia pha biến dạng thứ 3 thành hai phụ pha sau. Phụ pha 3a đặc trưng bởi các đới đứt gãy có phương tây bắc - đông nam và á vĩ tuyến, trong đó có cả “đứt gãy Đường 13A” (Hình 2a). Trước đây đứt gãy Đường 13A được xem như là một yếu tố cấu trúc khu vực có lịch sử phát triển lâu dài và có thể đóng vai trò là đường dẫn cho các thể magma xâm nhập xuyên lên [2]. Tuy nhiên, những quan sát của chúng tôi cho thấy biểu hiện của đứt gãy này cũng như các yếu tố có cùng phương phát triển tại thực địa rất yếu ớt hoặc không rõ ràng, kết hợp với sự cắt xén thân quặng và các cấu tạo có trước chứng tỏ chúng là các cấu tạo phát triển tương đối muộn. Phụ pha 3b được đặc trưng bởi các đứt gãy và đới dập vỡ có phương chủ yếu là đông bắc - tây nam. Các cấu tạo này làm dịch chuyển các cấu tạo của phụ pha 3a, chứng tỏ chúng là những cấu tạo phát triển muộn nhất trong vùng nghiên cứu.

Các cấu tạo thuộc pha biến dạng thứ 3 đã làm phức tạp hoá các thân quặng hoặc cấu trúc khu vực, nhưng không làm thay đổi đáng kể bình đồ cấu trúc của vùng nghiên cứu nói chung. Những đặc điểm đó chứng tỏ rằng pha biến dạng thứ ba xảy ra ít nhất là đồng thời hoặc muộn hơn quá trình xâm nhập của khối granit Đá Liền cũng như quá trình tạo khoáng đa kim ở vùng nghiên cứu.

Sự giao thoa cấu tạo của hai pha biến dạng thứ nhất và thứ hai

Như đã trình bày trên đây, bình đồ cấu trúc hiện tại của vùng nghiên cứu hình thành từ sự giao thoa của 3 thế hệ cấu tạo trong 3 pha biến dạng khác nhau. Tuy nhiên, các cấu tạo thuộc pha biến dạng thứ 3 chỉ là những cấu tạo mặt riêng rẽ làm dập vỡ và phức tạp hoá các cấu tạo hình thành trước, mà không tác động nhiều tới bình đồ cấu trúc khu vực như hai pha 1 và 2.

Các cấu tạo thuộc pha biến dạng thứ hai đã làm biến dạng mạnh các cấu tạo thuộc pha biến dạng thứ nhất trong đó có cả các cấu tạo nếp uốn, phân phiến và mylonit. Sự tái uốn nếp các nếp uốn sớm (U_1) bằng nếp



Ảnh 4. a) Một mặt đứt gãy cắt qua quặng fluorit trong mẫu lõi khoan (theo hướng mũi tên) cho thấy đứt gãy này phát triển sau tạo quặng. b) Một đới dập vỡ dạng giồng trong granit của khối Đá Liền trong đó các mảnh dăm được gắn kết bởi quặng sulphur, chúng tỏ một số đứt gãy có thể đồng thời với quá trình tạo quặng sulphur. Vết lộ rộng khoảng 1m.

uốn thế hệ thứ hai (U_2) thường tạo nên sự giao thoa nếp uốn trung gian giữa kiểu 2 và kiểu 3 (ảnh 1b, Hình 2b) [5, 6]. Sự giao thoa nếp uốn kiểu này thường hình thành khi pha biến dạng thứ nhất tạo nên hàng loạt nếp uốn hẹp và đẳng tà có mặt trục nằm nghiêng hoặc nằm ngang. Sau đó các nếp uốn thế hệ 1 đều bị tái uốn nếp (Hình 2b). Trong trường hợp này, trường ứng suất gây biến dạng trong pha 2 sẽ có phương khác với phương của trường ứng suất biến dạng pha 1. Sự tồn tại của các nếp uốn kiểu tương tự [5] cũng cho thấy rằng quá trình uốn nếp ở đây chủ yếu là uốn cắt và thường liên quan tới các chuyển động kiến tạo dịch trượt có quy mô lớn [5, 6].

Rõ ràng là sự giao thoa của hai thế hệ cấu tạo thuộc hai pha biến dạng thứ nhất và thứ hai đã tạo nên hình thái cấu trúc khu vực.

Hơn thế nữa, sự uốn nếp lặp lại của các đá trầm tích hệ tầng Phú Ngũ cho thấy bề dày thực của hệ tầng này trên thực tế nhỏ hơn rất nhiều so với bề dày quan sát mà không tính tới sự làm dày kiến tạo.

2. Sự không chế của cấu trúc đối với quặng hoá và trình tự của các sự kiện địa chất trong vùng nghiên cứu

Như đã trình bày ở trên, các pha biến dạng thứ nhất và thứ hai thường bị các cấu tạo đồng tạo quặng xoá nhoà hoặc biến vị. Ngược lại các khoáng vật quặng thường giữ nguyên cấu tạo nguyên sinh của chúng và thường mọc chồng lên cấu tạo nền được tạo thành trong pha biến dạng 1 hoặc 2 (ảnh 3a, 3b), chứng tỏ chúng hình thành sau các cấu tạo này, và do đó có lịch sử muộn hơn các pha biến dạng nói trên và có thể là đồng thời với quá trình xâm nhập của khối granit Đá Liền.

Cấu hình hiện tại của thân quặng trải dài theo phương tây tây bắc - đông đông nam, trùng với phương kéo dài của các nếp uốn U_2 và thường phụ thuộc vào bề dày của lớp đá hoa hoặc silic vôi của hệ tầng Phú Ngũ dọc các nếp uốn đẳng cánh U_1 tạo nên (Hình 2b). Việc xây dựng lại các mặt cắt địa chất cũng cho thấy tại nhiều nơi ranh giới xâm nhập của khối granit Đá Liền thường có xu hướng nằm gần song song với mặt trục của nếp uốn U_2 , hoặc rất nhiều thể granit nhỏ thường xâm nhập dọc theo thớ chế mặt trục của nếp uốn U_2 , đặc biệt là ở phần vòm của các nếp uốn này. Như vậy, các vòm nếp uốn với sự phát triển mạnh mẽ của các thớ chế mặt trục có thể là vị trí thuận lợi cho dung dịch magma lưu chuyển và trở thành các bẫy kiến tạo lý tưởng cho quá trình lắng đọng quặng về sau. Sự

xâm nhập của khối Đá Liền mang các dung dịch chứa quặng vào các vị trí thích hợp như các lớp đá hoa dọc theo đới vòm của các nếp uốn U_1 hoặc U_2 trong những điều kiện hoá lý thích hợp sẽ tạo ra những thân quặng đa kim có quy mô lớn.

Mặc dù còn thiếu nhiều số liệu định lượng liên quan tới mối quan hệ và tuổi của các sự kiện biến dạng và tạo quặng, nhưng dựa vào mối quan hệ giữa biến dạng và quá trình tạo quặng thì một trình tự tương đối của các sự kiện địa chất trong vùng mỏ Núi Pháo có thể được tái lập khái quát như sau: sự phát triển địa chất và sự hình thành quặng hoá đa kim trong vùng nghiên cứu và lân cận đã trải qua một lịch sử khá dài (Hình 3a). Nó bắt đầu bởi sự lắng đọng các trầm tích lục nguyên - carbonat của hệ tầng Phú Ngừ, có thể là trong chế độ thềm thụ động dọc theo một thềm lục địa tồn tại ở khoảng Ordovic-Silur. Sự nghịch đảo kiến tạo bắt đầu vào khoảng đầu Trias làm cho thềm lục địa thụ động trở thành một rìa lục địa tích cực và dẫn đến sự xâm nhập của các đá mafic thuộc phức hệ Núi Chúa và granit biotit thuộc phức hệ Núi Điện, trong đó có khối Núi Pháo, vào cuối Trias (Hình 3b1). Theo sau sự xâm nhập granit là quá trình biến dạng ép nén ngang dẫn đến sự hình thành một đới trượt dọc theo ranh giới giữa khối Núi Pháo và hệ tầng Phú Ngừ, kèm theo là hiện tượng uốn nếp mạnh mẽ và các lớp trầm tích tạo thành các nếp uốn đẳng cánh làm gia tăng bề dày của hệ tầng Phú Ngừ, đi kèm là hiện tượng biến chất khu vực tới tương đá phiến lục (Hình 3b2). Pha biến dạng thứ 2 diễn ra sau đó đã làm tái uốn nếp các cấu tạo thuộc pha 1 (Hình 3b3). Tiếp theo đó là sự xâm nhập của các đá granitoid thuộc phức hệ Pia Oắc trong đó có khối Đá Liền vào khoảng Creta muộn vào các đá tạo nên hiện tượng skarn hoá mạnh mẽ các đá vây quanh và hình thành các thân quặng đa kim ở vùng Núi Pháo (Hình 3b4). Một số đai mạch muộn, trong đó có thể chứa các mạch quặng thiếc hoặc đồng phát triển muộn hơn và thường đi cùng với các đứt gãy hoặc đới phá huỷ muộn, sau khi thân quặng đa kim đã được thành tạo. Như vậy, có thể khẳng định rằng mặc dù sự xâm nhập của khối Đá Liền là nguyên nhân tạo quặng, nhưng các cấu tạo

hình thành trong pha biến dạng 1 và 2 đóng vai trò quan trọng trong sự lắng đọng quặng hoá cũng như quy mô và phương phát triển của thân quặng.

Do các đá trầm tích biến chất bị skarn hoá thường có biểu hiện từ tính mạnh nên diện phân bố của chúng có thể nội suy thông qua kết quả khảo sát địa vật lý (Hình 4), theo đó thì diện tích của hệ tầng Phú Ngừ có thể còn trải rộng ra phía tây bắc của vùng nghiên cứu và có thể đã bị uốn nếp lặp đi lặp lại (Hình 4). Vì hiện tượng skarn hoá phát triển rộng rãi trong toàn vùng nghiên cứu, nên có thể cho rằng các đá trầm tích đã bị biến chất dưới tác động của một nguồn nhiệt rất lớn chỉ có thể có được nhờ một thể granit rất lớn. Như vậy, khối granit Đá Liền có thể có diện phân bố rất lớn ở dưới sâu và nếu hệ tầng Phú Ngừ với các cấu tạo chứa quặng thuận lợi như các nếp uốn U_1 và U_2 phát triển mang tính khu vực ra ngoài phạm vi thân quặng hiện tại thì quy mô của các thân quặng đa kim còn lớn hơn nhiều. Trong trường hợp này, cả về phía tây bắc và đông nam của thân quặng hiện tại đều có thể có tiềm năng của quặng đa kim (Hình 4).

III. KẾT LUẬN

Những nghiên cứu của chúng tôi đề cập trên đây cho phép rút ra những kết luận sau.

Vùng Núi Pháo chịu tác động bởi ít nhất 3 pha biến dạng khu vực, trong đó có hai pha biến dạng dẻo và một pha biến dạng giòn. Pha biến dạng thứ nhất làm uốn nếp mạnh mẽ các đá trầm tích lục nguyên - carbonat thuộc hệ tầng Phú Ngừ, tạo nên hàng loạt nếp uốn đẳng cánh làm dày các trầm tích lên nhiều lần. Pha biến dạng thứ hai tái uốn nếp các cấu tạo hình thành trong pha 1 và tạo nên hình thái cấu trúc chủ yếu của khu vực. Các biến dạng giòn thuộc pha 3 làm phức tạp hoá các thành tạo có trước nhưng không làm thay đổi đáng kể bình đồ cấu trúc khu vực.

Mặc dù mỏ đa kim Núi Pháo là một mỏ skarn liên quan tới quá trình xâm nhập của các đá granitoid tuổi Creta muộn và phát triển sau khi cấu trúc khu vực đã được thành tạo, nhưng quy mô và sự phân bố của nó chịu sự tác động mạnh mẽ của các yếu tố cấu trúc khu vực tiền

tạo quặng. Do đó quy mô khu vực cũng như sự tồn tại của các thân quặng tương tự cũng có thể dự đoán từ việc phân tích cấu trúc khu vực và mối quan hệ của chúng với magma xâm nhập.

Việc bổ sung các số liệu định lượng về cấu tạo và tuổi là rất cần thiết để có thể xác định được hình thái cấu trúc một cách đúng đắn nhất cũng như trình tự chính xác của các sự kiện địa chất đã diễn ra trong vùng và mối liên quan của chúng tới quặng hoá trong vùng nghiên cứu.

VĂN LIỆU

1. **Đỗ Hải Dũng, 1983.** Về các kiểu khoáng hoá vàng và bạc mới phát hiện được ở vùng Núi Pháo - Đá Liền. *Bản đồ địa chất*, 56 : 49-58. Hà Nội.

2. **Lê Văn Cự, 1969.** Phức hệ granit Pia Oắc và các khoáng hoá đi kèm. *Địa chất*, 83-84 : 30-36. Hà Nội.

3. **Nguyễn Kinh Quốc, 1969.** Phức hệ á núi lửa Núi Điện. *Địa chất*, 85-86 : 41-44. Hà Nội.

4. **Phạm Đình Long, 2001.** Bản đồ địa chất và khoáng sản tỉ lệ 1:200.000. *Cục ĐC và KS Việt Nam*, Hà Nội.

5. **Ramsay J. F., 1967.** Folding and fracturing of rocks. *McGraw-Hill Book Company, New York*.

6. **Ramsay J. F. and Huber M., 1987.** The techniques of modern structural geology. Volume 2: Folds and Fractures. *London, Academic Press*.

7. **Thái Quý Lâm, 1983.** Tìm thấy caxiterit trong mạch quặng gốc thạch anh - wolframit ở Thiện Kê. *Địa chất*, 161 : 19. Hà Nội.

8. **Thái Quý Lâm, Đỗ Hải Dũng, 1984.** Tính phân đới của một số mỏ quặng thiếc - wolfram vùng Tam Đảo và ý nghĩa của chúng trong công tác tìm kiếm thăm dò. *Địa chất*, 165 : 15-16. Hà Nội.

9. **Tran Thanh Hai, Farmer M. and Stemler J., 2003.** The structural controls on mineralisation at the Núi Pháo Polymetallic (W-F-Cu-Au-Bi) Deposit, North Vietnam. In *Vancouver2003 Abstracts, CD-ROM, GAC-MAC-SEG Vancouver 2003 Annual General Meeting, Vancouver, B.C., Canada, vol. 28, ISSN 0701-8738, ISBN: 0-919216-86-2*.

SUMMARY

Structural features and their control on mineralization at Núi Pháo polymetallic deposit, Đại Từ, Thái Nguyên

Trần Thanh Hải, M. Farmer, J. Stemler and S. Duka

The Núi Pháo Polymetallic Deposit, a skarn deposit hosted by the Ordovician-Silurian Phú Ngũ Formation, is related to the intrusion of the late Cretaceous two-mica granite of the Pia Oắc Complex. The host rocks were affected by at least 3 regional deformational phases, which include two phases of ductile deformation and one late phase of brittle deformation. The first deformational phase strongly folded terrigenous-carbonate rocks of the Phú Ngũ Formation, creating numerous isoclinal folds which led to the significant increase of thickness of this formation, and displaced it from its original depositional position. The second deformational phase refolded structures of the first phase, forming main regional structure. The brittle fracturing of the third deformational phase complicated earlier structures, but did not strongly influenced to the regional structural plan. The skarn polymetallic ore bodies are relatively simple in structure as they were formed after the main ductile deformations. However, the shape and size of the ore bodies may be strongly controlled by premineralization structures. So, the correct structural interpretation is not only important to the understanding of regional deformational nature, but also contributes to the extrapolation of size and developing direction of the mineralization.

Ngày nhận bài: 30-7-2004

Người biên tập: Võ Năng Lạc