

PHÁT HIỆN MỚI VỀ QUẶNG HÓA ĐỒNG LIÊN QUAN ĐẾN KHỐI XÂM NHẬP TONALIT, TỤ KHOÁNG SUỐI THẦU, BÁT XÁT, LÀO CAI

TRẦN MỸ DŨNG¹, ĐỖ CẢNH DƯƠNG², LÊ THANH MỀ¹, VŨ THỊ HIỀN¹

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Đông Ngạc, Từ Liêm, Hà Nội

² Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Số 6, Phạm Ngũ Lão, Hà Nội

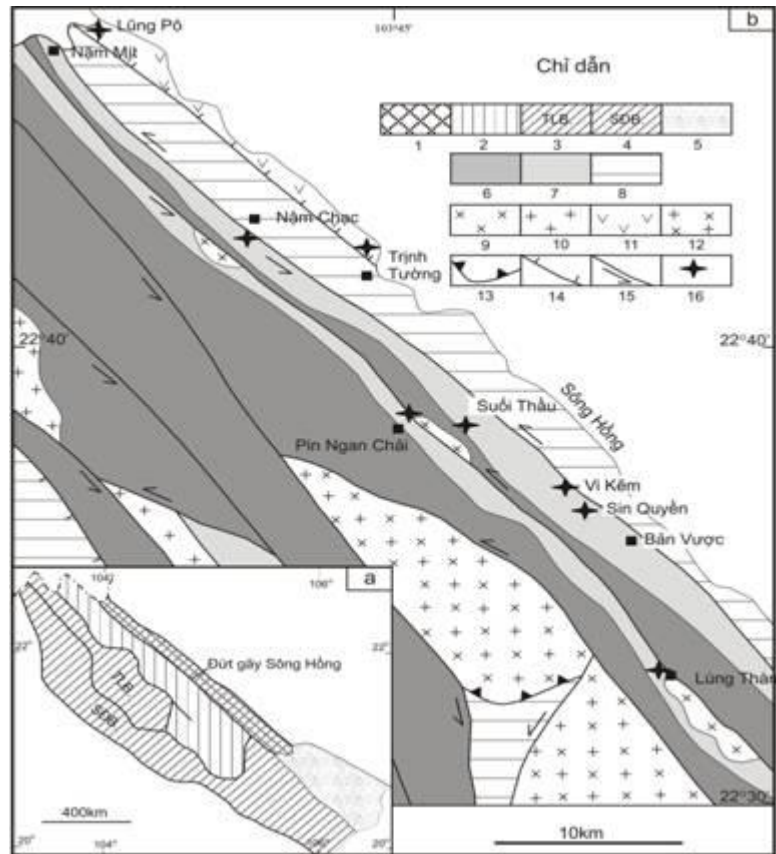
Tóm tắt: Tụ khoáng đồng Suối Thầu nằm ở phía đông bắc của á địa khu Phan Si Pan, quặng hóa đồng trong tụ khoáng liên quan chặt chẽ với thành tạo xâm nhập tonalit. Thành tạo này xuyên cắt các đá biến chất hệ tầng Sin Quyên, phần trung tâm khối magma phát triển hiện tượng biến đổi silicat kali hóa mạnh, rìa tiếp xúc và đá biến chất vây quanh bị biến đổi propylit hóa. Khoáng vật quặng nguyên sinh chủ yếu gồm chalcopyrit, pyrotin và pyrit phân bố trong đá ở dạng mạch, mạng mạch hoặc ổ nhỏ lấp đầy vi khe nứt. Đặc điểm địa chất, biến đổi đá vây quanh và quặng hóa tụ khoáng Suối Thầu cho thấy chúng đặc trưng cho kiểu mỏ đồng porphyry. Những đặc điểm về biến dạng của đá vây quanh chỉ ra rằng hoạt động magma và tạo khoáng tại tụ khoáng xảy ra trước hoạt động trượt bằng trái của đới trượt Ailao Shan - Sông Hồng trong Kainozoi.

I. GIỚI THIỆU

Công tác lập bản đồ địa chất, tìm kiếm-thăm dò và khai thác khoáng sản tiến hành tại vùng Đông Bắc địa khu Hoàng Liên Sơn đã phát hiện một số mỏ quặng đồng có trữ lượng lớn (Sin Quyên, Vi Kẽm và Tả Phời) và một loạt các tụ khoáng đồng có giá trị khác (Suối Thầu, Trịnh Tường, Lũng Thàng, Lũng Pô v.v.). Trong đó dải quặng Sin Quyên - Nậm Mít với đặc trưng khoáng hóa sắt-đồng-vàng-đất hiếm gồm các mỏ Sin Quyên, Vi Kẽm và các tụ khoáng Cốc Mỳ, Suối Thầu, Vi Cáp, Chạc Giang, Nậm Mít nằm trùng với diện phân bố các đá biến chất hệ tầng Sin Quyên [1-5, 9, 11, 14, 15, 18-20].

Tụ khoáng Suối Thầu được phát hiện vào năm 1962 trong công tác tìm kiếm do Đoàn Địa chất 305 thực hiện trong vùng Lào Cai - Lũng Pô. Công tác tìm kiếm tỉ mỉ tiến hành vào năm 1972-1977. Kết quả công tác này đã xác định được 1 thân quặng nằm trong tầng đá biến chất hệ tầng Sin Quyên, kéo dài theo phương tây bắc - đông nam, cắm dốc về phía đông bắc [20]. Quặng hóa chủ yếu nằm trong các đá biến chất hệ tầng Sin Quyên, tài nguyên quy đổi cấp 333 được xác định là 7.478,8 tấn kim loại đồng với hàm lượng đồng trung bình 0,5% [20].

Trong khuôn khổ chuyển khảo sát thuộc đề tài mã số 105.01-2012.06 do Quỹ phát triển Khoa học và Công nghệ Quốc gia (Nafosted) tài trợ, tháng 11 năm 2012 chúng tôi đã tiến hành khảo sát tại các tụ khoáng đồng dọc theo vùng phía đông á địa khu Phan Si Pan. Trong diện tích tụ khoáng Suối Thầu, ngoài thân quặng đồng do Đoàn 305 xác định nằm trong đá biến chất hệ tầng Sin Quyên, chúng tôi đã phát hiện thêm một thân quặng mới nằm về phía tây nam và phân bố song song với thân quặng cũ. Thân quặng mới nằm gần như trọn vẹn trong một thể đá magma xâm nhập dạng thấu kính và rìa tiếp xúc của chúng với các đá biến chất hệ tầng Sin Quyên. Diện lộ thân quặng không chế được trên bề mặt có chiều dài khoảng 300 m, chiều dày trung bình thân quặng 11,3 m, hàm lượng đồng trung bình 0,69%. Đây là một phát hiện mới rất có giá trị cho công tác thăm dò tiếp theo.

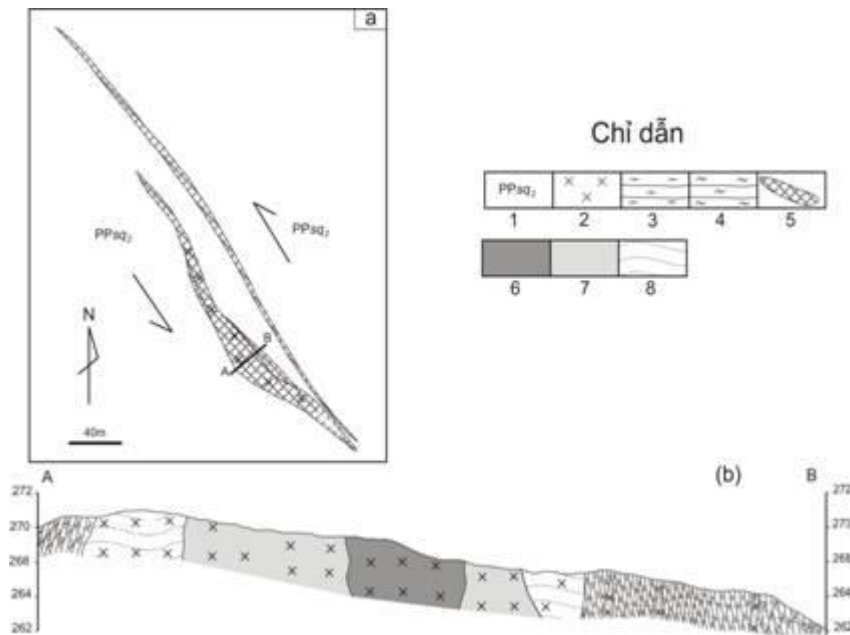


Hình 1. Vị trí kiến tạo vùng nghiên cứu [19] (a) và Sơ đồ địa chất vùng Đông Bắc á địa khu Phan Si Pan (b) (tham khảo [3] có sửa chữa). 1- Á địa khu Núi Con Voi; 2- Á địa khu Phan Si Pan; 3- Rift nội lục Permi muộn - Mesozoi Tú Lệ; 4- Rift nội lục Permi muộn - Mesozoi Sông Đà; 5- Trũng nội lục Kainozoi châu thổ Sông Hồng; 6- Gneis xen lớp mỏng quarzit và quarzit sắt, amphybolit và gneis amphybol Paleoproterozoi hệ tầng Suối Chiềng; 7- Đá phiến kết tinh, đá phiến thạch anh mica chứa graphit và thấu kính amphybolit Paleoproterozoi hệ tầng Sin Quyền; 8- Đá trầm tích lục nguyên xen carbonat bị biến chất và đá hoa dolomit Neoproterozoi-Paleozoi; 9- Các thành tạo xâm nhập chưa rõ tuổi; 10- Granit kiềm phức hệ Mường Hum tuổi Permi-Trias sớm; 11- Bazan hệ tầng Viên Nam tuổi Permi muộn; 12- Granitoid phức hệ Po Sen tuổi Neoproterozoi; 13- Đứt gãy nghịch; 14- Đứt gãy thuận; 15- Đứt gãy trượt bằng; 16- Các mỏ quặng và tụ khoáng đồng có tiềm năng lớn.

Bài báo này chủ yếu dựa trên những kết quả nghiên cứu về biến đổi đá vây quanh và đặc điểm quặng hóa liên quan đến khối magma xâm nhập mới được phát hiện, bước đầu thảo luận về kiểu tụ khoáng đồng Suối Thầu và ý nghĩa của chúng với kiến tạo sinh khoáng khu vực.

II. VỊ TRÍ KIẾN TẠO VÀ ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT TỤ KHOÁNG

Tụ khoáng đồng Suối Thầu nằm trong đới tạo khoáng sắt-đồng-vàng- đất hiếm phân bố dọc theo phần phía đông bắc á địa khu Phan Si Pan. Trên bình đồ kiến tạo khu vực, đới cấu trúc này nằm ở phần kéo dài về phía đông nam của đới cấu trúc Ailao Shan - Sông Hồng, ranh giới phía đông được khống chế bởi đứt gãy Sông Hồng, ranh giới phía tây tiếp giáp với rift nội lục Sông Đà - Tú Lệ [19] (Hình 1a). Phần phía đông bắc của á địa khu Phan Si Pan chủ yếu gồm các đá biến chất tương amphybolit và tương đá phiến lục tuổi Proterozoi, các đá trầm tích lục nguyên-carbonat Paleozoi, bazan Permi muộn và các đá xâm nhập granitoid (Hình 1b). Các đá biến chất tuổi Proterozoi phân bố trong đới trượt cắt có cấu tạo phân phiến và mylonit đặc trưng cho quá trình biến dạng dẻo dịch trượt trái [8]. Những kết quả nghiên cứu đã có cho thấy quặng hóa đồng có tiềm năng lớn trong khu vực chủ yếu phân bố trong các đá biến chất tuổi Proterozoi đang được xếp vào hệ tầng Sin Quyền và các thành tạo xâm nhập chưa rõ tuổi có thành phần chủ yếu gồm diorit, diorit thạch anh, tonalit và monzodiorit [3].



Hình 2. Sơ đồ địa chất và mặt cắt các thân quặng chính tụ khoáng Suối Thầu

- 1- Các đá biến chất Paleoproterozoi hệ tầng Sin Quyên tập 2; 2- Tonalit chưa rõ tuổi; 3- Gneis biotit;
 4- Đá phiến thạch anh biotit; 5- Đới biến đổi silicat kali hóa mạnh; 6- Đới biến đổi silicat kali hóa yếu;
 7- Đới biến đổi propylit hóa mạnh; 8- Đới biến đổi propylit hóa yếu.

Trong diện tích tụ khoáng Suối Thầu xuất lộ các đá biến chất thuộc tập 2 hệ tầng Sin Quyên, gồm đá phiến thạch anh mica có graphit, đá phiến thạch anh hai mica, đá phiến thạch anh biotit, xen các lớp đá gneis biotit, gneis hai mica và amphybolit. Các đá kể trên bị ép phiến mạnh, cấu tạo lớp nguyên thủy gần như bị xóa nhòa. Các mặt phiến kéo dài theo phương tây bắc - đông nam, cắm về tây nam với góc dốc không ổn định. Trong diện tích khu Suối Thầu, hiện tượng migmatit hóa khá phổ biến, hầu hết các đá trầm tích biến chất nêu trên đều bị migmatit hóa. Mức độ migmatit hóa không đồng đều ở từng loại đá và ở từng khu vực. Vì vậy quan hệ tiếp xúc giữa các loại đá trầm tích biến chất thường không rõ ràng, rất phức tạp. Kết quả khảo sát của chúng tôi phát hiện một thể tonalit lộ thành một khối nhỏ có diện tích khoảng 0,365 ha tại trung tâm khu mỏ (Hình 2a). Trên bình đồ, diện phân bố của khối có dạng một thấu kính kéo dài theo phương tây bắc - đông nam xuyên cắt các đá biến chất của tập 2 hệ tầng (Hình 2b). Phần trung tâm, đá có cấu tạo khối, phần ngoài rìa đá có cấu tạo định hướng, cục bộ có cấu tạo phiến gneis khá rõ ràng. Đá có kiến trúc dạng porphyri, thành phần khoáng vật chủ yếu gồm plagioclas (30-35%), felspat kali (25-30%), hornblend (5-10%); nền chủ yếu gồm thạch anh (2-5%), biotit (2-5%) và khoáng vật quặng. Ngoài ra, trong khu thăm dò còn có một số thể granit aplit và pegmatit quy mô nhỏ, phân bố rải rác trong các đá trầm tích biến chất. Kích thước các thể này chỉ một vài mét, quan hệ với đá vây quanh có dạng xuyên theo hoặc cắt qua mặt phiến. Thành phần khoáng vật chủ yếu là plagioclas và thạch anh, ít biotit.

III. HIỆN TƯỢNG BIẾN ĐỔI ĐÁ VÂY QUANH VÀ ĐẶC ĐIỂM QUẶNG HÓA LIÊN QUAN ĐẾN KHỐI XÂM NHẬP TONALIT

1. Các hiện tượng biến đổi đá vây quanh

Các hiện tượng biến đổi nhiệt dịch trong tụ khoáng Suối Thầu về cơ bản có thể phân thành hai tổ hợp biến đổi nhiệt dịch chính là silicat kali hóa và propylit hóa.

Biến đổi silicat kali hóa: Đây là hiện tượng biến đổi đá vây quanh liên quan mật thiết đến thành tạo tonalit mới phát hiện đi cùng với quặng hóa đồng. Tổ hợp biến đổi nhiệt dịch này tập trung ở phần trung tâm khối tonalit (Hình 2b). Tại vết lộ, dấu hiệu của hiện tượng biến đổi silicat kali hóa biểu

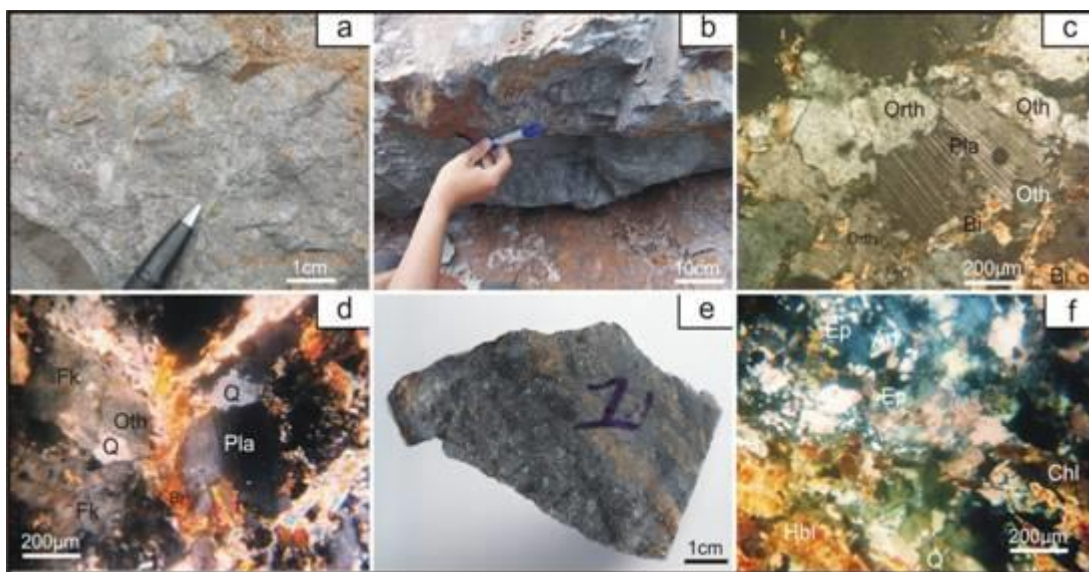
hiện qua sự tập trung cao feldpat kali (chủ yếu là orthoclas), biotit và các vi mạch thạch anh làm cho đá có màu sáng hồng đặc trưng (Ảnh 1a). Trong nội bộ đới biến đổi, đôi chỗ hiện tượng biến đổi biotit hóa mạnh tạo nên những khối tảng sẫm màu chứa quặng đặc sít (Ảnh 1b). Hiện tượng biến đổi kali hóa thể hiện qua các hiện tượng feldpat kali hóa, biotit hóa. Dưới kính hiển vi phổ biến hiện tượng plagioclas thể hệ I bị thay thế từng phần bởi feldpat kali thể hệ II (chủ yếu là orthoclas) (Ảnh 1c), hornblend bị biotit thay thế từng phần, phần riềm các tấm plagioclas và feldpat kali thể hệ I bị thay thế bởi tập hợp khoáng vật orthoclas, biotit và thạch anh hạt nhỏ (Ảnh 1d).

Biến đổi propylit hóa: Tổ hợp biến đổi này phát triển mạnh tại rìa tiếp xúc giữa tonalit và đá biến chất của hệ tầng Sin Quyển. Dưới kính hiển vi hàm lượng hornblend tăng cao điều đó chứng tỏ loại đá này phân bố ở ven rìa các thể xâm nhập. Quá trình biến đổi khoáng vật hornblend, biotit bị chlorit hóa. Khoáng vật plagioclas bị albit hóa, đá có dấu hiệu bị epidot hóa, calcit hóa và thạch anh hóa mạnh tạo nên màu lục đặc trưng (Ảnh 1e, f).

2. Đặc điểm quặng hóa

a) Quặng hóa đồng trong đá biến chất: Kết quả công tác tìm kiếm của Đoàn Địa chất 305 (năm 1977) đã phát hiện và khoan định được một thân quặng đồng (Hình 2a) nằm trong đá biến chất hệ tầng Sin Quyển. Kết quả khảo sát của chúng tôi cho thấy thân quặng này chủ yếu nằm trong đá gneis biotit, đá phiến thạch anh biotit bị biến đổi propylit hóa phân bố dọc theo đới ngoại tiếp xúc giữa thể tonalit và đá vây quanh. Khoáng vật quặng gồm chủ yếu là chalcopirit và pyrotin, đôi khi có pyrit, magnetit, sphalerit, rutil; khoáng vật quặng thứ sinh gồm có azurit, malachit và covelin. Quặng có cấu tạo dạng mạch, mạng mạch hoặc ổ nhỏ tập trung theo mặt phiến của đá biến chất vây quanh.

b) Quặng hóa đồng trong khối xâm nhập: Dải khoáng hóa liên quan đến khối tonalit có chiều dài không chế được khoảng 320 m, chiều dày thay đổi từ 6 m đến 30 m. Quặng hóa chủ yếu gồm chalcopirit và pyrotin, ít hơn có pyrit, magnetit và hematit. Quặng có cấu tạo xâm tán, ổ xâm tán, mạch nhỏ, mạng mạch hoặc tập trung trong các vi mạch thạch anh phân bố trong đới biến đổi silicat kali hóa. Chalcopirit tồn tại ở dạng hạt và tập hợp hạt tha hình, kích thước từ 0,1 đến 2 mm, phổ biến ở kích thước 0,1-1 mm, có thể phân bố độc lập xâm tán không đều, xâm tán thành đám hạt hoặc cộng sinh cùng pyrit, pyrotin tạo thành ổ nhỏ, mạch lấp đầy vi khe nứt, thớ phiến và thay thế cho khoáng vật của nền đá (Ảnh 2a, b, c); khoáng vật đồng thứ sinh chủ yếu gồm covellin và malachit dạng tập hợp vi hạt thay thế gập mơn một số hạt chalcopirit (Ảnh 2d).



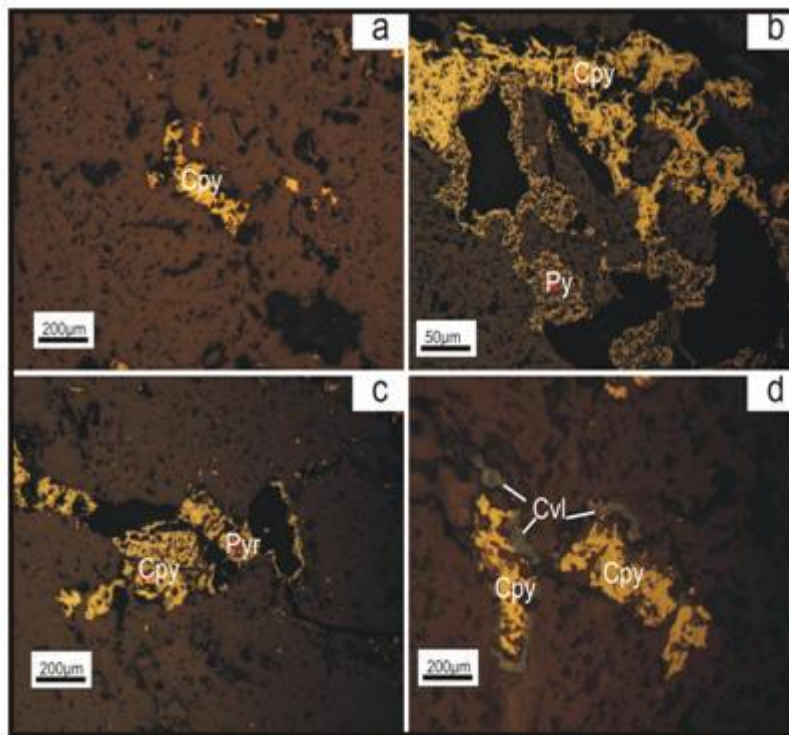
Ảnh 1. Một số hình ảnh về đá chứa quặng tự khoáng đồng Suối Thầu

a- Tonalit dạng porphyr bị biến đổi kali hóa có màu nâu hồng, quặng hóa đồng xâm tán hoặc tập trung trong các vi mạch thạch anh phân bố trong đá; b- Tonalit bị biến đổi kali

hóa mạnh, biotit tập trung cao; c- Felspat kali (orthoclas) thay thế plagioclas thể hệ I;
d- Plagioclas và felspat kali thể hệ I bị thay thế bởi tập hợp khoáng vật orthoclas, biotit và thạch anh hạt nhỏ; e- Tonalit bị biến đổi propylit hóa có màu nâu lục chứa quặng đặc sít;
f- Tonalit hornblend biotit bị chlorit hóa, epidot hóa và anbit hóa. An- albit, Chl- chlorit; Hbl- hornblend; Fk- felspat kali; Ep- epidot; Oth- orthoclas; Pla- plagioclas; Q- thạch anh.

IV. THẢO LUẬN

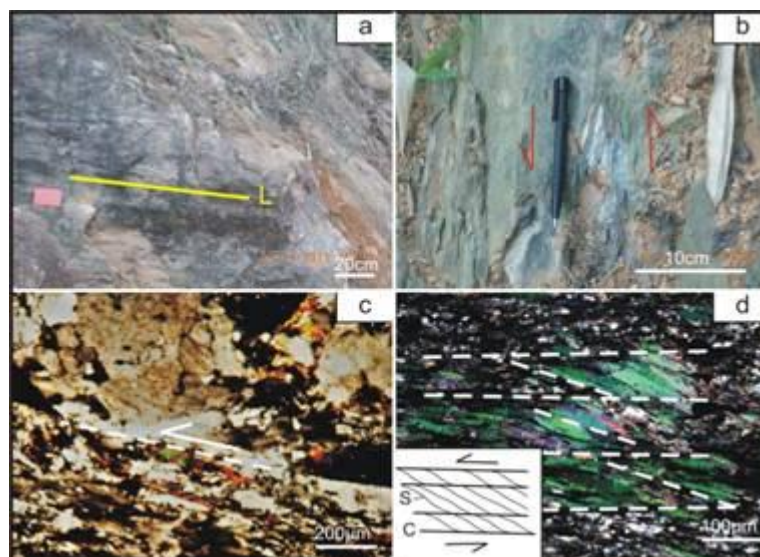
Kiểu tụ khoáng đồng porphyr là một loại hình mỏ có trữ lượng lớn, hàm lượng đồng thấp (thường < 0,8% Cu). Quặng hóa đồng đi cùng với tổ hợp quặng sulfur có cấu tạo xâm tán, dạng dải hoặc mạng mạch liên quan với các thể xâm nhập nhỏ diorit porphyr, tonalit porphyr, monzonit porphyr v.v... thành tạo ở độ sâu 1-6 km [10]. Về hiện tượng biến đổi nhiệt dịch, các mỏ này đều có một đặc trưng chung là tổ hợp biến đổi silicat kali hóa phát triển ở phần vòm trung tâm khối xâm nhập, xung quanh là tổ hợp biến đổi propylit hóa [10, 12, 13]. Mặc dù chưa có những phân tích định lượng về bao thể, đồng vị bền cho quặng hóa, nhưng dựa trên đặc điểm đá chứa quặng, hiện tượng biến đổi nhiệt dịch và đặc điểm quặng hóa, bước đầu chúng tôi cho rằng tụ khoáng đồng Suối Thầu mang đặc trưng của kiểu tụ khoáng đồng porphyr có đặc điểm biến đổi nhiệt dịch và quặng hóa tương tự như các mỏ đồng porphyr phân bố rộng rãi ở vùng Đông Tây Tạng [7].



Ảnh 2. Một số hình ảnh quặng hóa đồng tụ khoáng Suối Thầu

a- Chalcopyrit phân bố xâm tán trong đá;
b- Chalcopyrit cộng sinh cùng pyrit thay thế cho khoáng vật nền đá; c- Chalcopyrit cộng sinh cùng pyritin tạo thành ổ nhỏ, mạch lấp đầy vi khe nứt; d- Covellin thay thế,

Các tụ khoáng đồng porphyr trên thế giới thường được tìm thấy trong các cung đảo hoặc cung magma dọc theo các đới hút chìm [10, 12, 13]. Mặc dù vậy, những nghiên cứu gần đây cho thấy dọc theo đới trượt cắt Ailao Shan - Sông Hồng trong khoảng thời gian 40-32 Tr.n, mặc dù vùng có chế độ kiến tạo căng giãn nội lục nhưng vẫn có thể thành tạo các tụ khoáng Cu-Mo-Au porphyr có giá trị công nghiệp [17]. Những kết quả nghiên cứu này cho thấy có thể tồn tại các tụ khoáng đồng porphyr trên địa khu Hoàng Liên Sơn.



Ảnh 3. Một số hình ảnh về biến dạng của đá chứa quặng tụ khoáng Suối Thầu

a- Cấu tạo đường trượt kéo dài theo phương mặt phiến, phát triển dọc theo rìa khối xâm nhập; b- Gneis biotit bị biến dạng mạnh, tàn ban tinh chỉ hướng dịch trượt trái; c- Thạch anh đôi tái kết tinh và cấu tạo cá mica (mica fish) đi theo đới trượt dẽo cắt qua khối xâm nhập; d- Cấu tạo cá mica phát triển trong đá biến chất rìa khối xâm nhập.

Khối tonalit chứa quặng có biểu hiện bị biến dạng mạnh, phần rìa phát triển cấu tạo đường căng kéo khoáng vật gần như nằm ngang kéo dài theo đường phương của mặt phiến đá vây quanh (Ảnh 3a). Đá biến chất vây quanh bị ép phiến gneis mạnh, những thể sáng màu trong đá bị ép dẹt, kéo dài theo mặt phân phiến, cấu tạo đường và kiến trúc của các tàn ban tinh chỉ hướng dịch trượt trái (Ảnh 3b). Các đới trượt dẽo cắt qua khối xâm nhập phát triển hiện tượng thạch anh tái kết tinh tập hợp thành những dải hạt nhỏ, mica vẩy nhỏ cấu tạo hình cá định hướng dịch trượt trái (Ảnh 3c). Các cấu tạo C/S định hướng dịch trượt bằng trái phát triển mạnh trong các đá biến chất rìa khối xâm nhập (Ảnh 3d). Những dấu hiệu này chỉ ra rằng thành tạo xâm nhập và quặng hóa liên quan có trước hoạt động dịch trượt trái của đới trượt Ailao Shan - Sông Hồng.

Việc thiếu những số liệu nghiên cứu chi tiết về bao thể, đồng vị bền, đồng vị định tuổi cũng như những số liệu về đặc điểm địa hóa của thành tạo xâm nhập chứa quặng ảnh hưởng đến khả năng nghiên cứu đối sánh loại hình quặng hóa mới phát hiện tại tụ khoáng Suối Thầu với những mỏ có biểu hiện quặng tương tự trên thế giới cũng như trong khu vực. Do vậy cần có những nghiên cứu chi tiết về điều kiện thành tạo, quy luật hình thành và mô hình nguồn gốc quặng hóa đồng liên quan đến các thành tạo magma xâm nhập chưa rõ tuổi tại khu vực Suối Thầu và trên toàn địa khu Hoàng Liên Sơn, từ đó có thể làm sáng tỏ tiềm năng quặng đồng porphyr vùng Tây Bắc Việt Nam.

V. KẾT LUẬN

- 1/ Tụ khoáng Suối Thầu, huyện Bát Xát, Lào Cai mang đặc trưng của kiểu mỏ đồng porphyr.
- 2/ Hoạt động magma và sinh khoáng đồng liên quan tại tụ khoáng Suối Thầu hình thành trước hoạt động dịch trượt bằng trái của đới trượt Ailao Shan - Sông Hồng trong Kainozoi.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 105.01-2012.06. Tác giả xin cảm ơn các bạn đồng nghiệp Công ty Cổ phần Khai thác Khoáng sản An Phát đã giúp đỡ cho công tác khảo sát thực địa.

VĂN LIỆU

1. **Bùi Phú Mỹ và nnk, 1978.** Địa chất và Khoáng sản từ Lào Cai - Kim Bình tỷ lệ 1 : 200.000. Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.

2. **Bùi Xuân Ánh, 2007.** Đánh giá triển vọng quặng đồng và các khoáng sản khác khu vực Tả Phời, thị xã Cam Đường, tỉnh Lào Cai. *Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.*
3. **Dương Quốc Lập, 2003.** Đo vẽ bản đồ địa chất và điều tra khoáng sản tỷ lệ 1:50.000 nhóm tờ Lào Cai. *Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.*
4. **Đình Văn Diễn và nnk, 1995.** Tài nguyên khoáng sản Việt Nam. Những nét khái quát về lịch sử phát triển. Một số quy luật sinh khoáng chủ yếu. *Báo cáo Hội nghị khoa học Địa chất Việt Nam lần thứ 3, Hà Nội.*
5. **Hồ Khắc, 1975.** Tìm kiếm tỉ mỉ điểm quặng đồng Nậm Chạc, Lào Cai. *Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.*
6. **Hoàng Hoa Cương, Nguyễn Đức Hân, 1969.** Các kiểu tạo quặng vùng S Q. *TC Địa chất, 81-82:23-32.*
7. **Hou Z.Q., Zeng P.S., Gao Y.F., Du A.D. and Fu D.M., 2006.** Himalayan Cu-Mo-Au mineralization in the eastern Indo-Asian collision zone: Constraints from Re-Os dating of molybdenite. *Mineralium Deposita, 41, 33-45.*
8. **Leloup P.H., Lacassin R., Tapponnier P., et al, 1995.** The Ailao Shan-Red River shear zone (Yunnan, China), Tertiary transform boundary of Indochina. *Tectonophysics, 251, 3-84.*
9. **Mclean R.N., 2001.** The Sin Quyen Iron Oxide-Copper-Rare Earth Oxide Mineralization of North Vietnam: in Porter T.M. (ed.), Hydrothermal Iron Oxide Copper Gold & Related Deposits: A Global Perspective, Volume 2. *PGC Publishing, Adelaide, pp. 293-301.*
10. **Misra K.C., 2000.** Understanding ore deposits. *Kluwer Academic Publishers: 845 p.*
11. **Phan Trường Thị, 1964.** Các đá métasomatit chứa sắt và đồng khu vực Lào Cai. *TC Địa chất, 32:9-15.*
12. **Seedorff E., Dilles J.H., Proffett Jr J.M., et al, 2005.** Porphyry deposits: Characteristics and origin of hypogene features in Hedenquist J.W., Thompson J.F.H., Goldfarb R.J., and Richards J.P., eds., Economic Geology 100th Anniversary Volume. *Economic Geology, p. 251-298.*
13. **Sillitoe R.H., 2010.** Porphyry Copper Systems. *Economic Geology, 105:3-41.*
14. **Tạ Việt Dũng, 1975.** Thăm dò tỉ mỉ khoáng sản đồng Sin Quyền, Lào Cai. *Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.*
15. **Tạ Việt Dũng, Đỗ Hải Dũng, Trần Tất Thắng, 1995.** Tài nguyên khoáng sản kim loại cơ bản Cu, Pb, Zn ở Việt nam. *Báo cáo Hội nghị khoa học Địa chất Việt Nam lần thứ 3, Hà Nội.*
16. **Trần Cao Hà, 2001.** Kết quả thăm dò quặng đồng và các khoáng sản đi kèm khu Lũng Pô, Bát Xát, Lào Cai. *Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.*
17. **Tran My Dung, Liu Junlai, Nguyen Quang Luat, et al, 2013.** Cenozoic high-K alkaline magmatism and associated Cu-Mo-Au mineralization in the Jinping-Phan Si Pan region, southeastern Ailao Shan-Red River shear zone, southwestern China-northwestern Vietnam. *Journal of Asian Earth Sciences. DOI: 10.1016/j.jseaes.2013.03.027.*
18. **Trần Quốc Hải, 1969.** Tìm hiểu thêm về các thể đá biến chất trao đổi chứa quặng ở SQ. *TC Địa chất, A/85-86:23-40.*
19. **Trần Văn Trị, Vũ Khúc (Đồng Chủ biên), 2009.** Địa chất và Tài nguyên Việt Nam. *Nxb Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, 341-345. Hà Nội.*
20. **Vũ Quốc Thông và nnk, 1977.** Tìm kiếm tỉ mỉ quặng đồng vùng Suối Thầu, Hoàng Liên Sơn. *Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.*