

MỘT SỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VỀ ĐẶC ĐIỂM QUẶNG HÓA ĐỒNG KHU VỰC AN LƯƠNG - YÊN BÁI

NGUYỄN PHƯƠNG, NGUYỄN THỊ CÚC, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
NGUYỄN THỊ THU HÀNG, *Công ty CP tư vấn triển khai công nghệ Mỏ - Địa chất*

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu một số kết quả nghiên cứu mới về đặc điểm quặng hóa đồng khu vực An Lương. Kết quả nghiên cứu cho phép rút ra một số kết luận sau:

- Quặng đồng khu vực nghiên cứu có những đặc điểm phân bố riêng biệt, có thể phân thành 3 kiểu phân bố. Trong đó, quặng hóa phân bố chủ yếu thuộc kiểu phân bố 1 và 2. Quặng đồng phân bố trong đá vôi tái kết tinh, đá hoa dolomit bị thạch anh hóa hoặc trong đá phiến bị chlorit hóa, sericit hóa, thạch anh hóa. Trong đó quặng phân bố trong đá vôi tái kết tinh, đá hoa dolomit bị thạch anh hóa có triển vọng hơn cả.

- Các thân quặng công nghiệp trong khu vực nghiên cứu phổ biến dạng mạch, mạch thấu kính, chiều dày biến đổi thuộc loại ổn định đến không ổn định, quy mô thuộc nhỏ đến trung bình. Hàm lượng đồng biến đổi từ <math><0,003\%</math> đến 8,67%, trung bình 0,605%, thuộc loại trung bình và phân bố chủ yếu thuộc loại không đồng đều.

- Quặng có cấu tạo xâm tán, vi mạch, mạch lấp đầy, ổ hoặc dạng vết bám theo mặt khe nứt, nguồn gốc nhiệt dịch nhiệt độ trung bình thấp. Thành phần khoáng vật quặng chủ yếu là chalcopyrit, pyrit, bornit, covelin...

- Tổ hợp cộng sinh khoáng vật đặc trưng là thạch anh – pyrit - chalcopyrit – bornit – pyrotin (I); calcit – pyrit – chalcopyrit (II), thuộc thời kỳ nhiệt dịch và tổ hợp oxit – hydroxit (III), thuộc thời kỳ phong hóa. Trong 3 giai đoạn tạo quặng trên, thì quặng được thành tạo ở giai đoạn 1 và 2 là có ý nghĩa công nghiệp.

- Ngoài đồng, trong các thân quặng còn có các nguyên tố đi kèm như Au, Ag, Pb, Zn... Đây là những khoáng sản đi cùng có giá trị, cần được quan tâm nghiên cứu ở các giai đoạn tiếp theo để nâng cao hiệu quả kinh tế mỏ, kết hợp bảo vệ tài nguyên với bảo vệ môi trường bền vững.

1. Đặt vấn đề

Quặng đồng là khoáng sản đóng vai trò quan trọng trong nền kinh tế quốc dân, đặc biệt trong các ngành công nghiệp. Vì vậy, nghiên cứu đặc điểm thành phần vật chất, tính chất công nghệ quặng đồng để phục vụ khai thác, chế biến để sử dụng trong nước và xuất khẩu là cần thiết và phù hợp với xu hướng phát triển chung của đất nước; trong đó có quặng đồng khu vực An Lương. So với các khu vực lân cận, quặng đồng khu vực An Lương được đánh giá là có chất lượng trung bình và phân bố chủ yếu trong đá vôi vi hạt tái kết tinh, đá dolomit bị thạch anh hóa. Kết quả nghiên cứu còn cho thấy, ngoài đồng trong các thân quặng còn có các khoáng sản có ích đi kèm như Au, Ag, Pb, Zn.

Nếu có sự đầu tư về kỹ thuật và công nghệ hợp lý sẽ tận thu được khoáng sản đi kèm, góp phần nâng cao hiệu quả kinh tế mỏ, kết hợp bảo vệ tài nguyên và bảo vệ môi trường, phục vụ phát triển kinh tế xã hội bền vững. Vì vậy việc nghiên cứu về đặc điểm quặng hóa đồng khu vực An Lương là cần thiết và nhằm góp phần giải quyết các yêu cầu do thực tế đặt ra.

2. Khái quát về địa chất khu vực nghiên cứu

2.1. Sơ lược về vị trí địa lý và lịch sử nghiên cứu quặng đồng khu vực An Lương

Khu vực nghiên cứu thuộc xã An Lương, huyện Văn Chân, tỉnh Yên Bái nằm trong tờ bản đồ địa hình Nghĩa Lộ F-48-54-C (5952III) hệ toạ độ VN2000. Địa hình núi cao phức tạp, gồm các núi bị phân cắt thành từng mảng riêng

biệt với độ cao thay đổi từ 100m tới 800m, thảm thực vật khá phát triển, chủ yếu rừng tái sinh, cây cối rậm rạp nên đi lại khó khăn.

Trước năm 1967, ít có tài liệu nói về quặng đồng khu An Lương. Năm 1967, Đoàn 20G tiến hành công tác phổ tra sơ lược khu vực An Lương.

Năm 1987, Nghiêm Thái Thịnh, (Liên đoàn Địa chất III) đã khảo sát và phát hiện một số điểm lộ quặng đồng trong đá hoa bị dolomit hóa dọc theo suối Ngòi Thia. Năm 1995, Trương Văn Hồng cùng tập thể Liên đoàn Địa chất III (nay là Liên đoàn Tây Bắc) tiến hành thi công đề án “Đánh giá đồng - vàng Làng Phát - An Lương, Yên Bái” tỷ lệ 1:25.000 trên diện tích 600km².

Kết quả tìm kiếm tỷ lệ 1:25.000 đã xác định khu An Lương là một trong số diện tích có triển vọng được tìm kiếm chi tiết hoá tỷ lệ 1:10.000. Kết quả tìm kiếm chi tiết hoá là cơ sở lập đề án thăm dò quặng đồng khu An Lương và khu Khe Cam [3].

Năm 2011 - 2012, Công ty CP khoáng sản Thiên Bảo tiến hành công tác Thăm dò quặng đồng khu vực Khe Cam, Xã An Lương, huyện Văn Chấn, tỉnh Yên Bái trên diện tích khoảng 50 ha. Tài liệu do tác giả thu thập trong quá trình thi công đề án thăm dò, kết hợp các tài liệu có trước cho phép nhận thức toàn diện và đầy đủ hơn về đặc điểm quặng hóa đồng khu vực An Lương.

2.2. Khái quát đặc điểm địa chất khu vực An Lương

Tham gia vào cấu trúc vùng nghiên cứu bao gồm phân hệ tầng trên, hệ tầng Sin Quyền (PR_{1-2sq2}); hệ tầng Sa Pa (PR_{3sp}); hệ tầng Cam Đường (E_{1cd}); hệ Carbon thống dưới - thống giữa và hệ Đệ tứ (Q). Các thành tạo magma trong khu vực An Lương bao gồm phức hệ Bảo Hà (vPR_{2bh}) và các đai mạch không rõ tuổi. Khu vực nghiên cứu có cấu trúc dạng một nếp lồi, trục nếp lồi kéo dài phương đông bắc – tây nam, bị chia cắt bởi hai hệ thống đứt gãy có phương á kinh tuyến và phương á vĩ tuyến. Hoạt động kiến tạo trong vùng phát triển rất mạnh mẽ (hình 1). Trong đó đáng quan tâm là các đứt gãy F₁, F₂, ...F₅. Có lẽ các đứt gãy F₁, F₂ là các đứt gãy đóng vai trò không chế sự

thành tạo các thân quặng đồng trong khu vực An Lương (?) [3].

Cấu tạo địa chất khu vực An Lương tương đối đơn giản bao gồm các đá thuộc hệ tầng Sa Pa. Thành phần chủ yếu là hoa dolomit, đá hoa calcit, đá phiến thạch anh sericit, clorit, đá phiến sét đen, đá phiến thạch anh biotit, đá phiến thạch anh mica có granat hạt nhỏ, xen kẹp các thấu kính quartzit.

Hệ tầng Sa Pa chiếm hơn 95% diện tích khu vực nghiên cứu. Dựa vào đặc điểm thạch học và quan hệ trên dưới có thể chia hệ tầng Sa Pa thành hai phân hệ tầng: Phân hệ tầng Sa Pa dưới (PR_{3sp1}) và phân hệ tầng Sa Pa trên (PR_{3sp2}). Trong đó phân hệ tầng trên được phân thành 5 tập [3] và đây cũng là đối tượng chứa quặng đồng trong khu vực nghiên cứu.

Kết quả nghiên cứu cho thấy khoáng hóa đồng phân bố chủ yếu trong các thành tạo đá vôi, đá vôi dolomit, đá hoa dolomit bị thạch anh hóa, đá phiến thạch anh sericit, đá vôi xen dolomit và ít hơn là trong các đá phiến thạch anh - sericit đôi chỗ có chứa vật chất than. Trong đó, lớp đá vôi dolomit và đá vôi xen dolomit bị thạch anh thuộc phân hệ tầng Sa Pa (PR_{3sp2}) trên là đối tượng chứa quặng đồng có triển vọng nhất trong khu vực (hình 1).

3. Đặc điểm quặng hóa đồng khu vực An Lương

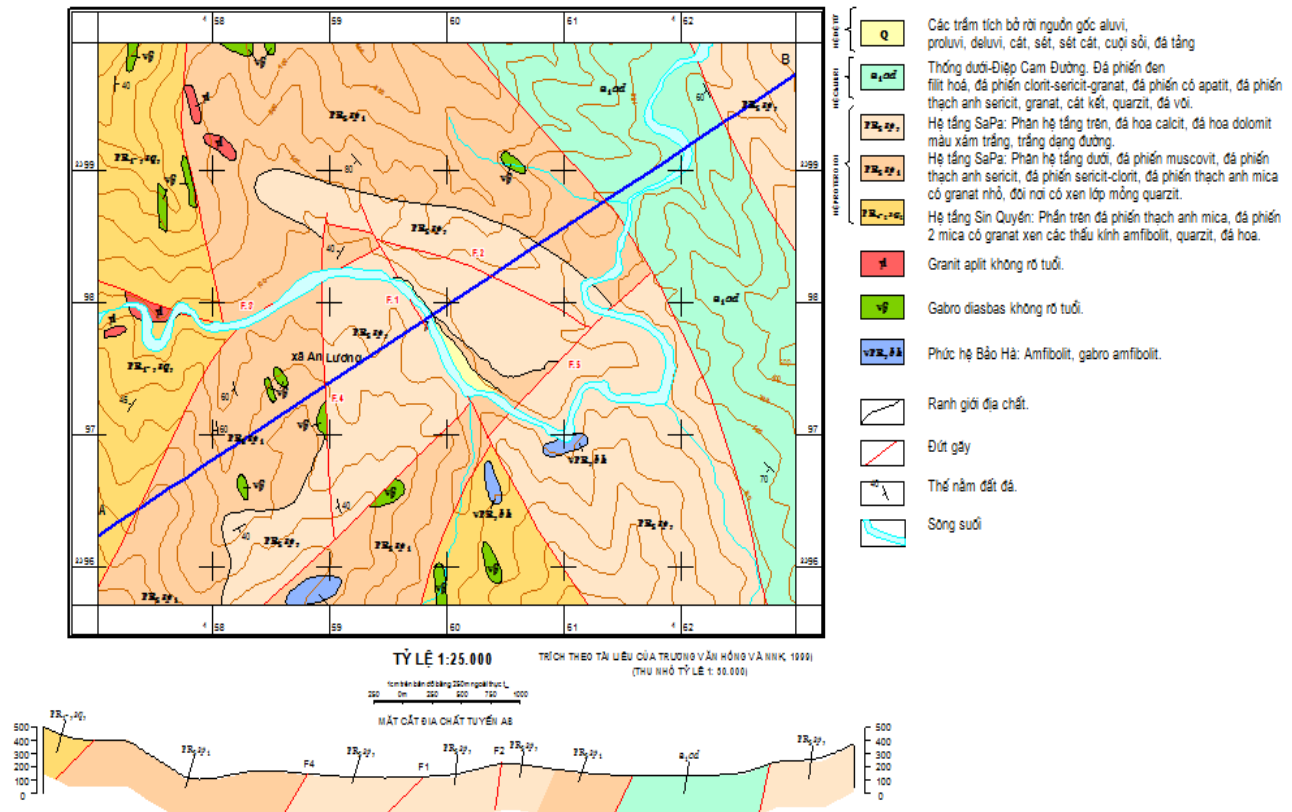
3.1. Đặc điểm phân bố, hình thái, kích thước các thân quặng

a. Đặc điểm phân bố

Tổng hợp tài liệu thăm dò và các kết quả nghiên cứu trước cho thấy tồn tại các kiểu quặng sau:

- Kiểu thứ nhất: Bao gồm các thân quặng dạng mạch đơn lẻ hoặc tập hợp mạch thạch anh chứa quặng lấp đầy khe nứt phân bố trong đá hoa dolomit và đá vôi dolomit bị thạch anh hóa. Đặc trưng cho kiểu phân bố này là chùm thân quặng 2.

- Kiểu thứ hai: Gồm quặng xâm tán là chủ yếu hoặc các vi mạch thạch anh chứa khoáng hóa đồng phân bố trong đá vôi vi hạt tái kết tinh, đá dolomit, đá hoa dolomit bị thạch anh hóa (V185, VL88, LK4, LK7, LK8...). Đây là kiểu phân bố quặng đồng đặc trưng của toàn khu vực nghiên cứu.



Hình 1. Sơ đồ địa chất vùng Văn Chấn, tỉnh Yên Bái

- Kiểu thứ ba: Bao gồm các mạch quặng hoặc quặng hóa đồng dạng xâm nhiễm phân bố trong đá phiến bị chlorit hóa, sericit hóa, thạch anh hóa.

Trong khu vực nghiên cứu, quặng hóa chủ yếu thuộc kiểu phân bố 1 và kiểu phân bố 2.

b. Đặc điểm hình thái, kích thước các thân quặng

Kết quả thăm dò (2012) khu vực khe Cam đã khoan nổi được 11 thân quặng công nghiệp thuộc 3 chòm thân quặng: chòm thân quặng 2, chòm thân quặng 3, chòm thân quặng 4 và thân quặng 5. Các thân quặng cắm đơn nghiêng về đông bắc với góc dốc 45 – 60⁰, thuộc loại thân quặng cắm dốc đến dốc đứng [3].

- **Chòm thân quặng 2:** Phân bố trong đá hoa dolomit và đá vôi tái kết tinh, đá dolomit bị thạch anh hóa, thuộc phần thấp nhất của phân hệ tầng Sa Pa trên. Dựa vào thể nằm và kết quả lấy mẫu hóa, đã khoan nổi được 4 thân quặng công nghiệp, ký hiệu TQ2-1, TQ2-2, TQ2-3, TQ2-4 và một số thấu kính nhỏ. Các thân quặng dạng mạch, thấu kính, kéo dài từ 150 đến 530m, chiều dày các thân quặng trung bình biến đổi từ 8,02m đến 9,83m. Hàm lượng Cu trung bình trong các thân quặng biến đổi từ 0,754% đến 0,880%.

- **Chòm thân quặng 3:** Phân bố trong đá vôi vi hạt tái kết tinh hạt nhỏ, bị thạch anh hóa nhẹ, xen kẹp các lớp dolomit và thuộc phần thấp của lớp 3, phân hệ tầng Sa Pa trên. Dựa vào điều kiện thể nằm, quan hệ của quặng với đá vây quanh và kết quả phân tích mẫu hóa đã khoan nổi được 6 thân quặng, ký hiệu TQ3-1, TQ3-1A, TQ3- 2, TQ3-3, TQ3-2A TQ3-4 và một số thấu kính nhỏ. Các thân quặng có dạng mạch, thấu kính, kéo dài từ 85 đến 370m, chiều dày trung bình các thân quặng biến đổi từ 7,48m đến 18,51m. Hàm lượng Cu trung bình trong các thân quặng biến đổi từ 0,655% đến 1,090%.

- **Chòm thân quặng 4:** Chòm thân quặng 4 phân bố trong đá dolomit nghèo vôi, đá vôi vi hạt bị dolomit hóa và thạch anh hóa nhẹ thuộc phần trên của lớp 3 phân hệ tầng dưới của hệ tầng Sa Pa. Dựa vào điều kiện thể nằm, kết quả phân tích mẫu hóa và quan hệ của quặng với đá vây quanh đã khoan nổi được 3 thân quặng ký hiệu TQ4- 1, TQ4- 1a, TQ4- 2. Trong đó có thân quặng TQ4- 1 và TQ4- 2 là có giá trị công nghiệp. Các thân quặng có dạng mạch, thấu kính, kéo dài từ 153 đến 305m, chiều dày trung bình các thân quặng biến đổi từ 10,29m đến

11,08m. Hàm lượng Cu trung bình trong các thân quặng biến đổi từ 0,740% đến 0,868%.

- **Thân quặng 5:** Phân bố trong đá hoa dolomit bị thạch anh hóa thuộc phân thập của tập 3. Thân quặng kéo dài khoảng 280m theo phương tây bắc – đông nam, theo hướng cắm kéo dài từ 27 đến 55m. Thân quặng nằm dưới lớp phủ dày 1,5m đến 4,5m. Trên mặt thân quặng được khống chế bởi các hào H18, H23, H28, H33, AH51. Dưới sâu thân quặng được khống chế bởi các lỗ khoan LK28, LK33. Thân quặng cắm về đông bắc với góc dốc thay đổi từ 45 – 55⁰. Chiều dày thân quặng thay đổi từ 2,3m đến 20,35m, trung bình 9,22m, biến đổi thuộc loại không ổn định (V= 78,2%). Hàm lượng quặng đồng trong thân quặng dao động từ 0,268% đến 1,482%, trung bình 0,850%; biến đổi thuộc loại đồng đều (V= 39,12%).

3.2. Đặc điểm thành phần vật chất

3.2.1. Đặc điểm thành phần khoáng vật

Trên cơ sở tổng hợp kết quả nghiên cứu từ các phương pháp khác nhau như khoáng tương, lát mỏng, giã đãi ..., kết hợp với kết quả trong báo cáo đánh giá quặng đồng, vàng Làng Phát – An Lương của Liên đoàn Địa chất Tây Bắc (năm 1999) cho thấy quặng đồng khu An Lương có các khoáng vật quặng và phi quặng sau đây:

a. Nhóm khoáng vật tạo quặng

Khoáng vật chứa đồng chính là chalcopirit, bornit, chalcozin và một lượng nhỏ là khoáng vật covelin và malachit, limonit.

- **Chalcopirit** (CuFeS_2): Là khoáng vật quặng chủ yếu và phổ biến của khu An Lương, chiếm tỷ lệ 1-10% mẫu, có mẫu đạt 22%. Kích thước các hạt rất khác nhau, từ loại hạt rất nhỏ (<0,01mm) đến loại hạt có kích thước >0,5mm (hạt lớn chiếm tỷ lệ ít). Các tinh thể chalcopirit có dạng hạt tha hình méo mó, dạng hạt kéo dài lồi lõm, đôi khi cũng thấy chúng ở dạng hạt góc cạnh tha hình, nửa tự hình. Chalcopirit thường tập trung thành ổ nhỏ đặc xít, hay xâm tán dày, thưa trong đá hoa dolomit bị thạch anh hóa, hoặc lấp đầy khe nứt tạo thành các mạch nhỏ trong đá, đặc biệt chalcopirit thường có mặt trong bornit dưới dạng kiến trúc phá huỷ dung dịch cứng rất đặc trưng dạng tấm đan chéo. Nhiều hạt chalcopirit bị cà nát, nứt nẻ; trong các kẽ nứt

được lấp đầy limonit, covelin. Đôi khi chalcopirit được thành tạo trong các vi mạch thạch anh. Chalcopirit đi cùng với bornit như là một tổ hợp cộng sinh khoáng vật đặc trưng của khu vực nghiên cứu (xem ảnh 3, 4). Ngoài dạng phá huỷ dung dịch cứng điển hình như đã nêu trên, mối quan hệ giữa chalcopirit và bornit rất bình đẳng, chúng tỏ chúng cùng được thành tạo. Chalcopirit bị biến đổi thứ sinh ở các mức độ khác nhau, một số mới chỉ biến đổi ven rìa các hạt chalcopirit hoặc dọc theo khe nứt để biến thành covelin hoặc malachit.

- **Bornit:** (Cu_5FeS_4): ít phổ biến hơn chalcopirit, chúng có mặt trong các thân quặng dưới dạng các hạt xâm tán đơn lẻ, thưa thớt trong đá đến các ổ xâm tán đi cùng với chalcopirit. Thông thường bornit chiếm tỷ lệ ít đến 3%. Bornit thành tạo dưới dạng hạt nhỏ tha hình có khi tự hình, kích thước hạt thay đổi từ 0,01 đến 0,5mm. Ngoài ra còn có những hạt bornit rất nhỏ (kích thước <0,01mm), loại này thường xâm tán trong đá, chúng có dạng tấm tạo thành kiến trúc ô mạng cùng với chalcopirit hay tạo thành dạng kim que (ảnh 3), kiến trúc tha hình. Nhiều dạng bornit bị biến đổi thành covelin, limonit ở ven rìa hay theo khe nứt của chúng.

- **Pyrit:** là khoáng vật ít phổ biến, tập trung dưới dạng hạt nhỏ tha hình với kích thước rất khác nhau từ 0,02-0,5mm. Pyrit thường đi cùng với chalcopirit, bornit trong các mạch thạch anh hay dolomit. Có thể chia làm hai thể hệ:

+ Thể hệ I: đi cùng với magnetit và hematit, loại này thường tự hình.

+ Thể hệ II: đi cùng với chalcopirit và bornit, loại này có kích thước hạt nhỏ hơn; kiến trúc hạt tha hình, cấu tạo xâm tán, thường phân bố ở rìa bao quanh chalcopirit và bornit.

- **Rutil:** Có ít, kích thước < 0,1 mm xâm tán rải rác trên nền mẫu.

- **Chalcozin:** Chỉ gặp trong một số mẫu với hàm lượng thấp, có thể chia thành 2 loại:

+ Chalcozin nguyên sinh thường hay đi cùng chalcopirit, bornit và có quan hệ đồng sinh với nhau.

+ Chalcozin thứ sinh thường gặp trong đám chalcopirit, bornit bị biến đổi và chúng thường đi cùng với covelin, có khi bao ngoài hạt chalcopirit.

- *Covelin*: gặp rất ít trong mẫu với hàm lượng thấp (ảnh 3).

Các khoáng vật trên đới thứ sinh của đồng: chủ yếu là malachit, covelin, ít hơn là chalcozin, nhưng gặp rất ít trong các mẫu với số lượng không đáng kể.

- Malachit dạng tấm sợi tỏa tia nằm xen trong limonit, hoặc dạng keo, chúng tạo thành ổ nhỏ hoặc tạo thành các vi mạch lấp nhét vào kẽ nứt của đá, xen vào ranh giới cát khai của khoáng vật phi quặng (ảnh 2). Một số ngấm hoặc bám vào ranh giới hạt phi quặng hoặc bám trên bề mặt phân phiến của đá.

- Vàng: Trong một số mẫu già đã gặp 1 - 3 hạt vàng tự sinh, kích thước hạt vàng $0,05 \times 0,05 \times 0,05 \text{ mm}$.

b. Nhóm khoáng vật phi quặng

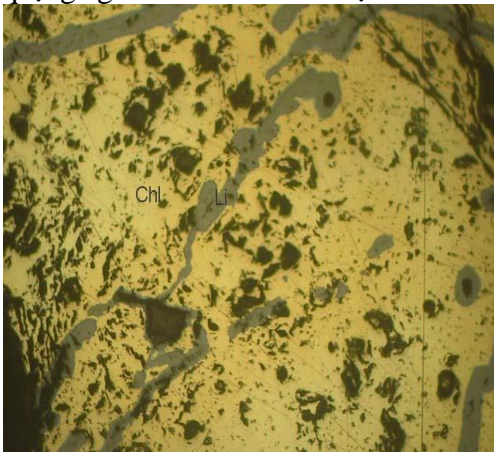
Phổ biến có dolomit, thạch anh, calcit và ít khoáng vật phụ zircon, leucocxen, sericit, chlorit... Đặc trưng các khoáng vật phi quặng chính trong quặng nghiên cứu mô tả sơ lược như sau:

- *Dolomit*: dạng hạt tự hình, nửa tự hình, kích thước 0,1 - 0,7 mm, nhiều chỗ tái kết tinh thành hạt lớn đến thô 1 - 6 mm, không màu, giả hấp phụ rõ, cắt khai hoàn toàn, giao thoa trắng bậc cao.

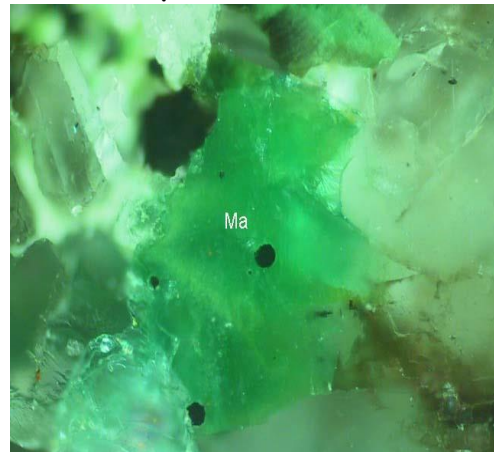
- *Calcit*: chủ yếu dạng hạt nhỏ ranh giới rõ ràng, kích thước không đều thay đổi từ (0,05x0,07) – (0,5x0,5) mm, bị ép sắp xếp định hướng. Calcit nhìn chung không màu, bề mặt khá sạch, giao thoa trắng bậc cao có ánh xà cừ, song tinh đa hợp rõ. Lấp đầy ranh giới giữa các hạt calcit này là calcit dạng vi hạt (phần vôi tàn dư).

- *Thạch anh*: dạng hạt méo mó kích thước không đều thay đổi từ (0,07x0,1) – (0,5x0,5) mm có xu thế tập trung thành dải kéo dài theo phương định hướng. Thạch anh không màu, mặt sạch, giao thoa xám sáng bậc một tắt lờn sóng rõ.

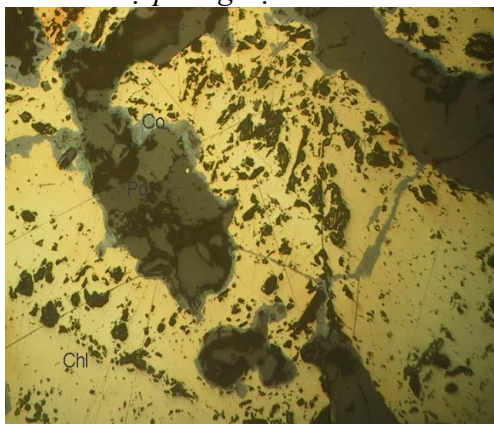
- *Muscovit*: có dạng tấm nhỏ kéo dài theo phương định hướng, không màu, mặt sạch, giao thoa xanh đỏ bậc 2.



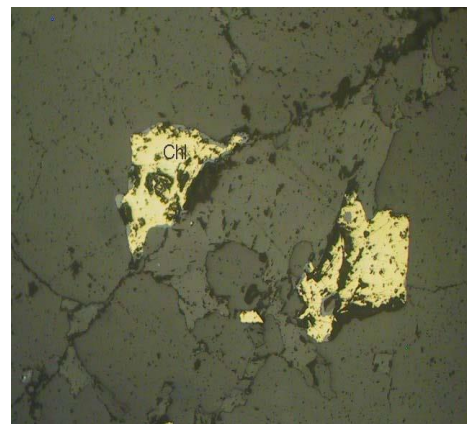
Ảnh 1. Li - limonit, Chl - chalcopyrit; độ phóng đại: 100 lần



Ảnh 2. Ml- Malachit; độ phóng đại: 100 lần



Ảnh 3. Chl - chalcopyrit, Bo - bornit, Co - covellin; độ phóng đại: 100 lần



Ảnh 4. Chl - chalcopyrite; độ phóng đại: 100 lần

3.2.2 Đặc điểm thành phần hóa học

a. Đặc điểm phân bố, dạng tồn tại một số nguyên tố chính trong quặng

Kết quả phân tích hóa toàn diện, giả đãi cho thấy ngoài đồng, trong quặng còn có một số các nguyên tố đi kèm như Fe, Pb, Zn, Au, Ag... Trong đó, nguyên tố Fe tồn tại chủ yếu ở dạng khoáng vật như pyrit, ilmelit, gotit xâm tán, hàm lượng Fe dao động từ 0,36 đến 0,68%, trung bình 0,51%, phân bố thuộc loại đồng đều. Ngược lại, nguyên tố Pb, Zn tồn tại chủ yếu ở dạng khoáng vật như sphalerit, galenit, hàm lượng Pb dao động từ 0,001% đến 0,068 %, trung bình 0,016 %, phân bố thuộc loại không đồng đều. Hàm lượng Zn dao động từ 0,005% đến 0,122%, trung bình 0,046%, phân bố thuộc loại không đồng đều. Ngoài ra còn có Au tự sinh và Ag. Trong đó, hàm lượng Au từ <0,1 đến 0,4 g/T, trung bình 0,16g/T; hàm lượng Ag từ <1 đến 3,4 g/T, trung bình 1,4g/T.

b. Mối liên quan của Cu với các nguyên tố trong quặng

Để đánh giá đặc điểm phân bố thống kê và mối quan hệ tương quan giữa các nguyên tố trong quặng, tác giả sử dụng phương pháp toán thống kê. Nội dung các bước tiến hành như sau:

* *Xác định các thông số thống kê theo các công thức sau:*

- Giá trị trung bình (\bar{C}):

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} \quad (1)$$

- Phương sai (σ^2):

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n - 1} \quad (2)$$

- Hệ số biến thiên (V_c):

$$V_c = \frac{\sigma}{\bar{C}} \times 100(\%) \quad (3)$$

Trong các công thức 1, 2, 3: + C_i : hàm lượng mẫu thứ i

+ n: số lượng mẫu nghiên cứu

+ σ : quân phương sai ($\sigma = \sqrt{\sigma^2}$)

* *Xác định hệ số tương quan cặp giữa các nguyên tố áp dụng công thức sau:*

$$R_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

trong đó: + x_i, y_i : hàm lượng mẫu thứ i;

+ \bar{x}, \bar{y} : hàm lượng trung bình;

+ n: số lượng mẫu nghiên cứu.

Kết quả tính thống kê (công thức 1, 2, 3) cho thấy hàm lượng đồng khu vực An Lương biến đổi từ <0,003% đến 8,67%, trung bình 0,605%, hàm lượng đồng biến thiên thuộc loại không đồng đều ($V > 90\%$). Kết quả tính toán trên cho thấy hàm lượng đồng khu vực An Lương thuộc loại trung bình.

Kết quả nghiên cứu mối tương quan giữa các nguyên tố theo kết quả phân tích mẫu hóa toàn diện tổng hợp ở bảng 1.

Bảng 1. Kết quả nghiên cứu mối tương quan giữa các nguyên tố trong quặng đồng khu vực An Lương

	Cu	Fe	Pb	Zn
Cu	1,0			
Fe	0,25	1,0		
Pb	-0,14	-0,05	1,0	
Zn	0,06	0,10	0,30	1,0

Từ bảng 1 cho thấy Cu và Fe có mối tương quan thuận tương đối chặt chẽ, Pb và Zn có mối quan hệ tương quan thuận tương đối chặt chẽ. Tổ hợp Pb - Zn có mối quan hệ không chặt chẽ với các nguyên tố Cu, Fe.

Kết quả phân tích mối quan hệ tương quan thống kê nêu trên tương đối phù hợp với kết quả mẫu phân tích khoáng tương.

3.3. Đặc điểm cấu tạo và kiến trúc quặng

a. Đặc điểm cấu tạo quặng

Kết quả phân tích mẫu khoáng tương lấy trong khu An Lương cho thấy quặng cấu tạo xâm tán, vi mạch, mạch lấp đầy, ổ hoặc dạng vết bám theo mặt khe nứt của đá vôi tái kết tinh xen dolomit, đá hoa dolomit bị thạch anh hóa hoặc dạng mạch, ổ đi cùng mạch thạch anh nhiệt dịch lấp đầy khe nứt trong đá hoa dolomit và đá vôi dolomit bị thạch anh hóa, hoặc trong đá phiến thạch anh - sericit, phiến thạch anh - sericit - chlorit.

Đặc trưng cho cấu tạo dạng dải là các khoáng vật chalcopyrit, pyrit, các khoáng vật covelin, bornit, chalcopyrit tạo thành dạng ổ

nhỏ phân bố rải rác trong nền đá vôi tái kết tinh, đá hoa dolomit bị thạch anh hóa.

b. Đặc điểm kiến trúc quặng

Quặng đồng khu vực An Lương chủ yếu có kiến trúc dạng hạt tha hình méo mó, nửa tự hình, hạt nhỏ, ít phổ biến hơn là kiến trúc găm mòn thay thế hoặc lấp đầy các khe nứt và kiến trúc dạng vành riềm.

Đặc trưng cho kiến trúc hạt tha hình là các khoáng vật chalcopyrit, covelin, bornit, ..., kiến trúc hạt nửa tự hình chủ yếu là pyrit, chalcopyrit.

Kiến trúc găm mòn thay thế chủ yếu gặp ở các mẫu có chalcopyrit và bornit găm mòn thay thế lẫn nhau.

Kiến trúc dạng vành riềm gặp chủ yếu ở các mẫu có covelin thứ sinh bị biến đổi từ chalcopyrit, chúng thường tạo thành vành riềm bao quanh các khoáng vật chalcopyrit.

3.4. Thứ tự sinh thành và tổ hợp cộng sinh khoáng vật

Kết quả phân tích khoáng tương cho phép xác định các tổ hợp cộng sinh khoáng vật. Chúng được xác định chủ yếu dựa vào điều kiện địa chất, hình thái quan hệ biểu hiện của các khoáng vật trong quặng và đặc điểm hình thái, nguồn gốc và mối quan hệ của chúng.

Trên cơ sở nghiên cứu thành phần khoáng vật, các đặc điểm hình thái, kích thước, mối quan hệ của chúng trong thân quặng cũng như cấu tạo, kiến trúc quặng có thể chia quá trình tạo quặng thành các thời kỳ và giai đoạn tạo quặng như sau:

a Thời kỳ nhiệt dịch

+ Giai đoạn I

Tổ hợp cộng sinh: thạch anh – pyrit (I) – chalcopyrit (I)- bornit – pyrotin

Các khoáng vật đi cùng: sfalerit, sericit, chlorit, calcit, ilmelit, rutin.

Đá chứa quặng: đá vôi dolomit, đá hoa dolomit, đá vôi tái kết tinh.

Hiện tượng biến đổi: thạch anh hóa, sericit hóa, chlorit hóa.

Quặng xâm tán, ổ, mạch.

Kiến trúc tha hình, nửa tự hình, găm mòn.

Quặng giai đoạn này có ý nghĩa công nghiệp chính là đồng, tạo ra kiểu quặng chalcopyrit- bornit.

+ Giai đoạn II

Tổ hợp cộng sinh khoáng vật pyrit (II)- chalcopyrit (II) - calcit.

Các khoáng vật đi cùng có sericit, chlorit, ngoài ra còn có thạch anh, bornit.

Đá chứa quặng là đá vôi dolomit, đá hoa dolomit, đá vôi tái kết tinh, đá phiến.

Hiện tượng biến đổi: calcit hóa, thạch anh hóa, sericit hóa và chlorit hóa.

Quặng xâm tán, ổ mạch nhỏ. Kiến trúc tha hình, nửa tự hình.

Theo kết quả phân tích mẫu bao thể (1999) [1], nhiệt độ thành tạo tương ứng $165 \div 225^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ thành tạo thuộc loại trung bình thấp.

b. Thời kỳ ngoại sinh (phong hóa) - Giai đoạn III

Tổ hợp cộng sinh khoáng vật: oxit và hydroxit.

Các khoáng vật chủ yếu: limonit, ngoài ra trong đới oxy hóa còn gặp các khoáng vật: gotit, hydrohematit, chalcozin, covelin, malachit...

Quặng tập hợp ổ, túi, kiến trúc keo.

Quặng oxy hóa ít có triển vọng vì bề dày đới oxy hóa mỏng.

Thứ tự sinh thành các khoáng vật tổng hợp ở bảng 2.

3.5. Các quá trình biến đổi nhiệt dịch

Các đá chứa quặng và đá vây quanh quặng ở khu An Lương chủ yếu là các hiện tượng biến đổi thạch anh hóa trong đá vôi tái kết tinh, đá dolomit hoặc đá hoa dolomit khá phổ biến quanh các thân quặng và hiện tượng chlorit hóa, sericit hóa, thạch anh hóa phổ biến trong các đá phiến thạch anh - sericit, thạch anh - sericit - chlorit.

3.6. Sơ bộ nhận định về nguồn gốc quặng đồng khu vực An Lương

Từ kết quả nghiên cứu trình bày trên, cho phép nhận định về nguồn gốc quặng đồng khu vực An Lương như sau:

- Quặng có tổ hợp cộng sinh khoáng vật thạch anh – pyrit - chalcopyrit – bornit – pyrotin (I) và calcit – pyrit – chalcopyrit (II). Quặng dạng mạch, vi mạch đi với thạch anh; dạng ổ, dạng giả phiến thay thế trong đá (dạng xâm tán). Hiện tượng biến đổi nhiệt dịch kèm theo thạch anh hóa, chlorit hóa, sericit, dolomit hóa, calcit hóa.

- Căn cứ vào kết quả phân tích mẫu bao thể cho thấy nhiệt độ thành tạo từ 165 - 225°C ứng với kiểu nhiệt độ trung bình thấp.

Với các dẫn chứng trên, theo chúng tôi quặng đồng khu vực An Lương xếp vào kiểu nguồn gốc quặng nhiệt dịch nhiệt độ trung bình thấp là hợp lý.

Bảng 2. Bảng thứ tự sinh thành các khoáng vật trong quặng đồng khu vực An Lương

Thời kỳ tạo quặng	Nhiệt dịch		Phong hóa
GĐ tạo quặng	I	II	III
Tổ hợp CSKV Khoáng vật	Thạch anh – pyrit - chalcopyrit-bornit- pyrotin	Calcit - pyrit – chalcopyrit	Oxit - hydroxit
Inmelit	_____		
Rutin	_____		
Thạch anh	_____	_____	
Dolomit	_____	-----	
Pyrit I	_____		
Pyrotin	-----		
Chalcopyrit I	_____		
Bornit	_____	-----	
Sfalerit	-----		
Sericit	_____	-----	
Chlorit	-----	_____	
Calcit	_____	_____	
Pyrit II	_____	_____	
Chalcopyrit II	_____	_____	
Malachit			-----
Chalcozin			-----
Covelin			-----
Limonit			_____
Tổ hợp CS nguyên tố	Cu, Fe, Si, S, Mg, Al, Ca	Ca, Si, Cu, Fe, S, Mg, Al	Si, Fe, Mg, Ca, Al, S
Các hiện tượng biến đổi đá vây quanh	Thạch anh hóa, sericit hóa, chlorit hóa.	Calcit hóa, thạch anh hóa, chlorit hóa, sericit hóa	Oxit hóa, hydroxit hóa

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho phép rút ra một số kết luận sau:

- Khu vực An Lương, tỉnh Yên Bái có cấu trúc địa chất tương đối phức tạp với sự có mặt của các thành tạo thuộc hệ tầng Sin Quyền (PR_{1-2sq2}), hệ tầng Sa Pa (PR_{3sp}); hệ tầng Cam Đường (ε_{1cd}); hệ Carbon thống dưới - thống giữa và hệ Đệ tứ (Q). Hoạt động kiến tạo diễn ra tương đối mạnh mẽ đặc biệt là đứt gãy, có thể đây là tác nhân và đường dẫn quặng của khu vực nghiên cứu (?).

- Quặng phân bố trong đá vôi tái kết tinh, đá hoa dolomit bị thạch anh hóa thuộc phân hệ tầng trên hệ tầng Sa Pa (PR_{3sp2}). Quặng cấu tạo xâm tán, vi mạch, mạch lấp đầy, ổ hoặc dạng vết bám theo mặt khe nứt của đá vôi tái kết tinh xen dolomit, đá hoa dolomit bị thạch anh hóa hoặc dạng mạch, ổ đi cùng mạch thạch anh nhiệt dịch lấp đầy khe nứt trong đá hoa dolomit và đá vôi dolomit bị thạch anh hóa, hoặc trong đá phiến thạch anh - sericit, phiến thạch anh - sericit - chlorit.

- Các thân quặng trong khu vực nghiên cứu phổ biến dạng mạch, mạch thấu kính hoặc chuỗi mạch thấu kính. Các thân quặng cắm đơn

ngiên về đông bắc với góc dốc 45 - 60°, chiều dày dao động từ 2,3 - 20,35 m, trung bình 7,5 - 18,5m; phân bố thuộc loại không ổn định. Các thân quặng thuộc quy mô nhỏ đến trung bình. Hàm lượng đồng khu vực An Lương biến đổi từ <0,003% đến 8,67%, trung bình 0,605%. Hàm lượng đồng trong các thân quặng phân bố chủ yếu thuộc loại không đồng đều.

- Quặng đồng khu vực An Lương thuộc thành tạo nhiệt dịch nhiệt độ trung bình thấp. Thành phần khoáng vật quặng chủ yếu là chalcopirit, pyrit, bornit, covelin... Tổ hợp cộng sinh khoáng vật đặc trưng là thạch anh - pyrit - chalcopirit - bornit - pyrotin (I); calcit - pyrit - chalcopirit (II), thuộc thời kỳ nhiệt dịch và tổ hợp oxit - hydroxit (III), thuộc thời kỳ phong hóa. Trong 3 giai đoạn tạo quặng trên thì quặng được thành tạo ở giai đoạn 1 và giai đoạn 2 là có ý nghĩa công nghiệp.

- Ngoài đồng, trong các thân quặng còn có các nguyên tố đi kèm như Au, Ag, Pb, Zn...

Đây là những khoáng sản đi cùng có giá trị cần được quan tâm nghiên cứu ở các giai đoạn tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trương Văn Hồng và nnk, 1999. Báo cáo Đánh giá đồng - vàng Làng Phát - An Lương, Yên Bái.
- [2]. Nguyễn Phương, 2007. Bài giảng Mô hình hóa các tính chất của khoáng sản và phương pháp thăm dò mỏ. Trường Đại học Mỏ - Địa chất.
- [3]. Nguyễn Phương và nnk, 2012. Báo cáo thăm dò quặng đồng khu vực Khe Cam, xã An Lương, huyện Văn Chấn, tỉnh Yên Bái.
- [4]. Đoàn Intergeo 4, 2009. Đề án thăm dò quặng đồng khu vực Khe Cam xã An Lương, huyện Văn Chấn, tỉnh Yên Bái.
- [5]. Viện khoa học vật liệu - Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 2011. Báo cáo Nghiên cứu công nghệ tuyển quặng đồng An Lương, Yên Bái.

SUMMARY

Some findings about the characterization of copper ore in An Luong area, Yen Bai province

Nguyen Phuong, Nguyen Thi Cuc, *University of Mining and Geology*

Nguyen Thi Thu Hang, *CODECO*

The paper introduces new findings on copper characteristics of AnLuong area. Results can be summarized as follow.

- Copper minerals in study area have unique characteristics and can be divided into three categories. Copper ores are mostly concentrated in the first two categories. The ores are distributed in recrystallization limestone, dolomite marble with quartz alteration or chlorite schist, sericitic alteration, quartz alteration, where the ore bodies in recrystallization limestone, dolomite marble with quartz are highly prospective.

- The ore bodies of industrial value are in network type or lens, with stable to inconstant depth, small to medium in size. Copper contents are ranging fro <0.003% to 8.67%, with average 0.605% and inhomogeneous distribution.

- Ore structures are in distributed type, filled network, knobs or sticking on fracture surfaces. Copper ores are hydrothermal at low to low-medium temperature. The minerals are mostly chalcopirite, pyrite, bornite, coveline...

- Mineral conjunctive combinatory is quartz-pyrite-chalcopirite-bornite-pyrotine (I), calcite-pyrite-chacopirite (II), belonging to hydrothermal type and oxide -hydroxide (III), belonging to weathered type. Among these 3 mineral generations, the first 2 have industrial value.

- Beside copper, the ore bodies are also contained Au, Ag, Pb, Zn... These are valuable accompany minerals and it needs to be surveyed in next stages to elevate the economic value of the mines and to protect the nature environment for sustainable development.