

CÁC KIỂU KHOÁNG HÓA CHÌ-KẼM HUỖI PAO, CO GI SAN VÀ MỐI LIÊN QUAN VỚI ĐÁ MAGMA VÔNG TÚ LỆ

NGUYỄN VĂN NIỆM, MAI TRỌNG TÚ, NGUYỄN VĂN HỌC,
ĐỖ ĐỨC NGUYỄN, ĐOÀN THỊ NGỌC HUYỀN

Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Km 9, Thanh Xuân, Hà Nội

Tóm tắt: *Quặng chì-kẽm Huồi Pao và Co Gi San có những đặc điểm riêng biệt, gồm 2 kiểu khoáng hóa: 1. Sulfur đa kim - bạc chứa vàng gặp ở Huồi Pao; 2. Sulfur đa kim - bạc, đồng, cobalt, nickel ở Co Gi San.*

Hai kiểu khoáng trên liên quan chặt chẽ với các đá magma. Về không gian, quặng chì-kẽm luôn phân bố trong các thành tạo rhyolit, rhyotrachyt, trachyt (phức hệ Tú Lệ và Ngòi Thia) và gần các khối granit, granosyenit của phức hệ Phu Sa Phìn, gabbro của phức hệ Nậm Chiến. Về quan hệ nguồn gốc có 2 giả thuyết: dung dịch quặng và dung thể magma cùng nguồn, nhưng dung dịch quặng được tách ra ở giai đoạn sau; quặng được sinh ra từ thành tạo granit, granosyenit của phức hệ Phu Sa Phìn, gabbro của phức hệ Nậm Chiến ở giai đoạn đầu (tuổi J) và giai đoạn cuối (tuổi 19 Tr.n.) có nguồn sinh từ các phức hệ núi lửa (phức hệ Tú Lệ) và á xâm nhập (phức hệ Ngòi Thia).

Trên cơ sở nghiên cứu đặc điểm địa hóa - khoáng vật tạo quặng của các kiểu khoáng, đã xác định được mức độ bóc mòn thân quặng chì-kẽm Huồi Pao thấp, bộ nguyên tố chỉ thị cho công tác tìm kiếm gồm: Pb-Zn-Sb-Ag-Cd (W).

I. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT - CẤU TRÚC KIẾN TẠO

Ở các vùng Huồi Pao và Co Gi San xuất hiện các thành tạo rhyolit, rhyolit porphyr của phức hệ núi lửa Ngòi Thia (RK₂ nt)¹, rhyotrachyt và trachyt của phức hệ núi lửa Tú Lệ (tRK tl) và muộn hơn có granit, granosyenit phức hệ xâm nhập Phu Sa Phìn (sGK₁ pp) và gabbro, gabbro diabas phức hệ xâm nhập Nậm Chiến (GbK nc).

Quặng chì-kẽm Huồi Pao và Co Gi San nằm trong cấu trúc vòng Tú Lệ, đặc trưng bởi các hoạt động núi lửa, các phá hủy đứt gãy, các đứt gãy vòng, các trường đá magma và một số phức nếp uốn.

¹Hiện nay còn có quan điểm xếp các đá magma ở vòng Tú Lệ vào Permi (TCDC)

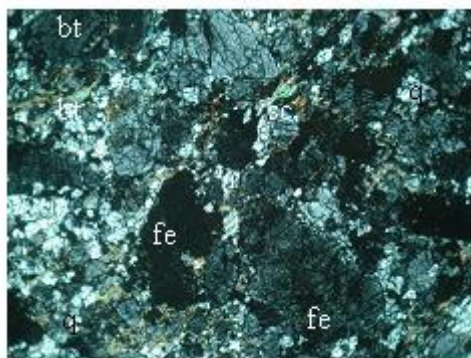
1. Các hệ thống đứt gãy

Trong trũng Tú Lệ có 4 hệ đứt gãy chính: TB-ĐN là hệ đứt gãy chính, cùng với ĐB-TN, kinh tuyến và á vĩ tuyến. Chúng tạo nên hệ thống các cấu trúc khá trẻ, cắt qua nhiều loại đá có tuổi khác nhau, đặc biệt là các đá có tuổi Paleogen, trong đó hệ thống đứt gãy TB-ĐN (các đứt gãy Nậm Kim và Tú Lệ) có vai trò quan trọng trong quá trình tạo quặng chì-kẽm Huồi Pao: không chế hai vùng trũng Co Gi San, trũng Lang Tinh, tạo nên đới càn nát - vò nhàu, tạo thuận lợi cho môi trường chứa quặng; kèm theo hệ đứt gãy có nhiều đứt gãy nhánh chứa quặng chì-kẽm.

Hệ đứt gãy kinh tuyến gồm 2 đứt gãy kinh tuyến lớn cắt qua khu mỏ Co Gi San và thung lũng Tú Lệ, tạo nên vùng quặng chì-kẽm Co Gi San và cánh đồng Tú Lệ. Bám theo đứt gãy có nhiều khối gabbrodiabas khá lớn và các thể xâm nhập nhỏ granit porphyr. Hệ thống đứt gãy này đóng vai trò là kênh dẫn magma, dung dịch tạo quặng chì-kẽm giàu bạc.

Hệ đứt gãy phương ĐB-TN, điển hình là 2 đứt gãy dọc theo thung lũng Ngòi Hút và đứt gãy cắt qua núi Lang Tinh, thường phá hủy các cấu trúc địa chất và các thân xâm nhập, làm xê dịch các thân quặng.

Hệ đứt gãy á vĩ tuyến: thường là các đứt gãy ngắn, song phân bố dày, là đường tiêm nhập của các thành tạo á núi lửa và dung dịch quặng. Nhiều thân quặng và các hệ mạch thạch anh chứa khoáng hóa đều đi theo hệ đứt gãy này.



Hình 1. Đá granosyenit porphyr bị cà nát.

2. Cấu trúc vòng

Vùng Tú Tệ có rất nhiều cấu trúc vòng. Chúng tạo nên các trũng núi lửa và là tàn dư của các trung tâm hoạt động núi lửa cổ. Điển hình là các cấu trúc vòng Huổi Pao, Tu San, Ngã Ba Kim, Chế Cu Nha. Thực tế, các thân quặng, các đới khoáng hóa và các xâm nhập mafic, axit đều liên quan với các cấu trúc này.

3. Các phức nếp lồi và nếp lõm

Đáng kể nhất là phức nếp lồi Nậm Kim. Nhân của nó là dải đá trầm tích - nguồn núi lửa phân bố dọc theo suối Nậm Kim. Dọc theo trục phức nếp lồi là đứt gãy chính trong vùng này, liên quan đến quá trình biến chất động lực mạnh và có nhiều điểm khoáng hóa. Các phức nếp lõm trong vùng thường bị các hệ đứt gãy xê dịch và phá hủy.

II. ĐẶC ĐIỂM QUẶNG CHÌ-KẼM HUỔI PAO, CO GI SAN VÀ ĐỘ BỐC MÒN THÂN QUẶNG

Quặng chì-kẽm Huổi Pao và Co Gi San phân bố trong thành tạo phun trào và á núi lửa (các phức hệ Tú Lệ và Ngòi Thia) và xung quanh điểm quặng, xuất hiện các khối xâm nhập nhỏ của các phức hệ Phu Sa Phìn và Nậm Chiền.

Quặng chì-kẽm Huổi Pao và Co Gi San hình thành trong các đới đứt gãy, cà nát và phiến hoá của các phức hệ đá phun trào felsic tuổi J-K thuộc các phức hệ Tú Lệ và Ngòi Thia. Đá vây quanh thân quặng gồm rhyolit, rhyolit porphyr, rhyotrachyt porphyr. Các đá này có đặc điểm chung là đều nằm trong trường cao kali, từ trung bình đến bão hòa nhôm và giàu sắt. Các đá phun trào trong trũng Tú Lệ có quan hệ nguồn gốc với thành tạo á xâm nhập của phức hệ Phu Sa Phìn. Các thành tạo rhyolit porphyr ở vùng Tú Lệ (Ngã Ba Kim) được thành tạo ở nhiệt độ trung bình - thấp (5 mẫu bao thể), chỉ có 1 mẫu ở đây có nhiệt độ thành tạo cao [5].

Phương thức tạo quặng chủ yếu là lấp đầy các đường nứt kiến tạo. Quặng có dạng mạch, dạng mạch xâm tán, thấu kính dốc đứng. Hoạt động đứt gãy còn tiếp diễn sau khi tạo quặng làm chuyển dịch các mạch quặng, phá hủy quặng, thể hiện ở cấu tạo dăm kết (mảnh vỡ là khoáng vật quặng), galenit bị ép có dạng sori, hạt mịn ...

Quặng chì-kẽm Tú Lệ nói chung, trong đó có quặng chì-kẽm Huồi Pao và Co Gi San, được xếp vào thành hệ galenit-sphalerit-sulfoantimonur Pb [7], với các đặc điểm sau:

1. Tổ hợp cộng sinh khoáng vật: sphalerit (ZnS) - galenit (PbS) - pyrit (FeS₂) - geocronit (Pb₅(Sb,As)₂S₈) - semseyit (9PbS.4Sb₂S₃) - bulangerit (5PbS.2Sb₂S₃) - quặng đồng xám - thạch anh.

2. Đặc điểm địa hoá - khoáng vật: tập hợp khoáng vật galenit-sulfoantimonur Pb (semseyit, bulangerit, ...) giàu Ag, Sb kèm theo thạch anh - chalcedon-calcit; sphalerit thuộc thể hệ sáng màu (nâu sáng) nghèo Fe, giàu Cd, Ge, Ga, Tl.

3. Biến đổi vây quanh: quanh quặng thường gặp sericit hoá, thạch anh hóa, silic hoá, argilit hóa.

4. Kiến trúc và cấu tạo quặng: trong quặng chì-kẽm Huồi Pao và Co Gi San thường có các dạng cấu tạo đặc trưng như đới keo, dải có nhịp, dăm kết, dạng khối, mạch và các dạng kiến trúc hạt tha hình, bán tự hình, xen lấp, cà nát, rạn nứt.

Tuy nhiên, quặng chì-kẽm Co Gi San và Huồi Pao cũng thể hiện những nét riêng biệt và có thể phân ra 2 kiểu khoáng hóa:

1. Kiểu khoáng hóa sulfur đa kim - bạc chứa vàng (quặng chì-kẽm Huồi Pao)

Quặng chì-kẽm Huồi Pao phân bố trong đá rhyolit porphyr, rhyotrachyt porphyr, trachyt bên cạnh khối gabbro, gabbrodiabas và khối xâm nhập granosyenit - granit felspath kiềm Phu Sa Phìn. Thân quặng phân bố theo đới đứt gãy phá vỡ chứa đầy mạch thạch anh. Quặng thường tạo thành ổ, thấu kính, mạch đặc sít với độ dày từ vài đến 20 cm và chiều dài 1-5 m, có khi đạt đến 10 m.

Ngoài ra, đã bắt gặp một hệ thống mạch nhỏ thạch anh - sulfur lấp đầy các khe nứt mang dung dịch quặng.

Đá vây quanh trachyt, rhyotrachyt dạng porphyr, bị biến đổi thạch anh hoá, kaolin hóa, epidot hóa mạnh mẽ, có màu xám trắng đến trắng. Đá chứa nhiều khoáng hoá sulfur, chủ yếu là pyrit (khoảng 8-12% thể tích đá) hạt nhỏ xâm tán, đôi khi tạo thành dạng ổ nhỏ. Hàm lượng pyrit có xu thế giảm dần khi ra xa thân quặng. Đới này dày khoảng 25 m.

Đới biến đổi quanh quặng gồm đới đá phiến biotit hóa màu đen, xanh đen ép phiến rất mạnh, dày 2 m. Đá gabbro màu xám sẫm (ở cửa lò) bị actinolit hoá, epidot hoá, chlorit hoá mạnh.

1.1. Thành phần, đặc điểm địa hóa khoáng vật quặng và các nguyên tố đi kèm: Quặng chì-kẽm Huồi Pao có thành phần khoáng vật sphalerit, galenit, ít hơn có pyrit, tetrahedrit, arsenopyrit. Ít gặp còn có Au tự sinh, khoáng vật thứ sinh có chalcocin, covellin, pyromorphit, azurit, malachit, goethit, anglesit, cerussit; khoáng vật mạch gồm các khoáng vật thạch anh, dolomit và ankerit.

- *Galenit* dạng mạch đặc xít, hạt nhỏ bị ép thành sợi kéo dài theo phương của mạch. Thường gặp các mạch nhỏ galenit xuyên cắt, găm mòn sphalerit, thạch anh, siderit. Bên cạnh đó, galenit có dạng hạt tha hình, kích thước 0,01-0,5 mm, một số dạng gân mạch ngắn lấp nhét trong các khe hở của đá (N28) và galenit có chứa ít đồng xám dạng hạt đẳng thước, kích thước <0,05 mm (N29) ở trong đới dập vỡ kiến tạo. Galenit hình thành muộn, đi cùng với tetrahedrit và sau khoáng vật này.

- *Sphalerit* tập hợp thành đám, thường bao quanh các mảnh vụn thạch anh, bản thân nó cũng bị rạn nứt, và carbonat, galenit, tetrahedrit xuyên lấp vào. Trong sphalerit còn gặp một số hạt nhỏ vàng tự sinh. Sphalerit nhìn bằng mắt thường có màu nâu, dưới kính quan sát thấy có kiến trúc

song tinh liên phiến. Trong thành phần hoá học của sphalerit có hàm lượng Fe (%) dao động từ 0,16 đến 4,44 (thường từ 1 đến 2) [7]. Ngoài ra còn gặp dạng tấm hạt tha hình, kích thước 0,05-0,5 mm tạo thành đám nhỏ xen lẫn trong đám galenit hoặc xâm tán ngoài phi quặng (N.29); dạng hạt tha hình, kích thước hạt có sự thay đổi lớn, từ 0,01-1 mm, dạng lấp đầy lỗ hổng của phi quặng (N.28).

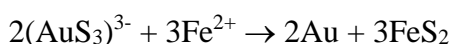
- *Pyrit* luôn đi với thạch anh, sphalerit và vàng tự sinh. Nó có thể được thành tạo theo 2 hình thức: 1) khoáng vật cộng sinh với sphalerit; 2) với đặc điểm pyrit có dạng hạt tha hình, phân tán, lấp đầy giữa sphalerit v.v., cho thấy quá trình tác động của chất dịch nóng của giai đoạn sau đã giải phóng sắt từ sphalerit (sphalerit bị biến đổi và sáng màu, nghèo sắt) để tạo nên pyrit. Quá trình này còn làm xuất hiện hàm lượng một số nguyên tố lẫn như trong galenit ở Huồi Pao có Fe và Zn (mẫu HP.3/2, Fe = 0,39%, Zn = 0,98%). Tại đới dập vỡ kiến tạo còn gặp các hạt pyrit hạt tự hình, kích thước <0,1 mm, xâm tán rải rác trong phi quặng.

- *Chalcopyrit*: ít gặp, thường ở dạng xâm tán nhỏ, liên quan với tetrahedrit.

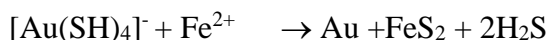
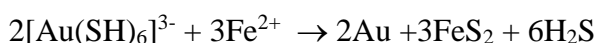
- *Vàng tự sinh*: gặp trong quặng chì-kẽm ở dạng bao thể, hạt méo mó, hình chìa khoá, chân chim, kích thước hạt là 0,02-0,08 mm. Vàng có quan hệ chặt chẽ với thạch anh, pyrit và sphalerit. Hàm lượng Au trong quặng ở khu Huồi Pao đạt được từ 0,2 đến 3,4 g/t [7].

Về mặt địa hoá, Au tự sinh trong các mạch nhiệt dịch được thành tạo ở nhiệt độ cao [2].

Ở đới rìa mạch quặng, nhiệt độ thành tạo biến đổi rất rộng (122-460⁰C) (Bảng 1). Do đó, trong đới rìa mạch (quặng chì-kẽm Huồi Pao) tiếp xúc với đới đá phun trào có thể diễn ra hiện tượng pyrit hóa đồng thành tạo vàng ở giai đoạn nhiệt độ cao theo cơ chế sau:



Khi dung dịch có dư thừa H₂S thì phản ứng tạo vàng và pyrit diễn ra như sau:



Ngoài ra, cơ chế này cũng diễn ra khi tác động của chất dịch nóng lên sphalerit sinh trước làm giải phóng sắt và đồng thành tạo pyrit-Au (sinh sau sphalerit).

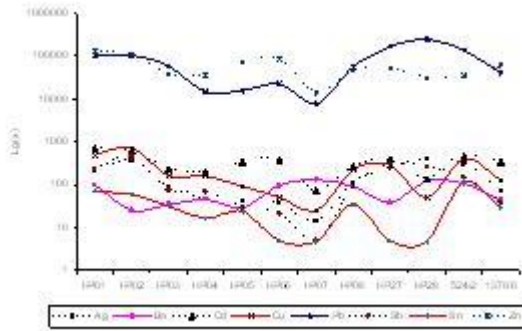
Bảng 1 . **Nhiệt độ thành tạo đới rìa mạch quặng chì-kẽm Huồi Pao**

Số hiệu mẫu	Loại bao thể		Nhiệt độ thành tạo (°C)
7057	Bao thể lỏng-khí	Mật độ cao	122-290
	Bao thể khí-lỏng	Mật độ thấp	328-460

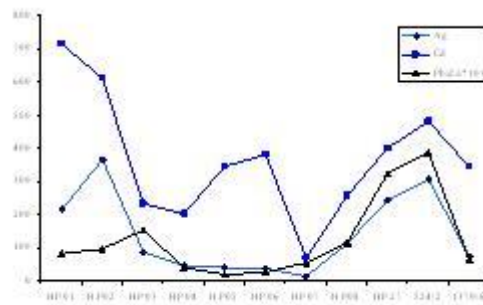
Đáng lưu ý là đã phát hiện biểu hiện mạch quặng gốc và quặng lẫn thạch anh - wolframit ở Huồi Pao. Các mạch thạch anh - wolframit (dày khoảng 2-2,5 m) bắt gặp ở phần thấp của điểm quặng chì-kẽm. Sự tiếp xúc giữa mạch thạch anh nhiệt dịch này với đá ryotrachyt thường làm cho đá bị biến đổi greisen hoá, thạch anh hoá (TL.05-1077). Như vậy, quặng chì-kẽm Huồi Pao không phải có nguồn gốc skarn. Trong các mỏ skarn, W thường chỉ gặp dưới dạng sheelit, không gặp wolframit, theo phản ứng sau: $\text{FeWO}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{FeS} + \text{CaWO}_4 + 2\text{H}^+$.

- *Tổ hợp cộng sinh khoáng vật*: sphalerit - galenit - pyrit, quặng đồng xám - vàng - thạch anh - carbonat (siderit).

- *Đặc điểm địa hóa các nguyên tố:* trong quặng chì-kẽm Huồi Pao, 12 mẫu phân tích cho hàm lượng Ag từ 14,2 đến 367,1 ppm. Tỷ số Pb/Zn trong phần lớn các mẫu quặng ở Huồi Pao tỷ lệ thuận với hàm lượng Ag (Hình 2). Điều đó chứng tỏ rằng Ag chủ yếu tập trung trong galenit và trong các sulfo-muối Sb, Pb (geocronit, semseyit, bulangerit, quặng đồng xám) ở nhiệt độ thấp. Một số mẫu quặng ở Huồi Pao có tỷ số Pb/Zn tỷ lệ nghịch với hàm lượng Ag (Hình 2), biểu hiện này cùng với đặc điểm của các khoáng vật tạo quặng (ví dụ sphalerit bị rạn nứt, được galenit, tetrahedrit xuyên lấp vào ...) cho phép suy luận về khả năng quặng bị biến đổi do quá trình động lực - kiến tạo và chất dịch nóng mang tính giai đoạn góp phần tăng chất lẫn mà ở đây chính là Ag.



Hình 1. Biểu đồ biến thiên hàm lượng các nguyên tố hóa học trong thân quặng chì-kẽm Huồi Pao



Hình 2. Biểu đồ tương quan giữa nguyên tố Ag, Cd và tỷ số Pb/Zn trong quặng chì-kẽm Huồi Pao

Hàm lượng Cd trong quặng chì-kẽm dao động từ 72,3 đến 715,4 ppm (trung bình 286,16 ppm), tỷ số Pb/Zn ở đây phần lớn tỷ lệ nghịch với hàm lượng Cd, chỉ có 3 mẫu biểu hiện tương quan thuận. Hàm lượng Cd trong sphalerit ở Huồi Pao là 2000 ppm [7]. Như vậy, nguyên tố Cd ở đây luôn đồng hành với nguyên tố Zn.

Mối tương quan giữa Zn và Ga trong quặng chì-kẽm cũng như đá vây quanh thân quặng ở Huồi Pao thể hiện không rõ ràng (Hình 3), hầu hết các mẫu đều cho thấy hàm lượng Ga không tỷ lệ thuận với hàm lượng Zn. Nhiều mẫu đá vây quanh có hàm lượng Ga cao hơn trong mẫu quặng, điều này do trong đá vây quanh ở đây có đặc điểm thạch địa hóa giàu nhôm, Ga thay thế đồng hình cho Al.

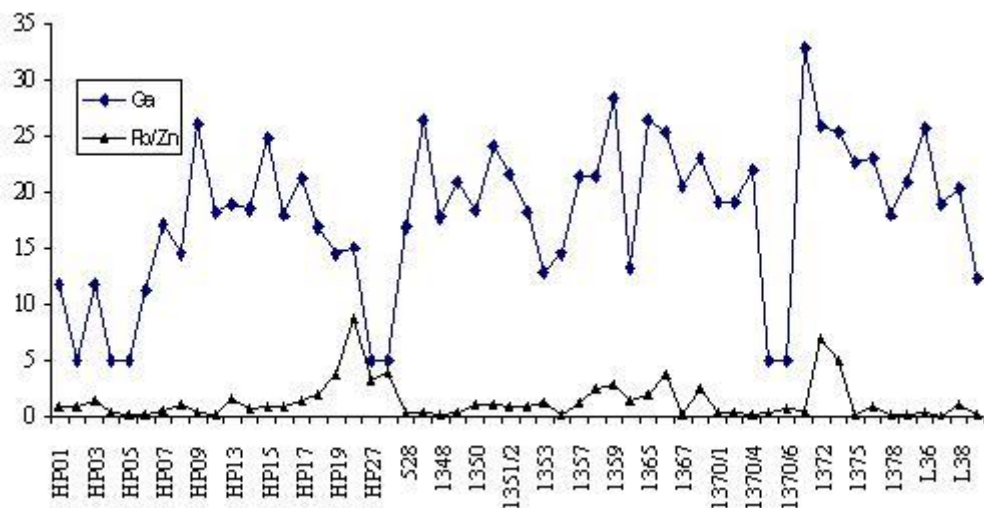
Ge có trong sphalerit ở Huồi Pao khoảng 0,8-1 ppm, thấp hơn ở Co Gi San khoảng 8 lần.

Tỷ số (Pb.Zn.Ba)/(Co.Ni.Sn) trong đới biến đổi gần quặng ở Huồi Pao là 423,28 đặc trưng cho phần giữa trên thân quặng (theo A.V. Krivtsov, 1984). Tỷ lệ Ni:Co = 1,3:1, cho thấy quá trình tạo quặng nhiệt dịch chì-kẽm ở đây thuộc giai đoạn muộn. Về mặt địa hoá, trong các sulfur sớm tỷ lệ này càng cao, có thể đạt tới 12:1; khi quá trình phân dị magma diễn ra, các sulfur muộn có nguồn gốc nhiệt dịch thì tỷ lệ Ni:Co có thay đổi nhiều, có khi đạt 1:1.

Do đó, tổ hợp cộng sinh nguyên tố đặc trưng cho quặng chì-kẽm Huồi Pao là Pb-Zn-Sb-Ag-Cd (Hình 2), đặc trưng cho tổ hợp nguyên tố phần giữa-trên của thân quặng.

b) Điều kiện thành tạo quặng: Quặng chì-kẽm Huồi Pao được thành tạo ở nhiệt độ trung bình - thấp và theo 3 pha khác nhau: Pha 1) hình thành thạch anh - sphalerit-pyrit-Au tự sinh ở nhiệt độ trung bình; Pha 2) pha trung gian thành tạo sphalerit-galenit-pyrit; Pha 3) thành tạo sphalerit-galenit-carbonat-tetrahedrit-Cu xám, thành tạo ở nhiệt độ thấp - trung bình có chứa ít nguyên tố Tl.

Ngoài ra còn có thể có thêm pha pyrit - sphalerit-galenit sinh sau tại đới dập vỡ kiến tạo (trong đứt gãy á kinh tuyến).



Hình 3. Biểu đồ tương quan giữa Ga và tỷ số Pb/Zn trong quặng chì-kẽm Huồi Pao

Bảng 2 . Nhiệt độ thành tạo quặng chì-kẽm Huồi Pao

Số hiệu mẫu	Loại bao thể / mật độ		Nhiệt độ thành tạo (°C)
HP.30	Lông-khí	Mật độ thấp	197-248
HP.33	Lông-khí	Mật độ trung bình	188-244
HP.34	Lông-khí	Mật độ cao	193-235
	Khí-lông	Mật độ thấp	285-305
N.29	Lông-khí	Phân bố không đều	175-205

2. Kiểu khoáng hóa sulfur đa kim - bạc, đồng, cobalt, nickel

Đặc trưng cho kiểu khoáng hóa này là điểm quặng chì-kẽm Co Gi San phân bố trong đá trachyt porphyr gần các khối xâm nhập Phu Sa Phìn.

Quặng hóa chì-kẽm phát triển trong đá phun trào ryotrachyt, rhyolit porphyr. Ở đây còn lộ ra một khối xâm nhập gabbrodiabass với diện tích khoảng 1 km² thuộc phức hệ Nậm Chiến, bị biến đổi nhiệt dịch như: epidot hoá, chlorit hoá, thạch anh hoá, carbonat hoá mạnh.

2.1. Thành phần, đặc điểm địa hóa các khoáng vật và các nguyên tố đi kèm: Thành phần khoáng vật gồm: galenit, sphalerit, pyrit, geocronit, semseyit ...

- *Galenit*: galenit tập trung thành mạch, ổ đặc xít hoặc thành dải xen với các dải sphalerit, thạch anh, calcit, nhiều nơi galenit tập trung khá giàu dưới dạng thấu kính, tạo nên quặng dạng khối. Galenit được phân làm 2 loại: loại tinh thể lớn, xen với calcit, ankerit, kích thước hạt vài mm, cát khai hoàn toàn; loại hạt rất nhỏ thường bị ép, biến dạng dẻo. Ngoài ra, còn gặp dạng dải, vôi, gần như cấu tạo keo, xen với các dải sphalerit, chalcedon hoặc bao quanh các mảnh vỡ phi quặng. Galenit thường ở dạng tập hợp hạt tha hình, một phần tự hình, kích thước hạt nhỏ 0,06-0,3 mm, tạo nên những mạch nhỏ xuyên cắt sphalerit, thạch anh, siderit. Galenit cộng sinh với geocronit, tetrahedrit, semseyit, bulangerit [7].

- *Sphalerit*: ở khu Co Gi San, sphalerit gặp ở dạng xâm tán trong phi quặng, mạch nhỏ, dạng dải xen với galenit, thạch anh, carbonat. Bằng mắt thường sphalerit có màu nâu, kích thước hạt thường nhỏ hơn so với sphalerit ở Huồi Pao. Thế hệ 1 có các hạt đẳng thước, thường đều nhau, một số hạt tự hình, phần lớn bị cà nát, rạn nứt, xen với thạch anh, siderit và bị galenit xuyên lấp vào. Thế hệ 2 dạng mạch nhỏ, dải xen với galenit gần như dạng cấu tạo keo, có kiến trúc hạt tha hình. Trong thành phần hoá học của sphalerit có hàm lượng Fe (%) dao động từ 0,16 đến 4,44 (thường từ 1 đến 2%).

- *Pyrit*: khoáng vật thứ yếu, có số lượng ít hơn nhiều so với sphalerit và galenit. Hầu hết pyrit ở dạng phân tán, ít khi tập trung thành đám lớn. Pyrit ở dạng hạt tha hình, lấp đầy giữa sphalerit. Ngoài ra, còn gặp tinh thể tự hình, kích thước nhỏ 0,3-0,5 mm, ít khi đến 1 mm. Pyrit vừa cộng sinh với sphalerit, vừa được thành tạo do sphalerit bị tác động bởi yếu tố động lực và chất dịch nóng làm giải phóng sắt. Tuy nhiên, ở đây không xảy ra quá trình đồng thành tạo Au như ở Huồi Pao có thể do nhiệt độ thành tạo chì-kẽm ở Co Gi San thấp hơn.

- *Bulangerit*: gặp phổ biến ở Co Gi San, dạng tập hợp hạt nhỏ tha hình, bán tự hình, kích thước hạt 0,2-0,3 mm. Bulangerit cộng sinh chặt chẽ với galenit, semseyit.

- *Geocronit*: gặp trong quặng ở Co Gi San khá phổ biến, thường phát triển giữa các đới galenit-sphalerit-calcit - thạch anh, có cấu tạo đới keo. Geocronit có kích thước hạt 0,3-0,5 mm, có khi đến 1 mm. Geocronit cộng sinh với galenit, semseyit, quặng đồng xám.

- *Semseyit*: tương đối ít gặp, nằm rải rác thành đám nhỏ hay dưới dạng mạch không liên tục trong galenit hoặc ở rìa tiếp giáp giữa thạch anh và galenit, hạt tha hình, kích thước nhỏ 0,2-1 mm. Đôi chỗ semseyit có chalcopyrit viền quanh hay dưới dạng mạch rất nhỏ xuyên vào sphalerit.

- *Tổ hợp cộng sinh khoáng vật*: sphalerit-pyrit-ankerit-calcit và galenit-geocronit-semseyit - thạch anh - dolomit.

- *Đặc điểm địa hóa các nguyên tố*: hàm lượng Ag trong quặng chì-kẽm Co Gi San cao hơn (từ 809 đến 1278 ppm) so với quặng chì-kẽm Huồi Pao (14,2 đến 367,1 ppm). Trong khoáng vật galenit, hàm lượng Ag là 3660 ppm. Tl phổ biến trong galenit ở Co Gi San. Tl trong semseyit: 100-300 ppm. Hàm lượng Cd trong sphalerit ở Co Gi San là 2400 ppm. Ge có trong sphalerit ở Co

Gi San là 6,4-8,7 ppm. Ge là nguyên tố luôn đi cùng với Cu, Sn, As trong quặng đa kim. Các nguyên tố đi kèm này ở quặng chì-kẽm Co Gi San đều cao hơn ở chì-kẽm Huồi Pao, điều đó thể hiện nhiệt độ thành tạo galenit, sphalerit ở Co Gi San thấp hơn so với ở Huồi Pao.

- Tỷ số (Pb.Zn.Ba)/(Co.Ni.Sn) của tập hợp 15 mẫu lấy một cách hệ thống theo lò khai thác có giá trị là 0,8. Ngoài ra, hàm lượng thấp của Ba, Pb và đi kèm là sự vượt trội của Zn cũng là đặc điểm chung của phân thấp các thân quặng chì-kẽm. Tỷ lệ Ni:Co = 3,87:1.

Với đặc điểm địa hóa của các nguyên tố, khoáng vật như trên và sự biến thiên hàm lượng của chúng trong quặng chì-kẽm (Hình 4), tập hợp các tổ hợp cộng sinh các nguyên tố gồm: Pb-Zn-Cu-Cd-Ag, Co-Cr-Ni, hàm lượng cao của nhóm nguyên tố Cr, Co, Ni, Sn, W (Co = 64,7 ppm; Cr = 63,57 ppm; Ni = 250,5 ppm; Sn = 27,13 ppm; W = 162,87 ppm) đặc trưng cho phân thấp của thân quặng.

Quặng chì-kẽm Co Gi San được thành tạo ở 2 pha chính: pha 1 hình thành thạch anh - sphalerit-pyrit-siderit; pha 2 hình thành galenit-geocronit-tetrahedrit- semseyit-bulangerit.

Tuổi đồng vị quặng hóa chì-kẽm Co Gi San được xác định là 164 Tr.n. (J) (Nguyễn Khắc Vinh, 1983).

Đáng lưu ý, 1 mẫu quặng chì-kẽm Co Gi San được phân tích tại Viện Hàn lâm Khoa học Trung Quốc cho tuổi 19 Tr.n..

III. XÁC ĐỊNH QUAN HỆ GIỮA THÀNH TẠO MAGMA VÔNG TÚ LỆ VỚI QUẶNG CHÌ-KẼM

Khoáng hóa chì-kẽm Co Gi San và Huồi Pao hình thành trong các đới đứt gãy, cà nát và phiến hoá của các phức hệ đá phun trào felsic tuổi J-K. Cấu trúc Tú Lệ lại bị phức tạp hoá thêm bởi nhiều hệ thống đứt gãy, chủ yếu theo 2 phương: TB-ĐN và kinh tuyến. Phương thức tạo quặng chủ yếu là lấp đầy các đường nứt kiến tạo. Quặng có dạng mạch, dạng mạch xâm tán, thấu kính dốc đứng. Hoạt động đứt gãy còn tiếp diễn sau khi tạo quặng làm chuyển dịch các mạch quặng, phá huỷ quặng, thể hiện ở cấu tạo dăm kết (mảnh vỡ là khoáng vật quặng), galenit bị ép có dạng sợi, hạt mịn, sphalerit bị rạn nứt ...

Bảng 3. Kết quả phân tích tuổi đồng vị Pb của quặng chì-kẽm Co Gi San

Số hiệu mẫu	Vị trí lấy mẫu	Đồng vị Pb				Tuổi (Tr.n.)
		207/204	208/204	206/204	208/204	
206/204	mẫu					TB
CGS02/1	Co Gi San	15,5427	38,8757	18,4298	38,8757	19

Hàm lượng nguyên tố tạo quặng Pb, Zn trong các đá felsic khá cao: trong phức hệ Ngòi Thia với Pb = 2,5-3.741 ppm (trung bình 120,70 ppm), Zn = 9,2-3.455 ppm (trung bình 140,82 ppm). Phức hệ Tú Lệ: Pb = 2,5-2.164 ppm (trung bình 106 ppm), Zn = 6,3-5.130 ppm (trung bình 169,22 ppm). Phức hệ Phú Sa Phìn, Pb = 2,5-1.003 ppm (trung bình 103,6 ppm), Zn = 12,1-574,1 (trung bình 160,9 ppm). Nhìn chung, hàm lượng trung bình của Pb, Zn trong dãy núi lửa - xâm nhập axit gần như nhau, nhưng hệ số biến phân của nguyên tố Pb, Zn trong granit Phú Sa Phìn thấp hơn và hệ số Clarke tập trung cao hơn so với đá phun trào. Kết quả phân tích microsond xác định Pb, Zn trong đá vây quanh thân quặng (cách thân quặng 0,8 m) tồn tại ở dạng phân tán, khoáng vật quặng chỉ thấy pyrit.

Tính chuyên hóa địa hóa của Pb, Zn trong các đá núi lửa - xâm nhập felsic của trũng Tú Lệ đã được nghiên cứu và khẳng định: mức độ tập trung của Pb, Zn tăng dần từ pha phun trào tới pha xâm nhập. Các thành tạo felsic trũng Tú Lệ hầu hết có tính chuyên hoá về chì-kẽm với hệ số tập trung Ktt > 1,5 (trừ phức hệ Ngòi Thia, Zn có Ktt = 1,30); thành tạo phun trào Tú Lệ có tính chuyên

hóa của Pb, Zn; đá phun trào của phức hệ Ngòi Thia có tính chuyên hóa về Pb; còn phức hệ xâm nhập Phu Sa Phìn, phức hệ xâm nhập Nậm Chiến có tính chuyên hóa về Pb, Zn cao hơn hai phức hệ trước (Bảng 4).

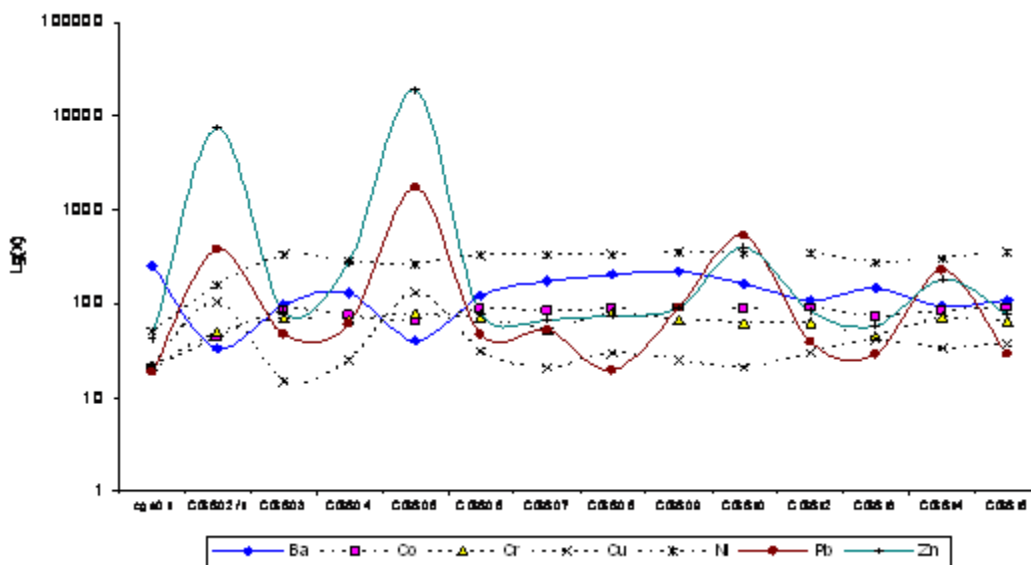
Đặc điểm phân bố hàm lượng một số nguyên tố đất hiếm (La, Ce), Nb trong các mẫu quặng chì-kẽm Huổi Pao (7 mẫu phân tích) tương đồng với chúng trong các thành tạo phun trào felsic Ngòi Thia, Tú Lệ và xâm nhập Phu Sa Phìn. Trong các mẫu quặng chì-kẽm Huổi Pao, hàm lượng các nguyên tố này tương ứng (ppm): La = 125,74; Ce = 234,71; Nb = 115,94.

Theo nghiên cứu của Phan Trọng Trịnh và nnk. (phương pháp Ar-Ar) [8], các thành tạo núi lửa Tú Lệ có tuổi Creta và pha nguội lạnh cuối cùng xảy ra khoảng 26 Tr.n. trước, ở nhiệt độ dưới 300°C. Giai đoạn nguội nhanh của granit Yên Sơn tương ứng 28 Tr.n. [8].

Trên cơ sở tuổi đồng vị của quặng chì-kẽm được xác định ở nhiều mức: từ 164 đến 19 Tr.n. và các đặc điểm, điều kiện thành tạo của quặng hóa chì-kẽm Tú Lệ đã nêu trên (phân bố trong đá núi lửa, khoáng vật quặng bị biến dạng, thành tạo theo các giai đoạn, các pha khác nhau, dung dịch quặng được tách ra từ dung thể magma ở giai đoạn rất muộn - tỷ số Ni:Co thấp ...), đặc điểm địa hóa khoáng vật và nguyên tố tạo quặng có thể suy luận về nguồn cung cấp vật chất tạo quặng như sau:

- *Thứ nhất*, nguồn cung cấp vật chất tạo quặng vừa là nguồn dung dịch nhiệt dịch từ dưới sâu, có quan hệ nguồn gốc với các thành tạo phun trào - á xâm nhập và xâm nhập felsic có tuổi Creta hoặc thành tạo xâm nhập felsic (phức hệ Phu Sa Phìn) - xâm nhập mafic (phức hệ Nậm Chiến) sinh sau là nguồn cung cấp trực tiếp. Dung dịch nhiệt dịch chứa vật chất tạo quặng được tách ra ở giai đoạn cuối. Các thành tạo phun trào là môi trường chứa quặng chì-kẽm.

- *Thứ hai*, nguồn cung cấp vật chất chính là các phun trào - á xâm nhập felsic ở các giai đoạn sau, trong các pha kết tinh, nguội lạnh cuối cùng dung dịch quặng được làm giàu và tách ra tạo nên quặng chì-kẽm có tuổi trẻ (nhiệt độ thấp, gần mặt đất) tập trung trong các đá núi lửa được kết tinh ở giai đoạn trước đó (bị hoạt động kiến tạo phá vỡ, cà nát, tạo nên đới dập vỡ thuận lợi cho môi trường chứa quặng) và dung dịch nhiệt dịch đã trao đổi với đá núi lửa trũng Tú Lệ hình thành nên quặng chì-kẽm giai đoạn muộn nhất với thành khoáng vật chính là sphalerit-galenit-pyrit.



Hình 4. Biểu đồ biến thiên hàm lượng các nguyên tố hoá học trong quặng chì-kẽm Co Gi San.

Bảng 4. Thông số địa hoá các nguyên tố Pb-Zn trong các thành tạo địa chất

	P (%)	X	min	max	V (%)	S	Ktt
<i>Phức hệ Tú Lệ (190 mẫu)</i>							
Pb (ppm)	94,21	106,04	2,50	2.164,00	260,22	275,95	2,00
Zn (ppm)	100,00	169,22	6,30	5.130,00	229,86	388,96	1,72
<i>Phức hệ Ngòi Thia (197 mẫu)</i>							
Pb (ppm)	96,45	120,70	2,50	3.741,00	329,02	397,13	1,51
Zn (ppm)	100,00	140,82	9,20	3.455,00	191,32	269,42	1,30
<i>Phức hệ Phu Sa Phìn (67 mẫu)</i>							
Pb (ppm)	98,44	103,60	2,50	1003,00	143,90	149,07	5,99
Zn (ppm)	100,00	160,90	12,10	574,10	69,22	111,38	2,76
<i>Phức hệ Yên Sun (76 mẫu)</i>							
Pb (ppm)	96,05	27,24	2,50	90,60	71,10	19,37	1,11
Zn (ppm)	96,05	96,34	2,50	420,80	91,62	88,27	1,39
<i>Phức hệ Nậm Chiến (100 mẫu)</i>							
Pb (ppm)	90,00	70,08	2,50	1212	217,09	152,14	5,02
Zn (ppm)	100,00	179,79	14,00	754,30	84,05	151,11	1,79

IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Quặng chì-kẽm Huồi Pao thuộc kiểu khoáng hóa sulfur đa kim bạc chứa vàng; chì-kẽm Co Gi San thuộc kiểu khoáng hóa sulfur đa kim bạc đồng cobalt-nickel. Chúng có nguồn gốc nhiệt dịch nhiệt độ trung bình - thấp.

2. Quan hệ giữa quặng chì-kẽm và đá magma thể hiện như sau:

- Hàm lượng các nguyên tố thuộc nhóm đất hiếm nhẹ trong mẫu quặng tương tự với thành tạo phun trào - á xâm nhập felsic-mafic.

- Các đá phun trào - á xâm nhập và xâm nhập felsic-mafic có tính chuyên hoá về Pb-Zn, tăng dần từ pha phun trào đến xâm nhập. Các thành tạo núi lửa Tú Lệ (phức hệ Tú Lệ, phức hệ Ngòi Thia) còn là môi trường chứa quặng chì-kẽm.

- Quan hệ về nguồn gốc giữa các đá magma và quặng chì-kẽm Tú Lệ được giả thuyết là: 1) Quan hệ nguồn gốc, dung dịch quặng được tách ra ở giai đoạn sau cùng từ dung thể magma và chính các đá phun trào felsic còn đóng vai trò là môi trường chứa; 2) Quan hệ mẹ con - thể xâm nhập Phu Sa Phìn, Nậm Chiến sinh sau các đá núi lửa, có tính chuyên hóa Pb, Zn khá cao đóng vai trò là nguồn sinh quặng và dung dịch nhiệt dịch đã trao đổi với đá núi lửa trũng Tú Lệ hình thành nên quặng chì-kẽm giai đoạn muộn nhất với thành khoáng vật chính là sphalerit -galenit-pyrit.

3. Mức độ bóc mòn của thân quặng: thân quặng chì-kẽm ở Huồi Pao có độ bóc mòn thấp cần có những nghiên cứu đánh giá về tiềm năng khoáng sản và khả năng khai thác tận thu các nguyên tố có ích tiếp theo. Bộ nguyên tố chỉ thị cho công tác tìm kiếm quặng chì-kẽm Huồi Pao gồm: Pb-Zn-Sb-Ag-Cd (W). Quặng Co Gi San gồm các nguyên tố chỉ thị: Pb-Zn-Cu-Cd-Ag-Co-Cr-Ni (As,

Sn). Mức độ bóc mòn thân quặng chì-kẽm Co Gi San cao nhưng các nguyên tố chỉ thị này có thể áp dụng tìm kiếm ở những khu vực lân cận có điều kiện địa chất - kiến tạo tương tự.

4. Về tuổi đồng vị, đồng vị bền của quặng chì-kẽm cần phải được nghiên cứu tiếp theo để làm sáng tỏ hai giả thuyết vừa nêu trên để kết hợp giữa ý nghĩa khoa học và ý nghĩa thực tiễn (mức độ bóc mòn, bộ nguyên tố chỉ thị) trong tìm kiếm khoáng sản chì-kẽm của vùng.

VĂN LIỆU

1. Dobrovonxkaia M., 1974. Những biến đổi trong quặng chì-kẽm và tính giai đoạn của sự tạo khoáng. *TC Địa chất*, 115 : 9-10. Hà Nội.

2. Đặng Trung Thuận, 1998. Địa hóa nguyên tố. *Đại học Quốc gia Hà Nội*.

3. Lê Như Lai, 1997. Đặc điểm cấu trúc Tú Lệ và khoáng sản liên quan. *TC Địa chất, Phụ trương*, tr. 12-14. Hà Nội.

4. Mai Trọng Tú (Chủ biên), 2007. Nghiên cứu tính chuyên hoá địa hoá và tiềm năng khoáng sản liên quan với các thành tạo núi lửa và xâm nhập trũng Tú Lệ. *Lưu trữ Viện KHĐC và KS, Hà Nội*.

5. Nguyễn Thứ Giáo, Phạm Đức Lương và nnk., 1994. Báo cáo Xác lập các tiền đề địa chất, địa hoá và đặc điểm sinh khoáng các thành tạo phun trào xâm nhập đới Tú Lệ. *Lưu trữ Địa chất, Hà Nội*.

6. Nguyễn Văn Học, 1995. Đặc điểm các thành hệ Pb-Zn vùng Đông Bắc Việt Nam và quy luật phân bố. *Luận án PTS Địa chất, Thư viện Quốc gia, Hà Nội*.

7. Nguyễn Văn Nhân, Hoàng Minh Thảo, 2002. Đặc điểm địa hóa - khoáng vật quặng chì-kẽm vùng mỏ Tú Lệ. http://www.idm.gov.vn/nguon_luc/Xuat_ban/2002/271/t24.html.

8. Phan Trọng Trịnh, Hoàng Quang Vinh, H. Leloup, P. Tapponnier, 2004. Biến dạng và tiến hóa nhiệt động đới Phan Si Pan trong Kainozoi. *TC Địa chất*, A/285 : 57-68. Hà Nội.