

# ĐẶC ĐIỂM KHOÁNG VẬT - ĐỊA HÓA VÀ NGUỒN GỐC CÁC MỎ CHÌ - KẼM CẤU TRÚC LÔ GÂM, MIỀN BẮC VIỆT NAM

TRẦN TUẤN ANH<sup>1</sup>, GASKOV I.V.<sup>2</sup>, TRẦN TRỌNG HÒA<sup>1</sup>, NEVOLKO P.A.<sup>2</sup>,  
PHẠM THỊ DUNG<sup>1</sup>, BÙI AN NIÊN<sup>1</sup>, PHẠM NGỌC CẦN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Viện Địa chất, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam

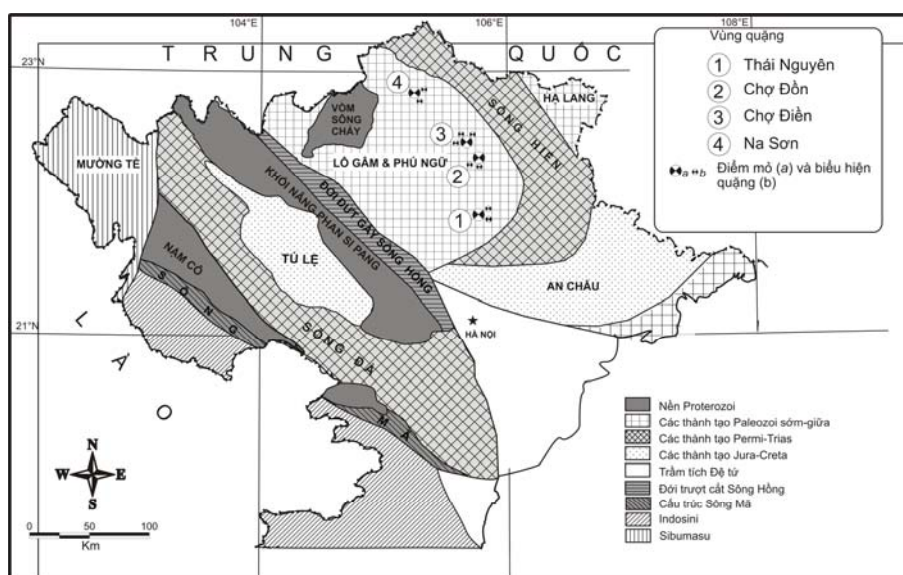
<sup>2</sup>Viện Địa chất và Khoáng vật học, Phân viện Siberi, Viện HLKH Nga

Ngày nhận bài: 15 - 8 - 2011

## 1. Mở đầu

Trên lãnh thổ Đông Bắc Việt Nam (ĐBVN), trong cấu trúc uốn nếp Lô Gâm-Phủ Ngũ (để ngắn gọn, từ đây trở đi viết là cấu trúc Lô Gâm) phát triển chủ yếu các trầm tích lục nguyên và lục nguyên - carbonat Paleozoi [16] (hình 1). Trong các trầm tích này phân bố rộng rãi các mỏ và điểm quặng Pb-Zn, chiếm tới 80% trữ lượng Pb-Zn kim loại ở Việt Nam, đồng thời cũng là nguồn cung cấp có triển vọng nhất nhiều nguyên tố hiếm và quý như In, Cd, Ag, Bi, Te,... Các mỏ Pb-Zn trong cấu

trúc này tạo thành 4 vùng quặng tương đối tách biệt nhau: Lang Hích (Thái Nguyên), Chợ Đồn và Chợ Điện (Bắc Kạn), Na Sơn (Hà Giang) mà về cơ bản có thể thuộc một đới sinh khoáng chung, kéo dài từ phía đông nam lên Tây Bắc hơn 100km (hình 1). Đa số các mỏ Pb-Zn phân bố trong các trầm tích carbonat tuổi Devon sớm - giữa với sự tham gia (mức độ khác nhau ở các mỏ khác nhau) của các thành tạo lục nguyên và núi lửa. Nhiều nhà nghiên cứu xếp các mỏ này vào kiểu giả tầng [21], phổ biến ở nhiều nước, trong đó điển hình là kiểu Missisipi - Missouri [9, 10, 13, 14, 17, 23].



Hình 1. Sơ đồ kiến tạo miền Bắc Việt Nam và các vùng quặng nghiên cứu

Trong khái niệm kinh điển về kiểu mô này, các mô giả tầng không chỉ đặc trưng bởi mối liên quan chặt chẽ với các tầng carbonat chủ yếu có tuổi Paleozoi và Mesozoi, mà còn đặc trưng bởi sự không chế rõ rệt của yếu tố địa tầng cũng như sự vắng mặt trong không gian gần các hoạt động magma. Còn trong phạm vi cấu trúc Lô Gâm lại phát triển rộng rãi các thành tạo magma thành phần khác nhau, từ mafic - siêu mafic đến felsic và kiềm [3-5, 11, 22].

Trong bài báo này, trên cơ sở các nghiên cứu chi tiết về địa hóa và khoáng vật quặng, các tác giả thử phân tích và xác định các dấu hiệu cơ bản của các mô chì kẽm cấu trúc Lô Gâm, làm sáng tỏ các đặc điểm giống và khác biệt với các mô kiểu giả tầng trên thế giới và xác lập kiểu nguồn gốc của chúng.

## 2. Vị trí địa chất - cấu trúc và dấu hiệu địa tầng của các mỏ Pb-Zn trong các vùng quặng khác nhau

Cấu trúc uốn nếp Lô Gâm, ĐBVN, tiếp giáp với đới trượt Sông Hồng về phía tây nam, còn ở tây bắc, ngăn cách với vòm nâng biến chất Sông Cháy - xuất lộ móng tiền Cambri của nền Dương Tử. Phía đông bắc và đông nam, cấu trúc Lô Gâm được bao bởi các trũng Mesozoi Sông Hiến và An Châu qua đới đứt gãy vòng cung Yên Minh - Phú Lương (hình 1). Lớp đáy cấu trúc này là các thành tạo trầm tích - biến chất tuổi Paleozoi sớm - giữa, trong đó chiếm ưu thế là trầm tích carbonat và lục nguyên - cát kết, đá phiến với các tập cuội kết và sạn kết. Chỉ có ở phía bắc của vùng quặng này, khu vực Na Sơn phát triển các đá núi lửa thành phần axit - trung tính kiềm trong hệ tầng carbonat - lục nguyên. Trong phạm vi cấu trúc Lô Gâm khá phổ biến các thành tạo magma, trong đó chiếm ưu thế là granitoid cao nhôm kiểu Phia Bioc, tạo thành các xâm nhập phân bố dọc theo đới đứt gãy dạng vòng cung viền quanh cũng như phần trung tâm của cấu trúc (hình 1). Các xâm nhập này có mối liên quan khá rõ với các tụ khoáng Pb-Zn, đặc biệt là ở vùng quặng Chợ Đồn, Chợ Đền. Ngoài ra, trong những khu vực này còn phổ biến các xâm nhập peridotit - gabro - monzogabro với biểu hiện quặng hóa Fe-Ti-V và Cu-Ni-(PGE) cũng như gabro - syenit [12]. Ở phía nam của cấu trúc phát triển các xâm nhập granitoid (granodiorit, granit granophyr) kiềm

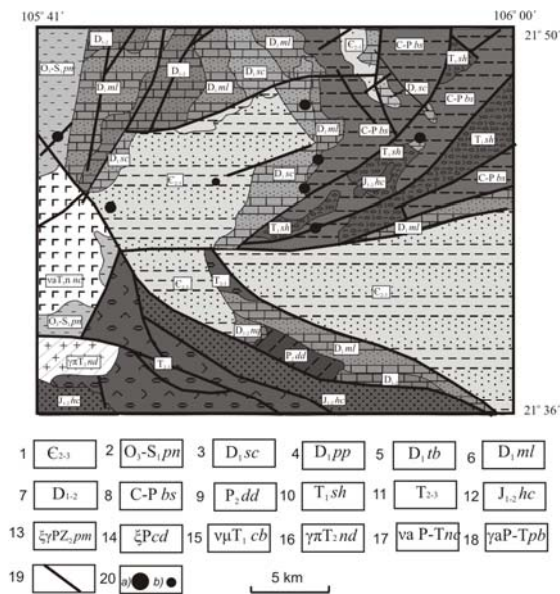
vôi (phức hệ Núi Đệng) đồng magma với các đá núi lửa kiểu Tam Đảo [1]. Ở phía bắc của cấu trúc (khu vực Na Sơn) phổ biến các đá núi lửa và á núi lửa trung tính - axit kiềm (trachyrhyolit, rhyolit, syenit) [22]. Các nghiên cứu về tuổi đồng vị của các thành tạo magma kể trên của cấu trúc Lô Gâm trong những năm gần đây cho thấy đa số chúng được hình thành ở giai đoạn Perm - Trias (251-233tr.n.) và được gắn với hoạt động magma liên quan với plume manti [12, 22].

### 2.1. Vùng quặng Lang Hích

Vùng quặng Lang Hích (Thái Nguyên) nằm ở phía đông nam cấu trúc Lô Gâm (hình 1). Tại đây đã xác lập được các biểu hiện Pb - Zn tập trung trong các trầm tích carbonat - lục nguyên tuổi Devon sớm, đôi khi trong các tập đá carbonat thuộc hệ tầng trầm tích lục nguyên tuổi Cambri (C<sub>2-3</sub>) và đá vôi trùng cá tuổi Paleozoi muộn (C-P) hệ tầng Bắc Sơn. Tụ khoáng có ý nghĩa công nghiệp trong khu vực này là Lang Hích, phân bố trong trầm tích tuổi Devon sớm, hệ tầng Sông Cầu (D<sub>1sc</sub>) (hình 2). Trong thành phần của hệ tầng này, chiếm ưu thế là các đá carbonat với các lớp kẹp cuội kết, cát kết và đá phiến sét. Các đá bị vỡ nhàu, uốn nếp và bị chia cắt bởi các phá hủy kiến tạo có phương khác nhau. Vùng mỏ Lang Hích bao gồm ba khu vực riêng biệt: Bắc Lâu, Mỏ Ba và Mê Tích, nằm trùng với các nút giao cắt của các cấu trúc phương kinh tuyến và đông bắc - tây nam. Các đới quặng hóa phân bố trong các tập đá vôi dạng khối giàu vật chất than, xen lẫn các tập bột kết, đá phiến sét và cát kết (khu vực Mỏ Ba). Thành phần đá vây quanh thay đổi từ đá vôi chứa vật chất hữu cơ sáng màu với thấu kính calcite tinh thể đến đá carbonat chứa than với kiến trúc hạt lớn màu xám và gân mạch carbonat - thạch anh. Quặng hóa Pb-Zn tạo thành các mạch có bề dày từ vài centimet đến 2,5m cũng như các thể nhỏ dạng ổ xâm tán. Dựa vào thành phần khoáng vật, có thể phân chia quặng thành kiểu chủ yếu là quặng kẽm (sphalerit-galenit) với hàm lượng sphalerit đến 90% và quặng chì (galenit - sphalerit) với sự chiếm ưu thế của các tập hợp galenit đến 50% hoặc hơn. Có thể gặp các kiểu quặng trung gian với hàm lượng thay đổi của galenit và sphalerit. Dựa theo các dấu hiệu cấu tạo, có thể phân biệt các dạng xâm tán - gân mạch và đặc xít (hình 3, 4). Quặng xâm tán - gân mạch

được cấu thành bởi các gân mạch, ổ và tinh ban kích thước từ vài phần mười milimét đến 2,5cm của các tập hợp tinh thể lớn thành phần sphalerit - galenit đôi khi với các tinh ban pyrit, chalcopyrit, pyrotin, quặng đồng xám và sulfosalt.

Quặng đặc xít thường tạo thành các mạch dạng lấp đầy bởi tập hợp sphalerit kiến trúc tinh thể lớn với xâm tán galenit, đôi khi pyrit, chalcopyrit và quặng đồng xám.



Hình 2. Sơ đồ cấu trúc địa chất vùng quặng Lang Hích

Chú giải: Chung cho các sơ đồ cấu trúc địa chất của các vùng quặng nghiên cứu

1. (C<sub>2-3</sub>) - cát kết, bột kết, đá phiến sét mica chứa các lớp nhỏ đá vôi;
2. (O<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>) - cát kết thạch anh, đá phiến silic và sét, đá sừng;
3. (D<sub>1</sub>sc) - cuội kết, cát kết, bột kết, đá phiến sét, đá vôi;
4. (D<sub>1</sub>pp) - cát kết thạch anh, đá phiến sét sericit và sericit, bột kết chứa bitum sẫm màu, philit và các tầng đá vôi;
5. D<sub>1</sub>tb - đá vôi, cát kết, sét, đá phiến sét và sét vôi;
6. (D<sub>1</sub>ml) - cát kết, sét, đá phiến sét và sét vôi;
7. D<sub>1-2</sub> - đá hoa, đá phiến silic, đá vôi;
8. (C-P bs) - đá vôi khối và phân lớp mỏng màu xám, đá vôi trứng cá;
9. (P<sub>2</sub>dd) - đá vôi phân lớp mỏng, đá vôi trứng cá;
10. (T<sub>1</sub> sh) - đá phiến sét vôi, cát kết vôi;
11. (T<sub>2-3</sub>) - cuội kết, cát kết, phiến sét, thấu kính và các lớp đá vôi mỏng;
12. (J<sub>1-2</sub>hc) - cuội kết, cát kết, bột kết;
13. Phức hệ Pia Ma (ξPZ<sub>2</sub>pm) - granosyenit, granit kiềm;
14. Phức hệ Chợ Đồn (ξPcd) - granosyenit, syenit biotit-pyroxen;
15. Phức hệ Cao Bằng (vμT<sub>1</sub> cb) - gabro, gabrodiaba;
16. Phức hệ Núi Điding (γπT<sub>2</sub>nd) - granit kiềm vôi, granodiorit và diorit;
17. Phức hệ Núi Chúa (vaP-T nc) - các đá có thành phần gabbro-peridotit;
18. Phức hệ Phia Bioc (γaP-T pb) - granit biotit cao nhôm;
19. Đứt gãy;
20. Các mỏ chì-kẽm (a), Biểu hiện khoáng hóa (b).



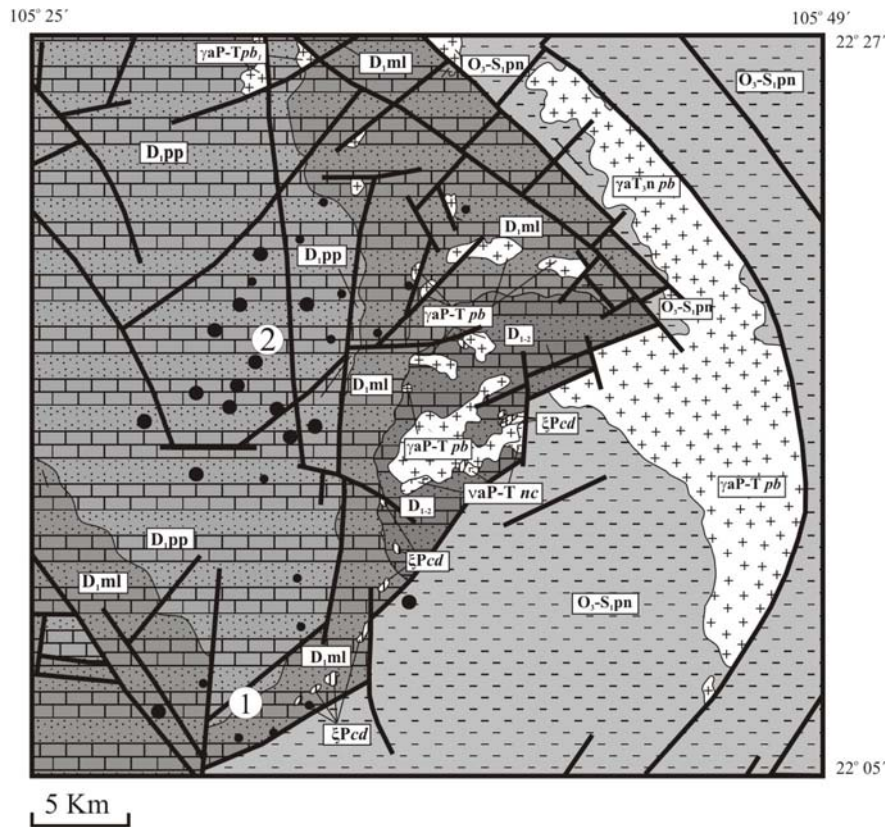
Hình 3. Quặng của các mỏ chì-kẽm trong cấu trúc Lô Gâm

## 2.2. Vùng quặng Chợ Đồn

Vùng quặng Chợ Đồn (Bắc Kạn) phân bố ở phía đông cấu trúc Lô Gâm, cách vùng quặng Lang Hích khoảng 50km về phía bắc. Các tụ khoáng Pb-Zn chủ yếu phân bố trong tầng lục nguyên - carbonat tuổi Devon sớm hệ tầng Mia Lé và Pia Phương (D<sub>1</sub> ml-D<sub>1</sub> pp) và chỉ có ít tụ khoáng phân bố trong trầm tích lục nguyên tuổi Ordovic muộn - Silur sớm hệ tầng Phú Ngũ (O<sub>3</sub>-S<sub>1</sub> pn). Chiếm ưu thế trong các hệ tầng này là đá phiến thạch anh - sericit và phiến sét, vôi sét với các tập đá vôi, đá vôi silic và vôi sét xen kẹp quartzit, tuf albitophyr và tuf cát kết. Các đá bị biến vị thành các nếp uốn ngắn và chia cắt bởi các phá hủy kiến tạo có phương khác nhau. Quặng hóa Pb-Zn tập trung chủ yếu trong các trầm tích carbonat Devon, trong các nút giao cắt của các cấu trúc phương kinh tuyến với phương đông bắc - tây nam (hình 4). Đối

quặng hóa phân bố trong các tập đá vôi màu xám, xen lớp với bột kết, phiến sét và cát kết. Trong thành phần của nút quặng Chợ Đồn có các tụ khoáng Ba Bô, Lũng Váng, Nà Bốp, Nà Tùm và Pù Sáp. Quặng của các tụ khoáng này đặc trưng có cấu tạo xâm tán - gân mạch, ít khi có cấu tạo đặc

xít (hình 3-II). Thành phần khoáng vật trong tất cả các tụ khoáng khá đồng nhất. Các khoáng vật quặng chính là sphalerit và galenit với ưu thế của galenit. Ngoài ra, còn gặp pyrotin, pyrit, arsenopyrit, chalcopyrit. Hiếm hơn là tetraedrit, stanin, cassiterit, bismuth tự sinh, monazit.



Hình 4. Sơ đồ cấu trúc địa chất các vùng quặng Chợ Đồn và Chợ Điền  
Chú giải xem hình 2

### 2.3. Vùng quặng Chợ Điền

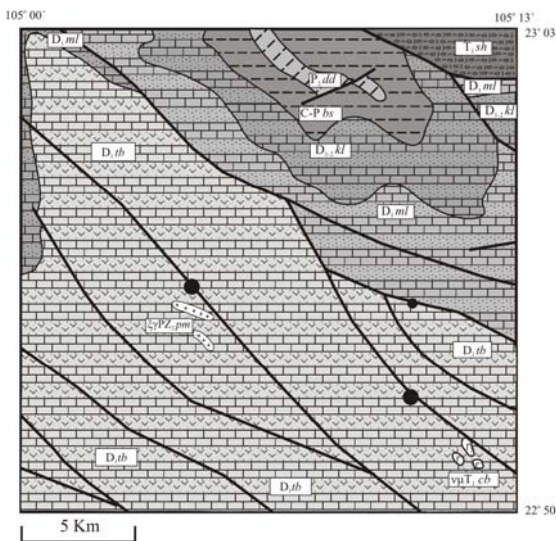
Vùng quặng Chợ Điền (Bắc Kạn), cách vùng quặng Chợ Đồn khoảng 20km về phía bắc (hình 4). Trong vùng có một nhóm mỏ Pb-Zn phân bố tương đối tách biệt nhau, điển hình là các mỏ Lũng Hoài, Bình Chai, Bó Luông, Đầm Vạn, Đèo An và Pò Pen. Các mỏ này đều phân bố trong tầng trầm tích tuổi Devon sớm ( $D_{1pp}$ - $D_{1ml}$ ) bao gồm đá phiến sét, argillit màu đen chứa bitum và vôi sét, đá vôi hoa hóa và đá hoa với bề dày chung khoảng 800 m. Vị trí phân bố của các mỏ được khống chế chủ yếu bởi các cấu trúc kiến tạo phương đông bắc - tây nam và á kinh tuyến cũng như ở các nút giao cắt giữa chúng. Quặng ở những mỏ này khá giống

nhau và bao gồm chủ yếu là các thành tạo xâm tán - gân mạch, ít hơn có quặng đặc xít (hình 3-III). Thành phần khoáng vật quặng bao gồm sphalerit, pyrit, arsenopyrit, ít hơn có tetraedrit, cassiterit và argentit. Quặng oxy hóa cấu thành chủ yếu từ smitsonit, serucit, siderite, rodochroxit và hydroxit sắt.

### 2.4. Vùng quặng Na Sơn

Vùng quặng Na Sơn (Hà Giang) phân bố ở phía bắc của cấu trúc Lô Gâm, cách vùng quặng Chợ Điền khoảng 100km về phía bắc. Tại đây đã phát hiện được hai mỏ Pb-Zn và một số điểm quặng phân bố trong tầng đá trầm tích tuổi Devon sớm ( $D_{1tb}$ - $D_{1ml}$ ). Thành phần thạch học của các tầng

trầm tích ở đây khác với những vùng mô tả trên ở sự có mặt của các đá nguồn núi lửa - porphyr thạch anh, felzit và trachyt. Các đá này xen lẫn với đá phiến silic và đá vôi với bề dày chung đến hơn 1000m. Các tụ khoáng phân bố chủ yếu trong tập đá carbonat và bị khống chế rõ rệt bởi các đới phá hủy kiến tạo phương tây bắc - đông nam (hình 5). Quặng trong các tụ khoáng này đặc trưng cấu tạo xâm tán - gân mạch và đặc xít (hình 3-IV). Thành phần khoáng vật quặng hơi khác với các vùng quặng trước, ngoài sphalerit và galenit, rất phổ biến pyrit, chalcopyrit và tetraedrit, pyrotin, cá biệt có cả orthit - khoáng vật giàu đất hiếm.



Hình 5. Sơ đồ cấu trúc địa chất vùng quặng Na Sơn

### 3. Đặc điểm địa hóa của quặng và tinh quặng chính

Theo kinh nghiệm nghiên cứu trên thế giới, các mỏ Pb-Zn kiểu giả tầng thường đặc trưng tập hợp hạn chế các nguyên tố tạp chất với hàm lượng thấp. Các nguyên tố quặng chính ở những mỏ này là Zn, Pb và các nguyên tố với hàm lượng thấp như Cd, As, Te [19, 20]. Trong khi đó, kết quả nghiên cứu quặng Pb-Zn từ các mỏ khác nhau của cấu trúc Lô Gâm cho thấy sự biến động khá rộng về tổ hợp cũng như hàm lượng của các nguyên tố tạp chất. Đó là điều khác biệt của chúng với các mỏ kiểu giả tầng điển hình và chứng tỏ điều kiện thành tạo các mỏ này có những nét đặc thù. Hàm lượng cao của các nguyên tố hiếm có ý nghĩa thực tiễn rõ rệt trong quá trình khai thác công nghiệp các mỏ này [2]. Với mục đích đó, chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu chi tiết sự phân bố của các nguyên tố tạp chất đi kèm trong các kiểu quặng khác nhau,

trong các sản phẩm tuyển làm giàu quặng - tinh quặng Pb và tinh quặng Zn, trong đuôi thải của khâu tuyển nổi ở các mỏ thuộc các vùng quặng khác nhau. Phương pháp phân tích được sử dụng cho nghiên cứu này là ICP-MS tại phòng thí nghiệm LTD ACLABS (Ontario, Canada) và quang phổ hấp thụ nguyên tử tại trung tâm phân tích của viện Địa chất và Khoáng vật học, phân viện Siberi (Nga) đối với 58 nguyên tố In, Sn, Cd, Zn, Pb, Cu, Fe, Au, Ag, Mo, Ga, Ge, Sb, Bi, Se, Te, As, Mn, Mg, Li, V, Cr, Ni, Be, Cs, Co, Sc, Al, Ca, Na, K, Rb, Sr, Ba, Y, Zr, Hf, Nb, Ta, W, Re, Tl, Th, U, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Eu, Gd. Thành phần hóa học (và hàm lượng các nguyên tố tạp chất trong khoáng vật) được xác định bằng phương pháp kính hiển vi điện tử quét và phổ ronghen trên máy microsond Camebax-Micro.

Các nghiên cứu nêu trên cho thấy, hàm lượng các nguyên tố đất hiếm và phóng xạ chỉ có ý nghĩa trong quặng khu vực Na Sơn với giá trị cao hơn clark (giá trị clark được sử dụng trong bài theo [15]). Một số nguyên tố khác cũng có hàm lượng ở mức clark hoặc chạm ngưỡng phát hiện của phương pháp. Vì thế, khi mô tả các đặc điểm địa hóa của quặng chúng tôi chỉ sử dụng tổ hợp (phổ) các nguyên tố ghi nhận được ổn định bằng các phương pháp phân tích nêu trên và được trình bày trong các bảng số liệu. Do quặng từ các mỏ nghiên cứu có thành phần khoáng vật không ổn định, biến động từ các biến loại có hàm lượng sulfide từ xâm tán nghèo đến đặc xít của tập hợp galenit và sphalerit, để mô tả đặc điểm địa hóa quặng, chúng tôi sử dụng các mẫu trung bình hóa, được lấy từ quặng nguyên khai được đưa từ các moong khai thác về, đã đập, nghiền trước khi đưa vào máy tuyển nổi ở xưởng chế biến quặng.

#### 3.1. Đặc điểm địa hóa và khoáng vật quặng vùng Lang Hích

Kết quả phân tích mẫu trung bình hóa cho thấy, cùng với các nguyên tố quặng chính là Pb và Zn, còn phát hiện được các nguyên tố có hàm lượng cao - Cd, Cu, Ag, Sb và As (bảng 1). Rõ nét hơn cả về hàm lượng các nguyên tố tạp chất là trong tinh quặng galenit (Pb=33%) và sphalerit (Zn=40%). Trong tinh quặng chì, ngoài sự có mặt hàm lượng cao của Zn (trung bình đến 7,41%), đã ghi nhận được hàm lượng cao rõ rệt của Cu, Sb và As. Các nguyên tố Bi (3,23ppm), Re (0,03ppm), Tl (17,35ppm) chỉ cao hơn clark một bậc.

**Bảng 1. Hàm lượng trung bình của các nguyên tố tạp chất trong quặng và các sản phẩm tuyển-luyện các mỏ chì-kẽm thuộc các vùng quặng khác nhau MBVN**

Ng. tố	Độ nhạy phân tích	Vùng quặng Thái Nguyên				Vùng quặng Chợ Đồn				Vùng quặng Chợ Đền				Vùng quặng Na Sơn			
		Quặng trung bình (13)	Tinh quặng		Đuôi thải (6)	Quặng trung bình (8)	Tinh quặng		Đuôi thải (4)	Quặng trung bình (11)	Tinh quặng		Đuôi thải (4)	Quặng trung bình (13)	Tinh quặng		Đuôi thải (3)
			Pb (5)	Zn (5)			Pb (4)	Zn (5)			Pb (5)	Zn (4)			Pb (6)	Zn (4)	
In	0,1	0,1	0,1	0,32	0,1	75,83	44,78	588,4	14,98	15,38	7,30	82,88	2,25	0,33	1,40	5,40	0,17
Sn	1	1	4,0	4,25	3,67	307,50	321,5	1457,2	67,25	21,75	57,00	64,40	8,50	12,67	3,75	6,67	12,67
Cd	0,1	794,25	543,80	3250,00	184,60	169,50	90,43	1270	27,30	527,00	340,40	2204,00	40,33	76,03	474,75	1633,33	19,80
Zn	0,2	1,11	7,42	49,02	2,47	4,53	2,07	59,52	0,69	8,58	5,45	62,74	0,69	1,19	6,69	28,10	0,35
Pb	1	2,68	33,00	5,37	1,48	7,04	60,5	0,73	0,90	1,27	69,50	0,67	0,32	4,93	44,30	6,53	0,45
Cu	0,2	0,018	0,29	0,06	0,011	0,11	0,43	0,56	0,039	0,046	0,62	0,16	0,014	0,19	1,42	1,13	0,036
Fe	0,01	1,15	4,96	1,59	1,20	19,23	7,46	13,14	22,78	11,33	11,40	8,73	10,84	2,48	2,61	4,68	2,31
Ag	0,05	51,60	100,60	109,40	13,46	157,75	140	178,8	33,55	52,13	148,20	108,16	12,44	65,30	106,70	169,33	8,43
Mo	0,1	1,13	3,20	2,32	1,63	2,18	2,1	1	1,68	2,05	8,66	1,54	2,08	152,13	507,75	901,00	76,90
Ga	0,1	3,90	1,74	7,58	4,38	18,15	5,23	83,08	10,40	4,48	1,54	5,24	4,60	33,40	3,58	16,53	37,57
Ge	0,1	0,85	1,12	7,34	0,23	0,25	0,1	0,14	0,25	0,18	0,14	0,10	0,10	0,73	0,17	0,40	0,87
Sb	0,1	33,13	2551,40	209,80	37,90	94,08	388,48	38,78	48,93	43,88	185,48	25,02	30,20	51,37	572,25	165,43	32,87
Bi	0,02	0,15	3,23	1,50	0,92	99,08	831,75	55,3	44,25	10,48	196,40	20,77	3,82	0,79	8,21	3,31	0,20
Se	0,1	5,23	6,48	16,74	2,28	3,30	2,93	19,44	0,90	5,30	6,56	21,02	0,55	2,53	3,45	12,27	2,10
Te	0,1	0,10	0,10	0,10	0,13	< 0,1	0,1	<0,1	0,50	< 0,1	0,10	0,10	< 0,1	0,35	0,10	0,20	0,50
As	0,1	184,75	3092,00	377,20	235,10	13650,00	8342,5	2020	13112,5	7012,50	3542,00	895,00	8737,50	45,03	150,58	77,90	21,17
Mn	1	740,50	62,80	150,20	1015,00	20550,00	609,5	1730	17635,0	9892,50	1301,40	1650,00	11750,0	1326,67	163,00	738,00	1416,67
Rb	0,2	36,70	6,64	8,34	52,32	34,28	2,45	3,84	62,33	45,60	9,82	8,42	64,05	186,67	21,95	85,70	165,33
Sr	0,2	148,00	4,04	6,90	204,17	65,48	1,58	3,3	86,63	116,25	9,06	13,60	141,50	17,30	1,08	3,83	18,90
Ba	1	140,75	5,67	2	161,50	21,50	<1	3	33,50	48,50	< 1	10,80	117,50	261,00	3,00	1,00	284,00
Re	0,001	0,003	0,027	0,008	0,005	0,00	0,01	0	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,18	0,75	0,75	0,07
Tl	0,005	0,75	17,35	1,84	1,25	0,40	2,28	0,2	0,51	1,20	1,04	0,28	1,79	0,69	0,37	0,47	0,72

Chú giải: Hàm lượng Fe, Zn, Pb, Cu thể hiện bằng %t, các nguyên tố khác là ppm; độ nhạy phân tích thể hiện bằng ppm. Các số trong ngoặc là số lượng mẫu

Trong tinh quặng kẽm, hàm lượng Pb cũng khá cao (trung bình 5,37%) và hàm lượng cao của các nguyên tố khác đặc trưng cho quặng kẽm - Cd, Cu, Ag, Sb và As. Ngoài ra, trong tinh quặng kẽm còn thấy hàm lượng

tương đối cao của In (0,32 ppm), Ga (7,58 ppm), Ge (7,34 ppm), Se (16,73ppm). Trong đuôi thải tuyển nổi ghi nhận được hàm lượng của các nguyên tố quặng chính: Zn - 2,47% và Pb - 1,48%, cũng như một số

nguyên tố khác liên quan chặt chẽ với các nguyên tố quặng chính - Cd - 184,6ppm, As- 235,1ppm và Ag-13,46ppm.

Hàm lượng các nguyên tố đất hiếm (REE) và phóng xạ trong quặng và trong các sản phẩm tuyển nổi đều không vượt quá giá trị clark (bảng 2).

**Bảng 2. Hàm lượng trung bình của PGE và các nguyên tố phóng xạ (ppm) trong quặng và trong các sản phẩm tuyển-luyện của các mỏ chì - kẽm thuộc các khu vực quặng khác nhau MBVN**

Nguyên tố	Độ nhạy phân tích	Vùng quặng Thái Nguyên				Vùng quặng Chợ Đồn				Vùng quặng Chợ Đền				Vùng quặng Na Sơn			
		Quặng trung bình (13)	Tinh quặng		Đuôi thải (6)	Quặng trung bình (8)	Tinh quặng		Đuôi thải (4)	Quặng trung bình (11)	Tinh quặng		Đuôi thải (4)	Quặng trung bình (13)	Tinh quặng		Đuôi thải (3)
			Pb (5)	Zn (5)			Pb 4)	Zn (5)			Pb (5)	Zn (5)			Pb (6)	Zn (4)	
La	0,1	7,51	7,51	7,51	7,51	22,83	3,50	6,34	25,00	9,80	5,38	1,92	13,93	190,00	39,73	106,80	189,00
Ce	0,1	17,94	17,94	17,94	17,94	35,55	6,43	9,88	40,23	18,80	11,44	3,58	26,55	407,67	79,95	248,30	412,33
Pr	0,1	1,63	1,63	1,63	1,63	4,50	0,78	1,22	4,83	2,13	1,28	0,38	3,03	40,43	8,78	30,17	41,27
Nd	0,1	5,69	5,69	5,69	5,69	14,10	2,45	3,74	15,28	6,95	4,16	1,26	9,95	137,33	29,80	104,17	140,67
Sm	0,1	1,04	1,04	1,04	1,04	2,15	0,35	0,52	2,25	1,33	0,76	0,24	1,85	24,30	5,60	19,07	25,17
Eu	0,05	0,21	0,21	0,21	0,21	0,67	0,08	0,09	0,79	0,41	0,15	0,09	0,57	2,47	0,75	2,53	2,56
Gd	0,1	1,01	1,01	1,01	1,01	1,48	0,25	0,32	1,65	1,13	0,58	0,18	1,53	21,30	5,43	18,23	21,10
Tb	0,1	0,18	<0,1	0,18	0,18	0,20	0,10	0,10	0,20	0,20	0,10	0,10	0,20	3,27	0,88	2,77	3,13
Dy	0,1	1,03	1,03	< 0,1	1,03	1,03	0,18	0,12	1,10	0,98	0,50	0,16	1,23	19,70	5,18	14,87	18,97
Ho	0,1	0,19	0,19	0,19	0,19	0,20	0,10	0,10	0,23	0,20	0,10	0,10	0,25	3,87	1,08	3,17	3,80
Er	0,1	0,69	0,69	0,69	0,69	0,65	0,10	0,10	0,70	0,50	0,28	0,10	0,65	10,67	3,05	8,53	10,47
Tm	0,1	< 0,1	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1,50	0,43	1,13	1,53
Yb	0,1	0,69	0,69	< 0,1	0,69	0,55	0,10	0,10	0,63	0,50	0,28	0,10	0,63	8,57	2,48	6,47	8,90
Lu	0,1	< 0,1	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1,20	0,33	0,83	1,27
LREE		34,01	34,01	< 0,1	34,01	79,80	13,58	21,79	88,37	39,41	23,17	7,47	55,87	802,20	164,60	511,03	810,99
HREE		3,99	3,99	3,99	3,99	4,30	1,03	1,04	4,70	3,70	1,94	0,94	4,68	70,07	18,83	56,00	69,17
R2O3		38,01	38,01	38,01	38,01	84,10	14,61	22,83	93,07	43,11	25,11	8,41	60,55	872,27	183,43	567,03	880,16
U	0,1	2,35	3,52	1,74	3,08	1,23	0,55	0,54	1,63	3,07	1,60	0,62	1,75	38,40	3,00	7,43	9,70
Th	0,1	1,40	1,26	1,0	2,47	1,70	0,33	0,44	2,85	1,35	3,14	1,04	4,37	11,63	9,93	27,83	37,70

Chú giải: Độ nhạy phân tích thể hiện bằng (ppm), số trong ngoặc là số lượng mẫu

Các tư liệu nêu trên chứng tỏ, hàm lượng cao của các nguyên tố tạp chất (đi kèm nguyên tố quặng chính) trong quặng có sự tăng đột biến trong tinh quặng chứng tỏ chúng có mối liên quan chặt chẽ với các khoáng vật sulfide chính - sphalerit và galenit. Các nghiên cứu khoáng vật học bằng kính hiển vi điện tử quét đã xác lập được một số pha khoáng độc lập. Trước hết đó là các khoáng vật quặng chính - sphalerit (ZnS), galenit (PbS) và một số khoáng vật thứ yếu - pyrit (FeS<sub>2</sub>), chalcopyrit (CuFeS<sub>2</sub>), tetraedrit (CuAgZn)<sub>3</sub>(SbAs)<sub>3</sub>S<sub>3</sub>, burnonit (PbCu)SbAsS<sub>3</sub>, và pyrotin (FeS). Vì thế, để làm sáng tỏ đặc điểm phân bố các nguyên tố tạp chất, đã tiến hành nghiên cứu hàm lượng của chúng trong khoáng vật quặng của mỏ bằng phương pháp microsond trên máy Camebax-Micro. Tuy nhiên, độ

nhạy hạn chế của máy phân tích microsond (0,0n%) không cho phép xác định được đặc điểm phân bố của chúng ở mức vi lượng. Về cơ bản, với độ nhạy của phương pháp phân tích bằng microsond đối với các khoáng vật quặng chính - sphalerit, galenit và khoáng vật thứ yếu - pyrit, tetraedrit, burnonit,... cho phép xác lập các đặc điểm địa hóa của chúng sau đây.

Sphalerit: tại khu mỏ Lang Hích chủ yếu là biến loại cleiofan có độ sắt thấp (0,28%) (bảng 3). Các nguyên tố tạp chất đặc trưng cho chúng - Mn, Ge, In, Ag cũng có hàm lượng thấp. Nguyên tố có hàm lượng thường xuyên cao trong sphalerit là Cd (0,36%), tồn tại dưới dạng đồng hình thay thế một phần Zn trong mạng tinh thể.

**Bảng 3. Thành phần sphalerit trong các mỏ chì-kẽm các vùng quặng nghiên cứu thuộc cấu trúc Lô Gâm (%t)**

Vùng quặng	Zn	Fe	S	Cd	Ga	In	Bi	Cu	Sn	Ag	Mn
Thái Nguyên (18)	<u>64.50-67.16</u>	<u>0.00-1.7</u>	<u>32.46-32.97</u>	<u>0.00-0.78</u>		<u>0.00-0.01</u>	<u>0.00-0.01</u>			<u>0.00-0.15</u>	<u>0.00-0.01</u>
	66,09	0,28	32,71	0,36		0,00	0,00			0,02	0,00
Chợ Đồn (37)	<u>53.15-60.64</u>	<u>4.97-11.48</u>	<u>32.73-35.23</u>	<u>0.36-0.26</u>	<u>0.00-0.02</u>	<u>0.00-0.66</u>	<u>0.00-0.04</u>	<u>0.02-0.65</u>	<u>0.00-0.38</u>		<u>0.04-0.29</u>
	55,92	9,19	33,51	0,18	0,01	0,08	0,01	0,34	0,08		0,23
Chợ Diên (27)	<u>55.64-65.52</u>	<u>1.89-10.60</u>	<u>32.83-33.77</u>	<u>0.20-0.34</u>	<u>0.16-0.19</u>	<u>0.00-0.01</u>	<u>0.01-0.02</u>				<u>0.02-0.19</u>
	60,00	6,45	33,28	0,29	0,17	0,00	0,01	0,00	0,00		0,09
Na Sơn 20	<u>62.24-66.01</u>	<u>0.15-4.81</u>	<u>32.45-33.97</u>	<u>0.10-0.50</u>	<u>0.00-0.04</u>	<u>0.00-0.02</u>	<u>0.00-0.04</u>				<u>0.00-0.06</u>
	64,63	1,84	33,04	0,32	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00		0,02

Chú giải: Các số trong ngoặc ở bảng này và các bảng tiếp theo là số lượng mẫu

Galenit: ở khu vực Lang Hích là khoáng vật chứa phổ hạn chế các nguyên tố tạp chất (bảng 4). Các nguyên tố có hàm lượng ở ngưỡng độ nhạy của phương pháp phân tích là Ag (0,05%), Sb (0,13%) và Te (0,01%). Ngoài ra, ở một số mẫu đơn lẻ còn phát hiện được Bi và Sn.

Quặng đồng xám: phổ biến hạn chế và chủ yếu là biến loại chứa Sb - tetraedrit; trong thành phần của nó hầu như không ghi nhận được As. Các cation chủ yếu của tetraedrit là Cu (24,1 %), Ag (18,43 %), Zn (6,67%) và một lượng nhỏ tạp chất của Fe (0,2 %) và chì - Pb (0,14 %) (bảng 5). Các

nguyên tố tạp chất khác trong tetraedrit không ghi nhận được.

Burnonit: là khoáng vật hiếm và chủ yếu liên quan với các ban tinh galenit. Khác với quặng đồng xám, burnonit đặc trưng thành phần Sb-As với sự chiếm ưu thế của Sb (Sb-18,45 %, As-3,36%). Các cation chủ yếu của khoáng vật này là Pb (42,44%) và Cu (16,6%) (bảng 6).

Pyrit: trong quặng có thành phần đơn giản, tương ứng với thành phần lý thuyết; trong số các nguyên tố tạp chất xác định được Cu (0,04%), Ni (0,13%) và Co (0,02%) (bảng 7).



**Bảng 4. Thành phần galenit trong các mỏ chì-kẽm vùng quặng nghiên cứu thuộc cấu trúc Lô Gâm (%t)**

Vùng quặng	Pb	S	Cd	Ga	In	Bi	As	Sb	Sn	Ag	Te
Thái Nguyên (24)	<u>83.78-87.40</u>	<u>12.84-13.59</u>	0,00	0,00	0,00	<u>0.00-0.01</u>	0,00	<u>0.00-0.90</u>	<u>0.00-0.01</u>	<u>0.00-0.16</u>	<u>0.00-0.03</u>
	86,12	13,33				0,00		0,13	0,00	0,05	0,01
Chợ Đồn (39)	<u>83.97-87.64</u>	<u>13.04-13.55</u>	<u>0.03-0.09</u>	<u>0.00-0.02</u>	<u>0.00-0.02</u>	<u>0.00-1.86</u>	<u>0.00-0.02</u>	<u>0.00-0.32</u>	<u>0.00-0.08</u>	<u>0.00-1.31</u>	0,00
	86,28	13,35	0,06	0,01	0,01	0,1	0,00	0,07	0,01	0,21	
Chợ Điền (13)	<u>82.61-86.72</u>	<u>13.11-13.55</u>	<u>0.05-0.06</u>	<u>0.00-0.02</u>	<u>0.00-0.03</u>	<u>0.00-1.87</u>	<u>0.00-0.02</u>	<u>0.00-0.23</u>	<u>0.00-0.02</u>	<u>0.04-1.34</u>	0,00
	85,54	13,29	0,05	0,01	0,01	0,26	0,00	0,07	0,00	0,33	
Na Sơn (14)	<u>85.11-88.16</u>	<u>12.89-13.47</u>	0,00	0,00	0,00	<u>0.00-0.02</u>	0,00	<u>0.00-0.04</u>	<u>0.00-0.03</u>	<u>0.00-0.12</u>	0,00
	86,93	13,27				0,00		0,01	0,01	0,05	

**Bảng 5. Thành phần tetraedrit trong các mỏ chì-kẽm vùng quặng nghiên cứu thuộc cấu trúc Lô Gâm (%t)**

Vùng quặng	Cu	Ag	Zn	Fe	Pb	Sb	S	As	Se	Te
Thái Nguyên (6)	<u>23.24-24.50</u>	<u>17.81-20.04</u>	<u>6.51-6.77</u>	<u>0.18-0.23</u>	<u>0.11-0.16</u>	<u>26.28-26.79</u>	<u>22.63-23.02</u>			
	24,10	18,43	6,67	0,20	0,14	26,48	22,92	0,00	0,00	<u>0.00</u>
Chợ Đồn (4)	<u>24.29-24.53</u>	<u>17.68-18.30</u>	<u>0.13-0.15</u>	<u>6.28-7.42</u>	<u>0.08-0.15</u>	<u>26.01-26.97</u>	<u>22.80-23.18</u>			
	24,38	17,91	0,14	6,71	0,12	26,51	23,01	0,00	0,00	0,00
Chợ Điền (4)	<u>16.28-18.06</u>	<u>27.44-30.31</u>	<u>0.72-0.80</u>	<u>6.07-6.24</u>	<u>0.06-0.40</u>	<u>25.77-26.23</u>	<u>21.14-21.72</u>			
	17,46	28,43	0,77	6,14	0,17	26,02	21,45	<u>0.00</u>	0,00	0,00
Na Sơn (11)	<u>27.15-38.61</u>	<u>0.42-14.40</u>	<u>4.72-7.36</u>	<u>0.22-2.58</u>	<u>0.00-0.09</u>	<u>25.36-28.48</u>	<u>23.23-25.99</u>	<u>0.00-2.49</u>		<u>0.00-0.06</u>
	34,26	5,08	6,07	1,23	0,04	26,91	24,76	0,60	0,00	0,02

**Bảng 6. Thành phần của các khoáng vật quặng thứ yếu trong các mỏ chì-kẽm khu vực nghiên cứu thuộc cấu trúc Lô Gâm (%t)**

Vùng quặng	Fe	Cu	Pb	S	As	Sb	Ni	Co	Mo	Ag	Au	Se
Chalcopyrit												
Chợ Đồn (4)	<u>30.04-30.68</u>	<u>31.95-34.37</u>	0,00	<u>34.08-34.97</u>	<u>0.00-1.74</u>	0,00	<u>0.01-0.02</u>	<u>0.00-0.01</u>	<u>0.04-0.06</u>	0,00	<u>0.00-0.02</u>	0,00
	30,34	33,67		34,73	0,44		0,01	0,01	0,05		0,01	
Na Sơn (4)	<u>30.06-30.34</u>	<u>34.72-34.91</u>	0,00	<u>34.78-34.98</u>		0,00	<u>0.00-0.02</u>	<u>0.00-0.01</u>	<u>0.00-0.05</u>	0,00	<u>0.00-0.01</u>	0,00
	30,19	34,83		34,90			0,02	0,01	0,04		0,01	
Arsenopyrit												
Chợ Điền (4)	<u>33.67-33.92</u>	<u>0.00-0.01</u>	0,00	<u>20.71-21.09</u>	<u>44.67-45.32</u>		<u>0.00-0.01</u>	<u>0.04-0.05</u>		<u>0.02-0.04</u>	<u>0.01-0.05</u>	<u>0.15-0.21</u>
	33,80	0,01		20,87	44,99		0,01	0,04		0,03	0,03	0,18
Burnonit												
Thái Nguyên (2)	0,00	<u>16.40-16.90</u>	<u>41.7-43.2</u>	0,00	<u>2.87-3.85</u>	<u>17.24-19.66</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		16,60	42,44		3,36	18,45						

**Bảng 7. Thành phần pyrit trong các mỏ chì-kẽm vùng quặng nghiên cứu thuộc cấu trúc Lô Gâm (%t)**

Vùng quặng	Fe	S	Ni	Co	Cu	As	Se	Mo
Thái Nguyên (1)	45,86	53,47	0,13	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00
	<u>42,76-59,71</u>	<u>40,22-53,30</u>	<u>0,01-0,04</u>	<u>0,00-0,03</u>	<u>0,01-0,05</u>	<u>0,00-14,84</u>	<u>0,00-0,04</u>	0,00
Chợ Đồn (7)	47,10	47,25	0,03	0,01	0,03	5,67	0,02	
	<u>42,38-49,23</u>	<u>44,98-54,32</u>	<u>0,01-0,13</u>	<u>0,00-0,03</u>	<u>0,00-2,85</u>	<u>0,00-16,87</u>	<u>0,00-0,04</u>	<u>0,00-0,10</u>
Chợ Diên (14)	46,29	51,98	0,02	0,02	0,37	2,44	0,01	0,01
	<u>46,02-46,94</u>	<u>52,17-53,91</u>	<u>0,02-0,17</u>	<u>0,03-0,46</u>	<u>0,00-0,07</u>	<u>0,00-0,03</u>	0,00	<u>0,00-0,08</u>
Na Sơn (7)	46,45	52,83	0,08	0,13	0,03	0,01		0,01

**Bảng 8. Thành phần pyrotin trong các mỏ chì-kẽm vùng quặng nghiên cứu thuộc cấu trúc Lô Gâm (%t)**

Vùng quặng	Fe	S	Ni	Co	Cu	As	Se	Mo	Ag	Sn	Au
Chợ Đồn (6)	<u>60,15-60,67</u>	<u>39,44-40,00</u>	<u>0,01-0,03</u>	<u>0,01-0,06</u>	<u>0,00-0,06</u>	<u>0,01-0,01</u>	<u>0,01-0,01</u>	<u>0,04-0,08</u>	<u>0,01-0,01</u>	<u>0,01-0,01</u>	<u>0,00-0,03</u>
	60,41	39,77	0,02	0,02	0,04	0,01	0,01	0,06	0,01	0,01	0,01
Chợ Diên (5)	<u>60,33-60,75</u>	<u>39,19-39,98</u>	<u>0,00-0,02</u>	<u>0,02-0,06</u>	<u>0,00-0,01</u>	<u>0,01-0,03</u>	<u>0,01-0,02</u>		<u>0,02-0,04</u>	<u>0,01-0,01</u>	<u>0,01-0,04</u>
	60,52	39,49	0,01	0,05	0,01	0,02	0,01		0,03	0,01	0,03
Na Sơn (1)	61,17	39,35	0,04	0,02	0,05			0,06			0,01

### 3.2. Đặc điểm địa hóa và khoáng vật các mỏ khu vực Chợ Đồn

Phân tích thành phần hóa học và hàm lượng nguyên tố tạp chất trong quặng từ các mỏ khu vực Chợ Đồn cho thấy, ngoài các nguyên tố quặng chính (Pb, Zn) chúng khá giàu In, Sn, Cd, Cu, Ag, Bi, Sb và As (bảng 1). Trong tinh quặng chì, ngoài Pb (60,5%) và Zn (2,0%) còn xác định được Cu (4300 ppm), Ag (140 ppm), Sb (388 ppm), Bi (831 ppm) và As (8340 ppm) (bảng 1). Tinh quặng kẽm (Zn - 59,52%) chứa Pb (0,7%), In (588 ppm), Sn (1457 ppm), Cd (1270 ppm), Cu (5658 ppm), Ag (178 ppm), Ga (83 ppm), Se (19 ppm), As (2000 ppm) (bảng 6).

Trong đuôi thải tuyển nổi ghi nhận được hàm lượng các nguyên tố quặng chính - Zn - 0,7%, Pb - 0,9% và As - 1,3%, chứng tỏ lượng thất thoát các nguyên tố này không lớn. Tuy nhiên, hàm lượng In (14,98ppm) và Ag (33,55ppm) trong đuôi thải là rất đáng quan tâm (bảng 1). Hàm

lượng các nguyên tố đất hiếm và phóng xạ trong quặng cũng như trong các sản phẩm tuyển không vượt quá giá trị clark.

Như vậy, kết quả nghiên cứu trình bày trên cho thấy cùng với các nguyên tố quặng chính (Zn và Pb), trong quặng và sản phẩm tuyển quặng từ các mỏ khu vực Chợ Đồn thường xuyên có mặt với hàm lượng cao ổn định của tổ hợp các nguyên tố tạp chất - Cu, Ag, Cd, In, Sn, Ga, Bi, Se, As, Sb, trong đó In, Cd, Ag, Ga, Bi là những nguyên tố đáng quan tâm cho việc tách chiết thu hồi công nghiệp.

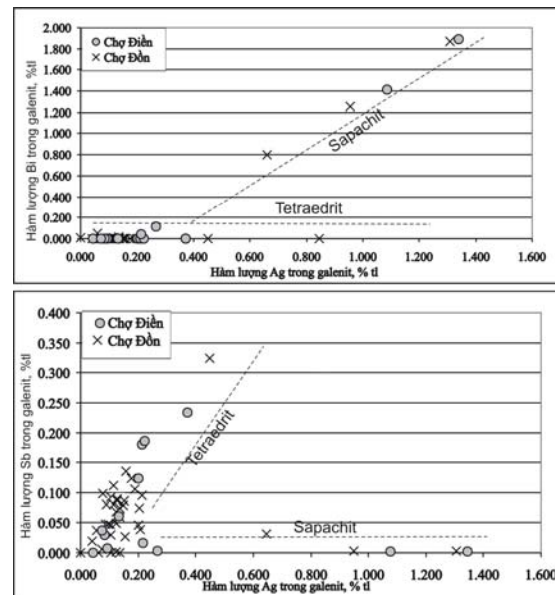
Sự tích tụ chủ yếu các nguyên tố tạp chất trong tinh quặng chì và tinh quặng kẽm rõ ràng minh chứng cho mối liên quan của chúng với các khoáng vật quặng chính - sphalerit và galenit. Một phần các nguyên tố này có thể tham gia vào thành phần của khoáng vật quặng chính dưới dạng đồng hình, phần khác tạo thành các pha khoáng độc lập, tổ hợp chặt chẽ

với khoáng vật quặng chính này hoặc khoáng vật quặng chính khác. Với sự trợ giúp của kính hiển vi điện tử quét, đã xác định được tổ hợp phong phú các pha khoáng độc lập - sphalerit (ZnS), galenit (PbS), pyrit (FeS<sub>2</sub>), arsenopyrit (FeAsS), chalcopyrit (CuFeS<sub>2</sub>), pyrotin (FeS), tetraedrit (Cu,Zn,Ag)<sub>3</sub> (Sb,As)S<sub>3</sub> stanin (Cu<sub>2</sub>FeSnS<sub>4</sub>), cassiterit (SnO<sub>2</sub>), bismuth tự sinh (Bi).

Từ thành phần khoáng vật quặng có thể thấy chỉ có Cd, In, Ga là không thành tạo pha khoáng độc lập. Nghiên cứu thành phần hóa học của khoáng vật quặng trên máy microzond “Camebax-Micro” và kính hiển vi điện tử quét cho phép mô tả các đặc điểm sau.

Sphalerit: đặc trưng có độ sắt cao; hàm lượng Fe thay đổi trong khoảng 5 - 11,5%, trung bình (theo 210 kết quả phân tích) - 9,2%. Ngoài Fe, trong sphalerit còn chứa các nguyên tố tạp chất (trung bình, %): Cd - 0,18; Ga - 0,01; In - 0,08; Bi - 0,01; Mn - 0,23; Sn - 0,08; Cu - 0,34. Điều đáng chú ý là các nguyên tố tạp chất phân bố rất không đồng đều (bảng 3). Trong một số hạt, hàm lượng In đạt tới 1,25%, nhưng trong các hạt khác thậm chí không phát hiện thấy. Không thấy có mối tương quan nào giữa các nguyên tố tạp chất, chúng tồn tại dưới dạng thay thế đồng hình (vị trí của Zn) trong ô mạng tinh thể. Chứng cứ nữa là trong phạm vi một hạt sphalerit thì hàm lượng các nguyên tố tạp chất không thay đổi. Hàm lượng cao của Sn trong sphalerit và trong tinh quặng sphalerit có lẽ liên quan tới sự có mặt của các bao thể nhỏ stanin trong sphalerit và như vậy, hàm lượng cao của Sn trong quặng chủ yếu liên quan đến stanin hơn là cassiterit, bởi lẽ sự có mặt của khoáng vật này rất hiếm.

Galenit: chứa các nguyên tố có hàm lượng cao (trung bình, %): Bi - 0,1; Sb - 0,07; Ag - 0,2. Hàm lượng của các nguyên tố này cũng không đều và có thể biến thiên từ vết đến vài phần trăm. Ví dụ, hàm lượng Ag và Bi trong một số mẫu đạt đến 2,14 và 3,62%. Phân tích tương quan giữa Bi, Ag và Sb trong galenit cho thấy có tương quan cặp Ag-Sb và Ag-Bi (hình 6), chứng tỏ sự có mặt của hai pha tích tụ Ag là Ag-tetraedrit (freibergit) và schapbachit (AgBiS<sub>2</sub>), mà theo Ramdor (1962) [18] có thể tồn tại trong galenit dưới dạng dung dịch cứng. Hàm lượng của các nguyên tố tạp chất khác thường là thấp hơn hoặc chỉ ở mức độ nhạy của phương pháp phân tích (bảng 4).



Hình 6. Tương quan giữa Ag, Sb và Bi của các mỏ Chợ Đồn, Chợ Điền thấy rõ tồn tại của hai pha chứa Ag: Tetraedrit Ag (Freibergit) và Schabagit (AgBiS<sub>2</sub>) dưới dạng dung dịch cứng

Trong thành phần của pyrit, theo kết quả phân tích microzond, có chứa đến 5,20% As và một ít Co, Ni, Cu. Hàm lượng các nguyên tố này trong chalcopyrit và pyrotin cũng có giá trị tương tự (bảng 6, 7, 8). Ngoài ra, trong chalcopyrit và pyrotin còn phát hiện được Mo - 0,05 và 0,06%, Au (0,01%). Phân tích quặng đồng xám cho thấy nó thuộc biến loại tetraedrit chứa Sb. Các cation chính trong đó là Ag với hàm lượng đến 18,3%, Fe đến 7,42% và các nguyên tố có hàm lượng thấp khác như Pb và Zn (bảng 5).

### 3.3. Đặc điểm địa hóa và khoáng vật học của quặng khu mỏ Chợ Điền

Phân tích quặng từ vùng mỏ Chợ Điền cũng cho thấy chúng chứa nhiều nguyên tố tạp chất với hàm lượng cao: Cd, As và một số nguyên tố khác - In, Cu, Ag, Sb (bảng 1). Đặc điểm phân bố các nguyên tố thể hiện rõ hơn trong tinh quặng: tinh quặng kẽm (Zn=62,7%; Pb=0,6%) rất giàu Cd (2204ppm), In (82,88ppm) và Se (21,02ppm); hàm lượng của Cu (0,15%), Ag (108ppm) và As (895ppm) cũng khá cao. Trong tinh quặng chì (Pb=69,5%, Zn=5,45%) các nguyên tố có hàm lượng cao là As (3542 ppm), Sb (185ppm), Bi (196,4ppm), Cd (340ppm), Cu (0,6%) và Ag (148ppm).

Trong đuôi thái tuyến nổi, hàm lượng Zn - 0,7%, Pb - 0,3% và một số nguyên tố tạp chất (Cd, Ag, As) chứng tỏ sự thất thoát các nguyên tố quặng dưới dạng bao thể nhỏ trong khoáng vật không quặng.

Hàm lượng của các nguyên tố đất hiếm và nguyên tố phóng xạ trong quặng và các sản phẩm công nghệ không vượt quá giá trị clark (bảng 2).

Từ các số liệu trình bày trên, có thể thấy, phần lớn nguyên tố tạp chất trong quặng chì kẽm (Cd, In, Se, Cu, Ag, As, Sb, Bi) có hàm lượng tăng mạnh trong tinh quặng, chứng tỏ mối liên quan chặt chẽ của chúng với các khoáng vật quặng chính - sphalerit và galenit. Một phần các nguyên tố này tham gia vào thành phần các khoáng vật chính dưới dạng đồng hình, phần khác tạo thành các pha khoáng độc lập, tổ hợp với khoáng vật chính. Đã xác định được tổ hợp các pha khoáng độc lập đó là sphalerit (ZnS), galenit (PbS), pyrit (FeS<sub>2</sub>), arsenopyrit (FeAsS), chalcopyrit (CuFeS<sub>2</sub>), pyrotin (FeS), tetraedrit (Cu,Zn,Ag)<sub>3</sub> (Sb,As)S<sub>3</sub>, cassiterit (SnO<sub>2</sub>), argentit (Ag<sub>2</sub>S). Nghiên cứu thành phần của các khoáng vật phổ biến nhất (trên máy microsond) cho phép xác lập các đặc điểm sau.

Sphalerit: trong quặng của vùng Chợ Điền đặc trưng có hàm lượng sắt cao (FeO=6,45%); ngoài ra còn có (%tl) Cd - 0,28; Ga - 0,17; Bi - 0,01; Mn - 0,09; (bảng 3). Chỉ trong một số mẫu, hàm lượng In đạt tới 0,30%. Các nguyên tố này không tạo thành các pha khoáng độc lập mà có lẽ tham gia vào thành phần của sphalerit dưới dạng đồng hình (chiếm vị trí của Zn) trong cấu trúc tinh thể. Minh chứng là hàm lượng của các nguyên tố này trong phạm vi một hạt phân bố khá đồng đều.

Galenit: thường chứa các nguyên tố Bi (0,26%) và Ag (0,33%) với hàm lượng khá ổn định. Trong một số trường hợp, hàm lượng của Ag và Bi đạt tới 1,95 (Ag) và 2,32%(Bi). Các nguyên tố khác (Sb, Cd, Ga, In) chỉ bắt gặp trong galenit với hàm lượng ở mức độ nhạy của phương pháp (bảng 4). Trong galenit, tương tự như trường hợp vùng mỏ Chợ Đồn, còn ghi nhận được mối tương quan trực tiếp giữa hàm lượng của Ag với Bi và Sb (hình 6), chứng tỏ sự có mặt của hai pha khoáng chứa bạc - Ag-tetraedrit (freibergit) và schapbachit.

Pyrit: trong một số mẫu chứa đến 2,85% Cu và các nguyên tố tạp chất có hàm lượng thấp - Co, Ni, As, Se và Mo. Các nguyên tố trong arsenopyrit và

pyrotin có hàm lượng thấp ở ngưỡng độ nhạy của phương pháp là Ag, Au, Co, Sn và Se (bảng 6, 7, 8). Phân tích thành phần của tetraedrit cho thấy các cation chính trong chúng là Ag (28,43%), Cu (17,46%), Fe (6,14%), Zn và Pb (bảng 5).

### **3.4. Đặc điểm địa hóa và khoáng vật học quặng khu vực Na Sơn**

Tổ hợp (phổ) các nguyên tố tạp chất trong quặng chì kẽm khu vực Na Sơn khác với các vùng quặng mô tả trên. Trong các mẫu quặng trung bình hóa từ các mỏ này, ngoài nguyên tố quặng chính (Pb, Zn), đã xác lập được hàm lượng cao của Cd, Cu, Ag, Mo, Sb và nhận thấy có phong cao của Se, Re và Rb (bảng 1). Ngoài ra, đã xác định được hàm lượng cao của các nguyên tố đất hiếm nhẹ (Ce, La, Nd) và các nguyên tố phóng xạ (U và Th) (bảng 2). Kết quả phân tích cho thấy trong tinh quặng kẽm (Zn - 28,1% và Pb - 6,5%), hàm lượng của Cd (1633ppm), Cu (1,14 mac.%), Ag (169ppm), Mo (901ppm), Re (0,75 ppm) khá cao (bảng 1). Trong tinh quặng chì (Pb-22,6 % và Zn-6,7%), hàm lượng của Cd (474ppm), Cu (1,4%), Ag (106ppm), Mo (507ppm), Sb (572ppm), Re (0,75ppm) cũng khá cao. Khác với quặng, hàm lượng của các nguyên tố đất hiếm và U trong cả hai kiểu tinh quặng đều giảm đi rõ rệt. Ngược lại, trong đuôi thái tuyến nổi lại ghi nhận được hàm lượng cao của các nguyên tố đất hiếm, có lẽ là do phần lớn nguyên tố đất hiếm tập trung trong orthit mà trong quá trình tuyển nổi bị trôi vào đuôi thái. Trong đuôi thái còn thấy sự tập trung chủ yếu Th. Một lượng nhỏ Zn - 0,3%, Pb - 0,4% và một số nguyên tố hiếm gặp trong đuôi thái có lẽ liên quan tới sự thất thoát khoáng vật quặng trong các tinh thể mọc xen với khoáng vật không quặng.

Các nghiên cứu trình bày trên cho thấy khối lượng chủ yếu nguyên tố tạp chất trong quặng chì kẽm (Cd, Mo, Cu, Ag, As, Sb, Re) tăng lên đáng kể trong tinh quặng chứng tỏ chúng có mối liên quan với các khoáng vật quặng chính - sphalerit và galenit. Một phần các nguyên tố này tham gia đồng hình vào thành phần khoáng vật chính, phần khác có thể hình thành các pha khoáng độc lập tổ hợp chặt chẽ với khoáng vật chính. Các pha khoáng độc lập đó là sphalerit (ZnS), galenit (PbS), pyrit (FeS<sub>2</sub>), arsenopyrit (FeAsS), chalcopyrit (CuFeS<sub>2</sub>), pyrotin (FeS), tetraedrit (Cu, Zn, Ag)<sub>3</sub> (Sb, As)S<sub>3</sub>, cassiterit (SnO<sub>2</sub>), argentit (Ag<sub>2</sub>S), molipdenit (MoS).

Sphalerit trong quặng mỏ Na Sơn có hàm lượng các nguyên tố tạp chất khá hạn chế, trong đó có thể ghi nhận hàm lượng sắt không cao ( $Fe=1,8\%$ ) và hàm lượng khá cao của cadmi ( $Cd=0,316\%$ ) (bảng 3). Galenit cũng khá nghèo các nguyên tố tạp chất, trong đó chỉ thấy Ag ( $0,05\%$ ). Hàm lượng Ag cao nhất xác định được là  $0,12\%$  (bảng 4).

Trong thành phần của pyrit, chalcopyrit và pyrotin chỉ ghi nhận được hàm lượng thấp (ở mức độ nhạy của phương pháp) của Ni, Co, Mo, và trong chalcopyrit và pyrotin còn thấy cả Au (bảng 6,7,8). Các cation chính của tetraedrit là Cu ( $34,26\%$ ), Ag ( $5,08\%$ ) và Fe ( $1,23\%$ ). Ngoài ra, còn xác định được As, Te, Pb (bảng 5).

Như vậy, khoáng vật chứa Cd chủ yếu là sphalerit, vì thế nó được tích lũy trong tinh quặng kẽm. Cadmi tham gia đồng hình vào cấu trúc tinh thể của sphalerit, thay thế Zn. Bạc và antimon tham gia vào thành phần của tetraedrit, thường tạo thành các tinh thể mọc xen với galenit; một phần Ag tạo khoáng vật độc lập - argentit, tổ hợp chủ yếu với sphalerit. Điều này giải thích vì sao hàm lượng Ag trong tinh quặng kẽm cũng thường xuyên cao. Hàm lượng cao của Mo và Re, thường có quan hệ đồng hình với Mo, có lẽ liên quan tới các bao thể molipdenit trong khoáng vật quặng đã được phát hiện trên kính hiển vi điện tử quét.

#### 4. Thảo luận và kết luận

Các tài liệu nghiên cứu về các mỏ chì kẽm từ các vùng quặng khác nhau trong cấu trúc Lô Gâm cho thấy chúng có một số đặc điểm chung khá giống các mỏ kiểu giả tầng (kiểu Missisipi): (i) nằm trùng với các trầm tích carbonat tuổi Devon; (ii) các mỏ thường phân bố trong nút giao cắt của các đứt gãy có phương khác nhau; (iii) hình thái thân quặng - mạch và mạng mạch (xâm tán dạng ổ - gân mạch); (iv) có một số dấu hiệu của quá trình biến chất trao đổi nhiệt dịch (hoa hóa các đá carbonat, phát triển các mạch carbonat - thạch anh,...); (v) thành phần quặng gần gũi, chủ yếu bao gồm các tổ hợp galenit - sphalerit với các tương quan khác nhau của galenit và sphalerit; (vi) nhiệt độ thành tạo quặng thuộc loại thấp và trung bình ( $<250^{\circ}C$ ).

Đồng thời, đã ghi nhận được hàng loạt dấu hiệu khác biệt của quặng hóa chì kẽm ở ĐBVN với kiểu chì kẽm giả tầng: (i) phát triển rộng rãi các thành tạo magma Permi - Trias ở các vùng quặng mỏ tả

trên; (ii) thiếu vắng hình thái thân quặng dạng vỉa (tầng) mà thường là đặc trưng cho các mỏ kiểu giả tầng; (iii) tổ hợp đa dạng các nguyên tố tạp chất (In, Bi, Sb, Au, Ag, Cu, Cd), mà thường là không đặc trưng cho các mỏ kiểu giả tầng; (iv) nguồn vật chất quặng có đặc tính nội sinh, được minh chứng bởi kết quả phân tích thành phần đồng vị lưu huỳnh ( $\delta S^{34}=2,68\%$ ) gần gũi với thành phần đồng vị của thiên thạch và sự gần gũi về tập hợp các nguyên tố tạp chất (In, Bi, Sb, Cu) có bản chất nguồn sâu, khác với các mỏ kiểu giả tầng có nguồn vật chất quặng là các tầng đá vây quanh và lót đáy.

Ngoài ra, đã phát hiện được một loạt dấu hiệu địa hóa - khoáng vật của các mỏ biểu hiện khác nhau trong các vùng quặng khác nhau; trước hết đó là: (i) tính không đồng nhất của thành phần quặng về số lượng và thành phần các khoáng vật thứ yếu và khoáng vật hiếm; (ii) sự khác biệt (của quặng và khoáng vật quặng) về tổ hợp các nguyên tố tạp chất và hàm lượng của chúng.

Những điều trình bày trên cho thấy: các tụ khoáng chì kẽm nghiên cứu trong các tầng carbonat thuộc về kiểu các mỏ biến chất trao đổi - nhiệt dịch nhiệt độ trung bình - thấp, được hình thành trong mối liên quan với hoạt động magma mạnh mẽ trong giai đoạn Permi - Trias. Tuổi thành tạo quặng hóa vào Permi - Trias có thể dựa theo mối liên quan về không gian của chúng với các sản phẩm của hoạt động magma Permi - Trias phổ biến rộng rãi trong cấu trúc Lô Gâm, đồng thời có thể minh chứng bằng kết quả phân tích tuổi đồng vị (Ar-Ar) của biotit trong mạch quặng chì kẽm mỏ Na Sơn - 250tr.n [2]. Liên quan với sự phát triển các thành tạo magma thành phần khác nhau có khuynh hướng sinh khoáng khác nhau, là sự hình thành trong cấu trúc địa chất này các kiểu quặng hóa khác nhau (chì - kẽm, thiếc - sulfide - silicat,...) [5, 22]. Sự đa dạng của các thành tạo magma (granitoid cao nhôm phức hệ Phia Bioc, granitoid á núi lửa kiểu kiềm với phức hệ Núi Điện, syenitoid kiềm kiểu Chợ Đồn, Na Sơn) phát triển trong từng vùng quặng, cũng có ảnh hưởng đến sự không đồng nhất về thành phần địa hóa - khoáng vật của quặng hóa chì - kẽm. Những khác biệt trong thành phần khoáng vật của các mỏ nghiên cứu, trong tổ hợp và hàm lượng các nguyên tố tạp chất từ các mỏ khác nhau đã minh chứng rõ rệt cho sự phức tạp của quá trình tạo quặng ở các mỏ này, cũng như mối liên quan với hoạt động magma thành phần khác nhau. Thành phần khoáng

vật đơn giản và tập hợp hạn chế các nguyên tố tạp chất (Cd, Ag, Sb, As) của khu mỏ Lang Hích có lẽ làm cho chúng tương đối giống với các mỏ kiểu giả tầng. Ở đây cũng thiếu vắng hoạt động magma. Trong khi đó, hàm lượng giàu của In (75,8ppm), Sn (307,5ppm), Cu (1080ppm), Ag (157,7ppm), Bi (99ppm), As (13650ppm) đối với các mỏ khu vực Chợ Đồn và Chợ Điền đặc trưng sự phát triển rộng rãi hoạt động magma granitoid (phức hệ Phia Bioc) và syenitoid (kiểu Chợ Đồn) [6,8]. Sự có mặt khoáng hóa đất hiếm (orthit) và hàm lượng cao của Mo, Re và Rb ở mỏ Na Sơn có lẽ do sự phát triển rộng rãi các đá núi lửa và á núi lửa trung tính - axit kiềm (kiểu Tông Bá). Vì thế, khi đánh giá triển vọng của khu vực nhằm phát hiện các mỏ Pb-Zn, cần tính đến các yếu tố sau: (i) sự phát triển rộng rãi trong khu vực các trầm tích carbonat và lục nguyên - carbonat; chúng là môi trường thuận lợi cho sự thành tạo quặng hóa Pb-Zn; (ii) sự phát triển các cấu trúc uốn nếp và phá hủy đóng vai trò cấu trúc dẫn quặng và chứa quặng; (iii) sự trùng hợp về không gian giữa các trầm tích carbonat và lục nguyên - carbonat với sự phát triển các kiểu thành tạo magma khác nhau, trước hết đó là granitoid cao nhôm kiểu Phia Bioc và các granitoid kiềm kiểu Tông Bá, Chợ Đồn.

Mối liên quan của quặng hóa Pb-Zn với sự phát triển của một kiểu hoạt động magma nhất định đã để lại dấu ấn rõ rệt đối với các đặc điểm địa hóa và khoáng vật quặng. Để xác lập được ảnh hưởng của các kiểu hoạt động magma đối với thành phần quặng hóa, cần thiết phải tiến hành các nghiên cứu chi tiết hơn về địa hóa, đồng vị của magma và quặng.

Bài báo này là kết quả của đề tài KC 08.24/06-10 và được hoàn thành với sự hỗ trợ của các đề tài NCCB: 105.06.73.09 và 105.06.76.09 thuộc Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ Quốc gia (NAFOSTED).

#### TÀI LIỆU DẪN

[1] Phan Lưu Anh, Hoàng Việt Hằng, 2005: Granit nguồn gốc vô khối Tam Tao: cơ sở của tuổi Permi muộn. Tc. CKHVTD, T.27, 2, 115-122.

[2] Trần Tuấn Anh, Phạm Thị Dung, Ngô Thị Phương, Nguyễn Việt Ý, Bùi Án Niên, Trần Quốc Hùng, Phan Lưu Anh, Nguyễn Văn Học, Nguyễn Trung Chí, Trần Hồng Lam, Hoàng Việt Hằng,

Phạm Ngọc Cẩn, Trần Văn Hiếu, Vũ Thị Thương, 2010: Các khoáng sản đi kèm trong quặng chì kẽm MBVN và vấn đề sử dụng hợp lý tài nguyên. Tuyển tập Hội nghị Khoa học kỷ niệm 35 năm Viện KH&CNVN, 45-53.

[3] Nguyễn Trung Chí (chủ biên), 2003: Nghiên cứu thạch luận và sinh khoáng các thành tạo magma kiềm miền Bắc Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài cấp bộ (Bộ TN&MT), Lưu trữ Trung tâm TTTL Địa chất, Cục ĐC&KS, Hà Nội.

[4] Trần Trọng Hòa, Trần Tuấn Anh, Phan Lưu Anh, Ngô Thị Phương, Nguyễn Văn Thế, Nguyễn Đức Thắng, 1999: Vấn đề phân chia đối sánh thành hệ các xâm nhập mafic - siêu mafic nhóm từ Lục Yên Châu. Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Quyển III, tr.103-116.

[5] Tran Trong Hoa, Tran Tuan Anh, Ngo Thi Phuong, A.E. Izokh, G.V. Polyakov, P.A. Balykin, Ching-Ying Lan, Hoang Huu Thanh, Bui An Nien, Pham Thi Dung, 2004: Gabbro-syenite associations of East Bac Bo structures: evidences of intra-plate magmatism? J.Geology, series B, No.23, Hanoi, pp.12-25.

[6] Trần Trọng Hòa, Trần Tuấn Anh, Phạm Thị Dung, Trần Quốc Hùng, Bùi Án Niên, Trần Văn Hiếu, Phạm Ngọc Cẩn, 2010: Khoáng sản đi kèm trong các kiểu quặng chì kẽm và đồng miền Bắc Việt Nam. Tc. CKHVTD, T.32, 4, tr.289-298.

[7] Trần Trọng Hòa, Hoàng Hữu Thành, Ngô Thị Phương, Vũ Văn Vân, Bùi Án Niên, Hoàng Việt Hằng, Trần Tuấn Anh, Phạm Thị Dung, Trần Hồng Lam, Trần Việt Anh, Phan Lưu Anh, 2005: Điều tra đánh giá tiềm năng khoáng sản đi kèm trong một số mỏ chì - kẽm và đồng ở Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài ĐTCB cấp nhà nước ủy quyền cho Viện KHCNVN (2002-2004). Lưu trữ Trung tâm thông tin tư liệu Viện KHCNVN, 169tr.

[8] Tran Trong Hoa, A.E. Izokh, G.V. Polyakov, A.S. Borisenko, Ngo Thi Phuong, P.A. Balykin, Tran Tuan Anh, S.N. Rudnev, Vu Van Van, Bui An Nien, 2008: Permo-Triassic magmatism and metallogeny of North Vietnam in relation to Emeishan's Plume. Russian Geology and Geophysics, T.49, pp.480-491.

[9] Erickson A.J, 1965: Temperatures of a calcite deposition in the Upper Mississippi Valley

lead - zinc districts. // *Econ geol.*, 1965, v. 60, № 3, 506-528.

[10] *Fu Shao-hong et al*, 2004: (Обогащение рассеянными элементами руд свинцово-цинковых месторождений с.-з. окраины платформы Янцзы (КНР)) // *Bull. Mineral. Petrol. and Geochem.* - 2004. - Vol. 23. - № 2, p.105-108.

[11] *Ngo Thi Phuong, Tran Trong Hoa, Tran Tuan Anh, Tran Viet Anh, Pham Thi Dung*, 2004: Mineralogy of rock-forming minerals in gabbro-syenite intrusions of Cho Don area, Northeast Vietnam. // *Journal of Geology, Series B*, 2004, No 23, pp.65-78.

[12] *Nguyen Van Thanh, Ngo Phu An, Phung Van Duan, Pham Huy Hoc, Vuong Manh Son*, 2002: New data on the Rb-Sr isotopic age of granitoids from Song Mien complex. *J. Geology, Series B*, 2002, No 19-20, pp.103-107.

[13] *Song Xuexin, Xu Qingsheng, Zhang Jingkai*, 1994: Trace element geochemistry of some VMS deposits in NW China. 9th Symp. Int. Assoc. Genes. Ore Deposits, Beijing, Aug. 12-18: Abstr. - Beijing, 1994. - Vol. 2 - C. 671-672 (in Chinese).

[14] *Weldon Melanie B*, 1997: Geologic setting of Mississippian vein-breccias at the Kady Zn-Pb-Cu-Ag prospect: Plumbing system for a failed sedex deposit // *US Geol. Surv. Prof. Pap.*- № 1614. - P. 5-34

[15] *Виноградов В.Н.*, 1972: Промышленная оценка рассеянных элементов в комплексных рудах. Недра. Москва, 151с.

[16] *Довжиков А.Е., Буй Фу Ми, Василевская Е.Д. и др.*, 1965: Геология Северного Вьетнама.

Ханой, Вьетнам: Наука и Техника. 1965. 668с.

[17] *Игнатов П.А.*, 2000: О генетических типах стратиформных месторождений // *Изв. вузов. Геол. и разведка* - № 1.-С. 153-156.

[18] *Рамдор П.*, 1962: Рудные минералы и их срастания. Издательство: Иностранная литература. Москва 1962. 1132с.

[19] *Сечевица А.М.*, 1987: Геолого-промышленная оценка попутных полезных ископаемых в комплексных рудных месторождениях. Недра. Москва, 129с.

[20] *Сечевица А.М., Иванов В.В., Иванов В.Н., Данилова Н.П., Кондрашова О.В., Кувшинов В.П., Цибизова А.Н.*, 1990: Разведка и оценка комплексных месторождений цветных металлов. Недра. Москва, 116с.

[21] *Чан Ван Зьонг*, 1990: Геологическое строение и условия формирования полиметаллических рудных полей Северо-Восточного Вьетнама. // автореферат на соискание ученой степени канд. геол.-мин. наук. Баку., 21с.

[22] *Чан Чонг Хоа*, 2007: Внутриплитный магматизм Северного Вьетнама и его металлогения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геол.-минер. наук. 2007. Новосибирск. С.48.

[23] *Тычинский А.А., Акульшина Е.П., Баулина М.В., Гибшер Н.А., Писарева Г.М., Шипилов Л.Д.*, 1984: Прибайкальский полиметаллический рудный пояс. 1984. Изд-во «Наука». Г.Новосибирск. 134с.

## SUMMARY

### Mineralogical and geochemical characteristics and forming conditions of lead - zinc deposits in Lo Gam structure, northern Vietnam

In terms of reserves, lead - zinc deposits in the Lo Gam structure have made up more than 80% of the Pb-Zn resources in Vietnam. The deposits form four distinct ore zones are Lang Hich (Thai Nguyen), Cho Don, Cho Dien (Bac Kan), and Na Son (Ha Giang) relatively but basically belong to a common mineralization zone, extending over 100 km from east to west. The Pb-Zn deposits in the ore zone have similar characteristics to Mississippi type (MVT): distribution in Devonian carbonate sediments; concentrating at the intersection of differently orientated fractures; the mineral zone includes vein ore bodies and vascular network (bunch- and vein- disseminated types); presence of metasomatism (marmorization and developing of quartz - carbonate veins...), low and moderate temperature hydrothermal (<250°C). However, different significances to MVT have also been recorded such as: widespread of Permo-Triassic magmatisms; ore bedding is not typical; spectrum of the impurity elements are broad (In, Bi, Sb, Au, Ag, Cu, Cd) which is usually not specific to the MVT; sulfur isotopic composition value ( $\delta S^{34} = 2.68 \text{ ‰}$ ) close to the meteoritic sources; and ore impurities

(In, Bi, Sb, Cu) show the endogenous and deep origin. These characteristics demonstrate the Pb-Zn deposits in carbonate and terrigenous sediments of Lo Gam structure belongs to the type of the low - average temperature hydrothermal, formed in association with Permo-Triassic magmatic activities.

These differences in mineral composition, spectral of impurity elements as well as their concentration in different deposits show the complex processes of ore formation in association with different magma composition. Simple mineral composition and limited set of impurity elements (Cd, Ag, Sb, As) of the Lang Hich mine as well as the absence of magmatic activity makes it seems like MVT the most. In contrast, the Cho Don and Cho Dien Pb-Zn mining area characterize by enrichment in In (75.8 ppm), Sn (307.5 ppm), Cu (1080 ppm), Ag (157.7 ppm), Bi (99 ppm), As (13 650 ppm) show widespread magmatic activities (Phia Bioc granitoid complex, Cho Don syenite, ...). The presence of rare earth minerals (orthite) and high concentrations of Mo, Re and Rb in Na Son mine, probably related to the extensive development of the subalkaline volcanic and intrusive rocks (Tong Ba complex).