ĐẶC ĐIỂM QUẶNG HÓA VÀNG SULFIDE KHU VỰC BÓ VA, ĐÔNG BẮC VIỆT NAM

TRẦN TUẤN ANH
Email: tuananh-tran@igsvn.ac.vn
Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
Ngày nhận bài: 25 - 12 - 2013

1. Mở đầu

Quặng hóa vàng sulfide có ý nghĩa quan trọng trong xác định tài nguyên vàng của lãnh thổ. Nghiên cứu chi tiết về đặc điểm khoáng vật - địa hóa quặng có ý nghĩa quan trọng trong việc xác lập các dấu hiệu nhận dạng kiểu mỏ/quặng hóa, điều kiện hình thành, dạng tồn tại của vàng để có các giải pháp khai thác, tuyển luyện thích hợp cũng như đánh giá triển vọng của quặng hóa vàng.

Theo các kết quả nghiên cứu của đề tài KC08.14/11-15, ở khu vực Đông Bắc Việt Nam có thể phân chia sơ bộ bốn kiểu quặng hóa vàng và chứa vàng hạt mịn: (1) Au-sulfide trong các thành tạo lục nguyên, lục nguyên - carbonat với các tụ khoáng điển hình là mỏ Bó Va (huyện Ngân Sơn, tỉnh Bắc Kạn), mỏ Nam Quang (huyện Bảo Lâm, tỉnh Cao Bằng), điểm quặng Khe Dúi (huyện Võ Nhai, tỉnh Thái Nguyên) mà trong các nghiên cứu trước đây được xếp vào kiểu vàng-thạch anh hoặc vàng-thạch anh-sulfide [Nguyễn Văn Quý, 2011]; (2) Au-sulfide nhiệt dịch nhiệt độ thấp trong đá núi lửa thành phần axit (điểm quặng Suối Củn, huyện Hòa An, tỉnh Cao Bằng và mỏ Nà Pái, huyện Bình Gia, tỉnh Lạng Sơn); (3) Au hạt mịn và phân tán trong quặng Pb-Zn của các mỏ Nà Diếu (huyện Ngân Sơn, tỉnh Bắc Kạn) và mỏ Bản Khun (huyện Bảo Lâm, tỉnh Cao Bằng); (4) Au hạt mịn và phân tán trong quặng Sb-(As, Hg) với một loạt mỏ và điểm quặng điển hình như Làng Vài-Khuôn Pục (huyện Chiêm Hóa, tỉnh Tuyên Quang) và Khau Vai (huyện Mèo Vạc, tỉnh Hà Giang) [Trần Trọng Hòa và nnk, 2013].

Thuộc kiểu thứ nhất, quặng hóa vàng khu vực Bó Va là một trong những điểm quặng hóa vàng trong các thành tạo lục nguyên chứa vật chất than. Về vị trí cấu trúc địa chất, khu vực này nằm trong phạm vi rift Paleozoi - Mesozoi Sông Hiến và liên quan tới đới đứt gãy khu vực Cao Bằng - Lộc Bình - Tiên Yên có phương TB-ĐN kéo dài từ Hà Quảng (Cao Bằng) đến Tiên Yên (Quảng Ninh) và ra vịnh Bắc Bộ [9]. Quặng hóa vàng ở đây đã được phát hiện từ lâu [1, 5] và có một số nghiên cứu về chúng [2-4, 6, 7] song các nghiên cứu chi tiết về đặc điểm địa hóa quặng và thành phần quặng hóa vẫn chưa được thực hiện, đặc biệt là vấn đề vàng hạt mịn và phân tán trong các sulfide thì chưa có nghiên cứu nào đề cập. Bài báo này sẽ trình bày những kết quả nghiên cứu mới nhất về đặc điểm địa chất, khoáng vật học và địa hóa quặng của khu vực Bó Va của đề tài KC.08.14/11-15 nhằm làm sáng tỏ các vấn đề chủ yếu sau: (i) đặc điểm thành phần khoáng vật quặng chính (và vàng) như là một trong những tiêu chí nhận dạng của kiểu quặng hóa vàng-sulfide; (ii) đặc điểm địa hóa quặng và mối tương quan của các nguyên tố quặng; (iii) các chỉ tiêu đánh giá triển vọng của điểm Bó Va.

2. Khái quát về địa chất và đặc điểm quặng hóa khu vực Bó Va

2.1. Đặc điểm địa chất

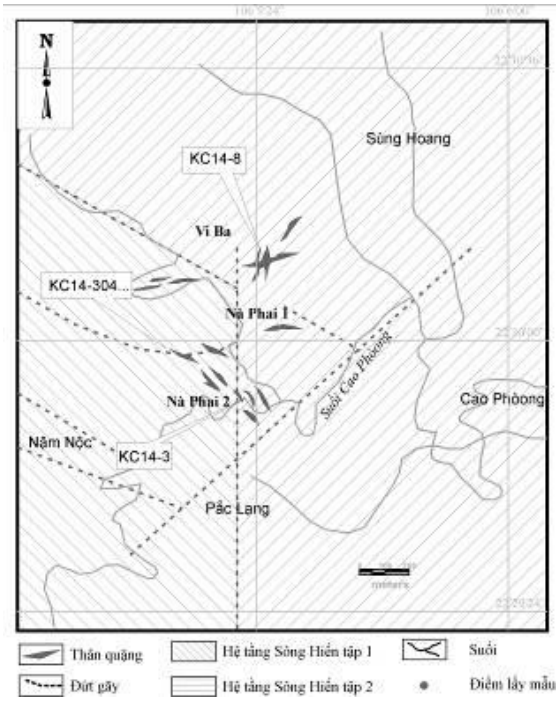
Điểm vàng Bó Va thuộc địa phận xã Bằng Vân, huyện Ngân Sơn, tỉnh Bắc Kạn, có toạ độ địa lý trung tâm: 22°30'30" vĩ độ Bắc; 106°05'22" Kinh độ Đông. Khu vực điểm vàng Bó Va có độ cao từ 300 - 900m, hệ thống suối ngắn, dốc, ít nước và không có thung lũng rộng.

Về địa tầng, các đá phân bố trong khu vực là các trầm tích lục nguyên hệ tầng Sông Hiến (T_1sh)

gồm 2 tập: (i) Tập 1 (T_1sh_1): phân bố phía Tây khu vực nghiên cứu với thành phần chủ yếu là đá phiến sét màu xám, xám đen, xám trắng, xen lẫn cát lớp mỏng cát bột kết, bột kết màu xám vàng và có tập dăm kết kết tạo (minolit - biến dạng dẻo); và (ii) Tập 2 (T_1sh_2): phân bố phía đông khu vực nghiên cứu, thành phần chủ yếu là đá phiến sét màu vàng, xám vàng, đá phiến sericit màu xám, phiến silic xám xen kẹp lớp mỏng cát bột kết và thấu kính sét vôi.

Về kiến tạo, đây là khu vực có hoạt động kiến tạo mạnh mẽ, đất đá bị vò nhàu uốn nếp mạnh . Các đới đứt gãy chủ yếu có phương tây bắc - đông nam (là hướng chính khống chế quặng hóa phát triển các đới dăm kết kiến tạo) và hệ thống các đứt gãy nhỏ có phương đông bắc - tây nam.

Trên bình đồ, điểm quặng Bó Va có hình dạng khá đẳng thước, với diện tích khoang định xấp xỉ 2km^2. Trong phạm vi điểm quặng này, có thể phân chia 3 đới quặng chính: Vi Ba, Nà Phai 1 (phát triển hướng á vĩ tuyến) và Nà Phai 2 (có hướng kéo dài theo phương TB - ĐN dọc theo Khe Cạn đổ ra suối Cao Phòng) (*hình 1*). Cả 3 đới đều bao gồm một loạt các thân quặng với các hệ mạch thạch anh chứa vàng có cấu tạo phức tạp.



Hình 1. Sơ đồ các đới quặng và địa điểm lấy mẫu khu vực Bó Va

2.2. Mô tả tóm tắt các đới quặng

Dưới đây là một số mô tả tóm tắt về đặc điểm địa chất của các đới quặng hóa Nà Phai 1, Nà Phai 2 và Vi Ba.

2.2.1. Đới Nà Phai 1

Đới khoáng hóa nằm trong trầm tích lục nguyên bao gồm cát bột kết, đá phiến sét, cát kết và các đới mạch thạch anh - carbonat chứa sulfide. Đá vây quanh quặng chủ yếu là đá phiến chlorit-sericit đôi chỗ bị sulfide hóa. Tại đây đã xác định được hai kiểu quặng giá trị công nghiệp: (1) Các tập đá phiến chứa than với xâm tán arsenopyrit (chủ yếu) và pyrit (ít); (2) Các mạch hoặc mạng mạch thạch anh và thạch anh - carbonat chứa pyrit và arsenopyrit.

Thành phần khoáng vật quặng trong đá phiến chứa than chủ yếu là arsenopyrit và pyrit, còn trong các mạch thạch anh - carbonat, ngoài arsenopyrit và pyrit còn gặp khá phổ biến galenit, sphalerit, sheelit,… Trong đá phiến chứa than, cùng với các tinh thể arsenopyrit và pyrit kích thước lớn, còn gặp nhiều tinh thể tàn dư của arsenopyrit. Dựa vào sự có mặt của các tinh thể tàn dư có thể cho rằng arsenopyrit đã có mặt từ sớm và khối lượng của chúng có thể chiếm đến 25%. Khối lượng khoáng vật quặng trong quặng thường không vượt quá vài %. Cấu tạo quặng: xâm tán; kiến trúc: hạt đều và khá tự hình; trong pyrit có khi gặp bao thể tinh thể arsenopyrit.

2.2.2. Đới Nà Phai 2

Về đặc điểm quặng hóa, đới Nà Phai 2 tương tự như Nà Phai 1, cũng bao gồm hai kiểu quặng: đá phiến chứa sulfide và mạch thạch anh - sulfide. Trong đá phiến chứa vật chất hữu cơ (than) vừa thấy có arsenopyrit và pyrit dạng tinh thể, mọc xen vừa thấy có arsenopyrit dạng tinh thể tàn dư. Kiến trúc quặng: hạt đều, tự hình; cấu tạo: xâm tán. Thành phần khoáng vật quặng bao gồm: arsenopyrit, pyrit, chalopyrit, sphalerit, vàng tự sinh. Hàm lượng khoáng vật quặng khá biến động, từ 1-3% đến 7-10%.

Rất phổ biến trong các mẫu phân tích là arsenopyrit dạng tàn dư bị lấp đầy bởi silicat và carbonat. Dựa theo dấu hiệu này có thể cho rằng hàm lượng arsenopyrit ban đầu trong đá có thể đến 40%. Pyrit cùng với arsenopyrit tạo thành các xâm tán không đều với các tinh thể khá tự hình. Kích

thước tinh thể đôi khi đạt đến 1mm. Ở nhiều chỗ quan sát thấy tổ hợp cộng sinh của tinh thể arsenopyrit kích thước lớn với các tinh thể chalcopyrit hạt nhỏ.

Đôi khi quan sát thấy pyrit (py) chứa các tinh thể sphalerit (spl) với sản phẩm phá hủy dung dịch cứng (xâm tán huyền phù chalcopyrit-chp). Cá biệt, có thể quan sát được sự mọc xen giữa pyrit và arsenopyrit, dọc theo khe nứt giữa chúng là chalcopyrit và vàng tự sinh. Đôi khi quan sát được các tinh thể arsenopyrit kích thước rất lớn có chứa tinh thể khảm của pyrit, chalcopyrit và vàng tự sinh.

2.2.3. Đới Vi Ba

Các đới khoáng hóa phân bố trong trầm tích lục nguyên. Đá vây quanh quặng là đá phiến chlorit-sericit. Khoáng hóa phổ biến là pyrit, ít hơn có arsenopyrit. Kiểu quặng công nghiệp ở đây cũng tương tự như ở Nà Phai 1 và 2. Arsenopyrit dạng tàn dư chiếm tới 30% thể tích quặng. Ngoài ra ở đây còn gặp khoáng vật gersdorffite (NiAsS) có các đặc điểm khác giống với arsenopyrit được phát hiện khi phân tích trên microsond thành phần thay đổi và có chứa tạp chất Fe và Co.

3. Mẫu thu thập và phương pháp nghiên cứu

Đã tiến hành khảo sát thu thập mẫu ngoài thực địa tại ba khu vực: Nà Phai 1, Nà Phai 2 và Vi Ba (*hình 1*). Các mẫu được thu thập: (1) từ một số đới khoáng hóa sulfide dạng xâm tán trong đá phiến sericite - chlorite, đá phiến sét vôi, cát kết phiến hóa chứa vật chất hữu cơ, dăm kết dạng milonit; (2) từ các mạch thạch anh - carbonat phát triển trong các tập đá lục nguyên.

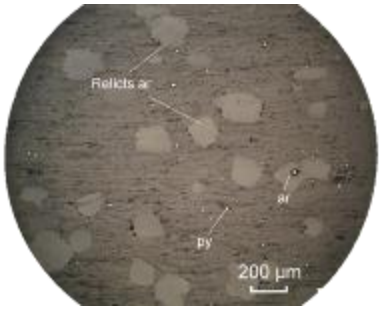
Các mẫu thu thập được gia công và phân tích khoáng tướng trên kính hiển vi phân cực ánh sáng phản xạ. Các mẫu trọng sa nhân tạo (giã đãi) được nghiền đến cỡ hạt 0,5mm, sau đó được tuyển trọng lực bằng bàn đãi nghiêng, đãi tay, tuyển từ và tuyển nổi trong dung dịch nặng (bromoform), nhặt đơn khoáng bằng kính hiển vi hai mắt. Tinh quặng thu được một phần được gửi đi phân tích ICP-OES, một phần được trộn với epoxy đúc thành các mẫu, và được mài láng để nghiên cứu trên kính hiển vi điện tử quét và microsonde.

Thành phần hóa học (nguyên tố chính và nguyên tố đi kèm) của khoáng vật quặng được nghiên cứu trên máy vi dò (microsonde – EPMA Jeol 8700) tại Viện Địa chất và Khoáng vật học Novosibirsk. Để xác định một số pha hiếm dưới dạng tinh thể độc lập hoặc khảm cơ học trong các khoáng vật quặng khác, một số mẫu đã sử dụng kính hiển vi điện tử quét (SEM Quanta 650 tại Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam và LEO tại Viện Địa chất và Khoáng vật học Novosibirsk). Các kết quả phân tích thành phần hóa học của khoáng vật quặng từ các mỏ Bó Va được đối sánh với các khoáng vật tương tự trong các mỏ vàng sulfide điển hình trên thế giới. Hàm lượng các nguyên tố quặng chính (và vàng) và nguyên tố đi kèm trong quặng được phân tích bằng phương pháp TD-ICP-MS tại Trung tâm phân tích ACLAB, Canada.

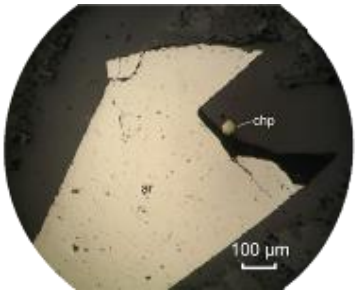
4. Kết quả và thảo luận

4.1. Đặc điểm thành phần khoáng vật quặng

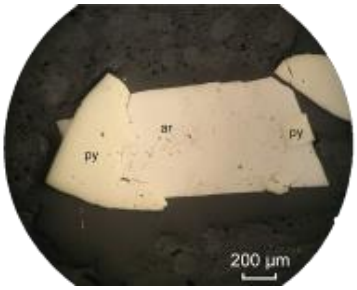
Kết quả phân tích quặng sulfide xâm tán trong đá phiến đen cũng như cát kết chứa khoáng hóa cho thấy thành phần khoáng vật của chúng khá đơn giản, chủ yếu là arsenopyrite và pyrite, đôi chỗ gặp gersdorfide. Trong khi đó, thành phần khoáng vật quặng trong các mạch thạch anh/carbonat chứa sulfide khá phức tạp, bao gồm pyrit/ arsenopyrit +/- galena +/-sphalerit +/- chalcopyrit +/- gersdorfide +/- sheelite; trong các mạch thạch anh - sulfide có chứa vàng. Đáng chú ý là arsenopyrite trong ba đới quặng ở Bó Va thường có hai dạng: tinh thể tàn dư (*ảnh 1*) và dạng tinh thể tự hình không có dấu hiệu gặm mòn thay thế (*ảnh 2*). Tổ hợp arsenopyrite - pyrite đặc trưng cho tất cả các đới quặng ở mỏ Bó Va; Đôi khi các khoáng vật này tạo thành các tinh thể mọc xen (*ảnh 3, 4*). Theo các quan sát dưới kính hiển vi, chalcopyrit và sphalerit thường gặp dưới dạng lấp đầy khe nứt trong arsenopyrit (*ảnh 4, 5*). Vàng tự sinh thường gặp dưới dạng tinh thể độc lập kích thước nhỏ (10 - 40µm), hoặc nằm dưới dạng bao thể trong arsenopyrite (*ảnh 4, 6*).



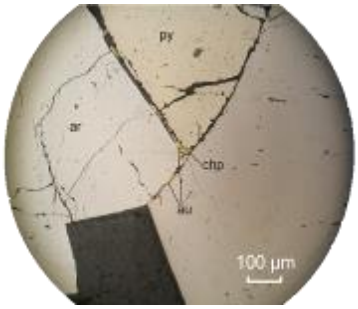
Ảnh 1. Các tinh thể nhỏ arsenopyrit (ar) và pyrit (py) dạng tàn dư trong đá phiến. Nà Phai 1



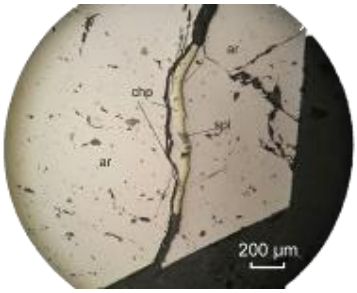
Ảnh 2. Tinh thế arsenopyrit lớn (ar) và hạt nhỏ chalcopyrit (chp). Đới Nà Phai 2



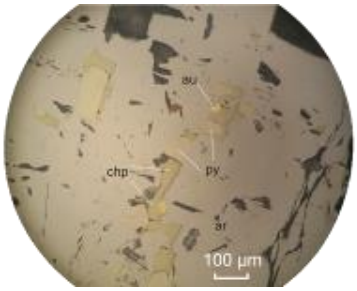
Ảnh 3. Tinh thể mọc xen giữa arsenopyrit (ar) và pyrit (py). Đới Vi Ba, mỏ Bó Va



Ảnh 4. Tinh thể mọc xen pyrit (py) và arsenopyrit (ar). Trong khe nứt giữa chúng là chalcopyrit (chp) và vàng tự sinh (au). Đới Nà Phai 2



Ảnh 5. Chalcopyrit (chp) và sphalerit (spl) lấp đầy mạch mỏng trong arsenopyrit. Đới Vi Ba



Ảnh 6. Tinh thể arsenopyrit kích thước lớn (ar) với các tinh thể bao thể pyrit (py), chalcopyrit (chp) và vàng tự sinh (au). Đới Nà Phai 2

4.2. Thành phần hóa học của khoáng vật quặng chính

4.2.1. Arsenopyrit

Thành phần hóa học của arsenopyrit đặc trưng giàu S. Hàm lượng các nguyên tố tạp chất là Ni khoảng 0 - 0,24% (*bảng 1*). Hàm lượng As trong các mẫu phân tích biến thiên trong khoảng 41,43-42.98% thấp hơn so với giá trị hàm lượng lý thuyết của As trong arsenopyrit - 46%. Hàm lượng S biến thiên ít trong khoảng 21,77-22,48 % (nguyên tử) cao hơn so với hàm lượng S lý thuyết trong arsenopyrit - 19,7%. Tính toán tỷ lệ S/As cho thấy các giá trị này dao động trong khoảng từ 1,09 đến 1,31 rất đặc trưng cho arsenopyrit ở các mỏ Au-sulfide với vàng hạt mịn và phân tán trong sulfide [8].

Bảng 1. Thành phần hóa học của arsenopyrit khu vực Bó Va (đơn vị: % tl)

Mẫu	Loại mẫu	Ni	Co	Fe	As	S	Ag	Au	Sb	Tổng	n
KC14-304	Đá phiến	0,02	0,00	34,76	42,39	22,04	0,00	0,00	0,00	99,21	6
KC14-305	Mạch thạch anh	0,03	0,00	34,54	42,58	21,96	0,00	0,00	0,03	99,13	5
KC14-307	Đá phiến đen	0,02	0,00	34,89	42,18	22,15	0,00	0,00	0,00	99,24	5
KC14-2	Đá phiến	0,07	0,01	34,26	42,97	21,90	0,00	0,05	0,02	99,28	5
KC14-3/1	Đá phiến	0,00	0,00	34,64	42,23	21,93	0,01	0,00	0,00	98,80	6
KC14-3/2	Mạch thạch anh	0,01	0,00	34,35	42,17	22,05	0,00	0,00	0,00	98,59	7
KC14-314	Đá phiến	0,14	0,03	34,30	42,98	21,98	0,02	0,05	0,01	99,52	5
KC14-8/1	Đá phiến	0,01	0,00	34,58	42,50	21,88	0,00	0,00	0,00	98,96	2
KC14-8/2	Đá phiến	0,05	0,00	34,78	41,43	22,36	0,00	0,00	0,01	98,63	6
KC14-8/3	Cát kết	0,24	0,10	34,11	42,80	21,77	0,00	0,04	0,04	99,10	10
KC14-8/4	Cát kết	0,14	0,01	34,45	42,33	22,00	0,00	0,00	0,01	98,93	5
KC14-8/5	Mạch thạch anh	0,01	0,00	34,98	42,00	22,48	0,00	0,04	0,04	99,54	5

*Đới Nà Phai 1: KC14-304, KC14-305, KC14-307, KC14-2; đới Nà Phai 2: KC14-3/1, KC14-3/2; đới Vi Ba: KC14-314, KC14-8/1, KC14-8/2, KC14-8/3, KC14-8/4. "n" là số điểm phân tích trên mẫu. Phân tích bằng phương pháp microsond

Trong số các nguyên tố tạp chất ghi nhận được Ni, Co và dấu hiệu của Au (KC14-314, KC14-8/3 và KC14-8/5; *bảng 1*). Hàm lượng Au có thể đến 400-500ppm khá cao trong của arsenopyrit trong đá phiến chứa than cũng như arsenopyrit từ các mạch thạch anh - carbonat (*bảng 1*). Tuy nhiên, đây chỉ là dấu hiệu định hướng. Để có số liệu chính xác cần phân tích đơn khoáng bằng các phương pháp định lượng khác (QPHTNT, ICP-MS).

4.2.2. Pyrit

Thành phần hóa học của pyrit chủ yếu tương ứng với thành phần lý thuyết (*bảng 2*), đặc trưng có chứa As với hàm lượng khác nhau, thường là cao, đến 50% kết quả phân tích có hàm lượng - 0,3-0,5% (*bảng 2*), đôi khi đến 1,96 % (không thể hiện ở đây). Ngoài As, trong thành phần của pyrit còn chứa Ni, đôi khi rất cao - đến 0,31% (mẫu KC14-8/4), ít hơn - Co. Đây là những nét đặc trưng về thành phần hóa học của pyrit trong các mỏ vàng-sulfide chứa vàng hạt mịn và phân tán. Tuy nhiên, kết quả phân tích microsond (*bảng 2*) rất ít thấy có dấu hiệu của Au, ngoại trừ mẫu KC14-8/2 là pyrit trong mạch thạch anh.

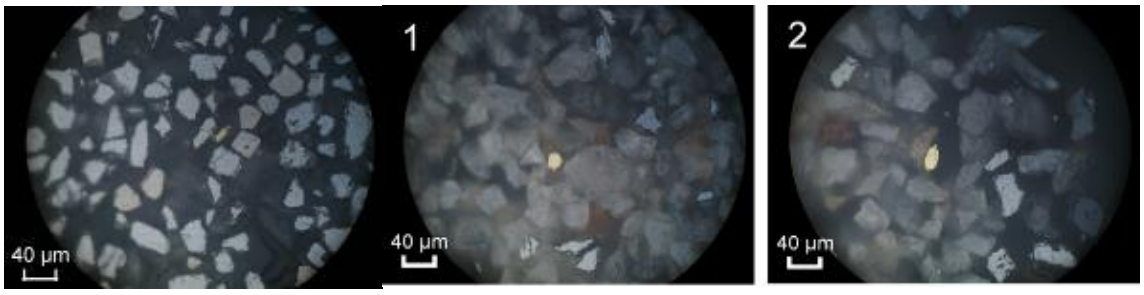
Bảng 2. Thành phần hóa học của pyrite khu vực Bó Va (đơn vị: % tl)

KHM	Loại mẫu	Ni	Co	Fe	As	S	Ag	Au	Sb	Tổng	n
KC14-304	Đá phiến	0,02	0,01	46,09	0,44	52,47	0,00	0,00	0,01	99,04	12
KC14-305	Mạch thạch anh	0,01	0,00	45,90	0,40	52,93	0,00	0,00	0,00	99,24	8
KC14-307	Đá phiến đen	0,11	0,00	46,41	0,03	52,37	0,00	0,00	0,00	98,91	6
KC14-2	Đá phiến	0,01	0,00	46,14	0,00	52,63	0,00	0,00	0,01	98,81	5
KC14-3/1	Đá phiến	0,03	0,00	46,19	0,00	52,70	0,00	0,00	0,00	98,91	5
KC14-3/2	Mạch thạch anh	0,07	0,04	45,60	0,12	53,24	0,00	0,00	0,00	99,06	5
KC14-8/1	Đá phiến	0,09	0,00	46,06	0,09	52,76	0,01	0,00	0,00	99,01	7
KC14-8/2	Đá phiến	0,14	0,19	46,24	0,50	52,72	0,00	0,00	0,00	99,79	7
KC14-8/3	Cát kết	0,12	0,90	45,65	0,00	52,42	0,01	0,00	0,02	99,11	5
KC14-8/4	Cát kết	0,31	0,04	46,08	0,35	52,42	0,00	0,00	0,00	99,19	7
KC14-8/5	Mạch thạch anh	0,02	0,00	46,30	0,07	52,57	0,00	0,02	0,02	98,99	6

Chú giải: Tên mẫu quặng như bảng 1. Phân tích bằng phương pháp microsond

4.2.3. Vàng tự sinh

Vàng tự sinh được phát hiện trong các mẫu tinh quặng được mài bóng (*ảnh 7*). Vàng tự sinh còn thấy trong mẫu mài láng quặng dưới dạng bao thể trong arsenopyrit (*ảnh 6*). Trong một số trường hợp, vàng tự sinh và chalcoppyrit lấp đầy khe nứt giữa các khoáng vật arsenopyrit và pyrit (*ảnh 4*). Kích thước hạt vàng tự sinh từ 10 đến 40 µm, rất đặc trưng cho các mỏ vàng sulfide. Thành phần hóa học của vàng tự sinh được phân tích trên máy microsond cho thấy hàm lượng Au=84,5%; tạp chất khoảng 15,4% (*bảng 3*). Có thể thấy có hai loại vàng: loại thứ nhất đặc trưng có hàm lượng Ag= 18,5 - 15% ; loại thứ hai: hàm lượng Ag chỉ khoảng 10% (*bảng 3*). Điều thú vị là cả hai loại này đều cùng tồn tại trong một kiểu mẫu. Nguyên nhân (bản chất) của hiện tượng này chưa rõ và cần có sự nghiên cứu bổ sung thêm.

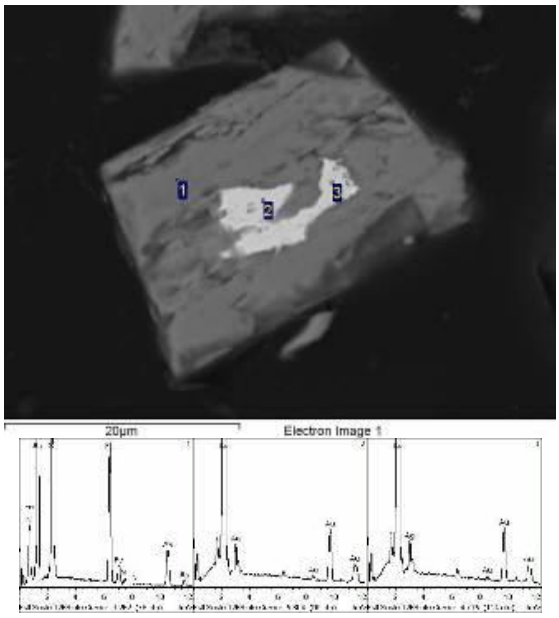


Ảnh 7. Vàng tự sinh (màu vàng sáng) với arsenopyrit (màu trắng) và pyrit (vàng nhạt. Đới Nà Phai 1, Nà Phai 2, Vi Ba của mỏ Bó Va

Bảng 3. Thành phần hóa học của vàng tự sinh khu vực Bó Va (đơn vị: % tl)

N	Mẫu	Cu	Au	Hg	Ag	Tổng
1		0,01	83,35	0,01	16,22	99,58
2		0,00	83,13	0,00	16,51	99,64
3	KC14-8/1	0,00	83,06	0,05	16,15	99,26
4	Đá phiến chứa sulfide	0,00	83,11	0,00	16,05	99,16
5		0,04	83,57	0,00	16,13	99,74
6		0,02	81,84	0,00	16,69	98,54
7	KC14-8/5	0,13	88,41	0,00	11,68	100,21
8	Thạch anh chứa sulfide	0,24	88,94	0,01	11,80	100,98
9		0,02	85,00	0,00	15,65	100,67
10		0,00	85,73	0,00	15,27	101,00
11		0,03	85,06	0,00	15,93	101,01
12		0,00	81,91	0,00	17,93	99,84
13	KC14-314	0,01	80,76	0,05	18,40	99,21
14	Đá phiến chứa sulfide	0,01	90,70	0,13	10,39	101,23
15		0,02	89,56	0,06	10,44	100,08
16		0,06	89,62	0,12	10,76	100,55
17		0,01	82,99	0,03	16,59	99,61
18		0,01	83,19	0,00	16,62	99,82

Thành phần của hạt vàng tự sinh nằm khảm trong arsenopyrit chứa Ni được xác định trên kính hiển vi điện tử quét (*ảnh 8*), đặc trưng có mặt hàm lượng Ag khoảng 3%, nghĩa là vàng dưới dạng bao thể nhỏ (micro) có "tuổi" rất cao.



Ảnh 8. Tinh thể - bao thể vàng tự sinh (2,3) trong arsenopyrit chứa Ni (1). Mẫu KC14-8/2, đới Vi Ba, mỏ Bó Va và biểu đồ thành phần xác định bằng SEM

Ngoài arsenopyrit, pyrit, vàng tự sinh trong quặng sulfide ở Bó Va còn gặp chalcopyrit dưới dạng các tinh thể đơn lẻ nhỏ, sphalerit dưới dạng các tinh thể bao thể trong các khoáng vật này và tetraedrit dưới dạng tinh thể mọc xen với chalcopyrit; xác định được sheelit, barit, gersdorffite - NiAsS bằng phương pháp kính hiển vi điện tử quét.

4.3. Đặc điểm địa hóa quặng

Kết quả phân tích ICP cho thấy trong quặng của khu vực Bó Va ngoài As có hàm lượng tương đối cao, không có nguyên tố nào có hàm lượng cao khác. Điều này cũng là một trong những nét đặc trưng của các mỏ vàng sulfide Au-As trong các đá phiến chứa than (mẫu KC14-307, KC14-3/1, KC14-8/2, KC14-8/3, *bảng 4*).

Bảng 4. Kết quả phân tích quặng sulfide khu vực Bó Va bằng phương pháp ICP-OES

Nguyên tố	Đơn vị	Số hiệu mẫu					
		KC14-307	KC14-3/1	KC14-3/2	KC14-8/1	KC14-8/2	KC14-8/3
Au	ppb	100	197	150	23	1280	854
Ag	ppm	0,44	0,38	< 0.05	0,99	1,29	0,47
Cu	ppm	68,2	60,9	15,9	40,5	39,2	12,1
Cd	ppm	0,1	0,1	< 0.1	0,4	0,4	< 0.1
Mo	ppm	0,5	0,4	< 0.2	< 0.2	0,3	0,4
Mn	ppm	615	528	1290	229	418	23
Pb	ppm	5,7	10,3	10,3	9,7	44,7	9,6
Ni	ppm	75,9	70,4	10,3	70	59,2	59,7
Zn	ppm	104	100	24,2	155	48,6	14,2
As	ppm	4990	4160	989	227	29700	35200
Ba	ppm	662	782	49	585	505	346
Bi	ppm	0,15	0,27	0,05	0,16	0,23	0,36
Ca	%	5,47	4,43	11,1	0,2	1,41	< 0.01
Co	ppm	28	21	4	23	16	12
Cr	ppm	114	114	< 2	142	72	< 2
Fe	%	5,13	4,07	1,81	3,2	4,68	3,68
Hg	ppb	< 10	< 10	< 10	60	10	60
Mg	%	1,71	1,48	0,59	0,89	0,98	0,17
Rb	ppm	187	186	12,3	169	131	88,2
Sb	ppm	10,6	12,4	7,8	10,6	0,7	0,7
Se	ppm	0,2	0,1	0,1	< 0.1	2,6	3,6
Sn	ppm	4	4	< 1	16	6	4
Sr	ppm	374	311	> 1000	69,1	175	26,6
W	ppm	< 1	< 1	4710	< 1	< 1	< 1

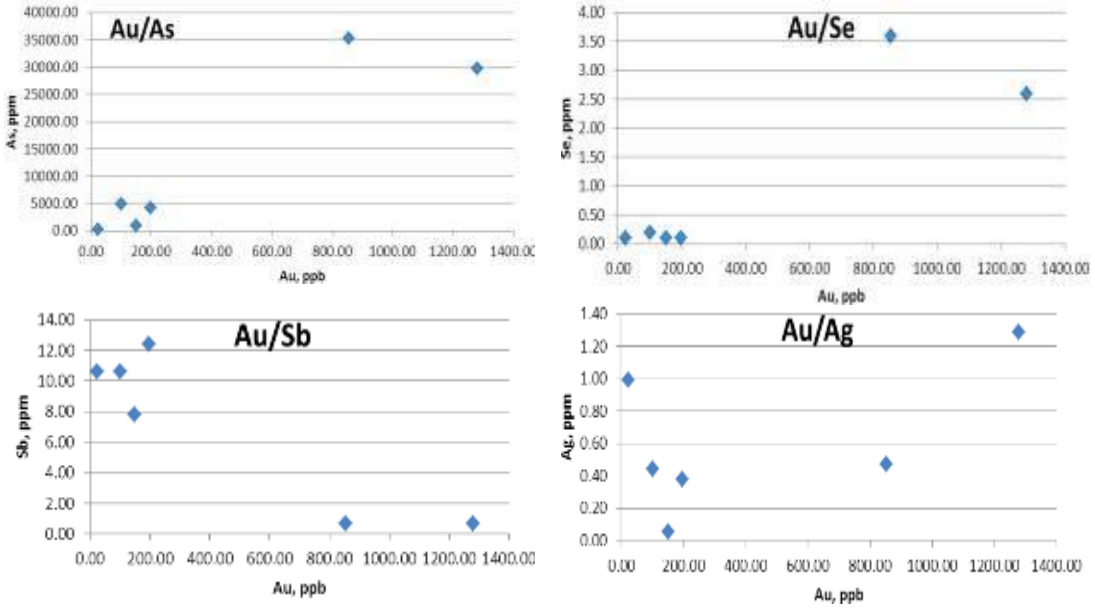
Hàm lượng vàng và bạc trong quặng ở các mẫu được thu thập tương đối thấp chưa đạt mức công nghiệp. Đáng chú ý là 2 mẫu KC14-8/2, KC14-8/3 đới Vi Ba 1280 ppb, 854 ppb; đây là các mẫu đá phiến và cát kết chứa sulfide.

Hầu như trong tất cả các mẫu đều thấy hàm lượng Zn đôi chút tăng cao. Về mặt khoáng vật học, điều này cho thấy sự có mặt của các hạt sphalerit rất nhỏ. Trong mẫu KC14-3/2, hàm lượng W lên đến 4710ppm phản ánh sự có mặt của sheelit trong mẫu giã đãi và đã được kể ra ở trên.

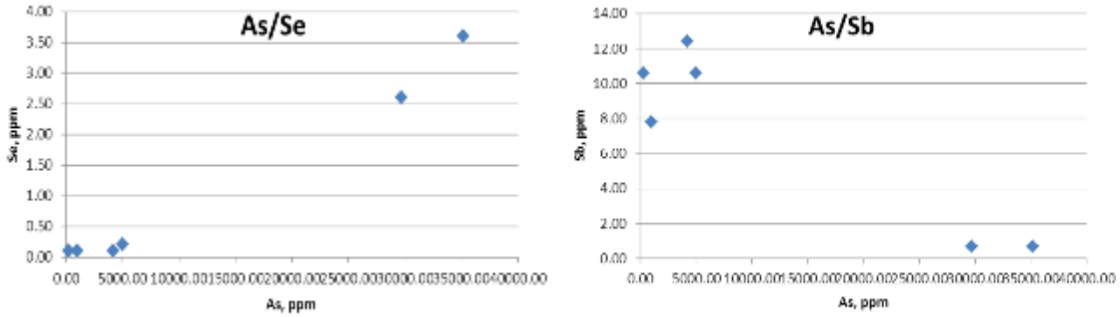
Trong số các nguyên tố có dị thường dương với hàm lượng cao chỉ thấy có As. Một số mẫu riêng biệt có hàm lượng Zn và W tăng cao, tuy nhiên đây không phải là qui luật. Ngoài ra hàm lượng cao còn có các nguyên tố như P, Ba, Ti, Sr, Mn và B. Tuy nhiên, các nguyên tố này không thuộc tổ hợp địa hoá quặng, hàm lượng tăng cao (đôi khi đạt dị thường cao) của chúng có thể được giải thích là do tồn tại các khoáng vật phụ và khoáng vật tạo đá trong các đá vây quanh.

Để làm sáng tỏ mối quan hệ giữa hàm lượng tăng cao của vàng với các nguyên tố tạp chất khác, đã xử lý các kết quả ICP thu được bằng phương pháp tương quan với việc coi ba đới quặng trong khu vực Bó Va như một đối tượng quặng thống nhất. Ma trận tương quan được xây dựng cho thấy có mối tương quan dương giữa Au với As - hệ số tương quan cặp đôi bằng 0,923 (*bảng 5, hình 2*). Mối tương quan dương, biểu hiện kém, nhưng khá bình ổn thấy giữa vàng và Se - hệ số tương quan cặp đôi bằng 0,885. Điều thú vị là thể hiện rõ mối tương quan nghịch biến giữa vàng và Sb - hệ số tương quan âm bằng - 0,915.

Tuy chưa thể hiện rõ trên biểu đồ tương quan *hình 2* và *hình 3* nhưng có thể thấy mối tương quan dương giữa vàng và các nguyên tố As, Se, Pb. Tương quan dương giữa vàng và As có thể giải thích do arsenopyrit là khoáng vật quặng chủ yếu trong mỏ Bó Va nên về mặt lý thuyết, vàng phải liên quan với nó. Mối liên quan của vàng với Pb không rõ rệt lắm mặc dù không loại trừ trường hợp Pb với số lượng không lớn tham gia vào thành phần của arsenopyrit dưới dạng tạp chất mà ngay cả microzond cũng không phát hiện thấy.



Hình 2. Tương quan giữa vàng với asen, selen, antimon và bạc trong quặng sulfide Bó Va



Hình 3. Tương quan giữa asen với selen và antimon trong quặng sulfide Bó Va

Bảng 5. Hệ số tương quan cặp đôi giữa các nguyên tố trong quặng mỏ Bó Va

	Au	Ag	Cu	Cd	Mn	Pb	Ni	Zn	As	Ba	Bi	Ca	Co	Cr	Mg	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	W	Hg
Au	1																					
Ag	0,55	1																				
Cu	-0,35	0,14	1																			
Cd	0,33	0,92	0,01	1																		
Mn	-0,38	-0,57	-0,04	-0,35	1																	
Pb	0,82	0,73	-0,07	0,64	-0,11	1																
Ni	0,02	0,48	0,68	0,23	-0,75	-0,02	1															
Zn	-0,59	0,31	0,7	0,39	-0,22	-0,26	0,62	1														
As	0,92	0,38	-0,43	0,12	-0,56	0,54	0,12	-0,62	1													
Ba	-0,13	0,37	0,86	0,17	-0,49	-0,01	0,91	0,71	-0,14	1												
Bi	0,55	0,24	-0,07	-0,06	-0,81	0,14	0,54	-0,2	0,73	0,37	1											
Ca	-0,45	-0,73	-0,02	-0,54	0,97	-0,27	-0,71	-0,26	-0,56	-0,47	-0,73	1										
Co	-0,29	0,35	0,87	0,2	-0,43	-0,15	0,9	0,81	-0,26	0,9	0,13	-0,41	1									
Cr	-0,4	0,43	0,84	0,42	-0,27	-0,06	0,74	0,95	-0,49	0,85	-0,08	-0,31	0,89	1								
Mg	-0,38	0,05	0,98	-0,05	0,16	-0,06	0,52	0,62	-0,51	0,75	-0,23	0,17	0,77	0,76	1							
Rb	-0,18	0,42	0,87	0,24	-0,51	-0,04	0,94	0,79	-0,18	0,98	0,29	-0,49	0,96	0,9	0,75	1						
Sb	-0,91	-0,37	0,64	-0,22	0,33	-0,62	0,19	0,73	-0,93	0,44	-0,45	0,38	0,49	0,65	0,67	0,46	1					
Se	0,88	0,35	-0,52	0,12	-0,58	0,47	0,07	-0,64	0,99	-0,21	0,72	-0,57	-0,31	-0,54	-0,61	-0,24	-0,94	1				
Sn	-0,18	0,65	0,14	0,77	-0,53	0,02	0,47	0,75	-0,19	0,37	-0	-0,63	0,47	0,65	0,01	0,47	0,2	-0,15	1			
Sr	-0,39	-0,67	-0,17	-0,44	0,98	-0,19	-0,82	-0,33	-0,51	-0,6	-0,76	0,98	-0,54	-0,4	0,03	-0,61	0,27	-0,51	-0,58	1		
W	-0,27	-0,6	-0,51	-0,32	0,87	-0,16	-0,96	-0,45	-0,36	-0,83	-0,7	0,85	-0,76	-0,59	-0,33	-0,83	0,06	-0,32	-0,45	0,93	1	
Hg	0,01	0,22	-0,45	0,25	-0,7	-0,29	0,23	0,15	0,26	-0,07	0,41	-0,67	0,02	-0,03	-0,6	-0	-0,22	0,36	0,62	-0,6	-0,32	1

Tương quan giữa vàng với Se chính là do thay thế đồng hình của Se vào ô mạng của arsenopyrit và vì thế hàm lượng arsenopyrit trong quặng càng cao thì tương ứng có hàm lượng Se càng cao. Hệ số tương quan giữa As và Se bằng 0,99; Sự phụ thuộc của hàm lượng Se vào hàm lượng As được thể hiện ở *hình 3*.

Antimon, về bản chất địa hoá, là nguyên tố đối nghịch với arsen. Như một quy luật, hai nguyên tố này tạo nên các tổ hợp địa hoá và khoáng vật độc lập. Sự tồn tại chúng cùng với nhau được xem như kết quả trùng hợp về mặt không gian, có nghĩa là khi hàm lượng As tăng thì hàm lượng Sb giảm trong quặng. Sự phụ thuộc của Au, Sb và Se được thể hiện trên biểu đồ tương quan giữa As với Sb và Au với Sb (*hình 2, 3*).

Đáng chú ý là mối liên quan không rõ rệt giữa vàng và bạc. Hệ số tương quan cặp chỉ bằng 0,545, cho thấy các nguyên tố này phân bố không có qui luật. Tương quan giữa vàng và bạc thể hiện ở biểu đồ tương quan vàng với bạc (*hình 2*).

Trong số các nguyên tố còn lại Ag tương quan dương chặt chẽ với Cd, hệ số tương quan cao, bằng 0,92 (*bảng 5*).

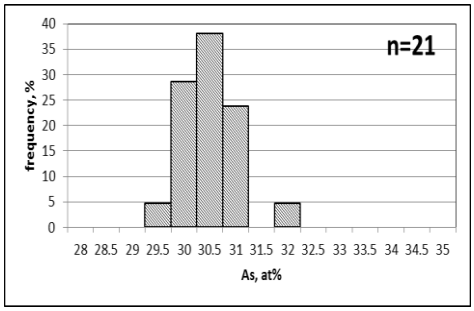
Bên cạnh những tổ hợp địa hoá mô tả trên, trong quặng của mỏ Bó Va còn có một số nhóm nguyên tố bền vững như Mn, Ca, Sr, Y có lẽ liên quan tới hợp phần carbonat ; Ni, Co, Ba, Ga, Rb, Sc, V - có lẽ tham gia trong thành phần các khoáng vật phụ. Những nguyên tố quặng còn lại không tạo nên mối liên kết bền vững với các nguyên tố khác.

3.5. Dấu hiệu nhận dạng kiểu quặng hóa và triển vọng vàng khu vực Bó Va

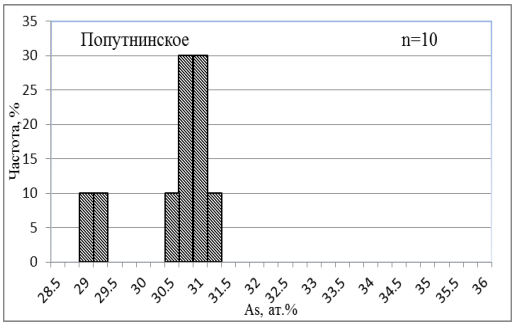
Tổng hợp các tài liệu nghiên cứu về các kiểu mỏ vàng - sulfide với vàng hạt mịn và phân tán trong sulfide trên thế giới, cá biệt đó là các mỏ ở khu vực rìa tây nam khối Nam Trung Hoa [8] có thể thấy các tiêu chí cơ bản để xếp loại các kiểu quặng hóa này là: (i) mối liên quan đến các đứt gãy sâu; (ii) phân bố trong các trầm tích lục nguyên, lục nguyên - carbonat, lục nguyên - núi lửa thường chứa vật chất hữu cơ; (iii) khoáng hóa sulfide có thành phần chủ yếu arsenopyrite - pyrite, trong đó arsenopyrite có thành phần khác với thành phần lý thuyết, thường chứa Ni và Au, pyrite chứa As (và Au); (iv) trong tổ hợp khoáng vật quặng thường có sheelite, chalcopyrite, galenite, sphalerite; (v) các đặc điểm địa hóa chứng tỏ khuynh hướng As; (vi) hai kiểu biểu hiện khoáng hóa sulfide là xâm tán trong các tập đá trầm tích/biến chất/núi lửa và mạch/mạng mạch thạch/carbonat.

Như trên đã nêu, các đới quặng hóa Bó Va phân bố trong đá phiến sét, cát-bột kết bị phiến hóa chứa vật chất hữu cơ; chịu sự khống chế của các đứt gãy địa phương trong ảnh hưởng động lực của đới đứt gãy sâu Cao Bằng - Tiên Yên. Mức độ xuyên vỏ của đứt gãy này được minh chứng ở sự xuất lộ các sản phẩm của hoạt động magma manti - các đá mafic - siêu mafic của phức hệ Cao Bằng [7, 8]. Thành phần thạch học và cấu tạo dạng flish bị biến dạng dẻo biểu hiện ở các nếp uốn và vi nếp uốn trong các đá trầm tích - biến chất và biến dạng giòn biểu hiện ở các đới dăm hóa (breccia) là môi trường thuận lợi cho sự lắng đọng-tập trung quặng sulfide. Mặc dù cho đến nay vẫn còn các ý kiến khác nhau về vai trò của vật chất hữu cơ trong việc tập trung quặng, biểu hiện của chúng vẫn được coi là dấu hiệu cho phép đoán định về khả năng có các đới sulfide hóa trong trầm tích có đặc điểm này. Sự phổ biến tương đối rộng rãi các xâm tán arsenopyrite và pyrite trong các tập đá chứa vật chất hữu cơ ở các đới quặng hóa Bó Va là dấu hiệu chẩn đoán đáng tin cậy. Hơn thế nữa, sự có mặt phổ biến các tinh thể tàn dư arsenopyrite trong các tập trầm tích cho phép khẳng định rằng các khoáng vật quặng này còn phổ biến rộng hơn quy mô hiện thấy. Biểu hiện arsenopyrite tàn dư đã được xác định ở cả ba đới quặng Bó Va và đó là một trong các tiêu chí để gộp chúng vào nhóm Au-arsenopyrite.

Tổ hợp khoáng vật quặng arsenopyrite - pyrite chứa vàng hoặc pyrite chứa vàng với galenite, sphalerite, chalcopyrite, sheelite ở khu vực nghiên cứu là những nét đặc trưng của kiểu quặng hóa Au-sulfide. Đáng chú ý là đặc điểm thành phần hóa học của arsenopyrite và pyrite: arsenopyrite thường thuộc loại giàu S (với tỷ lệ S/As>1) và chứa một tập hợp các nguyên tố đi kèm như Ni, Co, Sb; pyrite chứa As. Những đặc trưng này đã tạo nên các dấu hiệu chỉ thị cho triển vọng chứa vàng hạt mịn của arsenopyrite cũng như pyrite theo dấu hiệu của kiểu mỏ vàng (Au) - sulfide có triển vọng lớn trong khu vực và thế giới. So sánh đặc điểm phân bố As của arsenopyrite từ các mỏ nghiên cứu với đặc điểm phân bố As trong quặng sulfide ở mỏ Au-sulfide Poputnin có quy mô lớn ở vùng Enisei (Nga) trên các biểu đồ tần suất (Histogram) *hình 4, 5* có thể thấy chúng khá tương tự nhau.



Hình 4. Thành phần của arsenopyrite, Nà Phai-1, mỏ Bó Va. Số liệu của đề tài KC08-14/11-15.



Hinh 5. Thành phần của arsenopyrite, mỏ Poputnin (Nga). Nguồn: [10]

4. Kết luận

Quặng hóa khu vực Bó Va được xếp vào kiểu Au-sulfide chứa vàng hạt mịn và phân tán trong sulfide với các dấu hiệu đã xác lập về địa chất, tổ hợp cộng sinh khoáng vật quặng, thành phần khoáng vật và địa hóa quặng cũn như dạng tồn tại và kích thước của vàng tự sinh.

Đá vây quanh quặng chủ yếu là đá phiến sét, phiến sét - vôi, cát bột kết dạng flish và carbonat chứa vật chất hữu cơ; Chúng bị biến dạng dẻo và giòn dưới tác động của kiến tạo là những yếu tố thuận lợi cho sự lắng đọng quặng.

Quặng hóa bao gồm hai kiểu: các tập đá chứa sulfide nguyên sinh và các mạch thạch anh-carbonat xuyên cắt chúng; Thành phần khoáng vật của kiểu quặng thứ nhất khá đơn giản, bao gồm chủ yếu arsenopyrite, pyrite và vàng tự sinh; ở kiểu quặng thứ hai, phổ biến pyrite, arsenopyrite, chalcopyrite, sphalerite, galenite và vàng tự sinh; Phổ biến arsenopyrite có thành phần S cao, thường xuyên chứa Ni, Co, Sb và Au tự sinh; pyrite chứa As và Au.

Các khoáng vật chứa vàng chủ yếu trong các đới quặng hóa Bó Va là arsenopyrit và pyrit; chúng là nguồn cung cấp vàng hạt mịn và phân tán có triển vọng ở khu vực này theo các dấu hiệu đã được xác lập. Điều này có ý nghĩa quan trọng trong việc định hướng công nghệ thu hồi thích hợp với hiệu quả cao để giảm thiểu tổn thất loại tài nguyên quý này.

Bài báo được hoàn thành là kết quả nghiên cứu của đề tài KC.08.14/11-15 thuộc Chương trình KHCN trọng điểm cấp nhà nước "Khoa học và Công nghên phục vụ phòng tránh thiên tai, bảo vệ môi trường và sử dụng hợp lý tài nguyên thiên nhiên" mã số: KC.08/11-15 và đề tài cơ sở: "Nghiên cứu đặc điểm khoáng vật arsenopyrit, pyrit của kiểu quặng hóa vàng sulfur trong trầm tích lục nguyên và lục nguyên carbonat chứa vật chất hữu cơ" Viện Địa chất.

TÀI LIỆU DẪN

[1] *Nguyễn Thế Cương (chủ biên)*, 1996: Đo vẽ bản đồ địa chất và tìm kiếm khoáng sản nhóm tờ Cao Bằng - Đông Khê tỷ lệ 1:50.000. Liên đoàn Địa chất Đông Bắc.

[2] *Nguyễn Văn Quý*, 2011: Gold. In Geology and Earth Resources of Việt Nam (Trần Văn Trị and Vũ Khúc - Editors), p.542-544; Publ. House for Science and Technology, 645pp.

[3] *Petrov V.G* và nnk, 1996: Đặc điểm cấu trúc trường quặng, các kiểu cấu trúc, hình thái của các mạch thạch anh chứa vàng mỏ Bó Va (Cao Bằng). Địa chất - Tài nguyên , công trình kỷ niệm 20 năm thành lập Viện Địa chất, 1: 361-367 Viện Địa chất - Hà Nội.

[4] *Petrov V.G* và nnk, 1996: Đặc điểm thành phần khoáng vật và giai đoạn tạo quặng ở mỏ Bó Va Cao Bằng. Địa chất - Tài nguyên, công trình kỷ niệm 20 năm thành lập Viện Địa chất, 1: 367-374 Viện Địa chất - Hà Nội.

[5] *Phạm Đình Long* (chủ biên), 1974: Bản đồ địa chất khoáng sản tờ Chinh Si - Long Tân tỷ lệ 1:200.000.

[6] *Trần Trọng Hoà et al*., 1997: Bo Va quartz-veins gold deposit in North Vietnam. Extended Abstract from Seminar on Geol. and Metallic Minerals. Hanoi.

[7] *Trần Trọng Hòa, Borisenko A.S.* (đồng chủ biên), 2006: Nghiên cứu phát hiện các kiểu quặng hóa vàng mới (Au-Sb-Hg) trên lãnh thổ MBVN. Báo cáo tổng kết đề tài HTQT do Viện KHCNVN hỗ trợ. Lưu trữ Viện Địa chất.

[8] *Trần Trọng Hòa và nnk*, 2013: Các tụ khoáng vàng - sulfide trong các thành tạo lục nguyên và lục nguyên carbonat rift Sông Hiến, Đông Bắc Việt Nam. Tuyển tập báo cáo Hội thảo KC.08/11-15.

[9] *Trần Văn Trị, Trần Thanh Hải*, 2011: Late Permian-Mesozoic Sông Hiến - An Châu rift system. In Geology and Earth Resources of Việt Nam (Trần Văn Trị and Vũ Khúc - Editors), pp.422-425. Publ. House for Science and Technology, 645pp.

[10] *Генкин А.Д., Вагнер Ф.Е., Крылова Т.Л., Цепин А.И. Золотоносный арсенопирит и условия его образования на золоторудных месторождениях Олимпиада и Ведуга (Енисейский кряж. Сибирь) // Геол. рудн. мест.* 2002. Т.44. №1. С. 59-76.

SUMMARY

Characteristics of Bo Va gold-sulphide ores, Northeast Vietnam

Research ore characteristics and chemical composition of the three ore zones in the Bo Va region imply that mineralization in the area belong toe gold-sulfide (Au-As) type, characterizing by strong positive correlation between arsenic and gold. Native gold in different types of ore deposits in Bo Va usually present as independent inclusions in ore minerals or fill in the spaces between the main ore mineral, mostly of small very small size, closely associated with arsenopyrites. Two types of native gold have been identified: the first type is characterized by Ag = 18.5 to 15 wt.%; the second type: content is about 10 wt.% Ag in composition. The presence of fine-grained gold not only in quartz sulfide but also the distribution of large quantities waste arsenopyrite-bearing shales have important implications for the navigating appropriate exploitation and extracting solutions.