

SINH KHOÁNG PERMI - TRIAS MIỀN BẮC VIỆT NAM

TRẦN TRỌNG HÒA¹, TRẦN TUẤN ANH¹, PHẠM THỊ DUNG¹,
NGÔ THỊ PHƯƠNG¹, BORISENKO A.S.², IZOKH A.E.²

E-mail: tronghoa-tran@igs.vn.ac.vn

¹Viện Địa chất - Viện KH&CN Việt Nam

²Viện Địa chất và khoáng vật học - Phân Viện Sibiri - Viện Hàn lâm khoa học Nga

Ngày nhận bài: 15 - 8 - 2011

1. Mở đầu

Permi - Trias là giai đoạn đặc biệt trong lịch sử phát triển địa chất của lục địa Châu Á nói chung cũng như đối với lãnh thổ Việt Nam nói riêng. Sự biểu hiện mạnh mẽ hoạt động magma của giai đoạn này trong nhiều cấu trúc địa chất khu vực, như trap Siberi, tỉnh thạch học lớn (LIP) Emeishan, basalt và picrit MBVN và các LIP khác được gắn với tác động mạnh mẽ của các superplume đã từng tồn tại bên dưới thạch quyển lục địa châu Á [19]. Thời kỳ này đặc trưng bởi các dòng nhiệt cao, thể hiện ở sự phát triển rộng rãi hoạt động magma thành phần picrit và hoạt động biến chất kiểu nhiệt độ cao - áp suất thấp, sự tương tác mạnh mẽ giữa hoạt động manti với manti thạch quyển và với vỏ, sự xuất hiện phổ biến các tụ khoáng (deposit) platinoid, vàng, các nguyên tố hiếm và đất hiếm [11].

Trong phạm vi các địa khối Đông Dương và Bắc Việt Nam - Nam Trung Hoa vào thời kỳ Permi - Trias, đã ghi nhận được sự biểu hiện rộng rãi các sản phẩm của các kiểu hoạt động magma khác nhau. Ở rìa đông và đông nam địa khối Đông Dương đã xác lập được các tổ hợp núi lửa - pluton kiểu tạo núi tuổi Permi - Trias, còn ở rìa tây nam của địa khối Bắc Việt Nam - Nam Trung Hoa phát triển các tổ hợp núi lửa - pluton và pluton kiểu nội mảng [6-8]. Các tổ hợp magma nội mảng phát triển rộng rãi trong các cấu trúc nguồn rift: Sông Đà - Tú Lệ ở TBVN và Sông Hiến ở ĐBVN cũng như trong các cấu trúc tiếp giáp với rift Sông Hiến - Lô Gâm và Phú Ngừ. Tương ứng với các thành tạo này là các kiểu quặng hóa Cu-Ni-(PGE), Ti-Fe-V,

vàng-sulfide (Au-As-Sb), Au-Cu, thiếc - sulfide (Sn, Pb, Zn, Ag) trong các cấu trúc địa chất này.

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu chi tiết về thạch địa hóa và địa hóa - đồng vị của các tổ hợp magma-quặng trên, các tác giả bài viết đã tiến hành phân chia các phức hệ quặng Permi - Trias, xác lập một cách có cơ sở trình tự thành tạo của chúng theo thời gian và tiến hành phân vùng sinh khoáng cho các kiểu quặng hóa thuộc giai đoạn Permi - Trias trên quan điểm các hệ magma - quặng.

2. Phân chia các phức hệ quặng

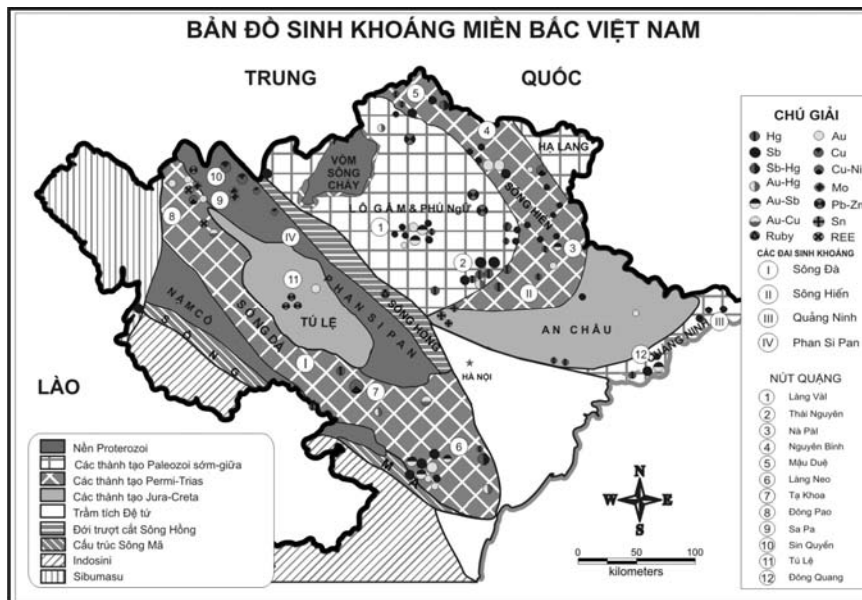
Giai đoạn Permi - Trias ứng với ba phức hệ quặng được hình thành theo trật tự sau: Cu-Ni-PGE (PGE - nguyên tố nhóm platin) và Ti-Fe-(V) nguồn gốc magma, Au-sulfide và Sn-sulfide (*bảng 1*) [8]. Phức hệ quặng thứ nhất bao gồm các kiểu quặng hóa Cu-Ni-(PGE) nguồn gốc magma liên quan tới các xâm nhập mafic-siêu mafic phân lớp trong các cấu trúc nguồn rift Sông Đà, Sông Hiến (các khối Bản Phúc, Bản Khoa, Suối Cùn,...) cũng như các xâm nhập gabro - peridotit phân lớp trong các cấu trúc uốn nếp ven rìa vòm nâng Sông Chảy (các khối Núi Chúa, Khao Quế). Các kiểu quặng hóa Cu-Ni-(PGE) đặc trưng cho các xâm nhập mafic-siêu mafic kiểu Tạ Khoa và Suối Cùn, còn kiểu Ti-Fe-V (chủ yếu) cùng với Cu-Ni-(PGE) đặc trưng cho các xâm nhập phân lớp kiểu Núi Chúa. Tuổi đồng vị của các xâm nhập siêu mafic Tạ Khoa (257-270tr.n.), Suối Cùn (260tr.n.) và mafic Núi Chúa (251tr.n.) đồng thời cũng là tuổi của khoáng hóa trong chúng, có nghĩa là các kiểu quặng hóa Cu-Ni-(PGE) và Ti-Fe-(V) trong các cấu trúc MBVN liên quan đến giai đoạn magma - kiến tạo

Permi - Trias. Ngoài ra, liên quan với các kiểu quặng hóa này, đặc biệt là kiểu Cu-Ni-(PGE) còn có khoáng hóa nhiệt dịch Ni-Co-As với triển vọng rõ rệt (trong đới nội tiếp xúc khối Bản Phúc ở cấu trúc Sông Đà). Kiểu quặng hóa thuộc phức hệ Au-

sulfide phát triển rất rộng rãi trong các cấu trúc khác nhau ở MBVN, bao gồm hàng loạt mỏ và điểm quặng, còn đại diện của phức hệ Sn-sulfide đặc trưng hơn cả phân bố ở rìa nam cấu trúc nguồn rift Sông Hiến và đới Lô Gâm (hình 1).

Bảng 1. Các phức hệ quặng liên quan với hoạt động magma nội mảng giai đoạn Permi - Trias miền Bắc Việt Nam [7]

Phức hệ quặng	Kiểu quặng hóa	Tụ khoáng điển hình (Cấu trúc)	Tổ hợp magma (Tuổi)
Nikel-đồng (Cu-Ni) và titan-magnetit (Ti-Fe-V)	Nikel - đồng Cu-Ni-(PGE)	Bản Phúc, Bản Mong (Sông Đà), Suối Cùn (Sông Hiến), Núi Chúa (Phú Ngũ).	Basalt - komatit (257-270 Tr.n., Sông Đà), Iherzolit-gabronorit (262 Tr.n, Sông Hiến), gabro-peridotit (251 Tr.n; Phú Ngũ).
	Ilmenit-Titano-magnetit Ti-Fe-V và magnetit skarn Fe	Cây Châm và các tụ khoáng khác (Phú Ngũ), Nà Lũng và các tụ khoáng khác (Sông Hiến).	Pyroxenit và gabroid loạt pegmatoid (251 Tr.n, Núi Chúa); gabro-dolerit-granophyr (266 Tr.n., Sông Hiến).
Vàng - sulfide (Au-As-Sb)	Vàng - sulfide (Au-As)	Bản Nùng, Nà Pái (Sông Hiến); làng Nèo (Sông Đà) và các tụ khoáng khác.	Basalt - ryolit (256 Tr.n., Sông Đà); basalt - ryolit và granit-granophyr (248 Tr.n.; Sông Hiến), monzogabrosyenit (247-233 Tr.n.; Lô Gâm).
	Antimon - vàng (Au-Sb)	Làng Vải-Khuôn Pục (Lô Gâm), Bản Chang, 228 Tr.n, Sông Hiến); Đồng Mỏ, Khe Chim, Đồng Quặng (254 tr.n.; Quảng Ninh), Nà Bạc (Sông Đà)...	
	Anntimon-thủy ngân-vàng (Au-Sb-Hg)	Bản Cam (Lô Gâm), An Bình (230 Tr.n., Sông Đà).	
	Antimon - thủy ngân (Sb-Hg)	Thần Sa (Phú Ngũ), An Bình (Sông Đà), Vàng Pouc (Sông Hiến),...	
Thiếc - sulfide (Sn, Pb, Zn, Ag)	Cassiterit - silicat-sulfide (Sn)	Khuôn Phầy, Tam Đảo và các tụ khoáng khác (Sông Hiến).	Ryodacit - ryolit, granit - granophyr (Trias) cấu trúc Sông Hiến; granit biotit (250 Tr.n) và xâm nhập gabrosyenit (247-233 Tr.n) cấu trúc Lô Gâm - Phú Ngũ; trachydacit - trachryolit và granosyenit-granit trung Tú Lệ.
	Chì - kẽm - bạc (Pb, Zn, Ag)	Các tụ khoáng khu vực Chợ Đồn, Chợ Diên, Lang Hích cấu trúc Phú Ngũ; các tụ khoáng trung Tú Lệ, Sông Hiến.	
	Barit - đa kim	Làng Cao, Cái Sen cấu trúc Sông Hiến.	



Hình 1. Bản đồ sinh khoáng miền Bắc Việt Nam [7]

3. Các phức hệ quặng và mối liên quan với hoạt động magma

3.1. Các phức hệ Cu-Ni-PGE và Ti-Fe-V nguồn gốc magma

3.1.1. Quặng hóa Ni-Cu-PGE liên quan với tổ hợp basalt - komatit rift Sông Đà

Mỏ Ni-Cu Bản Phúc: phân bố ở phần trung tâm rift Sông Đà, cánh đông bắc của nếp lồi Tạ Khoa. Khối siêu mafic (peridotit) chứa quặng (mỏ Bản Phúc) trên bình đồ có hình ovan và diện tích khoảng 1km², hơi kéo dài theo hướng TB-ĐN và mặt cắt của khối có dạng phễu [13]. Thành phần thạch học của khối Bản Phúc chủ yếu là dunit và lherzolit bị serpentin hóa, đôi chỗ biến đổi thành tremolit. Thành phần khoáng vật của biến loại đá phổ biến nhất bao gồm: 45-65% olivin (serpentin hóa), 30-35% clinopyroxen (amphibol hóa), 10-15% tremolit, clorit, biotit màu xanh lục. Khoáng vật quặng thường gặp là sulfide, sulfoarsenid và arsenid của Ni và Co, sumoit, cromspinel,

magnetit, ilmenit, các khoáng vật nhóm platin (PGM). Các đá siêu mafic này bị xuyên cắt bởi hàng loạt các đai mạch có thành phần phức tạp: pyroxenit-pegmatit, dolerit và gabro kiến trúc ofit, thậm chí có cả granophyr chứa turmalin, biotit, muscovit. Một số khối siêu mafic nhỏ khác (Bản Khoa, Bản Xang) ở khu vực này cũng có vị trí cấu trúc và cấu tạo địa chất tương tự.

Kiểu quặng chính của mỏ Bản Phúc là quặng chalcopyrit-(violarit-NiFeS₄)-pentlandit (Fe, Ni)₉S₈ - pyrotin, trong đó có mặt sulfoarsenid Ni và Co dưới dạng các tinh thể bao thể nhỏ, hexa-testibiopanikelit, parkerit, sumoit, breithauptit-NiSb, sperrylit-PtAs₂, michenerit-PdBiTe. Hàm lượng trung bình của các kim loại trong chúng: Ni = 3,97%, Cu = 1,31%, Co = 0,15%, Au = 0,03ppm, Ag = 2,56ppm, Pt = 0,43ppm, Pd = 0,10ppm. Trong các mẫu quặng xâm tán giàu Cu, hàm lượng trung bình: Ni = 1,3%, Cu = 1,97%, Co = 0,13%, Au = 0,15ppm, Ag = 2,20ppm, Pt = 0,51ppm, Pd=0,34ppm (bảng 2).

Bảng 2. Hàm lượng nguyên tố tạo quặng (%tl) và kim loại quý (g/t) trong quặng và đá chứa sulfid cấu trúc Sông Đà (CTSD) và cấu trúc Sông Hiến (CTSH)

Kiểu tổ hợp đá và đặc điểm quặng	Ni	Co	Cu	Ni/Co	S	Pt	Pd	Au	Ag	Ni/S	n
1. Basalt-komatit CTSD:											
- Quặng Ni-Cu mỏ Bản Phúc;	1,07-7,07 (3,97)	0,05-0,29 (0,15)	0,1-5,5 (1,31)	17,1-44 (25,84)	15,33-35,77 (30,57)	0,004-2,45 (0,43)	0,011-0,35 (0,10)	0,01-0,09 (0,03)	1,9-3,11 (2,56)	0,11-0,2 (0,16)	15
- Quặng xâm tán giàu Cu	0,3-3,38 (1,30)	0,02-0,49 (0,13)	0,18-4,29 (1,97)	0,61-40 (22,60)	4,4-20,62 (12,20)	0,01-3,55 (0,51)	0,03-1,33 (0,34)	0,02-0,69 (0,15)	0,98-6,21 (2,20)	0,05-0,21 (0,11)	10
- Peridotit và quặng sulfur Bản Mong	0,04-0,94 (0,31)	0,01-0,04 (0,02)	0,21-1,66 (0,54)	4-23,5 (12,50)	0,28-22,8 (6,35)	0,21-1,08 (0,42)	0,19-0,84 (0,33)	0,04-0,07 (0,05)	1,12-30 (6,93)	0,02-0,15 (0,10)	5
2. Trong picrit-gabronorit-dolerit CTSH											
- Lherzolit và picrit	12,31-35,4 (21,35)	0,49-3,24 (1,47)	2,92-11,25 (6,38)	10,84-25,12 (16,15)	35,4-36,02 (35,79)	1,93-8,17 (4,55)	5,7-18,58 (8,70)	1,28-26,55 (4,51)	4,83-32,44 (13,25)	0,34-1 (0,60)	14
- Mạch gabronorit	13,54	0,48	8,76	28,21	35,84	6,93	10,35	1,27	12,74	0,38	1

Ghi chú: chữ in đậm trong ngoặc đơn là giá trị trung bình; 1,07-7,07: giá trị min-max

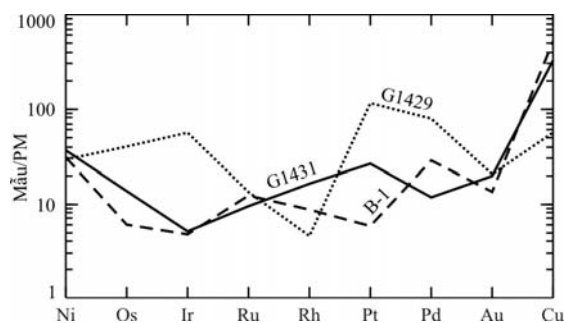
Đai mạch Bản Mong và Nậm Chim: Về phía tây bắc khối siêu mafic Bản Phúc chứa quặng Ni-Cu-PGE, trong đá phiến kết tinh, amphibolit và quartzit có một số đai mạch thành phần mafic - siêu mafic chiều dày từ vài chục centimét đến hàng chục mét (Bản Mong, Nậm Chim,...). Trong các đai mạch này và phần tiếp xúc ngoài của chúng khá giàu sulfide. Trong các đá quartzit ở đới tiếp xúc, các biểu hiện quặng hóa sulfide có cấu tạo dạng gân mạch, còn ở trong các đá mạch - xâm tán đều. Hàm lượng Ni trong các đá đai mạch sulfide hóa trung bình đạt 0,31%, Cu - đến 0,54%, tỷ lệ Ni/S tương

tự như trong quặng xâm tán mỏ Bản Phúc, tỷ lệ Ni/Co thấp hơn so với quặng xâm tán ở mỏ Bản Phúc (bảng 2).

Trong quặng sulfide của đai mạch Bản Mong cũng đặc trưng có hàm lượng cao của PGE. Hàm lượng Pt đạt tới 0,8-1,5ppm, Pd-0,2-0,84ppm, Rh-0,33ppm, Ag-17-30ppm [14]. Sulfide trong đai mạch Bản Mong chủ yếu là pyrotin và chalcopyrit với tương quan định lượng bằng nhau; ít hơn là pentlandit. Trong đới nội tiếp xúc chiếm ưu thế là chalcopyrit, ít hơn là pyrotin và pentlandit. Ngoài

ra, cũng như ở mỏ Bản Phúc, trong đá chứa sulfide ở mạch Bản Mong đã xác định được: violarit, heazlewoodit (Ni_3S_2), sphalerit, galenit, antimonit, arsenid Ni, sulfoarsenid Co và Ni, telurid Bi (Bi_2Te_3), các khoáng vật PGE, vàng, đồng tự sinh.

Trên biểu đồ phân bố kim loại quý hiếm, Ni, Cu chuẩn hóa theo hàm lượng của chúng trong Manti, hình dạng đường cong phân bố của các nguyên tố nêu trên (hình 2) thể hiện sự không phân tách rõ rệt của chúng trong quặng - nét đặc trưng của quặng hóa liên quan tới komatit. Gắn gũi nhất với đặc điểm phân bố kiểu komatit là mẫu tổng hợp B-1, trong đó biểu hiện dị thường âm của Ir, sự chiếm ưu thế của Pd so với Pt. Như vậy, các đặc điểm địa hóa của quặng sulfide Ni-Cu mỏ Bản Phúc cũng như các đai mạch Bản Mong và Nậm Chim trong phần trung tâm rift Sông Đà đã khẳng định thêm bản chất komatit của tổ hợp núi lửa-pluton mafic-siêu mafic ở đây, đồng thời hàm lượng tương đối cao của Cu chứng tỏ tiềm năng cao của kim loại này trong hệ magma-quặng và điều đó có lẽ là nét đặc trưng của komatit Phanerozoii.



Hình 2. Đặc điểm phân bố các nguyên tố quý hiếm trong quặng sulfide mỏ Bản Phúc chuẩn hóa theo thành phần của manti nguyên thủy [4]

Thành phần đồng vị của S trong quặng sulfide khá ổn định và chỉ biến thiên trong khoảng rất hẹp từ $\delta^{34}S = (-2,0) - (-3,1)\text{‰}$, trung bình là $-2,6\text{‰}$ [4]. Nó không phụ thuộc vào hàm lượng của S trong quặng và thành phần quặng và gắn gũi nhau trong các kiểu quặng giàu Cu. Điều đó chứng tỏ quá trình tạo quặng thống nhất của các kiểu quặng Cu-Ni khác nhau. Khoáng hóa pyrit trong đá vây quanh có thành phần đồng vị S gắn gũi với chuẩn thiên thạch: từ $-0,3$ đến $-0,8\text{‰}$, trung bình là $-0,45\text{‰}$ [6]. Sự khác biệt rõ rệt giữa thành phần đồng vị S trong quặng Cu-Ni mỏ Bản Phúc với đá vây quanh và sự vắng mặt tỷ lệ đồng vị S phụ

thuộc vào hàm lượng của chúng chứng tỏ vai trò không đáng kể của quá trình đồng hóa S từ đá vây quanh trong quá trình tạo quặng Cu-Ni mà nguồn S của chúng có lẽ chính là magma komatit [4].

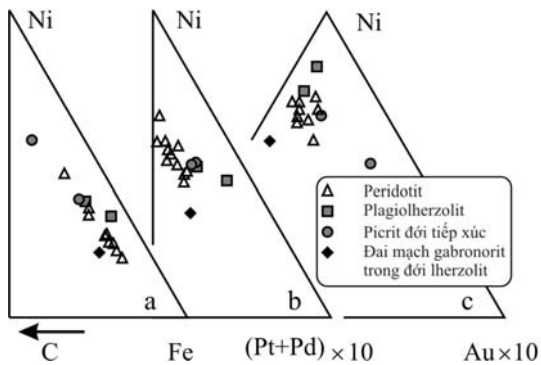
Về cơ bản, đặc điểm phân bố quặng hóa Ni-Cu khu vực Tạ Khoa, thành phần khoáng vật quặng và các đặc trưng địa hóa của chúng chứng tỏ quá trình tạo quặng, trên nền bản chất là magma - dung ly, mang tính giai đoạn rõ rệt. Dựa theo sự thay đổi các cộng sinh khoáng vật phản ánh quá trình giảm nhiệt độ tạo quặng, có thể xác định được xu hướng sau: (i) Giai đoạn magma, bao gồm cả quá trình dung ly sulfide-silicat khi dung thể cao Mg bão hòa S (có thể là từ ở lò trung gian) và quá trình kết tinh phân dị của dung thể sulfide dẫn đến sự phân dị quặng ra thành các biến loại Fe-Ni và Cu; (ii) Giai đoạn magma-fluid xảy ra sự bão hòa và làm giàu bổ sung dung thể tàn dư bởi các hợp chất quặng và chất bốc được tách ra trong quá trình kết tinh của lò magma; (iii) Quá trình nhiệt dịch sau magma xảy ra sự tái kết tinh từng phần các khoáng vật hình thành trước đó, tiếp tục lắng đọng telurid và có thể cả khoáng vật Pd; xảy ra sự phân hủy các dung dịch cứng không bền vững ở nhiệt độ này, hình thành các sulfo-muối Bi, Sb, Pb, Cu cũng như Cu tự sinh, Ag, Au và các khoáng vật quặng khác.

3.1.2. Quặng hóa sulfide Ni-Cu-PGE trong các xâm nhập siêu mafic cấu trúc Sông Hiến

Quặng hóa Ni-Cu-PGE liên quan tới các xâm nhập siêu mafic cấu trúc Sông Hiến mới được ghi nhận ở một số khối: Suối Cùn, Khuổi Giàng, Bó Ninh, trong đó được nghiên cứu chi tiết hơn cả là quặng hóa sulfide trong khối Suối Cùn, đặc biệt là phần đông nam và đông bắc của khối, nơi ghi nhận được sự tập trung chủ yếu quặng sulfide trong plagioperidotit. Quặng hóa biểu hiện dưới dạng các xâm tán nguyên sinh đặc trưng cho toàn bộ mặt cắt của khối với hàm lượng từ 3 đến 5-7%, đôi khi đến 10-15% thể tích đá. Trong số khoáng vật sulfide, chiếm ưu thế là pyrotin, pentlandit và chalcopyrit, ít hơn gặp troilit, đôi chỗ - cubanit. Tổ hợp với sulfide là chromspinel, ilmenite và magnetit. Quặng hóa đặc trưng có hàm lượng Ni (đôi chỗ đến 0,1%) cao hơn so với Cu (Tỷ lệ Ni/(Ni+Cu) dao động trong khoảng hẹp: 0,70-0,88). Hàm lượng Co dao động từ 0,012 đến 0,016% (bảng 2). Các đặc điểm cao Ni, Co rất điển hình cho các dung thể picrit. Các đá lherzolit chứa sulfide đặc trưng có hàm lượng cao của PGE với khuynh hướng chuyên

hóa paladi (Pd), hàm lượng cao của platin (Pt) (bảng 2). Hàm lượng cao của Pt, Pd ghi nhận được trong các mẫu đá lherzolit, gabronorit dạng mạch và trong picrit kiểu tôi cứng có khoáng hóa sulfide tương đối nghèo ở tiếp xúc đông nam của khối Suối Cùn (bảng 2). Khoáng vật chứa PGE duy nhất phát hiện được là frudit (PdBi_2) khảm trong violarit [7].

Đặc điểm phân bố các kim loại quặng chính, kim loại nhóm Pt và Au trong lherzolit liên quan chủ yếu với sự biến động thành phần của hợp phần sulfide trong hệ magma - quặng và số lượng của nó trong đá. Từ hình 3 có thể thấy quặng hóa Ni-Cu-PGE của khối Suối Cùn đặc trưng hướng tiến hóa Fe-Ni và không thấy mối liên quan có tính quy luật nào giữa hàm lượng của Cu với các kim loại chính khác cũng như với PGE. Khoáng hóa kim loại hiếm nhóm Pt mang tính “chuyên hóa” Pd, thêm vào đó Pd trong hệ sulfide được tích tụ cùng với Ni ở các giai đoạn kết tinh sulfide, vì thế kèm theo Pt và Rh với hàm lượng giàu. Đặc điểm phân bố Au, Ag ít liên quan với sự phân bố PGE và chỉ ở trong pha sulfide của picrit hàm lượng của tất cả kim loại quý đều đạt giá trị cao dị thường. Quặng hóa sulfide từ đai mạch gabronorit trong plagiolherzolit, dựa theo đặc điểm phân bố các nguyên tố quặng chính, PGE và Au, hoàn toàn tương tự như quặng hóa của pha chính - peridotit.



Hình 3. Mối quan hệ Ni-Cu-Fe, Ni-Cu-(Pt+Pd)104, Ni-Cu-Au x 10 trong pha sulfur từ plagiolherzolit ở đông nam khối Suối Cùn [7]

Các tư liệu nêu trên cho thấy, tổ hợp đá chứa Ni-Cu-PGE nghiên cứu đặc trưng cho giai đoạn phát triển của hệ magma-quặng silicat-sulfide phân dị yếu về thành phần trong hợp phần silicat và có đặc trưng nhiệt độ cao của hợp phần sulfide, chẳng hạn như độ sắt cao và trend Fe-Ni ổn định trong sự phân bố thành phần quặng. Điều kiện nhiệt độ cao của quá trình hình thành quặng

sulfide thường đặc trưng cho các mô liên quan nguồn gốc với magma komatit và picrit là phù hợp với các nghiên cứu thực nghiệm trong những thập niên gần đây về các hệ sulfide [2]. Các nghiên cứu này cho thấy hệ số phân bố giữa dung dịch cứng đơn sulfide và dung thể tàn dư $D = 0,07-1,90$ có tương quan nghịch với nhiệt độ. Ở nhiệt độ $T > 1000^\circ\text{C}$, Ni chủ yếu tập trung trong dung thể tàn dư và điều đó thể hiện trong sự phân bố thành phần quặng của mô dưới dạng trend Fe-Ni như đã ghi nhận được ở khối Suối Cùn: sự có mặt trong tổ hợp sulfide troilit và pentlandit giàu sắt.

Hệ magma-quặng trong quá trình thành tạo tổ hợp đá siêu mafic của khối Suối Cùn, trong phần sulfide, đặc trưng thể hóa của S tương đối thấp. Việc đánh giá thể hóa của S dựa theo thành phần của pentlandit, được thực hiện trên cơ sở nghiên cứu của Kosiakov et al., 2003 [20] cho thấy $\lg f(\text{S}_2)$ đối với hệ sulfide của quặng khối Suối Cùn không vượt quá mức $(-11,1) - (-12,4)$ và chỉ ở các đá ở phần rìa và trong picrit đới tôi cứng giá trị này mới đến $(-9,4) - (-8,7)$ [5]. Về nguyên lý, điều này có thể vừa phản ánh sự tập trung S dọc theo tiếp xúc của khối xâm nhập với đá vây quanh, vừa có thể biểu hiện sự kết tinh pentlandit trong điều kiện nhiệt độ thấp hơn trên phông của sự tăng cao thể S và điều đó phù hợp với đặc điểm phân bố trường nhiệt trong quá trình hình thành khối xâm nhập và quy luật hóa - lý của quá trình kết tinh phân dị các hệ sulfide.

Từ những điều trình bày trên có thể đi đến nhận định là sự tích tụ sulfide ở khối Suối Cùn thuộc cấu trúc Sông Hiến đã xảy ra trong lò trung gian. Sự có mặt của olivin dạng ban tinh trong các đá tương đối cứng cũng như các đai mạch gabronorit, gabrodolerit đã chứng tỏ vai trò của lò trung gian trong quá trình tạo lập khối xâm nhập. Dấu hiệu của lò trung gian còn thể hiện ở hàm lượng cao của PGE trong pha sulfide của các khối siêu mafic kiểu như Suối Cùn trong đới Sông Hiến và chứng cứ về sự bão hòa S của dung thể picrit và sự tách ly chất lỏng sulfide xảy ra trước khi dung thể silicat kết tinh. Khả năng hiện thực của quá trình này thể hiện ở sự có mặt các giọt sulfide giàu PGE trong đai mạch gabronorit xuyên cắt lherzolit [8]. Triển vọng Ni-Cu-PGE của các xâm nhập picrit cấu trúc Sông Hiến không chỉ căn cứ vào các tài liệu của các tác giả trình bày trên, mà còn dựa theo tiền đề về sự có mặt các khối siêu mafic chứa quặng Ni-Cu-PGE có thành phần và tuổi tương tự trong các cấu

trúc địa chất ở phần nam lãnh thổ Trung Quốc kề cận (Limahe, Jang Baoshan,...) [3, 15].

3.1.3. Quặng hóa Cu-Ni-PGE và Ti-Fe-V liên quan tới các xâm nhập phân lớp gabro - peridotit kiểu Núi Chúa trong cấu trúc Phú Ngũ - Lô Gâm

Khoáng hóa sulfide Cu-Ni khá phổ biến trong các xâm nhập phân lớp gabro-peridotit Núi Chúa và Khao Quế, trong đó khoáng hóa Cu-Ni và PGE đi kèm chủ yếu đặc trưng cho các đá thuộc loạt phân lớp và được nghiên cứu chi tiết hơn cả là ở khối Núi Chúa [16, 21]. Khoáng vật quặng trong các đá loạt phân lớp chủ yếu là sulfide (pyrotin, pentlandit và chalcopyrit) và sulfoarsenid.

Magnetit, titanomagnetit và ilmenit ít phổ biến hơn. Đôi khi gặp linnaeit (Co_3S_4), polydymit (Ni_3S_4), heazlewoodit (Ni_3S_2), arsenid và sulfoarsenid Co và Ni. Quặng sulfide dạng xâm tán chiếm ưu thế. Trong lỗ khoan LK-2 ở phần phía đông của khối Núi Chúa (trong loạt phân lớp) đã phát hiện được 9 lớp đá (chủ yếu siêu mafic) giàu sulfide. Thường gặp nhất là kiểu khoáng hóa sulfide xâm tán tương đối đều có thành phần bao gồm pyrotin (50-79%) cao nickel (đến 1% Ni), pentlandit (10-30%) cao cobalt (đến 4% Co) và chalcopyrit (10-30%). Đôi khi gặp kiểu khoáng hóa hỗn hợp oxyt-sulfide là tập hợp xâm tán đồng sinh (syn-genetic) của pyrotin, pentlandit, chalcopyrit và trên đó phát triển chồng khoáng hóa magnetit, titanomagnetit và ilmenit thuộc giai đoạn muộn hơn. Việc nghiên cứu hàm lượng Ni trong olivin và trong đá của loạt phân dị cho thấy chúng ở cùng một mức, chứng tỏ Ni được tập trung trong các đá chứa sulfide giàu Ni dưới dạng quặng sulfide và đó là yếu tố thuận lợi về độ chứa Ni của loạt phân lớp. Trong gabroid và websterit hạt thô của loạt pegmatoid, khoáng hóa quặng phân tán xâm tán hạt nhỏ thường tổ hợp với tích tụ dạng ổ hoặc ly tụ chalcopyrit, magnetit, titanomagnetit và ilmenit nhiều chỗ đạt giá trị công nghiệp (mỏ Cây Châm và các điểm quặng khác). Hàm lượng ilmenit (titan-magnetit) trong thân quặng đạt tới 30-70% với thành phần hóa học (%tl) đặc trưng như sau: $\text{TiO}_2 = 15-36$; $\text{FeO} = 23,35$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 2,89$; $\text{V}_2\text{O}_5 = 0,12-0,25$. Tài nguyên dự báo quặng ilmenit gốc liên quan đến khối gabro-peridotit Núi Chúa khoảng 15 triệu tấn. [18]. Ngoài các biểu hiện quặng hóa titan - magnetit trên, monzogabro và monzodiorit khối Núi Chúa và các vệ tinh cũng như monzogabro cao kiềm, cao titan và P_2O_5 khu

vực Tích Cốc cũng mang các dấu hiệu của các thành tạo có triển vọng về khoáng hóa titan - vanadi [6].

Khoáng hóa PGE được phát hiện trong các đá thuộc loạt phân lớp [16, 21, 22] và chủ yếu bao gồm sperrylit, paolovit (Pd_2Sn), sobolevskit (PdBi), michenerit và các khoáng vật hiếm chứa Pt, Pd khác. Khoáng hóa kim loại nhóm platin được xác lập trong gabbroid và lherzolit giàu sulfide trong các tầng sâu của loạt phân dị thuộc phần phía đông khối Núi Chúa, trong lỗ khoan LK-2 ở các khoảng (độ sâu) 418 và 438-440 m. Sperrylit tạo thành các tinh thể hình lập phương kích thước đến 0,15 mm, trong tổ hợp với nickelin, Co-sulfoarsenid và michenerit [21]. Các khoáng vật Pd được tìm thấy dưới dạng các tinh thể mọc xen (inosculation) với sulfoarsenide và arsenide của Co và Ni cũng như dưới dạng các bao thể nhỏ trong các khoáng vật này. Hàm lượng cao của Pd và Sb xác định được trong maucherit ($\text{Ni}_{11}\text{As}_8$), sulfoarsenid của Co và Ni và trong pentlandit; trong breithauptit (NiSb) hàm lượng của chúng đạt tới 3,15%.

Nghiên cứu sự hình thành các đá khối Núi Chúa cho thể thấy, kết quả của quá trình phân dị magma trong lò trung gian kiểu Núi Chúa là sự hình thành các đá loạt pegmatit cũng như monzogabroid giàu kiềm và titan [7]. Như vậy, triển vọng của quặng Fe-Ti-V liên quan tới các xâm nhập mafic-siêu mafic khu vực này cần hy vọng ở sự phát triển các sản phẩm của quá trình phân dị. Những sản phẩm này chẳng những phân bố trong các khối Núi Chúa, Khao Quế, Tri Năng, Núi Yên Chu mà còn biểu hiện dưới dạng các xâm nhập monzogabroid vệ tinh của chúng.

Với những tư liệu trình bày trên, có thể đi đến nhận định rằng trong các cấu trúc địa chất MBVN đã xác lập được ít nhất là ba phức hệ magma - quặng có triển vọng về Cu-Ni-PGE: (i) các xâm nhập và đai mạch siêu mafic trong tổ hợp núi lửa - pluton thấp Ti, cao magne kiểu basalt - komatit của rift Sông Đà; (ii) các xâm nhập siêu mafic rift Sông Hiến và (iii) các xâm nhập phân lớp gabro-peridotit trong loạt tương phản gabro-granit của đới uốn nếp Lô Gâm.

Về thời gian, sự xuất hiện các phức hệ magma - quặng này (260-250tr.n.) hoàn toàn trùng với các phức hệ magma - quặng tương tự trên lãnh thổ Trung Quốc, ở phần rìa của tỉnh thạch học lớn

Emeishan. Xét theo mối liên quan về không gian và thời gian, có tính đến mô hình địa động lực cổ (Paleozoi muộn - Mesozoi sớm) và trẻ hơn (Kainozoi), có thể cho rằng các hoạt động magma Permi - Trias có triển vọng về quặng hóa Cu-Ni-(PGE) cũng như Ti-Fe-V trên lãnh thổ MBVN là biểu hiện của plume manti.

3.2. Các phức hệ Au-sulfide

3.2.1. Kiểu quặng hóa Au-Cu

Quặng hóa kiểu Cu-Au liên quan đến hoạt động magma nội mảng hiện tại mới chỉ ghi nhận được một cách tương đối tin cậy ở trong cấu trúc nguồn rift Sông Đà. Quặng hóa kiểu này thường phân bố trùng với khu vực phát triển các đá núi lửa mafic tuổi Permi - Trias thuộc loạt cao titan. Biểu hiện Au-Cu điển hình trong cấu trúc Sông Đà là mỏ Suối Trát và các điểm quặng Lũng Cua, Cao Rãm, Bai Đào (hình 1). Quặng hóa là các đới cà nát, biến đổi nhiệt dịch có mức độ sulfide hóa khác nhau trong basaltoid cao titan. Trong đa số các trường hợp, basalt bị phân phiến mạnh, bị biến chất thành các kiểu đá albit - chlorit - actinolit. Rất phát triển các quá trình chlorit hóa và carbonat hóa kèm theo khoáng hóa sulfide. Quặng hóa thường bị khống chế bởi các đới dăm hóa trong basaltoid.

Các thân quặng ở mỏ Suối Trát bị khống chế chặt chẽ bởi các đới biến đổi lục hóa và phiến hóa trong basalt cao titan tương tự các đá biến chất thuộc tương phiến lục, sau đó bị phức tạp hóa bởi các hoạt động đai mạch, nhiệt dịch muộn hơn. Quặng hóa điểm Lũng Cua nằm trùng với đới cà nát kiến tạo trong đá núi lửa mafic. Theo các tác giả, về mặt nguồn gốc, mỏ Suối Trát có lẽ ban đầu thuộc kiểu conchedan sau đó là nhiệt dịch - (xâm nhập) chồng lên. Thân quặng thường là trùng với các dải đá bị phiến hoá, nén ép mỏng đến rất mỏng có xâm tán sulfide (chủ yếu pyrit ít hơn là chalcopirit, có thể có thêm galenit, sphalerit) phân bố không đều, trung bình từ 15-20% thể tích của dải. Các khoáng vật sulfide thường xếp theo các dải mỏng định hướng theo mặt phân phiến tạo thành cấu tạo dạng dải của thân quặng.

Thành phần khoáng vật của quặng chủ yếu bao gồm pyrit, chalcopirit, ít hơn là pyrotin, galenit, arsenopyrit, sphalerit,... với các tương quan định lượng khác nhau. Các nghiên cứu về khoáng vật - địa hóa và đồng vị quặng cho thấy quặng hóa có nguồn gốc phức tạp: ở giai đoạn đầu-conchedan-

đồng, còn ở giai đoạn muộn - nhiệt dịch nhiệt độ trung bình. Hàm lượng (ppm) của các nguyên tố quặng trong quặng (phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử): Cu - 0,1-8,7%; Au - 0,1-33,45; Ag - 0,4-182; Zn - 257-1457; Pb - 33,5-1314; Sn - 1,0-10,7; Mo - 7,97-51,2; Bi - 5,05-9,94. Các nguyên tố khác có hàm lượng thấp: Ga - 11,9-15,9; Ge - 0,33-2,83; Sb-1,57-2,59 [10]. Sự có mặt trong quặng Pb, Zn, Bi, Sn và Mo với hàm lượng cao, cũng như các giá trị đồng vị $\delta^{18}\text{O}$ (từ +8 đến +14) và $\delta^{34}\text{S}$ (+1,28 đến +10,96) chứng tỏ quặng hóa ở đây có mối liên quan nguồn gốc với hoạt động magma pluton thành phần axit [12]. Điều này phù hợp với thực tế là trong phạm vi mỏ Suối Trát, cũng như các điểm quặng Cao Rãm, Lũng Cua phát triển rộng rãi các đai mạch thành phần trachyt là sản phẩm phân dị của hoạt động magma mafic-siêu mafic Permi - Trias khu vực.

3.2.2. Kiểu quặng hóa Au-As

Kiểu quặng hóa này phổ biến ở đới Sông Đà và đới Sông Hiến. Đại diện cho kiểu quặng hóa Au-As phân bố trong các đá núi lửa mafic loạt cao titan rift Sông Đà là mỏ Làng Nèo ở khu vực Cẩm Thủy thuộc cánh tây nam và điểm quặng Thèn Sìn ở khu vực Nậm So thuộc cánh đông bắc của cấu trúc Sông Đà. Trong phạm vi cấu trúc Sông Hiến, thuộc về kiểu quặng hóa Au-As có thể xếp các tụ khoáng Bản Nùng và Lọc Soa khu vực Cao Bằng (trung tâm đới Sông Hiến), Nà Pải khu vực Lạng Sơn (đông nam đới Sông Hiến) (hình 1).

Tụ khoáng vàng Bản Nùng là biểu hiện quặng hóa vàng kiểu Au-As có quy mô lớn nhất phân bố trong xâm nhập mafic - gabrodolerit ở Việt Nam [9]. Quặng hóa phân bố trong các đới dập vỡ đi kèm với propylit hóa và listvenit hóa phát triển trên phần mái của thể xâm nhập thành phần gabbro - dolerit, có mối liên quan về không gian và nguồn gốc với các đá núi lửa thành phần basalt - andesit được mô tả trong hệ tầng Bằng Giang tuổi Permi - Trias. Các công trình khai đào của dân đã làm lộ ra ít nhất là hai đới quặng có chiều dài đến 300-700m. Chúng được cấu thành từ các thân quặng kiểu mạch và mạng mạch. Thành phần khoáng vật của quặng trong tụ khoáng Bản Nùng và Lọc Soa chủ yếu bao gồm pyrit, arsenopyrit, ít hơn có chalcopirit, galenit, sphalerit, pyrotin, vàng tự sinh. Thành phần hóa học của arsenopyrit và pyrit trong quặng mỏ Bản Nùng về cơ bản tương ứng với thành phần lý thuyết. Trong một số trường hợp,

pyrit chứa lượng As đến 1,5%; arsenopyrit chứa Co đến 3,2%, Fe - 3,5% và Ni - 2%. Cũng theo kết quả phân tích quang phổ hấp thụ nguyên tử, hàm lượng Au trong pyrit dao động trong khoảng 11,5-74,4ppm, Ag - 0,8-14 ppm; trong arsenopyrit: Au = 6-20ppm, Ag = 1,9-2,3ppm [8]. Hàm lượng vàng trong quặng nguyên sinh rất biến động; từ vài miligram đến 10-15ppm; trong đới làm giàu thứ sinh (đới oxy hóa) hàm lượng Au cao hơn, cá biệt có những ổ tới hàng kilogam. Thành phần hóa học của vàng tự sinh trong quặng chủ yếu là Au = 910-940%; hàm lượng Ag khá thấp (40-80%) và hầu như không chứa Cu và Hg.

Dựa theo các đặc điểm khoáng vật - địa hóa và tài liệu nghiên cứu nhiệt - áp, quặng hóa Bản Nùng thuộc kiểu vàng - sulfide (vàng - arsenopyrit). Mỗi liên quan nguồn gốc với hoạt động magma Permi - Trias, cá biệt là đới với các biểu hiện quặng hóa Au-As cấu trúc Sông Hiến được khẳng định bởi kết quả phân tích tuổi đồng vị (Ar-Ar) quặng hóa mỏ Lộc Shoa ở tây bắc mỏ Nguyên Bình dao động trong khoảng 224-215tr.n. [8].

Mỏ vàng gốc Nà Pái (huyện Bình Gia, Lạng Sơn) trong cấu trúc Sông Hiến, dựa theo các tài liệu đã có, có thể xếp vào kiểu nhiệt dịch nhiệt độ trung bình - thấp. Ngoài mỏ Nà Pái, trong khu vực còn xác định được một loạt các biểu hiện quặng hóa có đặc điểm tương tự (Khuôn Pục, Cao Phụng,...). Chúng tạo thành đới quặng vàng có chiều dài đến 50km và chiều rộng khoảng 15-20km [18]. Tham gia vào cấu tạo địa chất của mỏ Nà Pái chủ yếu là rhyodacit, rhyolit và granit porphyr. Quặng hóa phân bố chủ yếu ở khu vực phát triển granit-porphyr. Thành phần của khoáng vật quặng: pyrit, arsenopyrit, chalcopyrit, sphalerit, galenit, scorodit, covellit và vàng tự sinh. Các khoáng vật không quặng chủ yếu (90-95%) là thạch anh, sericit, clorit và kaolinit. Kích thước của các hạt vàng thường là không vượt quá 0,07-0,01mm. Trong mẫu đất trọng sa alluvi gần mỏ Nà Pái thường gặp vàng tự sinh và cinnabar. Phân tích thành phần hóa học của vàng tự sinh [8] cho thấy hàm lượng Hg dao động trong khoảng 0,21% (bảng 3), rất đặc trưng cho các kiểu quặng hóa nhiệt độ thấp.

Các nghiên cứu bước đầu về biểu hiện quặng hóa vàng khu vực Suối Cùn, cấu trúc Sông Hiến [7] cho thấy chúng cũng thuộc về kiểu Au-As. Quặng hóa nằm trùng với các đới vỏ nhàu trong

rhyolit (Suối Cùn) là những hợp phần của tổ hợp bimodal mafic - felsic Permi - Trias.

Bảng 3. Thành phần hóa học (%tỉ) của vàng tự sinh theo kết quả phân tích microzond

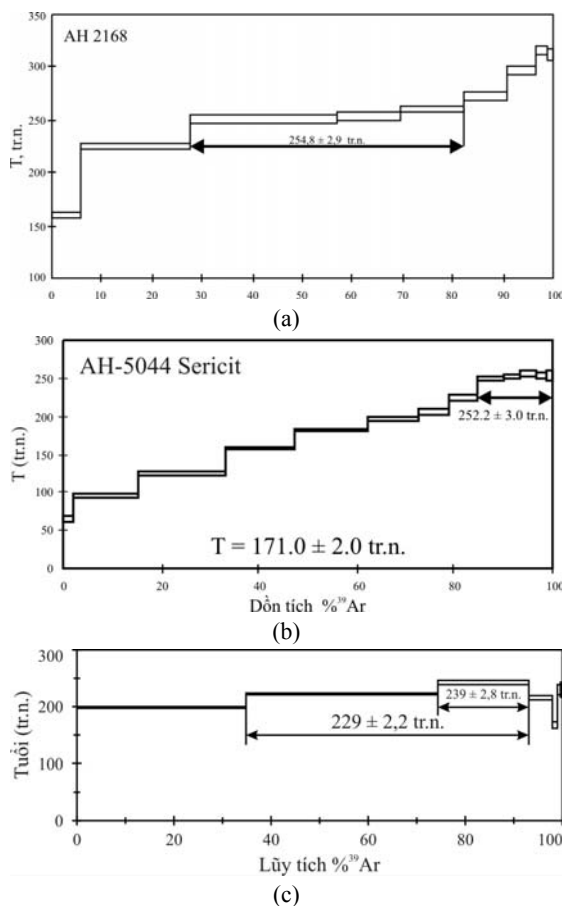
KHM	Au	Hg	Ag	Tổng	n
Vàng Nà Pái	86,94	0,21	12,73	99,89	5
Vàng Puoc	83,04	4,00	12,93	99,97	22
Thần Sa	95,66	0,09	4,23	99,98	15

3.2.3. Các kiểu quặng hóa antimon - vàng (Sb-Au), antimon - thủy ngân - vàng (Sb-Hg-Au) và thủy ngân - vàng (Hg-Au)

Các tụ khoáng thuộc các kiểu quặng hóa này khá phát triển trên lãnh thổ MBVN: trong các cấu trúc nguồn rift Paleozoi muộn - Mesozoi sớm Sông Đà và Sông Hiến, cũng như trong các cấu trúc uốn nếp Paleozoi Lô Gâm và Quảng Ninh (hình 1). Sự phân bố của chúng trong phạm vi từng cấu trúc đặc trưng bởi tính phân đới rõ rệt: từ kiểu Sb-Au đến Sb-Hg-Au và Hg-Au [7].

Đại diện của kiểu quặng hóa Sb-Au là các tụ khoáng Làng Vài, Khuôn Pục và Nậm Cháy trong cấu trúc Lô Gâm; Mậu Duệ, Bản Chang và Sơn Vĩ (Hà Giang); Khau Hai (Cao Bằng), La Sơn (Lạng Sơn) trong cấu trúc Sông Hiến; Nà Bặc và nhóm tụ khoáng khu vực Làng Nèo (Thanh Hóa) của cấu trúc Sông Đà; các tụ khoáng trong cấu trúc uốn nếp Paleozoi Quảng Ninh như Đồng Quặng và Khe Chim (hình 1). Quặng hóa của những mỏ này thường phân bố ở phần máng của cấu trúc nếp lồi được cấu thành từ các trầm tích lục nguyên - carbonat hoặc lục nguyên có tuổi Ordovic - Silur (Làng Vài), Cambri (Nậm Cháy, Đồng Quặng) hoặc Trias (Nà Bặc). Trong hầu hết các trường hợp đều ghi nhận được sự có mặt của gabrodolerit và dolerit với những đặc điểm tương tự như các đá xâm nhập mafic thuộc tổ hợp gabrodolerit - granit granophyr Permi - Trias. Khoáng hóa quặng chủ yếu là các tổ hợp pyrit-arsenopyrit-antimonit hoặc pyrit-antimonit. Quặng có cấu tạo xâm tán, đặc xít, hoặc dạng dăm kết. Hàm lượng Au trong quặng antimonit mỏ Làng Vài dao động trong khoảng 0,5-8,0ppm, có khi cao hơn [7], còn đới với các tụ khoáng Nậm Cháy và Đồng Quặng - 0,1-2,3ppm [8]. Thành phần khoáng vật của các tụ khoáng kiểu này khá phức tạp, song chủ yếu bao gồm: pyrit, arsenopyrit, antimonit và biến loại chứa sắt của chúng - bertierit, jamesonit, các sulfosalts, vàng tự sinh,...

Kết quả phân tích tuổi quặng hóa bằng phương pháp Ar - Ar đối với sericit trong quặng antimonit của các mỏ Nậm Chảy -228tr.n., Bán Chang -254tr.n., Đồng Quặng -252tr.n. (hình 4) chứng tỏ chúng cũng là sản phẩm của giai đoạn magma - kiến tạo Permi - Trias [8]. Các nghiên cứu bước đầu về đặc điểm đồng vị cho thấy các giá trị $\delta^{34}\text{S}$ dao động trong khoảng hẹp - 1,8-2,6‰ cho antimonit mỏ Nậm Chảy và 3,3-3,4‰ cho antimonit mỏ Nà Bắc (bảng 4) chứng tỏ mối liên quan nguồn gốc của chúng với hoạt động nhiệt dịch pluton.



Hình 4. Tuổi Ar-Ar của quặng hóa antimonit chứa vàng khu vực : a- Bán Chang (CTSH); b- Đồng Quặng (CTPN-LG) ; c- An Bình (CTSD)

Kiểu quặng hóa Sb-Hg-Au là kiểu mới được xác lập trên lãnh thổ MBVN [8], ở khu vực An Bình - cánh đông nam rift Sông Đà, ở phía nam của trường phân bố basalt cao titan và granit cao nhôm đều có tuổi Permi - Trias. Đây là mỏ antimon - thủy ngân theo đánh giá của các nhà địa chất tìm kiếm. Tuy nhiên, kết quả nghiên cứu về

đặc điểm địa chất, khoáng vật - địa hóa và đồng vị quặng ở mỏ này đã xác lập được một số dấu hiệu cho phép xếp chúng vào kiểu mỏ Sb-Hg-Au [9]. Chiều dài chung của đới quặng hơn 2km. Quặng hóa được khống chế bởi các đới dập vỡ và vỏ nhàu mạnh trong đá vôi, đá vôi sét xen lẫn các lớp mỏng đá phiến sét giàu vật chất than trong thành phần của tầng carbonat-lục nguyên tuổi Trias sớm-giữa (hệ tầng Nậm Thẳm). Đặc trưng cho đới quặng này là tính phân đới: quặng chủ yếu antimonit ở trung tâm thân quặng, ra rìa chúng được thay bởi đới pyrit hóa. Đôi khi khoáng hóa pyrit biểu hiện cả ở xa ngoài phạm vi đới quặng chính. Trong phạm vi đới quặng phân chia được các thân quặng antimon và thủy ngân riêng biệt. Các đá carbonat gần quặng bị silic hóa mạnh mẽ, dolomit hóa, sericit hóa đi kèm với pyrit hóa dạng xâm tán thưa hoặc dày đặc. Thành phần khoáng vật của quặng antimony-antimonit, pyrit, arsenopyrit, galenit, sphalerit, realgar và cinnabar. Trong các mẫu già dài từ thân quặng ở đới Kẽm gặp rất nhiều vàng tự sinh hạt mịn và cực mịn. Kết quả phân tích cho thấy hàm lượng Au trong quặng antimon, quặng thủy ngân và đá carbonat bị biến đổi gần quặng khá cao (đến 0,8-1,1ppm) [9]. Thêm vào đó, kết quả phân tích microsond còn cho thấy hàm lượng Hg trong vàng tự sinh cũng khá cao (đến 0,7%). Các giá trị đồng vị $\delta^{34}\text{S}$ thu được đối với antimonit, cinnabar và pyrit mỏ An Bình biến động trong khoảng từ 2,3 đến 7,2 (‰) (bảng 4) chứng tỏ nguồn nhiệt dịch pluton.

Như vậy, dựa theo các dấu hiệu: phân bố trong tầng trầm tích carbonat-lục nguyên; đặc điểm địa hóa quặng; có mặt vàng tự sinh hạt mịn và cực mịn; hàm lượng Hg trong vàng tự sinh cao, điểm quặng hóa An Bình có thể xếp vào kiểu Sb-Hg-Au (kiểu Au-nhiệt độ thấp), khá gần gũi với kiểu Carlin. Kết quả phân tích tuổi đồng vị phóng xạ (Ar-Ar) của sericite trong quặng antimon mỏ An Bình cho giá trị $229 \pm 2,2$ triệu năm (hình 4) chứng tỏ chúng có mối liên quan về thời gian với hoạt động magma Permi - Trias biểu hiện rộng rãi trong phạm vi rift Sông Đà và các cấu trúc kề cận, trong đó đáng chú ý là sự có mặt của những thể xâm nhập nhỏ và đai mạch thành phần mafic (gabrodolerit) cũng như các xâm nhập cao nhôm kiểu Phia Bioc mà điển hình trong rift Sông Đà là khối Kim Bôi. Tuổi thành tạo của granit cao nhôm khối Kim Bôi được xác định là 242 triệu năm [7]. Các granit này có quan hệ xuyên cắt rõ rệt với basalt cao titan tuổi Permi và sự xuất hiện của chúng có thể coi là dấu hiệu của quá trình khép kín rift Sông Đà vào Trias sớm.

Bảng 4. Thành phần đồng vị của S trong các tụ khoáng Sb-Hg, Hg, Au-Sb và Au ở MBVN (‰CDT; ±0,1‰) [8]

STT	KHM	Tụ khoáng	Kiểu quặng hóa	Khoáng vật	$\delta^{34}\text{S}$
1	NB-1	Nà Bắc	Au - Sb	Antimonit	3,4
2	NB-4	-nt-	Au - Sb	-nt-	3,3
3	NB-3	-nt-	Au - Sb	-nt-	3,3
4	AH-3166-a	An Bình	Sb - Hg - (Au)	-nt-	2,3
5	AH-3166-b	-nt-	Sb - Hg - (Au)	-nt-	4,3
6	AH-3166-b	-nt-	Sb - Hg - (Au)	-nt-	2,7
7	AH-3167	-nt-	Sb - Hg - (Au)	-nt-	4,1
8	AH-3168	-nt-	Sb - Hg - (Au)	Pyrit	4,5
9	AH-3174	-nt-	Sb - Hg - (Au)	Antimonit	5,8
10	AH-3178	-nt-	Sb - Hg - (Au)	-nt-	6,2
11	AH-3182	-nt-	Sb - Hg - (Au)	-nt-	6,6
12	AH-3/1	-nt-	Sb - Hg - (Au)	Cinabar	6,4
13	AH-5/1	-nt-	Sb - Hg - (Au)	-nt-	6,0
14	AH-3182	-nt-	Sb - Hg - (Au)	-nt-	7,2
15	AH-2016-a	Nà Pái	Au	Pyrit	2,2
16	AH-2021	Thần Sa	Hg	Cinabar	4,7
17	AH-2023	-nt-	Hg	-nt-	9,5
18	AH-2028	Nậm Chầy	Au - Sb	Antimonit	1,8
19	AH-2029-a	-nt-	Au - Sb	-nt-	2,6
20	AH-2030	-nt-	Au - Sb	-nt-	3,0

Kiểu Hg-Au ít phổ biến và cho đến nay mới chỉ ghi nhận được ở khu vực Khuôn Pục và Thần Sa trong các cấu trúc địa chất ĐBVN. Điểm quặng hóa Hg-Au Khuôn Pục nằm không xa về phía bắc của mỏ vàng Nà Pái. Quặng hóa nằm trùng với tầng trầm tích lục nguyên cấu thành chủ yếu từ cát kết, sạn kết và bột kết có tuổi Trias sớm mà trong phạm vi đới quặng bị vỡ nhàu và dăm hóa mạnh. Thành phần khoáng vật của quặng bao gồm: cinnabar, realgar, antimonit, auripigment. Trong mẫu đãi trọng sa suối thấy rất nhiều cinnabar và vàng tự sinh có kích thước khác nhau từ hạt lớn đến hạt mịn. Độ tinh khiết của vàng tự sinh khá biến động và trong thành phần hóa học của nó thường xuyên có mặt Hg với hàm lượng từ 0,1 đến 0,6% (bảng 3).

Điểm quặng Thần Sa ở cánh phía đông nam của cấu trúc Sông Hiến là điểm có quy mô lớn nhất trong số các điểm quặng hóa chủ yếu thủy ngân ở ĐBVN. Quặng hóa nằm trùng với tầng carbonat-lục nguyên (đá phiến sét, đá phiến vôi sét, cát kết bị biến chất, đá vôi bị biến dạng uốn nếp mạnh tuổi Cambri của hệ tầng Thần Sa. Hàm lượng Hg trong

đới quặng đến 0,12%. Thành phần khoáng vật quặng chủ yếu bao gồm: cinnabar, antimonit, dickit, realgar, auripigment, barit, fluorit, đôi khi gặp sulfide - chalcopyrit. Hàm lượng Au trong đá vôi bị nhiễm quặng của đới biến đổi gần quặng đến 0,87ppm [8], còn hàm lượng Hg trong vàng tự sinh (vàng quặng) biến thiên trong khoảng 0,06-0,19% (bảng 3) đặc trưng cho các mỏ thuộc các kiểu mô tả. Đặc điểm đồng vị S được phân tích đối với cinnabar có giá trị $\delta^{34}\text{S}$ - từ 4,7 đến 9,5 ‰ (bảng 4), cao hơn so với các giá trị đặc trưng cho các kiểu quặng hóa khác.

3.3. Kiểu quặng hóa Sn-sulfide

Thuộc kiểu quặng hóa này có thể phân biệt hai phụ kiểu: phụ kiểu casiterit-sulfide-silicat và phụ kiểu Pb-Zn-Ag phát triển chủ yếu trong các cấu trúc Sông Hiến và Lô Gâm.

Phụ kiểu casiterit-sulfide-silicat phổ biến ở cánh đông nam của cấu trúc Sông Hiến (hình 1), ở khu vực Tam Đảo với một số mỏ và điểm quặng: Khuôn Phầy, Bắc Lũng (tỉnh Tuyên Quang), Ngòi Lẹm, Trúc Khê (tỉnh Thái nguyên). Về mặt địa

chất, các đới quặng của mỏ Khuôn Phầy tập trung chủ yếu trong granit-porphyr phức hệ Núi Điện - các đá á núi lửa của rhyolit tuổi Trias khu vực Tam Đảo thường được coi là phần thấp của hệ tầng Sông Hiến mà xét theo các đặc điểm về thành phần hoàn toàn tương tự như các đá núi lửa felsic ở khu vực Cao Bằng và Lạng Sơn [17]. Theo các tài liệu tìm kiếm và thăm dò khoáng sản, phần trên của các thân quặng này cấu tạo chủ yếu từ khoáng hóa casiterit-turmalin-thạch anh, còn phía dưới - casiterit-pyrotin-arsenopyrit-chalcopyrit. Quặng thuộc kiểu phức hợp - Sn-Cu-Bi với hàm lượng (%): Sn - 1,84, Cu - 1,39, Bi - 0,1. Hàm lượng Ag trong chalcopyrit đến 200ppm [18].

Phụ kiểu Pb-Zn-Ag: Quặng hóa đa kim phát triển rất rộng rãi với khoảng 50 tụ khoáng có quy mô khác nhau ở ĐBVN (hình 1) và chủ yếu tập trung trong phạm vi cấu trúc kép Phú Ngũ - Lô Gâm với hơn 80% trữ lượng kim loại Pb-Zn của cả nước. Ngoài ra, các biểu hiện quặng hóa Pb-Zn còn khá phổ biến trong cấu trúc Sông Hiến với một loạt tụ khoáng ở vùng Lạng Sơn và Cao Bằng. Dựa theo bối cảnh địa chất, có thể phân chia hai kiểu quặng hóa Pb-Zn sau đây: kiểu quặng hóa Pb-Zn trong các tầng trầm tích carbonat - lục nguyên (là chủ yếu) và kiểu quặng hóa Pb-Zn trong các tầng lục nguyên - núi lửa có tuổi Devon hoặc Silur-Devon [18]. Trong phạm vi đới Lô Gâm, ở các khu vực phát triển mỏ và điểm quặng Pb-Zn thường phổ biến các xâm nhập kiểu tương phản gabro - granit hoặc phức tạp gabro - syenit tuổi Permi-Trias. Các khu vực có mức độ tập trung mỏ và điểm quặng Pb-Zn cao là: Lạng Hích (Thái Nguyên), Chợ Đồn và Chợ Điền (Bắc Kạn), Tùng Bá (Hà Giang), trong đó các tụ khoáng ở Thái Nguyên và Bắc Kạn là những đại diện điển hình của kiểu quặng hóa Pb-Zn trong trầm tích carbonat - lục nguyên, còn các tụ khoáng vùng Hà Giang - trong lục nguyên-carbonat-núi lửa. Về nguồn gốc các kiểu quặng hóa Pb-Zn này cho đến nay vẫn chưa có ý kiến thống nhất: nhiệt dịch giả tầng hoặc nhiệt dịch. Thành phần khoáng vật trong quặng ở nhiều tụ khoáng khá phức tạp. Ví dụ: ở nút quặng Chợ Đồn, thành phần khoáng vật quặng ở hầu hết các biểu hiện quặng hóa thường bao gồm: galenit, sphalerit, pyrit, pyrotin, arsenopyrit, chalcopyrit, bismutin, cassiterit, stanin và các khoáng vật khác. Thành phần hóa học của galenit đặc trưng hàm lượng cao (%) của: Ag (0,03-0,06), Bi (0,06), Cd (0,1), Sn (0,05), còn trong sphalerit - Fe (6-10), Cd (0,14-0,22), Bi (0,06-0,09), Sn (đến 0,02) [21]. Kết

quả phân tích hàm lượng các nguyên tố đi kèm (ppm) trong quặng Pb-Zn ở đây cho thấy: Cd đến 2500, Cu đến 2900, Sn đến 680, Ag (40-680), Au (0,1-1,3), Bi đến 3300 và In đến 382 [21].

Cùng với các biểu hiện quặng hóa Ag-Pb-Zn, trong phạm vi cấu trúc Sông Hiến cũng như Lô Gâm thường gặp kiểu quặng hóa Ba-Pb-Zn, nằm trùng với tập đá carbonat trong các tầng lục nguyên - carbonat. Đã xác lập được tính phân đới của thân quặng khá rõ: phần trên chủ yếu là barit, xuống dưới - galenit và sphalerit [18]. Về cơ bản, các tụ khoáng kiểu này có quy mô nhỏ hơn so với các biểu hiện quặng hóa thuộc các kiểu mô tả trên.

4. Kết luận

Trong giai đoạn Permi-Trias ở MBVN đã xác lập được ba phức hệ quặng được hình thành trong các cấu trúc khác nhau: phức hệ quặng nguồn gốc magma Cu-Ni-(PGE) và Ti-Fe-V; Au-sulfide và Sn-sulfide. Phức hệ thứ nhất bao gồm các kiểu quặng hóa Cu-Ni-(PGE) liên quan tới các xâm nhập mafic-siêu mafic có mức độ phân dị khác nhau, trong các kiểu núi lửa-pluton và pluton khác nhau và được hình thành từ các dung thể có nguồn gốc khác nhau thuộc các đới rift Sông Đà, Sông Hiến và đới uốn nếp bao quanh vòm nâng Sông Chảy.

Các phức hệ Cu-Ni-PGE và Ti-Fe-V, về mặt thời gian, tương ứng với hai giai đoạn hoạt động magma plume manti: 260tr.n. (Sông Đà và Sông Hiến) và 250tr.n. (Phú Ngũ-Lô Gâm), tương tự như các biểu hiện quặng hóa liên quan đến LIP Emeishan thuộc phần TN Trung Quốc (Limahe, Jang Baoshan, Panzhihua,...).

Phức hệ quặng vàng-sulfide bao gồm các kiểu Au-As, Au-Sb, Sb-Hg-Au và Hg-Sb-(Au) phát triển rộng rãi trong các đới rift Sông Đà và Sông Hiến cũng như trong các cấu trúc uốn nếp Paleozoi Lô Gâm và Quảng Ninh. Trong phạm vi của các cấu trúc này, quặng hóa phân bố dưới dạng các nút quặng: Làng Vài, Làng Nèo, Lộc Shoa, Khe Chim,... Nét đặc trưng của các nút quặng này là đặc tính địa hóa chung của quặng hóa (Au, Sb, As, Hg) và tính phân đới của chúng: Au-As → Au-Sb → Au-Sb-Hg → Hg, cũng như sự có mặt quan hệ chuyển tiếp giữa các kiểu quặng hóa khác nhau: Au-As và Au-Sb, Au-Sb và Sb-Hg (nút quặng Làng Vài, Làng Nèo,...). Tuổi thành tạo của phức hệ quặng này dao động trong khoảng 252-229 tr.n.

và về không gian có mối liên quan chặt chẽ với các tổ hợp núi lửa - pluton bimodal (basalt - rhyolit, rhyolit - basalt, granit - porphyr) cũng như với granit và xâm nhập nhỏ gabro - syenit có tuổi biến thiên trong khoảng 247-233 tr.n.

Biểu hiện muộn hơn là phức hệ quặng Sn-sulfide bao gồm các thành hệ (kiểu quặng hóa) casiterit-silicat-sulfide, Ag-Pb-Zn và barit-đa kim. Phức hệ quặng này thể hiện với mức độ đầy đủ khác nhau trong hàng loạt các nút quặng với đặc trưng phân đôi quặng hóa: Sn-W(\pm Bi) \rightarrow Pb-Zn (Ag) \rightarrow Ba (Pb, Zn) \rightarrow Ba (thí dụ như khu vực Thái Nguyên). Tính phân đôi quặng hóa nội sinh này đặc trưng cho những nút quặng có tính địa hóa Sn-Ag của nhiều tỉnh quặng thiếc trên thế giới như Bolivia, Verkhoyan và Primoria (Nga). Ở MBVN, tính phân đôi kiểu này thể hiện rõ rệt nhất là trong nút quặng Khuôn Phây-Tam Đảo thuộc hai tỉnh Tuyên Quang và Thái Nguyên. Quặng hóa ở đây tổ hợp chặt chẽ với các khu vực biểu hiện hoạt động núi lửa rhyodacit - rhyolit và các xâm nhập á núi lửa granodiorit - granit porphyr cũng như granit cao nhôm (250tr.n.) và gabro - syenit (247-233tr.n.). Tuổi (tương đối) trẻ hơn của phức hệ quặng Sn-sulfide so với phức hệ Au-sulfide được xác định bởi sự phát triển chồng lấp khoáng hóa sulfide (galenit, sphalerit, các khoáng vật chứa Ag) với hàm lượng cao của Sn lên quặng Au-Sb ở mỏ Làng Vài [8]. Thêm vào đó, trong quặng Pb-Zn khu vực Chợ Đồn (mỏ Nà Bốp) đã ghi nhận được hàm lượng cao của Sn (đến 600-700ppm, trung bình - 220ppm).

Sự phân bố các kiểu quặng hóa khác nhau của giai đoạn Permi-Trias được không chế chủ yếu bởi các cấu trúc nguồn rift Sông Đà và Sông Hiến, vì thế có thể phân chia được hai đai sinh khoáng tương ứng. Trong phạm vi hai đai sinh khoáng này phân bố các nút quặng với các kiểu quặng hóa Sn-sulfide (Khuôn Phây), Au-sulfide (Làng Nè, Bản Nùng,...) và Cu-Ni-PGE, Ti-Fe-V (Tạ Khoa, Núi Chúa, Suối Cùn). Đai sinh khoáng Sông Hiến kéo dài từ biên giới Việt - Trung ở phía tây bắc đến tỉnh Lạng Sơn ở phía đông nam và bị phủ chồng bởi các trầm tích Jura-Creta. Trong phạm vi đai này có thể phân chia ra các đới quặng hóa như Thái Nguyên, Nà Pái, Nguyên Bình và Mậu Duệ với sự biểu hiện các phức hệ đa dạng về kiểu quặng hóa. Trong đai sinh khoáng Sông Đà, cùng với các kiểu quặng hóa Cu-Ni-PGE và Au-Sb-Hg còn phát triển rộng rãi các kiểu Au-Cu trong các tổ hợp basalt-andesit và

basalt-rhyolit mà mối quan hệ nguồn gốc giữa chúng với hoạt động magma Permi-Trias đang là vấn đề còn để ngỏ. Theo các tài liệu đã thu được về tuổi quặng hóa, các phức hệ quặng Au-Sulfide và Sn-Sulfide chủ yếu liên quan đến giai đoạn muộn của hoạt động magma Permi-Trias trên lãnh thổ MBVN.

Như vậy, kết quả nghiên cứu về sinh khoáng giai đoạn Permi-Trias đã cho phép: (i) Phân chia được các phức hệ quặng giai đoạn Permi-Trias và xác định được trình tự thành tạo của chúng; (ii) Phân vùng sinh khoáng đối với các kiểu quặng hóa thuộc giai đoạn này với việc phân định các đai quặng (sinh khoáng) Sông Đà và Sông Hiến cũng như các nút quặng Au-sulfide và Sn-sulfide trong phạm vi các đai sinh khoáng đó; (iii) Đối sánh tuổi thành tạo của các phức hệ magma và quặng; (iv) Xác lập được sự tập trung cao của các kiểu quặng hóa vàng khác nhau và sự có mặt các kiểu có triển vọng đặc biệt (Au-As, Au-Sb-Hg, Au-Cu) liên quan với các phức hệ magma - quặng có hiệu suất sinh quặng cao trong giai đoạn này. Không loại trừ khả năng có mặt kiểu quặng hóa Cu-Au porphyr theo tiền đề về sự phát triển rộng rãi các tổ hợp núi lửa - pluton felsic á kiềm tuổi Permi-Trias (trùng Tú Lệ và khối nâng Phan Si Pan).

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] *Trần Tuấn Anh* (chủ biên), 2010: Nghiên cứu thành phần đi kèm trong các kiểu tụ khoáng kim loại cơ bản và kim loại quý hiếm có triển vọng ở miền Bắc Việt Nam nhằm nâng cao hiệu quả khai thác chế biến khoáng sản và bảo vệ môi trường. BCTK đề tài KC.08.24/06-10.

[2] *Barnes S.J., Makovicky M. et al.*, 1997: Partition coefficients for Ni, Cu, Pd, Pt, Rh, and Ir between monosulfide solid solution and sulfide liquid and the formation of compositionally zoned Ni-Cu sulfide bodies by fractional crystallization of sulfide liquid. *Can. J. Earth. Sci.*, Vol. 34, 366-374.

[3] *Fang Hua, Yao Jiadong, He Daqui, Jiang Qinsheng*, 1985: The Significance of deep-seated magmatic differentiation in the rock- and ore-forming processes of copper-nickel sulfide deposits

- exemplified by the Limahe copper-nickel Sulfide deposit of Sichuan Province. *Acta Geologica Sinica*, No 2, 141-154.

[4] *Glotov A.I., Polyakov G.V., Tran Trong Hoa et al.*, 2001: The Ban Phuc Ni-Cu-PGE deposit related to the Phanerozoic komatiite-basalt association in the Song Da rift, Northwestern Vietnam.//*Can. Mineral.*, 39, 573-589.

[5] *Glotov A.I., Polyakov G.V., Tran Trong Hoa et al.*, 2004: The Late permian Cao Bang PGE-Cu-Ni-bearing complex of the Song Hien structure, Northeastern Viet Nam.//*Journal Geology, Series B.*, No. 23, 89-98.

[6] *Trần Trọng Hòa* (chủ biên), 2005: Hoạt động magma nội mảng lãnh thổ Việt Nam và khoáng sản liên quan. Báo cáo tổng kết đề tài Hợp tác Việt - Nga theo Nghị định thư (2002-2004). Lưu trữ Trung tâm TTKHCN QG, Hà Nội, 333tr.

[7] *Trần Trọng Hòa* (chủ biên), 2011: Hoạt động magma và sinh khoáng nội mảng miền Bắc Việt Nam. Nxb. Khoa học Tự nhiên và Công Nghệ, 368tr.

[8] *Trần Trọng Hòa, A.S. Borisenko, Ngô Thị Phương, A.E. Izokh, Trần Tuấn Anh, Hoàng Hữu Thành, Vũ Văn Ván, Bùi Án Niên, Hoàng Việt Hằng, Trần Hồng Lam*, 2006: Nghiên cứu xác lập các kiểu mỏ vàng mới (Au-Sb-Hg) liên quan tới hoạt động magma miền Bắc Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài Hợp tác Quốc tế do Viện KH&CNVN tài trợ (2005-2006). Lưu trữ viện Địa chất, 51tr.

[9] *Trần Trọng Hòa, V.G. Petrov, Hoàng Hữu Thành, Ngô Thị Phương, Vũ Văn Ván, Trần Quốc Hùng, Bùi Án Niên, Trần Tuấn Anh, Hoàng Việt Hằng, Lê Thị Nghinh, Phan Đông Pha*, 1996: Điều tra đánh giá triển vọng vàng tinh Cao Bằng. Báo cáo tổng kết đề tài ĐTCB về tài nguyên và môi trường. Lưu trữ Viện Địa chất.

[10] *Trần Trọng Hòa, Hoàng Hữu Thành, Ngô Thị Phương, Vũ Văn Ván, 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 KH&CNVN, 169tr.

[11] *Izokh, Polyakov G.V., Tran Trong Hoa, Balykin P.A., Ngo Thi Phuong*, 2005: Permian-Triassic ultramafic-mafic magmatism of Northern

Vietnam and Southern China as expression of plume magmatism. *Russian Geology and Geophysics*, Vol. 46, No 9, 942-951.

[12] *Nguyễn Đắc Lư, Prokophiev V.Iu, Rokov A.N.*, 2005: Nghiên cứu về bao thể khí - lỏng trong quặng Cu-Au khu vực Viên Nam, trung Sông Đà. TC Địa chất, loạt A, No 289, 7-8, tr.36-42.

[13] *Đinh Hữu Minh*, 2005: Cấu trúc địa chất và đặc điểm quặng hóa sulfur nickel - đồng mỏ Bản Phúc, Sơn La. Tóm tắt luận án TS.

[14] *Ngô Thị Phương, Trần Trọng Hoà, Hoàng Hữu Thành, Trần Quốc Hùng, Vũ Văn Ván, Bùi Án Niên, Trần Tuấn Anh, Hoàng Việt Hằng, Phan Lưu Anh, Trần Việt Anh*, 2000: Khoáng vật nhóm platin (Pt, Pd) trong các thành tạo mafic - siêu mafic đối Sông Đà. TC Địa chất, loạt A, No. 260, tr.10-19.

[15] *She Chuan-jing*, 1986: Aprilimimery study on the metallogenic model of magmatic coppernickel sulfide ores in China.//*Metallogeny of basic and ultrabasic rocks. Regional presentafims.* pp.325-358.

[16] *Hoàng Hữu Thành*, 1994: Các xâm nhập phân lớp gabbro - peridotit MBVN. Tóm tắt luận án PhD. Novosibirsk.

[17] *Đào Đình Thục, Huỳnh Trung* (chủ biên), 1995: Địa chất Việt Nam, phần II: Các thành tạo magma. Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam.

[18] *Trần Văn Trị* (chủ biên), 2000: Tài nguyên khoáng sản Việt Nam, Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, 214tr.

[19] *Добрецов Н.Л.*, 2005: Крупнейшие магматические провинции Азии (250 млн.лет): сибирские и эмейшаньские траппы (платобазальты) и ассоциирующие гранитоиды.//*Геология и геофизика*. Т. 46. № 9. С. 870-890.

[20] *Косьяков В.И., Синякова Е.Ф., Шестаков В.А.*, 2003: Зависимость фугитивности серы от состава фазовых ассоциаций системы Fe-FeS-NiS-Ni при 873 K.//*Геохимия*, № 7, с. 730-740.

[21] *Поляков Г.В., Нгуен Чонг Ием, Балыкин П.А., Чан Чонг Хоа, Панина Л.И., Нго Тхи Фьонг, Хоанг Хью Тхань, Чан Куок Хунг, Шаригин В.В., Буй Ан Ньен, Ву Ван Ван, Хоанг Вьет Ханг*, 1997: Новые данные по ультракалийевым основным породам Северного Вьетнама - Кокиты.//*Геология и Геофизика*. Т.38. № 1, с. 148-158.

[22] Поляков Г.В., Чан Чонг Хоа, В.А. Ван, 1999: Рудно-геохимическая специализация пермотрассовых ультрамафит - мафитовых комплексов Северного Вьетнама//Геология и геофизика. Т. 40. № 10, 1474-1487.
Акимцев, П.А. Балыкин, Нго Тхи Фьонг, Хоанг Хьу Тхань, Чан Куок Хунг, Буй Ан Ньен, Н.Д. Толстых, А.И. Глотов, Т.Е. Петрова, Ву Ван

SUMMARY

Permo-Triassic metalogeny of North Vietnam

The Permo-Triassic period in North Vietnam has determined three ore complexes, formed in the different structures: 1/ Cu-Ni-(PGE) and Ti-Fe-V ore complex; 2/ gold-sulfide and 3/ tin-sulfide. The first complex consists of Cu-Ni-(PGE) mineralization associated with differentiated mafic-ultramafic intrusions of various volcano-plutonic types of the Song Da, Song Hien rift zones, and fold belts surrounding the Song Chay Dome. The Cu-Ni-PGE and Ti-Fe-V complexes, temporally corresponding to the two stages of plume magmatic activities: 260 Ma (Song Hien and Song Da) and 250 Ma (Phu Ngu-Lo Gam), similar to the associated ore occurrences of Emeishan LIP in Southwest of China (Limahe, Jang Baoshan, Panzhuhua,...).

Gold-sulfide ore complexes, including Au-As, Au-Sb, Sb-Hg-Au and Hg-Sb-(Au) types widespread in the Song Da and Song Hien rift zones as well as in Paleozoic Lo Gam and Quang Ninh folded structures. Within these structures, ore distribution in the form of ore nodes: Lang Vai, Lang Neo, Loc Shoa, Khe Chim ... Common features of these ore nodes are similar ore chemistry (Au, Sb, As, Hg) and zonation: Au-As → Au-Sb → As-Sb-Hg → Hg, as well transitional relations between different types of ore: Au-As and Au-Sb, Au-Sb and Sb-Hg (Lang Vai, Lang Neo ore nodes,...). Ages of ore formation of this complex range from 252-229 Ma, and spatial correlation with bimodal volcano - plutonic (basalt - rhyolite, rhyolite - basalt, granite - porphyry) as well as with small granite and gabbro - syenite intrusion, with age variation of about 247 -233 Ma.