

CẤU TRÚC ĐỊA CHẤT VÀ TIỀM NĂNG QUẶNG Pb-Zn DẠNG GIẢ TẦNG MIỀN ĐÔNG BẮC BỘ

NGUYỄN ANH TUẤN

Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, 6 Phạm Ngũ Lão, Hà Nội.

Tóm tắt: Ở miền Đông Bắc Bộ đã ghi nhận được nhiều mỏ, điểm quặng chì-kẽm dạng giả tầng như Sỹ Bình, Bản Lìm, Phia Đăm, Bản Bó, Khuổi Giang và Yên Thổ. Trong bài báo này đã mô tả đặc điểm cấu trúc địa chất, thành phần khoáng vật quặng, đặc điểm địa hoá và mô hình thành tạo quặng của các mỏ chì-kẽm dạng giả tầng miền Đông Bắc Bộ.

Các mỏ chì-kẽm dạng giả tầng miền Đông Bắc Bộ phân bố gần theo đứt gãy sâu phân đới, các đứt gãy chủ yếu có phương TB-ĐN, đóng vai trò như những kênh dẫn quặng, tạo thành các mỏ, điểm quặng phân bố ở các tỉnh Thái Nguyên, Tuyên Quang, Bắc Cạn, Cao Bằng và Hà Giang. Các thân quặng dạng vỉa được thành tạo chủ yếu trong các tầng đá vôi bị biến đổi nhiệt dịch (dolomit hóa, calcit hóa, thạch anh hóa), là tầng đá thuận lợi cho tạo quặng chì-kẽm. Đa số các mỏ này phân bố ở cánh của nếp lồi nằm gần những đứt gãy nhánh có thể nằm thoải, trong các đới dập vỡ, mặt ép, mặt lớp, nằm chỉnh hợp với đá vây quanh có cấu trúc đơn nghiêng dạng tuyến hoặc trong các tập đá carbonat nằm dưới các lớp đá phiến sét-sericit, đá phiến thạch anh - mica có vai trò là màn chắn.

Các khoáng vật quặng được hình thành theo phương thức trao đổi thay thế đá biến đổi vây quanh và các khoáng vật quặng của giai đoạn trước. Tổ hợp cộng sinh chủ yếu gồm sphalerit, galenit, pyrit, pyrrhotin. Các khoáng vật thứ sinh là goethit, hydrogoethit, anglesit, smithsonit, ... Quặng hóa có cấu tạo dạng xâm tán, dạng ổ, dạng thấu kính lấp đầy khe nứt. Các thân quặng có dạng vỉa kéo dài không liên tục nằm chỉnh hợp với đá vây quanh.

I. KHÁI QUÁT VỀ QUẶNG CHÌ-KẼM Ở ĐÔNG BẮC BỘ

Quặng chì-kẽm thuộc nhóm khoáng sản kim loại cơ bản và là khoáng sản có ý nghĩa quan trọng trong sự phát triển kinh tế quốc dân. Việc khai thác và sử dụng quặng chì-kẽm trên thế giới cũng như ở Việt Nam có lịch sử lâu đời. Trong thành phần quặng, ngoài 2 nguyên tố Pb và Zn có giá trị công nghiệp, thường có các kim loại đi kèm có giá trị kinh tế như: Cu, Cd, Ag, Se, Te, Sn, Mo, Ge,

Miền Đông Bắc Bộ được coi là nơi tập trung phần lớn các mỏ chì-kẽm có giá trị công nghiệp của Việt Nam. Quặng hóa tập trung chủ yếu dọc theo các hệ thống đứt gãy Sông Đáy, Sông Cầu, Đường 13A, Sông Thương. Ngoài ra, chúng còn phân bố ở các vòng kiến tạo Tòng Bá - Bắc Mê và một số nơi ở nếp lồi Bắc Cạn. Theo phân vùng kiến tạo của Dương Đức Kiêm, Phan Văn Quýnh (2003) có thể xác lập ở miền Đông Bắc Bộ 4 vùng quặng chì-kẽm: Lô-Gâm, Lang Hít, Ngân Sơn và Đồng Mỏ.

Nguyễn Huy Sính [3] đã đề xuất phân loại quặng hóa chì-kẽm theo mô hình “Kiểu quặng hóa”. Trên cơ sở nghiên cứu 160 mỏ, điểm quặng, đã phân chia ra 5 kiểu quặng hóa sau:

1. Kiểu quặng hóa đa kim liên quan với phức hệ xâm nhập phun trào kiểu vỏ lục địa P-T (?); kiểu Na Sơn (Tòng Bá).

- Kiểu quặng hóa liên quan với thành hệ granitoid J-K₁ vỏ lục địa; kiểu Chợ Điền - Ngân Sơn.

- Kiểu quặng hóa liên quan với phụ thành hệ granitoid vỏ chuyển tiếp K-E; kiểu Lang Hít.
- Kiểu quặng hóa Sỷ Bình là loại quặng hóa dạng giả tầng.
- Kiểu quặng hóa Phia Khao là loại quặng hóa gồm các đồng quặng eluvi trong các phếu karst của đá carbonat.

II. MÔ TẢ MỘT SỐ MỎ VÀ ĐIỂM QUẶNG CHÌ-KẼM DẠNG GIẢ TẦNG MIỀN ĐÔNG BẮC BỘ

1. Đối quặng chì-kẽm Sỷ Bình - Đèo Giàng

1.1. Địa tầng: Vùng Sỷ Bình - Đèo Giàng thuộc phần rìa phía tây khối cấu trúc Thái Nguyên - Bắc Sơn, giáp đới cấu tạo Tòng Bá - Phú Ngũ. Đối quặng kéo dài phương B-N, dọc phía tây đứt gãy phân đới có cấu trúc địa chất khá phức tạp. Tham gia vào cấu trúc địa chất vùng nghiên cứu có các trầm tích của các hệ tầng Phú Ngũ (O-S *pn*), Cốc Xô (D₁ *cx*) và Ngân Sơn (D₁₋₂ *ns*).

- *Hệ tầng Phú Ngũ (O-S *pn*):* phân bố ở phía tây vùng Sỷ Bình, thuộc cánh phía tây đứt gãy nghịch dọc Quốc lộ 3. Thành phần thạch học gồm chủ yếu là đá phiến sét màu xám, xám lục xen các lớp bột kết, cát kết hạt nhỏ. Dày 1.125 m.

- *Hệ tầng Cốc Xô (D₁ *cx*):* phân bố ở phía đông vùng nghiên cứu, tạo thành dải kéo dài từ Lãng Ngâm đến tây Nguyên Phúc. Thành phần thạch học gồm đá vôi, đá vôi kết tinh không đồng đều, màu xám sẫm, xám sáng, phân lớp dày, xen ít lớp mỏng đá phiến sét. Dày 1.520 m.

- *Hệ tầng Ngân Sơn (D₁₋₂ *ns*):* phân bố ở trung tâm vùng nghiên cứu, kéo dài phương B-N từ bắc Bản Kết đến Sỷ Bình và mở rộng về phía nam, gồm đá phiến sét-sericit, đá phiến thạch anh - sericit màu xám, đá phiến sét, cát bột kết xen đá vôi, sét vôi bị dolomit hóa. Dày 420 m.

Trong vùng nghiên cứu chưa gặp đá magma xâm nhập, nhưng ở Ngân Sơn gần vùng nghiên cứu, hoạt động magma xâm nhập thể hiện khá mạnh mẽ, bao gồm granit phức hệ Ngân Sơn và các mạch gabbro-diabas.

1.2. Cấu trúc: Các đá trong vùng bị phân cắt, dịch chuyển rất phức tạp. Có 3 hệ thống đứt gãy sau:

* *Hệ thống đứt gãy phương kinh tuyến:* gồm đứt gãy phân đới và đứt gãy Phia Khao - tây Nguyên Phúc.

- *Đứt gãy phân đới* cắt qua vùng nghiên cứu từ ngã ba Phủ Thông đến Nguyên Phúc (dọc quốc lộ 3), là ranh giới giữa đới cấu trúc Tòng Bá - Phú Ngũ và khối cấu trúc Bắc Thái - Bắc Sơn [5]. Theo tài liệu địa vật lý của [1] thì đây là đứt gãy nghịch cắm về phía tây góc dốc 70-80°. Dọc hai cánh đứt gãy phát triển các vi uốn nếp, các khe nứt, các mạch thạch anh.

- *Đứt gãy Phia Khao - tây Nguyên Phúc* kéo dài theo phương B-N, là ranh giới kiến tạo giữa hai hệ tầng Cốc Xô và Ngân Sơn. Biểu hiện của đứt gãy là vách địa hình cao và dốc, đá bị cả nát mạnh.

* *Hệ thống đứt gãy phương ĐB-TN:* đây là hệ thống đứt gãy phát triển mạnh trong địa hào và thường được giới hạn bởi các đứt gãy phương B-N, gây dịch chuyển các tập đá và quặng.

* *Hệ thống đứt gãy phương TB-ĐN:* gồm đứt gãy đông thị trấn Nà Phặc, đứt gãy dọc suối Nà Ca. Đây là hệ thống đứt gãy chủ yếu phát triển trong đới cấu trúc Thái Nguyên - Bắc Sơn.

1.3. Đặc điểm các thân quặng chì-kẽm: Đối quặng chì-kẽm Sỷ Bình - Đèo Giàng gồm hai điểm quặng: điểm quặng chì-kẽm Bản Kết và điểm quặng chì-kẽm Sỷ Bình.

- *Các thân quặng chì-kẽm ở Bản Két*: nằm cách thị trấn Nà Phặc 5 km về phía ĐN, có diện tích 1,7 km². Tại đây phân bố các trầm tích carbonat của hệ tầng Cốc Xô và trầm tích lục nguyên xen carbonat hệ tầng Ngân Sơn. Phát hiện được 3 thân quặng chì-kẽm phân bố tập trung trong đá vôi, sét vôi bị dolomit hoá của hệ tầng Ngân Sơn.

Các thân quặng kéo dài 450-550 m theo phương B-N, chiều dày 0,6-4,4 m. Quặng sulfur chì-kẽm dạng xâm tán, dạng mạch nhỏ khá đặc sít trong đá vôi bị dolomit hoá màu xám phớt hồng. Thân quặng dạng giả vôi nằm chỉnh hợp với đá vây quanh, trên quặng là đá phiến thạch anh màu nâu đỏ bị uốn lượn mạnh, dưới quặng là đá vôi xen đá phiến vôi (Hình 1).

- *Các thân quặng chì-kẽm ở Sỷ Bình*: nằm cách ngã ba Đèo Giàng 6 km về phía đông nam, diện tích 3,5 km². Tại đây phân bố các trầm tích carbonat của hệ tầng Cốc Xô và lục nguyên xen carbonat hệ tầng Ngân Sơn. Đối quặng chì-kẽm phân bố trong lớp đá vôi bị dolomit hoá kéo dài không liên tục với 6 thân quặng (Hình 2).

Các thân quặng kéo dài 150-850 m theo phương TB-ĐN, bề dày 0,4-4,8 m. Quặng sulfur chì-kẽm dạng xâm tán, dạng mạch nhỏ đặc sít phát triển theo mặt lớp đá phiến vôi bị dolomit hoá màu xám, xám phớt hồng. Thân quặng dạng mạch, dạng giả vôi nằm chỉnh hợp với đá vây quanh trên quặng là đá vôi xen đá phiến vôi bị dolomit hoá màu xám sáng, xám phớt hồng bị các mạch calcit, thạch anh xuyên cắt và uốn lượn mạnh, đôi chỗ có xâm tán thưa các ô sphalerit. Dưới quặng là đá phiến vôi phân lớp mỏng, đá phiến sét và cát kết.

1.4. Thành phần khoáng vật quặng: Thành phần khoáng vật quặng của đối quặng chì-kẽm Sỷ Bình - Đèo Giàng không phức tạp. Khoáng vật quặng nguyên sinh chủ yếu là sphalerit, galenit, pyrit và chalcopirit; thứ yếu ít gặp có pyrrotin và argentit. Các khoáng vật quặng thứ sinh chủ yếu có anglesit, goethit, ít hơn smithsonit và calamin. Các khoáng vật quặng chủ yếu có đặc điểm như sau:

- *Pyrit* (FeS₂): là khoáng vật có tần số xuất hiện khá cao, bắt gặp trong đa số các mẫu, có tỷ lệ thay đổi trong phạm vi khá rộng, từ ít đến 20%, trung bình 2,5%, phổ biến 1%.

- *Sphalerit* (ZnS): phổ biến và phân bố rất không đồng đều, hàm lượng thay đổi từ 0,1% lên đến 60%. Sphalerit thường tồn tại dạng hạt tha hình với kích thước hạt 0,2-2 mm, xâm tán thành từng ổ, mạch nhỏ không đều, có chứa các vi thể nhũ tương chalcopirit.

- *Galenit* (PbS): là khoáng vật quặng phổ biến, hàm lượng galenit trong các mẫu khoáng tương trung bình khoảng 10% và phân bố không đồng đều, thay đổi từ 0,2% đến 30%, thường tồn tại dạng tấm tha hình, hạt tha hình với kích thước dao động 0,02-2 mm, phân bố xâm tán, thành ổ đặc sít, đám nhỏ vi mạch trong thạch anh và đá vây quanh. Chúng thay thế găm mòn xuyên lấp theo khe nứt trong pyrit, đồng thời gắn kết các hạt pyrit.

- *Chalcopirit* (CuFeS₂): chiếm số lượng ít, trong các mẫu khoáng tương trung bình khoảng 0,2% và phân bố không đồng đều, thay đổi từ <0,1% đến 3%, trong quặng dưới dạng tấm nhỏ, hạt nhỏ tha hình với kích thước 0,03-0,2 mm (cá biệt > 2 mm), một phần nhỏ tồn tại ở dạng nhũ tương (kích thước ≤ 0,02 mm) phân bố không đều trong một số hạt sphalerit tạo kiến trúc phân hủy dung dịch cứng.

- *Pyrrotin* (FeS): ít gặp ở đối Sỷ Bình - Đèo Giàng, với hàm lượng trong mẫu khoáng tương thường rất ít. Pyrrotin thường tồn tại ở dạng hạt tha hình với kích thước <0,5 mm, xâm tán thưa thớt hoặc lấp đầy các vi khe nứt trong nền carbonat bị biến đổi.

- *Argentit* (Ag_2S): hiếm gặp. Hàm lượng trong mẫu khoáng tương rất ít, tồn tại ở dạng bao thể trong nền galenit, hạt nhỏ đa hình kích thước $< 0,1$ mm.

1.5. Thành phần hóa học: Kết quả phân tích hấp thụ nguyên tử và quang phổ plasma cho thấy trong quặng chì-kẽm đới Sỹ Bình - Đèo Giàng có chứa các nguyên tố Pb, Zn, Ag, Au, As, Sb, Cd, Bi, Cu, Co, Ni, ... Tuy nhiên, thành phần chính là Pb, Zn, Ag và Cd.

- *Chì*: hàm lượng thay đổi từ 0,56 đến 14,90%, trong đó tại điểm quặng Bản Kết, hàm lượng thay đổi từ 2,82 đến 8,86%, trung bình 5,28%; điểm quặng Sỹ Bình có hàm lượng thay đổi 0,56-14,90%; trung bình 6,26%.

- *Kẽm*: hàm lượng thay đổi từ 0,18 đến 18,90%, trong đó tại điểm quặng Bản Kết hàm lượng thay đổi 0,18-8,62%; trung bình 2,27%; điểm quặng Sỹ Bình hàm lượng thay đổi 1,41-18,90%; trung bình 6,44%.

- *Bạc*: hàm lượng trung bình tại điểm quặng Bản Kết là 265 g/tấn quặng, điểm quặng Sỹ Bình là 226 g/tấn quặng.

- *Cadmi*: hàm lượng trung bình tại điểm quặng Bản Kết là 0,02%, tại Sỹ Bình là 0,03%.

2. Quặng chì-kẽm ở các vùng Bản Bó và Bảo Lâm, Cao Bằng

2.1. Địa tầng: Trong vùng Bản Bó có mặt các trầm tích các hệ lớp 2 và 3 thuộc tập 3, hệ tầng Nà Bó ($D_1? nb_3$), gồm: đá phiến calcit-phlogopit, đá phiến calcit-mica, đá vôi hoa hoá, đá vôi tái kết tinh bị dolomit hoá, thạch anh hoá chứa các thân quặng chì-kẽm, trên cùng là đá phiến thạch anh - mica chứa vôi và đá phiến thạch anh - mica.

2.2. Cấu trúc: Trong vùng phát triển đứt gãy phương á kinh tuyến F2 có góc dốc mặt trượt 70-75°, cắm về ĐB. Đứt gãy này tạo nên các khe nứt tách giữa các lớp đá, tạo nên các thân quặng phát triển gần song song nhau và kéo dài cùng phương của đứt gãy.

Hiện tượng biến đổi nhiệt dịch: calcit hóa, dolomit hóa, thạch anh hóa phát triển mạnh mẽ ở vùng Bản Bó với quy mô khá lớn, chiều sâu lớn hơn 129 m, chiều rộng 200-300 m, chiều dài hàng nghìn mét.

Các thân quặng sulfur chì-kẽm nằm trong tập đá vôi biến đổi, tái kết tinh, bị dolomit hoá, thạch anh hoá của hệ tầng Nà Bó. Quặng chì-kẽm có dạng dải trao đổi thay thế theo mặt ép, mặt lớp và xen lấp trong khe nứt, đới dập vỡ của đá vôi tái kết tinh bị dolomit hoá, thạch anh hoá. Phần mái thân quặng là đá phiến thạch anh - mica đóng vai trò là màn chắn.

2.3. Đặc điểm các thân quặng chì-kẽm: Trong vùng Bản Bó đã xác định được 1 thân quặng chì-kẽm oxit và 5 thân quặng sulfur chì-kẽm (Hình 3).

- *Thân quặng chì-kẽm oxit*: thân quặng kéo dài khoảng 700 m, rộng trung bình khoảng 65 m, dày trung bình 4,5 m, hàm lượng Pb+Zn thay đổi từ 3,52 đến 27,88%, trung bình: 10,1%. Khoáng vật quặng chủ yếu là: smithsonit, calamin, cerussit, goethit, pyrit. Phi quặng gồm: baryt, thạch anh. Trong thân quặng oxit còn sót lại nhiều lớp kẹp và các ổ là đá vôi tái kết tinh.

- *Thân quặng chì-kẽm sulfur*: các thân quặng loại này nằm trong đới quặng có chiều dày từ 100 đến 150 m, chiều dài hơn 800 m. Trong đới quặng có 5 thân quặng công nghiệp.

Quặng sulfur chì-kẽm có nguồn gốc nhiệt dịch đi kèm với quá trình trao đổi thay thế. Thân quặng tồn tại ở dạng vỉa thay thế theo mặt ép và dạng lấp đầy khe nứt. Các thân quặng kéo dài 300-600 m, bề dày thay đổi từ 2,72 đến 25 m, trung bình: 8,85 m, hàm lượng Pb+Zn trung bình: 3,78%. Các thân quặng cùng nghiêng về ĐB với góc dốc thay đổi 35-50°, có bề dày và hàm lượng

thay đổi nhiều theo đường phương và hướng dốc. Nằm trên các thân quặng là đá phiến thạch anh - mica đóng vai trò là màn chắn.

2.4. Thành phần khoáng vật quặng: Quặng chì-kẽm Bản Bó có cấu tạo xâm tán, mạch, đập vỡ, găm mòn,... trong đó, phổ biến là các kiểu cấu tạo xâm tán không đều. Ít hơn có cấu tạo mạch nhỏ, cấu tạo vi mạch, mạng mạch, chùm mạch, đập vỡ và găm mòn.

Các hạt khoáng vật quặng có kiến trúc hạt tự hình, hạt nửa tự hình, hạt tha hình, khảm, nhũ tương, xen lấp, hình kim, lưỡi mác, vi tinh.

Hàm lượng Pb+Zn trong các thân quặng có sự phân bố không đều, hệ số biến thiên hàm lượng các thân quặng sulfur từ 38,9 đến 69,38%.

Các khoáng vật quặng sulfur điển hình có các đặc điểm như sau:

- *Sphalerit* (ZnS): là khoáng vật quặng phổ biến, gặp hầu hết ở các mẫu, chiếm khoảng 7%. Sphalerit được xác định 2 thể hệ:

Sphalerit thể hệ I, kích thước hạt lớn đạt 0,1 - 0,4mm, kiến trúc hạt nửa tự hình và tha hình, đôi khi có kiến trúc khảm. Trong một vài mẫu có chalcopirit II phân huỷ trong sphalerit I tạo ra kiến trúc nhũ tương.

Sphalerit thể hệ II chiếm số lượng khoảng 15% tổng số sphalerit có mặt trong tập mẫu, chúng thường có kích thước nhỏ hơn 0,1mm phân bố trong galenit I, sphalerit I, pyrit I và arsenopyrit. Quan sát rõ nhất là sphalerit II tạo vi mạch và mạng mạch cùng galenit II xuyên lấp trong các khe nứt của pyrit I.

- *Galenit* (PbS): gặp ở hầu hết các mẫu phân tích, mức độ phổ biến của nó đứng sau pyrit và sphalerit. Hàm lượng khoáng vật galenit chiếm khoảng 3,5% tổng số các khoáng vật sulfur. Sự phân bố galenit trong từng mẫu và trong tập mẫu rất phân tán và không đồng đều, có vài mẫu đạt 12-15% nhưng có một số mẫu chỉ đạt <1%.

Dựa vào mối quan hệ giữa galenit với các khoáng vật khác và tính đặc thù của galenit có thể chia 2 thể hệ khác nhau:

Galenit thể hệ I chiếm trên 95% tổng số galenit có trong tập mẫu. Loại galenit I thường đi cùng pyrit I, sphalerit I, arsenopyrit, marcasit và chalcopirit. Trong galenit I có sphalerit II, pyrit II và galenit II khảm vào. Galenit I có kiến trúc thường gặp là hạt tha hình, hạt nửa tự hình, khảm và kiến trúc găm mòn của anglesit phân bố ở ven rìa các tinh thể galenit có kích thước lớn. Bề mặt các tinh thể galenit I gặp nhiều vết vỡ, vết xước tam giác. Đó là một dấu hiệu quan trọng để nhận biết galenit I.

Galenit thể hệ II chiếm tỷ lệ nhỏ trong mẫu, chúng tồn tại dưới dạng các hạt nhỏ khoảng 0,01-0,009 mm hoặc xuất hiện cùng sphalerit II tạo vi mạch phân bố trong pyrit I và arsenopyrit.

2.5. Các giai đoạn tạo quặng: Các kết quả nghiên cứu, phân tích đặc điểm thành phần khoáng vật, kiến trúc - cấu tạo cũng như đặc điểm hình thái và mối quan hệ giữa các thể hệ khoáng vật cho thấy quặng sulfur chì-kẽm Bản Bó được thành tạo trong 2 giai đoạn:

- *Giai đoạn tạo khoáng I*: là giai đoạn tạo quặng chì-kẽm chủ yếu. Trong giai đoạn I xuất hiện pyrit I và arsenopyrit kích thước tương đối lớn và khoáng vật có kiến trúc hạt tự hình. Tiếp sau là hàng loạt các khoáng vật được hình thành ở thể hệ I như: sphalerit I, galenit I, chalcopirit I và marcasit. Kết quả cho một tổ hợp cộng sinh khoáng vật: pyrit I - arsenopyrit - sphalerit I - galenit I đặc trưng và có giá trị công nghiệp.

Các khoáng vật pyrit I, arsenopyrit, sphalerit I, galenit I thành tạo sớm hơn thường bị dập vỡ và được các khoáng vật thế hệ sau xuyên lấp. Các khoáng vật sphalerit I, galenit I cũng bị các khoáng vật sau cứng hơn xâm vào. Trong arsenopyrit và chalcopyrit I có pyrrhotin và chalcopyrit giai đoạn II xuất hiện dưới dạng phân huỷ dung dịch cứng.

- *Giai đoạn tạo khoáng II*: khác biệt giữa giai đoạn tạo khoáng II và I là cấu tạo quặng thường gặp xâm tán thưa, găm mòn, vi mạch, mạng mạch, kiến trúc quặng hạt tha hình chiếm ưu thế. Ngoài ra còn có kiến trúc nhũ tương, xen lấp, khảm, hiếm gặp hơn kiến trúc hạt nửa tự hình. Tổ hợp cộng sinh khoáng vật pyrit II - sphalerit II - galenit II đặc trưng cho giai đoạn tạo khoáng II. Trong giai đoạn tạo khoáng này còn có khoáng vật pyrrhotin và chalcopyrit II chiếm số lượng ít.

Sphalerit giai đoạn II tạo vi mạch và mạng mạch cùng galenit thế hệ II, xuyên lấp trong các khe nứt của pyrit giai đoạn I.

Cấu tạo và kiến trúc như trên là điển hình cho quặng có nguồn gốc nhiệt dịch trao đổi thay thế.

3. Các vùng Bản Lìm và Phia Đăm, tỉnh Cao Bằng và Bắc Cạn

3.1. Địa tầng: Theo phân chia của Nguyễn Nghiêm Minh [5], vùng nghiên cứu nằm trong cấu trúc cơ bản Bồn trũng rìa lục địa Paleozoi (Đới sinh khoáng Phú Ngũ - Tòng Bá), gồm các thành tạo Devon của các hệ tầng Tòng Bá và Mia Lé.

- *Hệ tầng Tòng Bá* ($D_1 tb$): có thành phần chủ yếu gồm các trầm tích lục nguyên xen carbonat màu xám, xám sáng, loang lỗ, phân lớp trung bình đến dày. Các đá của hệ tầng chủ yếu cắm về phía T, TN và ĐB với góc dốc 20-40°. Dày: 950-1300 m.

- *Hệ tầng Mia Lé* ($D_1 ml$): có thành phần chủ yếu là cát kết, bột kết xen đá phiến sét và thấu kính đá vôi phân lớp mỏng, màu xám, xám đen. Dày: 700 m.

3.2. Cấu trúc: Có 3 hệ thống đứt gãy chính là hệ thống đứt gãy phương TB-ĐN, ĐB-TN và á vĩ tuyến.

- *Hệ thống đứt gãy TB-ĐN*: là hệ thống đứt gãy chính trong vùng, ảnh hưởng trực tiếp đến cấu trúc chung của vùng. Hầu hết các thân quặng chì-kẽm đã được phát hiện tập trung dọc theo hệ thống đứt gãy này.

- *Hệ thống đứt gãy ĐB-TN*: có phương kéo dài vuông góc với phương đứt gãy chính. Các đứt gãy phương ĐB-TN phân cắt, gây dịch chuyển khối tăng làm phức tạp cấu trúc của vùng.

+ *Hệ thống đứt gãy á vĩ tuyến*: có phương vuông góc hoặc gần vuông góc với hệ thống đứt gãy chính phương TB-ĐN có dạng lông chim. Điển hình cho loại đứt gãy này gặp trong vùng Phia Đăm. Các đứt gãy nhìn chung có chiều dài ngắn; dọc các đứt gãy đã phát hiện có xâm tán quặng sulfur chì-kẽm. Đây có thể là các kênh dẫn và chứa quặng.

Vùng Phia Đăm nằm trong cấu trúc nếp lồi cục bộ có phương kéo dài TB-ĐN và bị bóc mòn ở phần trục nếp lồi, bị hệ thống đứt gãy phương TB-ĐN và đứt gãy phương á vĩ tuyến làm phức tạp hoá.

Vùng Bản Lìm, Khuổi Mạn có cấu trúc đơn nghiêng cắm về phía TN.

3.3. Đặc điểm các thân quặng chì-kẽm: Kết quả khảo sát vùng Bản Lìm - Phia Đăm đã giúp phát hiện được 27 thân quặng sulfur chì-kẽm, tập trung trong 3 điểm quặng: Bản Lìm, Khuổi Mạn và Phia Đăm (Hình 4).

- *Các thân quặng chì-kẽm Bản Lìm*: Đã phát hiện và khoan định được 16 thân quặng. Các thân quặng có dạng vĩa, nằm chỉnh hợp với đá vôi bị dolomit hóa, kéo dài 120-1150 m theo phương TB-ĐN, với chiều dày trung bình 2,56 m, hàm lượng Pb+Zn trung bình 7,57%. Thân quặng số 1 có bề dày nhỏ nhất, dày 0,97 m, hàm lượng Pb-Zn 2,64% và thân quặng số 6 có bề dày lớn nhất, dày 10,44 m, hàm lượng Pb-Zn 19,04%.

Quặng có dạng xâm tán, ổ, mạch, mạng mạch trong đá vôi bị dolomit hoá, thạch anh hoá, xen lớp mỏng đá phiến thạch anh-sericit-chlorit. Khoáng vật quặng chủ yếu là galenit, sphalerit, pyrit, asenopyrit, baryt; biến đổi cạnh mạch: thạch anh hoá, calcit hoá, dolomit hoá. Các thân quặng cắm về phía tây nam với góc dốc từ 20-30° đến 40-60°.

- *Các thân quặng chì-kẽm Khuổi Mạn*: Đã phát hiện được 2 thân quặng chì-kẽm. Các thân quặng có dạng vĩa, kéo dài không liên tục theo phương TB-ĐN khoảng 250-2000 m, chiều dày trung bình 1,69 m. Hàm lượng Pb-Zn trung bình 7,11%. Thành phần khoáng vật quặng là galenit, sphalerit, ít pyrit, đôi chỗ có chalcopirit. Quặng có dạng xâm tán, ổ, mạch nhỏ trong đá vôi bị dolomit hoá, thạch anh hoá. Các thân quặng cắm về phía TN với góc dốc 25-45°.

- *Các thân quặng chì-kẽm Phia Đăm*: Đã phát hiện và khoan định được 8 thân quặng chì-kẽm. Thân quặng có dạng vĩa, thau kính kéo dài theo phương TB-ĐN khoảng 150-1400 m. Bề dày trung bình 0,9-2,64 m. Hàm lượng Pb+Zn trung bình 11,84%.

Quặng chì-kẽm có dạng xâm tán, ổ, mạch, nằm trong đá vôi bị dolomit hoá, thạch anh hoá. Khoáng vật quặng chủ yếu là galenit, sphalerit, pyrit, baryt. Biến đổi cạnh mạch: dolomit hoá, thạch anh hoá. Thân quặng cắm về tây, tây nam với góc dốc 20-40°.

3.4. Thành phần khoáng vật quặng: Thành phần khoáng vật quặng chì-kẽm vùng Bản Lìm - Phia Đăm đơn giản. Khoáng vật quặng chủ yếu là galenit, sphalerit, pyrit, baryt. Các khoáng vật quặng thứ sinh chủ yếu có anglesit, goethit, ít hơn có smithsonit, calamin. Các khoáng vật quặng chủ yếu có đặc điểm sau:

- *Pyrit* (FeS_2): là khoáng vật có tần số xuất hiện khá cao, bắt gặp trong đa số các mẫu, có tỷ lệ thay đổi trong phạm vi khá rộng từ ít đến 15%, trung bình 2,1%, phổ biến 1%.

- *Sphalerit* (ZnS): phổ biến và phân bố rất không đồng đều, hàm lượng thay đổi từ 0,1% đến 60%, trung bình: 17%. Sphalerit thường tồn tại dạng hạt tha hình với kích thước hạt 0,2-2 mm, có dạng xâm tán, ổ, mạch nhỏ không đều, chứa các vi thể nhũ tương chalcopirit.

- *Galenit* (PbS): là khoáng vật quặng phổ biến, hàm lượng galenit trong các mẫu khoáng tương trung bình khoảng 15% và phân bố không đồng đều, thay đổi từ 0,2% đến 30%, thường tồn tại dạng tấm tha hình với kích thước dao động 0,02-2 mm, phân bố xâm tán thành ổ đặc xít, đám nhỏ vi mạch trong thạch anh và đá vây quanh. Chúng thay thế găm mòn xuyên lấp theo khe nứt trong pyrit, đồng thời gắn kết các hạt pyrit.

4. Các thân quặng Pb-Zn vùng Khuổi Giang

4.1. Đặc điểm địa chất: Vùng Khuổi Giang nằm trong địa giới Bản Duồn, xã Quảng Bạch, huyện Chợ Đồn, Bắc Cạn. Trong vùng có mặt các thành tạo của hệ tầng Cốc Xô. Thành phần chủ yếu là đá vôi, đá vôi bị biến đổi (skarn hoá, silic hoá, chlorit hoá), đá phiến sét, đá phiến thạch anh - sericit. Đá trong vùng có cấu tạo đơn nghiêng cắm về phía đông.

Trong vùng có 2 hệ thống đứt gãy: hệ thống đứt gãy chính có phương á kinh tuyến, còn hệ thống đứt gãy nhỏ có phương á vĩ tuyến.

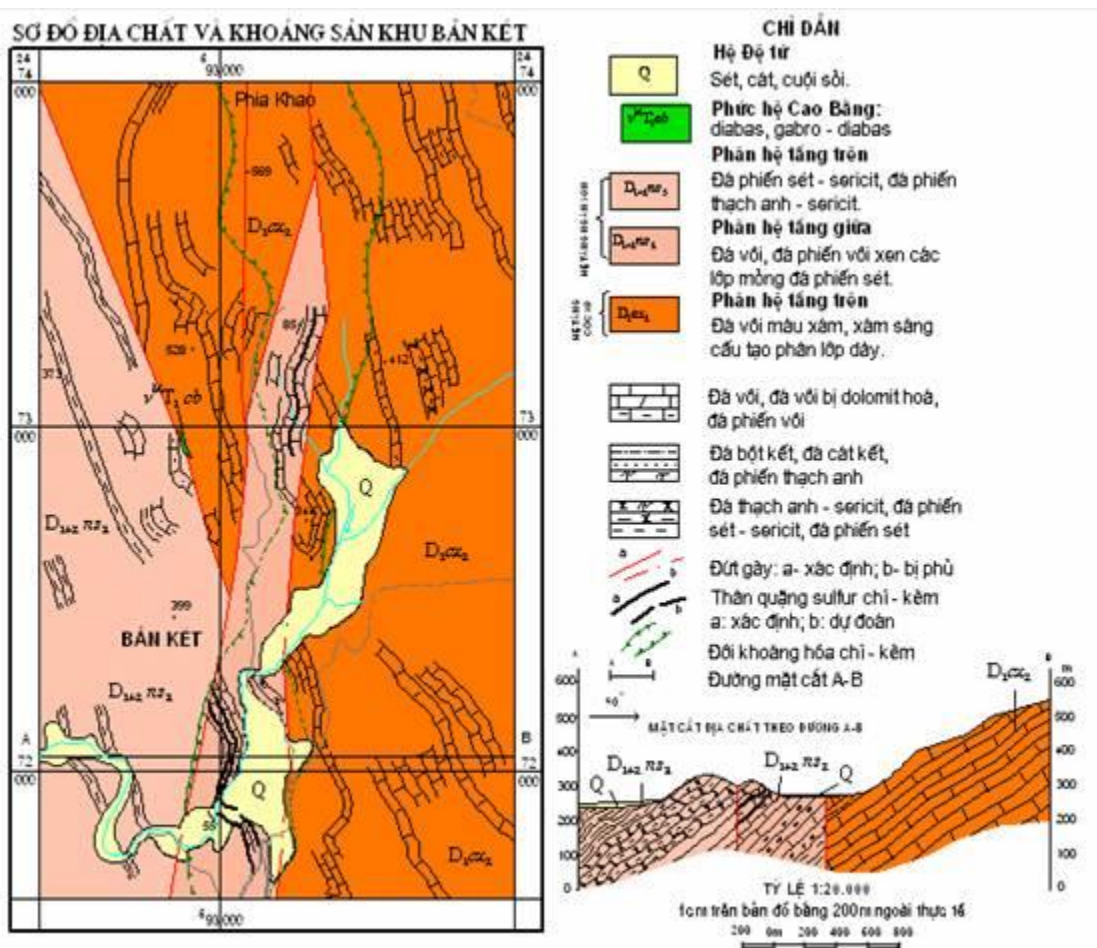
- *Đứt gãy phương á kinh tuyến*: là đứt gãy lớn có phương và vị trí trùng với con suối lớn nhất trong vùng, tạo nên dải thung lũng kéo dài suốt từ Quảng Bạch lên đến Nam Cường. Biểu hiện là các đới đá phiến sét, đá phiến sét than nhiễm Fe-Mn có màu đen và rất nhiều các mạch thạch anh, calcit xuyên cắt. Dọc hai bên rìa đứt gãy đã phát hiện nhiều vết lộ có biểu hiện khoáng hóa chì-kẽm như ở Bản Cuôn, Khuổi Giang, Nà Áng v.v.. Đây là đứt gãy chính liên quan đến quá trình tạo quặng.

- *Đứt gãy phương á vĩ tuyến*: là các hệ thống đứt gãy nhỏ, có thể là các đứt gãy sau tạo quặng, có vai trò làm dịch chuyển các tập đá, các thân quặng, làm phức tạp hoá cấu trúc của vùng.

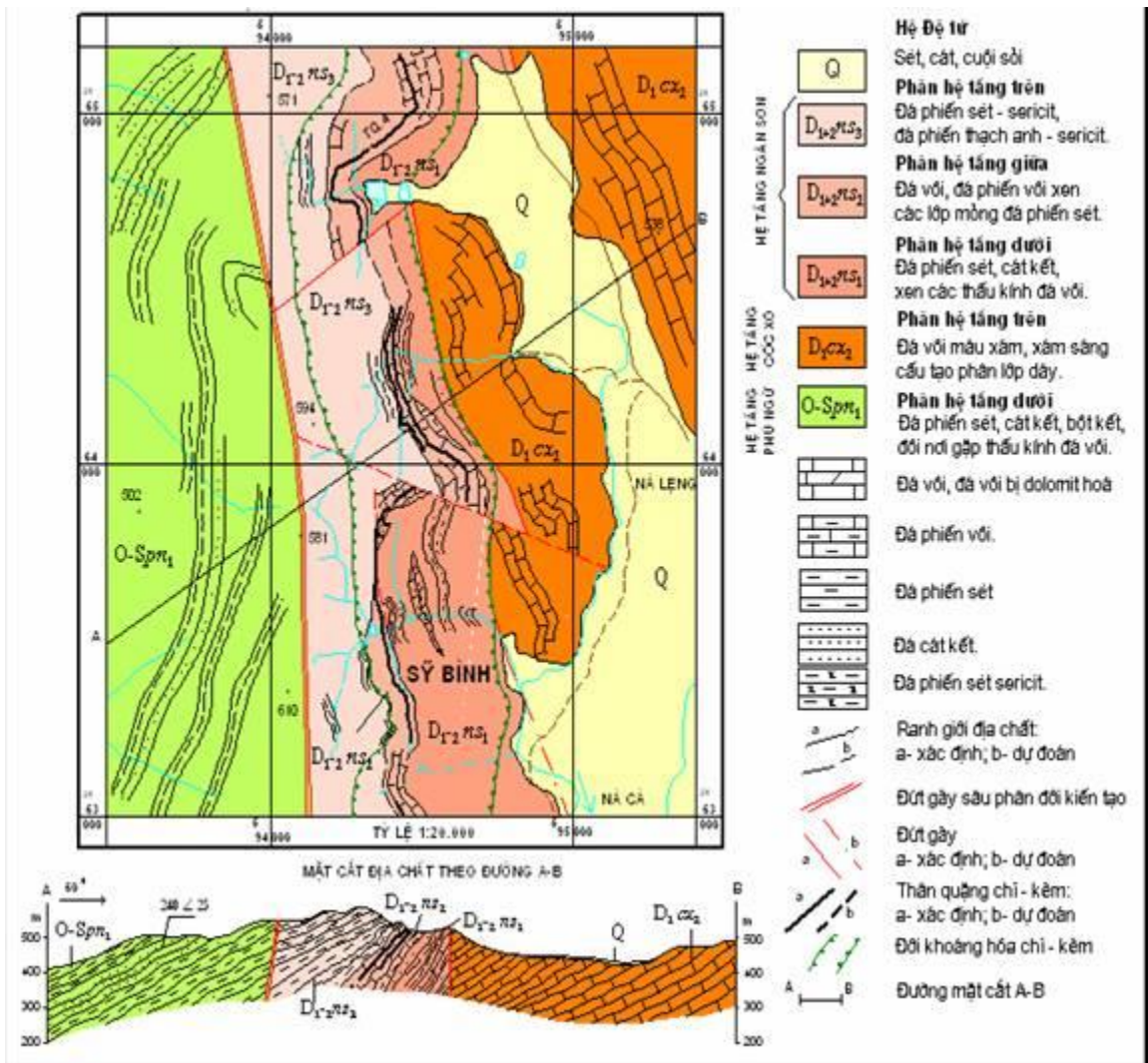
4.2. Đặc điểm thân quặng: Toàn bộ thân quặng là 1 tập đá vôi bị biến đổi (silic hoá, chlorit hoá), nằm chình hợp trong đá phiến sét, đá phiến thạch anh - sericit của phụ hệ tầng dưới hệ tầng Cốc Xô (D_1cx_1). Phần lộ ở trên mặt là đới limonit hoá có chứa pyrit và quặng oxit Pb-Zn. Phần dưới sâu là quặng sulfur Pb-Zn, thành phần khoáng vật gồm galenit, sphalerit.

Quặng có cấu tạo hạt nhỏ, xâm tán không đều trong đá vôi bị biến đổi, nhiều nơi tạo thành các ổ, các vỉa nhỏ có hàm lượng rất cao hoặc gần như đặc xít.

Thân quặng phân bố gần như liên tục theo phương á kinh tuyến. Đới chứa quặng có chiều dày từ 2 đến 8 m, các ổ quặng, các vỉa quặng giàu thường có bề dày thay đổi từ 20-30 cm đến 5 m, trung bình dày 3 m.



Hình 1. Sơ đồ địa chất và khoáng sản vùng Bản Kết.



Hình 2. Sơ đồ địa chất và khoáng sản vùng Sỹ Bình.

5. Các thân quặng Pb-Zn vùng Nà Ôn

5.1. Cấu trúc địa chất: Vùng Nà Ôn nằm hoàn toàn trong thành tạo trầm tích lục nguyên thuộc hệ tầng Pia Phương ($S_2-D_1 pp$). Thành phần bao gồm cát kết, bột kết, đá phiến thạch anh - sericit, có xen các tập hoặc các thấu kính đá vôi, đá vôi hoa hoá. Phần phía đông bắc sát vùng nghiên cứu là diện lộ nhỏ của đá granit sáng màu thuộc phức hệ Pia Bioc ($G_1T_3n pb$), gồm các đá granodiorit, granit biotit dạng porphy. Tất cả các đới quặng hoặc có biểu hiện chứa quặng đều liên quan hoặc nằm trong các tập đá vôi, sét vôi bị biến đổi.

Trong diện tích này xác định có 3 đứt gãy: một đứt gãy phương ĐB-TN và hai đứt gãy phương TB-ĐN.

5.2. Đặc điểm thân quặng: Các điểm lộ, biểu hiện của quặng Pb-Zn tập trung chủ yếu ở phía bắc, tây bắc của bản Nà Ôn, xã Đồng Lạc, huyện Chợ Đồn, Bắc Cạn

Toàn bộ đới chứa quặng là một tập đá vôi, đá sét vôi bị biến đổi, lộ ra theo bề mặt địa hình (có góc dốc gần tương đương với mặt dốc địa hình). Phần trên mặt của đới rất giàu pyrit đã bị limonit

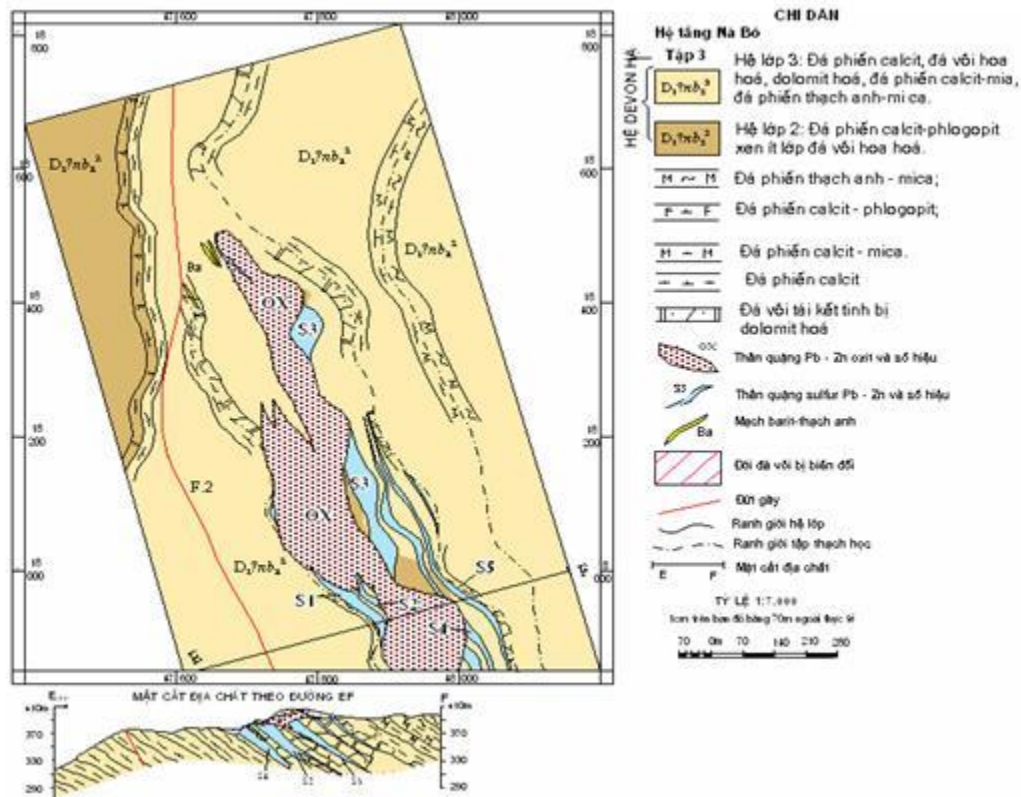
hoá mạnh mẽ, chứa quặng oxit Pb-Zn với hàm lượng khá giàu (tập này có chiều dày 1-5 m). Phần dưới tồn tại một số vỉa mỏng, ổ quặng sulfur Pb-Zn nằm xen kẽ trong đá vôi bị biến đổi silic hoá, chlorit hoá; các ổ quặng này thường nhỏ và mỏng (một vỉa đến 20-30 cm), hàm lượng quặng rất giàu, chiếm trên 20% tổng hàm lượng Pb-Zn vùng Nà Ôn. Toàn bộ tập đá vôi bị biến đổi có chứa quặng kể trên có bề dày thay đổi từ 3 đến 10 m; hàm lượng quặng không đồng đều trên toàn bộ đới mà chỉ tồn tại các ổ, các vỉa mỏng. Nhìn chung, ở vùng này quặng Pb-Zn có chất lượng khá tốt, nhưng quy mô không lớn; các thân quặng mỏng, nhỏ, không liên tục, khó áp dụng các điều kiện khai thác công nghiệp.

Quặng chì-kẽm vùng này chỉ còn tồn tại ở phần trên mặt, tại những vị trí chưa bị bóc mòn. Phần dưới sâu là tập đá phiến thạch anh - sericit, đá phiến sét, đá phiến sét than xâm tán rất nhiều sulfur dày tới hàng trăm mét không chứa quặng (tương tự như ở Khuổi Giang).

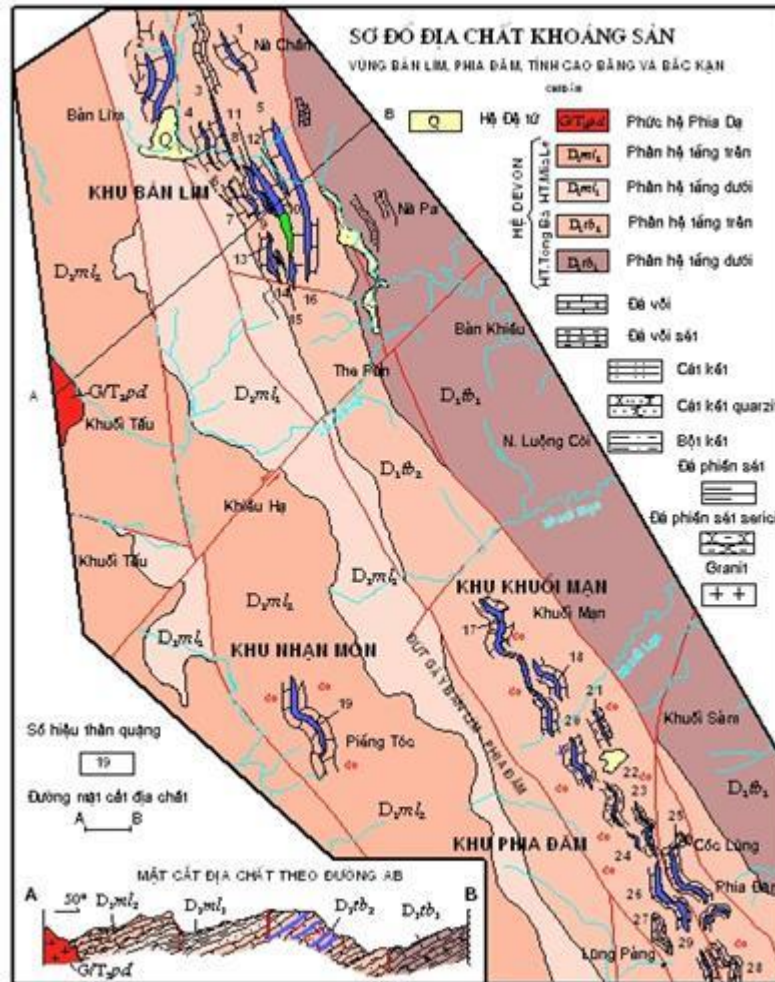
6. Các thân quặng Pb-Zn vùng Yên Thổ

6.1. Cấu trúc địa chất: Vùng Yên Thổ, thuộc địa phận thôn Đông Lũng, xã Yên Thổ, huyện Bảo Lâm, Cao Bằng. Trong vùng có mặt các thành tạo trầm tích lục nguyên thuộc phân hệ tầng trên hệ tầng Pia Phương ($S_2-D_1 pp_4$). Thành phần bao gồm các đá sét vôi, đá vôi bị biến đổi silic hoá, chlorit hoá, xen cát kết, bột kết, đá phiến thạch anh - sericit. Quặng Pb-Zn chủ yếu nằm trong đới đá vôi bị silic hoá màu trắng, xám trắng, cát kết bị quartzit hoá.

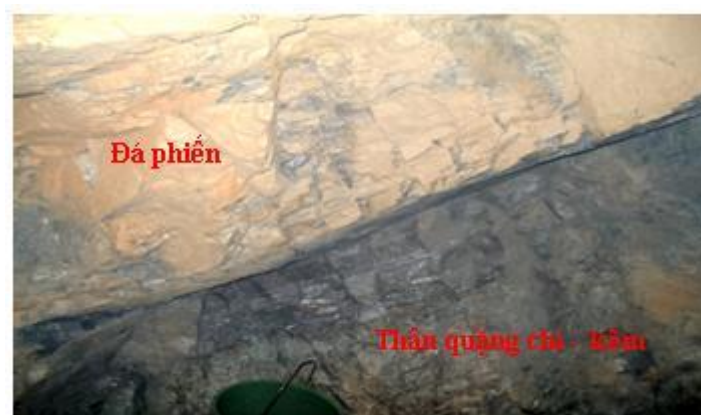
Thân quặng nằm trong tập đá vôi bị biến đổi và nằm chính hợp với đá vây quanh. Toàn bộ vùng có cấu trúc dạng vĩa, đơn nghiêng, cắm về phía Đ, ĐN với thế nằm thoải.



Hình 3. Sơ đồ địa chất và khoáng sản vùng Bản Bó, huyện Bảo Lâm, Cao Bằng.



Hình 4. Sơ đồ địa chất khoáng sản vùng Bản Lìm - Phia Đăm.



Hình 5. Thân quặng chì-kẽm trong lò tuyến T9 vùng Khuổi Giang.

Trong diện tích này xác định được 2 hệ thống đứt gãy: hệ thống phương TB-ĐN và hệ thống phương ĐB-TN. Đứt gãy phương ĐB-TN nằm ở phần rìa phía ĐN, là đứt gãy lớn, có thể là đứt gãy chứa quặng. Đứt gãy còn lại chỉ có ý nghĩa làm phức tạp hoá cấu trúc.

6.2. Đặc điểm thân quặng: Trên toàn bộ diện tích lộ ra đá vôi, đá vôi silic, xen các tập đá phiến sericit, cát kết dạng quarzit thuộc phân hệ tầng trên hệ tầng Pia Phương (S₂-D₁ pp₄). Đá có thể nằm chung là 100-120 $\angle$ 20-30°.

Đới chứa quặng là các tập đá vôi silic bị biến đổi, trong đó tồn tại nhiều các thân quặng nhỏ có chiều dày 1-3 m. Thành phần quặng chủ yếu là galenit, sphalerit, ít hơn có smithsonit, serussit. Tổng hàm lượng Pb-Zn thay đổi từ 1% đến 11% . Tổng hợp tài liệu địa chất, địa vật lý xác định được 2 đới quặng như nhau:

- **Đới 1:** dài khoảng 400 m, rộng 30 m. Gồm 3 thân quặng nhỏ, chiều dày trung bình: 1-1,5 m, có thể nằm chung là 100-120 $\angle$ 25-30°. Đá chứa quặng là sét vôi, đá vôi bị biến đổi. Phần giữa các thân quặng này thường rất giàu pyrit, phần lộ ra nhiều chỗ đã bị phong hoá có màu nâu đỏ. Phần này thường có hàm lượng Zn cao hơn Pb. Ở phần rìa tiếp xúc của thân quặng với đá vôi vây quanh thường giàu Pb hơn Zn. Các khoáng vật quặng chủ yếu là galenit và sphalerit, tồn tại ở dạng hạt nhỏ, xâm tán đều, có dạng lớp mỏng song song với các bề mặt tiếp xúc, biến đổi. Hàm lượng Pb+Zn trung bình đạt 7,4-10,9%.

- **Đới 2:** lộ ra theo đường phương khoảng 130 m, theo hướng cắm khoảng 140 m. Đới quặng lộ ra theo chiều dốc của bề mặt địa hình (góc dốc của đới quặng gần bằng góc dốc của bề mặt địa hình). Đá chứa quặng là đá vôi silic, đá vây quanh là đá vôi màu đen hạt mịn, phân lớp mỏng, rất giàu pyrit. Tập đá vôi silic chứa quặng dày 30-40 m, trong đó có 4 thân quặng phân bố ở các độ sâu khác nhau, nằm chình hợp với thể nằm của tập đá chứa quặng. Các thân quặng có bề dày 2-3 m, dài 140 m. Hàm lượng Pb+Zn trung bình đạt 1-3%.

III. NHẬN ĐỊNH VÀ ĐỀ XUẤT

Qua nghiên cứu một số mỏ, điểm quặng chì-kẽm dạng giả tầng điển hình ở miền Đông Bắc Bộ (Bản Két, Sỹ Bình, Bản Bó, Bản Lìm, Phia Đăm, Khuổi Giang, Nà Ón, ...), có thể rút ra một số nhận định và đề xuất sau:

1. Cấu trúc địa chất

1.1. Hệ thống đứt gãy: Trong vùng phát triển các hệ thống đứt gãy sau:

- **Hệ thống đứt gãy phương á kinh tuyến và TB-ĐN:** thường là các đứt gãy lớn trong vùng, đóng vai trò là đứt gãy phân đới (ranh giới giữa đới cấu trúc Tông Bá - Phú Ngũ và khối cấu trúc Thái Nguyên - Bắc Sơn). Hệ thống đứt gãy này tạo nên các đứt gãy nhỏ, các khe nứt tách các lớp đá. Hầu hết các thân quặng chì-kẽm đã được phát hiện tập trung dọc theo các đứt gãy thuộc hệ thống này.

- **Hệ thống đứt gãy phương á vĩ tuyến và DB-TN:** là các đứt gãy nhỏ, có thể là các đứt gãy sau tạo quặng. Chúng có vai trò phá hủy, làm dịch chuyển các tập đá, các thân quặng, làm phức tạp hoá cấu trúc của vùng.

1.2. Hệ thống uốn nếp: vùng nghiên cứu phát triển khá nhiều các nếp uốn, nếp oằn nhỏ dọc hai cánh của các đứt gãy sâu phân đới, đặc biệt là những nếp lồi đoản là nơi thuận lợi cho quặng hóa phát triển.

2. Đặc điểm thạch học đá chứa quặng và đặc điểm các thân quặng

2.1. Đặc điểm phân bố: Quặng chì-kẽm dạng giả tầng phân bố chủ yếu trong trầm tích lục nguyên - carbonat tuổi Devon. Sự khác nhau về thành phần thạch học trong các tầng trầm tích là đá vôi và đá phiến có những đặc tính lý hóa khác nhau đã tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình tích tụ quặng ở ranh giới của hai loại đá này. Đặc biệt đá carbonat có hàm lượng tăng cao của vật chất hữu cơ, bitum,... lại càng tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình hình thành các thân quặng dạng giả

tầng hoặc thấu kính. Đá chứa quặng bị biến đổi nhiệt dịch: calcit hoá, dolomit hoá, thạch anh hoá, chlorit hoá.

2.2. Đặc điểm thân quặng: Có hai loại thân quặng chì-kẽm dạng giả tầng được thành tạo ở Đông Bắc Bộ:

- Các thân quặng dạng vỉa được thành tạo trong các đới dập vỡ, mặt ép, mặt lớp, trong các đứt gãy phân nhánh có thể nằm thoải, có cấu trúc đơn nghiêng (điểm quặng chì-kẽm Bản Bó; Bản Lìm, Khuổi Mạn).

- Các thân quặng dạng vỉa cũng thành tạo ở cánh của các nếp lồi, trong các tầng đá vôi bị biến đổi nhiệt dịch (dolomit hóa, calcit hóa, thạch anh hóa), là tầng đá thuận lợi cho tạo quặng chì-kẽm. Các tầng đá vôi chứa quặng này thường nằm dưới các lớp đá phiến sét-sericit, phiến thạch anh-mica có vai trò là màn chắn (Phía Đăm, Bản Két, Sỷ Bình, Khuổi Giang, Nà Ón, Yên Thổ).

3. Thành phần quặng

- Các khoáng vật quặng được hình thành theo phương thức trao đổi thay thế với đá biến đổi vây quanh và các khoáng vật quặng của giai đoạn trước. Tổ hợp khoáng vật cộng sinh chủ yếu gồm sphalerit, galenit, pyrit, pyrrotin, arsenopyrit, magnetit. Các khoáng vật thứ sinh: goethit, hydrogoethit, anglesit, smithsonit,... Quặng hóa có cấu tạo dạng xâm tán, dạng ổ, dạng thấu kính lấp đầy khe nứt.

- Thành phần hóa học chính trong quặng là Pb, Zn, Ag và Cd, trong đó hàm lượng Pb và Zn dao động trong khoảng 5-7%, hàm lượng bạc: 40-200 g/tấn và hàm lượng cadmi: 0,01-0,03%.

4. Nguồn gốc, ý nghĩa khoa học

Kết quả nghiên cứu đã khẳng định sự tồn tại của kiểu chì-kẽm dạng giả tầng ở miền Đông Bắc Bộ mà Nguyễn Huy Sính đã đề xuất [3].

Về nguồn gốc, qua nghiên cứu cấu trúc địa chất và đặc điểm quặng hóa, có thể khẳng định các thân quặng chì-kẽm dạng giả tầng có nguồn gốc nhiệt dịch, được thành tạo gần các đứt gãy sâu đóng vai trò là kênh dẫn quặng, gặp môi trường thuận lợi là đá carbonat, quặng hóa xâm tán hoặc lấp đầy các khe nứt tách lớp tạo nên các thân quặng có dạng giả tầng. Quặng chì-kẽm dạng giả tầng cũng có thể được thành tạo nằm chính hợp với đá carbonat ở cánh của nếp lồi mà phần mái của thân quặng là lớp đá phiến thạch anh - mica, đá phiến thạch anh - sericit đóng vai trò là màn chắn.

Các mỏ, điểm quặng chì-kẽm dạng giả tầng thường có quy mô trung bình và lớn, có vai trò đóng góp quan trọng trong tổng tài nguyên quặng chì-kẽm ở Việt Nam.

5. Đề xuất

1. Trong quá trình điều tra quặng chì-kẽm, cần lưu ý điều tra dọc theo các cấu trúc đứt gãy lớn phương á kinh tuyến, phương TB-ĐN, nơi phân bố các tầng đá carbonat hoặc có các dị thường địa hóa.

2. Trong quá trình điều tra, thăm dò cần đầu tư để điều tra, làm rõ đặc điểm cấu trúc địa chất, đặc điểm thạch học các tầng đá vôi, đới đá biến đổi, hình thái thân quặng chì-kẽm dạng giả tầng.

3. Trong quá trình thăm dò cần đầu tư điều tra thăm dò phần sâu theo hướng cắm của các đới khoáng hoá, các thân quặng.

VĂN LIỆU

1. Cao Đình Triều, Phạm Huy Long, 2002. Kiến tạo đứt gãy lãnh thổ Việt Nam. Nxb KH&KT, Hà Nội, 208 trg.

2. **Hoàng Văn Khoa, Nguyễn Việt Hùng, Đào Thái Bắc, 2000.** Một số kết quả đánh giá quặng chì-kẽm vùng Đông Bắc qua 10 năm (1990-2000). *Hội nghị KHDC lần thứ 4, Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Hà Nội.*
3. **Nguyễn Huy Sinh, 1985.** Báo cáo Điều kiện phân bố tạo quặng chì-kẽm Việt Bắc và phương hướng tìm kiếm. *Lưu trữ Viện KH ĐC&KS, Hà Nội.*
4. **Nguyễn Khắc Hiền, 2008.** Báo cáo đánh giá tiềm năng khoáng sản chì-kẽm, barit Bản Bó, Cao Bằng. *Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.*
5. **Nguyễn Nghiêm Minh, Tạ Trọng Thắng, Nguyễn Thị Diên, Tôn Thiện Việt, Nguyễn Đức Quang, 1986.** Về mối liên quan cấu trúc trong quá trình hình thành vồng nguồn rift Sông Hiến với vồng chồng An Châu và đặc điểm khoáng hóa liên quan ở Đông Bắc Bộ. *TC Các KH về TĐ, 8/1 : 7-12. Hà Nội.*
6. **Nguyễn Văn Nhân, 1985.** Thành hệ quặng chì-kẽm Việt Nam. *Tuyển tập HNKH ĐCVN lần thứ II, 4 : 28-36. Hà Nội.*
7. **Nguyễn Văn Tường, 2009.** Báo cáo Đánh giá tiềm năng quặng chì-kẽm vùng Bản Lìm, Phia Đăm, tỉnh Cao Bằng và Bắc Kạn (Báo cáo thông tin giai đoạn I). *Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.*
8. **Phan Văn San, 2007.** Báo cáo Đánh giá tiềm năng quặng chì-kẽm đới Sỹ Bình - Đèo Giàng, tỉnh Bắc Kạn. *Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.*
9. **Tạ Việt Dũng, Đỗ Hải Dũng, Trần Tất Thắng, 1995.** Tài nguyên khoáng sản kim loại cơ bản Cu-Pb-Zn Việt Nam. *ĐC, KS và Dầu khí VN, 2 : 31-44. Cục Địa chất VN. Hà Nội.*
10. **Thái Quý Lâm, Đỗ Văn Phi, 1995.** Tiềm năng quặng hoá Pb-Zn Việt Nam. *Địa chất và Khoáng sản, 4. Viện Nghiên cứu ĐC&KS. Hà Nội.*