

(VAST)

Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất

Website: <http://www.vjs.ac.vn/index.php/jse>

Một số đặc điểm hình thái và thành phần hóa học của arsenopyrit, pyrit trong các tụ khoáng vàng - sulfide Bó Va và Nam Quang (Đông Bắc Việt Nam)

Ngô Thị Hương*¹, Nevolko P.A.², Trần Trọng Hòa¹, Trần Tuấn Anh¹, Phạm Thị Dung¹, Vũ Hoàng Ly¹

¹Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Viện Hàn lâm Khoa học Nga

Chấp nhận đăng: 15 - 3 - 2016

ABSTRACT

Mineralogical characteristics of arsenopyrite and pyrite at Bo Va and Nam Quang gold-sulfide deposits (Northeast Vietnam)

Crystal morphology and chemical compositions of arsenopyrite and pyrite at the Nam Quang and Bo Va deposits in the Song Hien basin (Northeast Vietnam) are studied in detail. Arsenopyrite often forms elongated crystals. Their chemical compositions are relatively poor in As, but rich in S with S/As ratios often > 1.1, impurity elements such as Ni, Co, Sb, and sometimes Au (up to 0.02 wt.%). Composition of the pyrite is stoichiometric, but with relatively high arsenic and (sometimes) gold. The correlation between As and Au concentration in pyrite has been recorded. The morphology and chemical composition of arsenopyrite and pyrite of Bo Va and Nam Quang deposits can be comparable to those in the Au-sulfide deposits in black shale in Kazakhstan and Southeastern China.

Keywords: gold, sulfide, terrigenous sediments, arsenopyrite, pyrite, Bo Va, Nam Quang.

©2016 Vietnam Academy of Science and Technology

1. Mở đầu

Arsenopyrit và pyrit là các khoáng vật quặng chính chứa vàng trong một số tụ khoáng vàng-sulfide thuộc nhiều kiểu quặng hóa khác nhau, trong đó có ý nghĩa nhất là các tụ khoáng vàng-arsenopyrit và vàng-pyrit. Điển hình là các tụ khoáng Au-sulfide trong các trầm tích lục nguyên và lục nguyên - carbonat chứa than tuổi Trias và Jura-Creta ở tây nam Trung Quốc, tạo thành cụm tụ khoáng có giá trị công nghiệp được gọi là „Tam Giác Vàng“ (Golden Triangle; Chen et al., 2011; Peters et al., 2007). Các kiểu quặng hóa Au-sulfide ở khu vực Đông Bắc Việt Nam (ĐBVN), theo các nghiên cứu gần đây, dựa vào môi trường đá vây quanh, được chia thành các kiểu Au-arsenopyrit và

Au-pyrit trong đá phiến đen; Au-arsenopyrit trong đá núi lửa axit; Au-arsenopyrit-stibnit trong đá xâm nhập mafic (gabbro) (T.T. Hòa và nmk, 2013). Chúng khá phổ biến trong cấu trúc Sông Hiến thuộc ĐBVN. Việc nghiên cứu các khoáng vật arsenopyrit, pyrit cho phép giải quyết nhiều vấn đề về phân loại kiểu quặng hóa, nguồn gốc và quá trình tạo quặng, đánh giá triển vọng của Au, đặc biệt là vàng phân tán trong sulfide.

Trên thế giới cũng đã có nhiều nghiên cứu về arsenopyrit và pyrit và khả năng chứa vàng của chúng. Theo các nghiên cứu này, arsenopyrit trong các tụ khoáng vàng-sulfide trong đá phiến đen thường có dạng tinh thể hình kim hoặc là tập hợp các tinh thể mảnh, kích thước nhỏ. Thành phần hóa học của chúng đặc trưng bởi hàm lượng cao của S, Ni, Co và thường có chứa vàng với các mức độ khác nhau, có thể dao động từ một vài chục g/t đến

*Tác giả liên hệ, Email: ngothiuhuong1412@gmail.com

hàng nghìn g/t (Volkova et al., 2006). Tương tự như vậy, pyrit trong các tụ khoáng kiểu này có hàm lượng của As, Ni cao và cũng thường chứa vàng (Fleet and Mumin, 1997).

Ở Việt Nam, các tụ khoáng vàng-sulfide với thành phần khoáng vật quặng chính là arsenopyrit và pyrit, khá phổ biến như Bó Va (Bắc Kạn), Nam Quang (Cao Bằng), Khau Âu (Bắc Kạn và Thái Nguyên), Ngàn Me (Thái Nguyên), Làng Nèo (Thanh Hóa) và còn nhiều tụ khoáng khác nữa (T.T. Hòa và nnk, 2011; 2013).

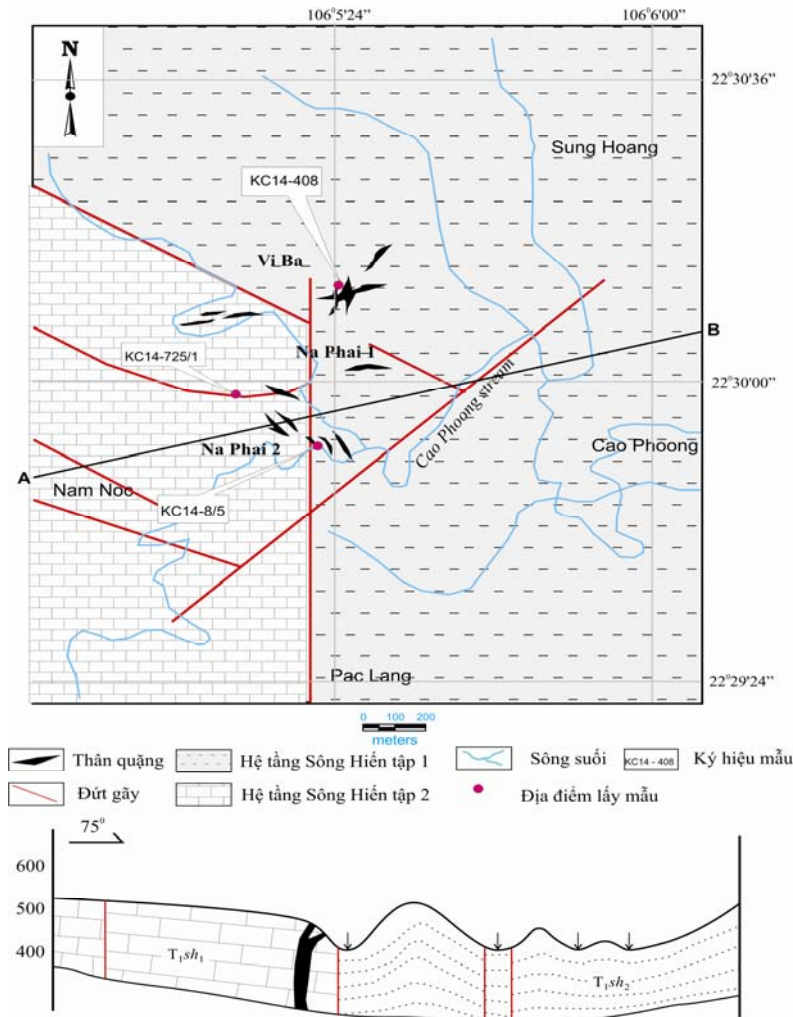
Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu về arsenopyrit và pyrit trong các tụ khoáng Bó Va và Nam Quang trong cấu trúc Sông Hiến (ĐBVN)

nhằm giải quyết các vấn đề sau: (i) Xác lập các đặc điểm chủ yếu, đặc thù của arsenopyrit và pyrit trong hai tụ khoáng Bó Va và Nam Quang; (ii) So sánh các đặc điểm hình thái và thành phần hóa học của arsenopyrit, pyrit với các tụ khoáng cùng kiểu điển hình trên thế giới để xác lập mối liên quan với quặng hóa vàng, đặc biệt loại Au hạt mịn và siêu mịn.

2. Sơ lược về đặc điểm địa chất

2.1. Tụ khoáng Bó Va

Tụ khoáng Bó Va thuộc địa phận xã Bằng Vân, huyện Ngân Sơn, tỉnh Bắc Kạn, có tọa độ địa lý trung tâm: 22°30'30" vĩ độ Bắc; 106°05'22" kinh độ Đông (hình 1).



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

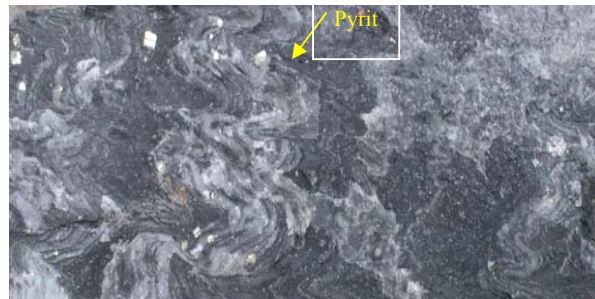
Về mặt địa chất, tụ khoáng này nằm trong các tập đá lục nguyên thuộc hệ tầng Sông Hiến (T_{1sh}), có thành phần chủ yếu là đá phiến sét đen xen lẫn cát-bột kết bị phiến hóa giàu vật chất hữu cơ (than), bột kết màu xám vàng xen các tập sạn-cuội kết, đá phiến sericit, phiến silic xen kẹp thấu kính sét vôi. Hoạt động magma trong khu vực nghiên cứu biểu hiện yếu, chỉ thấy ở phía nam lộ các khối xâm nhập nhỏ thành phần mafic (gabro) và xa hơn là granit hai mica khối Ngăn Sơn (không thể hiện trên bản đồ). Trong khu vực, theo mô tả của Trần Trọng Hòa (1996) đôi chỗ bắt gặp các đai mạch nhỏ thành phần mafic. Biểu hiện khoáng sản trong khu vực Bó Va, theo các tài liệu hiện có, chủ yếu là vàng như tụ khoáng vàng Manus (Pắc Lạng) được khai thác từ thời Pháp. Ngoài ra còn thấy các biểu hiện quặng hóa chì kẽm, mà điểm đặc trưng là tụ khoáng Nà Diều.



Hình 2. Các mạch thạch anh - cacbonat chứa sulfide. Khu vực Nà Phai 1



Hình 3. Đá phiến, cát bột kết chứa sulfide. Khu vực Nà Phai 1



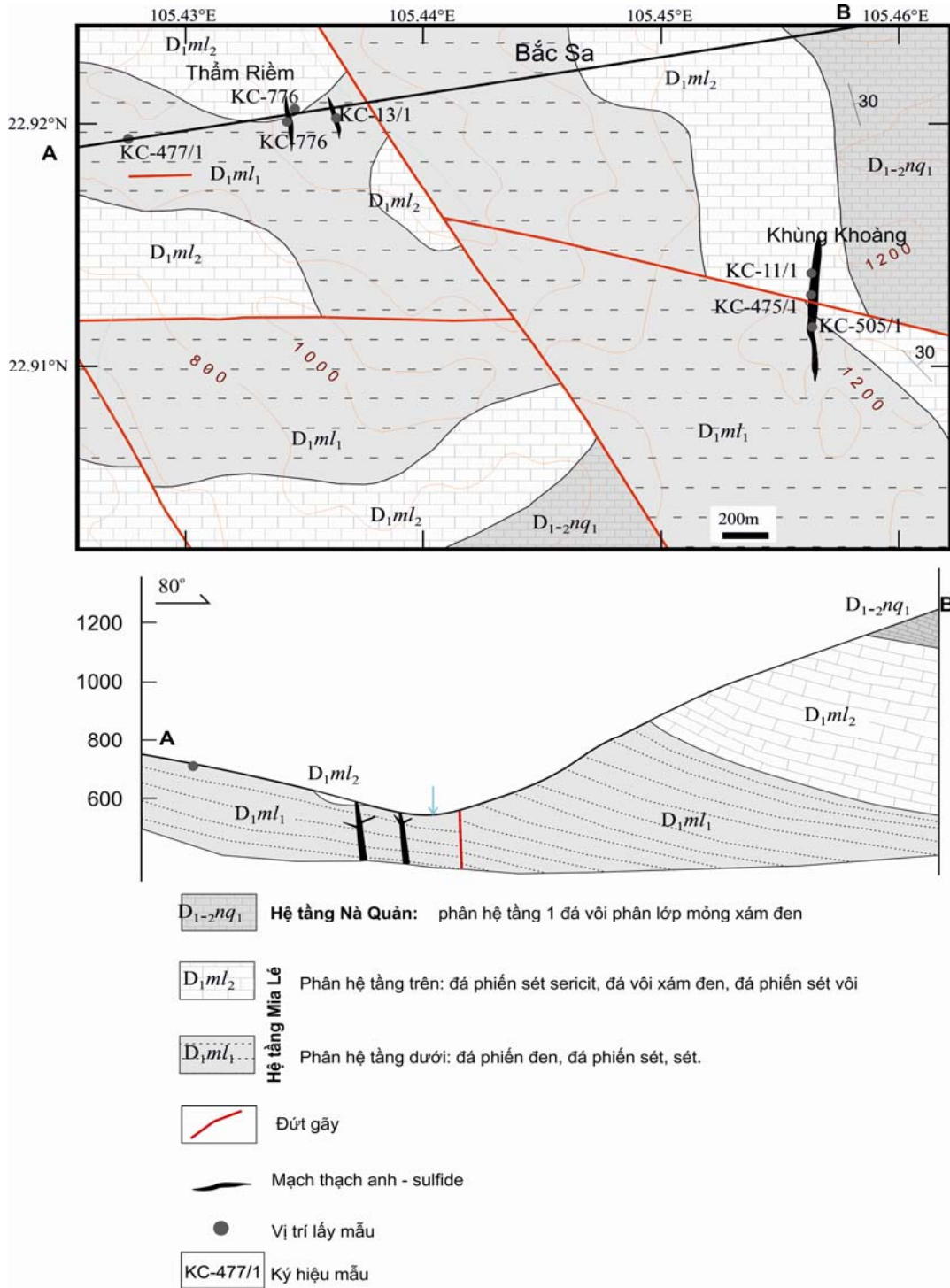
Hình 4. Đá phiến sét đen chứa sulfide và các vật liệu thạch anh, calcit cùng bị biến dạng tạo các vi uốn nếp. Khu vực Nà Phai 2

Ở tụ khoáng Bó Va đã xác định được ba đới quặng gồm: đới Nà Phai 1, đới Nà Phai 2 và đới Vi Ba (T.T. Hòa và nnk, 2013). Khoáng hóa ở đây biểu hiện chủ yếu dưới dạng các mạch thạch anh hoặc thạch anh-carbonat trong các tập đá phiến chứa sulfide xâm tán (hình 2, 3). Dựa vào thành phần, có thể phân chia đá phiến sét, phiến sét chứa than, phiến sericit-thạch anh, phiến chlorit - sericit, phiến sét - vôi. Trong đá phiến gặp khá nhiều chỗ có khoáng hóa sulfide bao gồm pyrit, arsenopyrit và các khoáng vật quặng khác (marcazit, ilmenit, hematit) tạo thành các xâm tán hạt mịn (0,1mm hoặc nhỏ hơn), có mức độ tập trung với hàm lượng khác nhau. Thường thì chúng phân bố dọc theo các mặt phân phiến và tạo cho đá có dạng sọc dài, khi bị biến dạng cũng uốn lượn thành các vi uốn nếp rất đẹp (hình 4). Đã bắt gặp những tập đá phiến chứa sulfide với hàm lượng đến 70-80% thể tích đá (T. T. Hòa, 1996).

2.2. Tụ khoáng Nam Quang

Tụ khoáng Nam Quang thuộc địa phận xã Nam Quang và xã Tân Việt (huyện Bảo Lạc, tỉnh Cao Bằng), cách thị trấn Bảo Lạc khoảng 40km về phía tây - tây nam, cách thị trấn Bắc Mê (Hà Giang) 25 km về phía tây - tây bắc (N. T. Tàng, 1996). Các tụ khoáng khu vực Nam Quang nằm trong các đá lục nguyên - carbonat thuộc hệ tầng Mía Lẻ ($D_{1ml_{1-2}}$)

(hình 5) có thành phần chủ yếu là đá phiến sét, phiến sét-vôi, phiến sericit, cát bột kết, đá vôi dạng khối hoặc phân lớp mỏng và bị vò nhàu uốn nếp mạnh (hình 6). Trong khu vực này không thấy biểu hiện của hoạt động magma. Các hoạt động đứt gãy phá hủy theo hướng TB-ĐN và á vĩ tuyến khá phát triển (hình 5). Dọc theo các đứt gãy đó là những biểu hiện vò nhàu, biến dạng, các mạch hoặc đới thạch anh đôi khi kèm theo sulfide chứa vàng.



Hình 5. Sơ đồ địa chất và mặt cắt địa chất khu vực Nam Quang

Tụ khoáng Nam Quang gồm hai đới quặng là Thảm Riềm và Khuồng Khoàng mà trên thực tế là hai mỏ riêng biệt, cách nhau khoảng 1km. Thành phần khoáng vật quặng chủ yếu ở đới Khuồng Khoàng là pyrit, còn ở đới Thảm Riềm là pyrit và arsenopyrit. Có hai kiểu quặng chính là sulfide (pyrit hoặc arsenopyrit-pyrit) dạng xâm tán trong đá phiến đen và khoáng hóa dạng mạch và mạng mạch thạch anh-carbonat (hình 6).



Hình 6. Tập đá phiến sét với chứa than với các mạch thạch anh-carbonat. Pyrit xâm tán dày trong đá phiến và xâm tán thưa trong mạch thạch anh-carbonat

3. Mẫu nghiên cứu và các phương pháp phân tích

Để nghiên cứu đặc điểm hình thái và thành phần hóa học của arsenopyrit và pyrit, chúng tôi đã tiến hành khảo sát thu thập mẫu ngoài thực địa tại hai tụ khoáng Bó Va và tụ khoáng Nam Quang. Các mẫu được thu thập từ một số đới khoáng hóa sulfide dạng xâm tán trong đá phiến sericite - chlorite, đá phiến sét với, cát kết chứa vật chất hữu cơ, dăm kết dạng milonit cũng như từ các mạch thạch anh - carbonat phát triển trong các tập đá phiến.

Các mẫu khoáng tương được gia công và phân tích xác định các tổ hợp cộng sinh khoáng vật đồng thời nghiên cứu kiến trúc, cấu tạo quặng dưới kính hiển vi phân xạ. Các mẫu trọng sa nhân tạo (giã đãi) được nghiền đến cỡ hạt <1mm, sau đó được tuyển trọng lực bằng bàn đãi nghiêng, đãi tay, tuyển từ và tuyển nổi trong dung dịch nặng (bromoform). Phân tinh quặng sau khi tuyển được

chia làm hai phần: một phần để chọn các đơn khoáng arsenopyrit và pyrit cho phân tích microzond (EPMA), phần còn lại được trộn với epoxy đúc thành các khuôn hình tròn, dày khoảng 2mm; sau đó được mài láng để nghiên cứu trên kính hiển vi điện tử quét (SEM).

Thành phần hóa học (nguyên tố chính và nguyên tố đi kèm) của khoáng vật quặng được phân tích trên máy vi dò (microzond Jeol 8700, Camebax-Micro, JEOL JXA-8100) tại Viện Địa chất và Khoáng vật học Novosibirsk. Các hạt pyrit và arsenopyrit được phân làm hai loại là các tinh thể hoàn chỉnh và các mảnh vỡ. Mỗi hạt bắn hai điểm ở rìa và trung tâm hạt, dưới hiệu điện thế 20KV trong dòng điện 20 NA. Bán kính của chùm electron là 10-15 μ m. Giới hạn phát hiện các nguyên tố là (%tl): Fe:0,018; S:0,02; As: 0,06; Ni:0,005; Zn: 0,013; Ag: 470g/t; Sb: 0,04; Co: 0,004; Cu: 0,02. Để xác định một số pha hiếm dưới dạng tinh thể độc lập hoặc khâu cơ học trong các khoáng vật quặng khác, đã sử dụng kính hiển vi điện tử quét (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 đặc điểm hình thái, thành phần hóa học của arsenopyrit và pyrit từ các tụ khoáng Bó Va và Nam Quang được đối sánh với arsenopyrit và pyrit của kiểu quặng hóa vàng-sulfide trong trầm tích lục nguyên, lục nguyên - carbonat chứa vật chất hữu cơ điển hình trên thế giới.

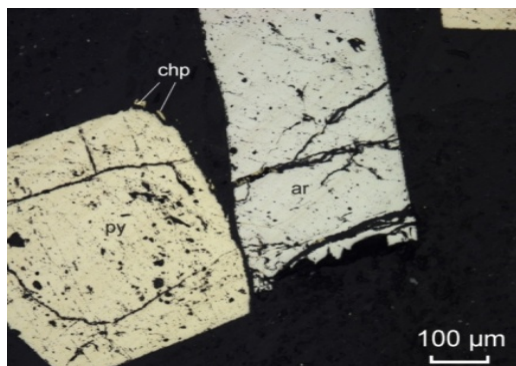
4. Kết quả

4.1. Đặc điểm hình thái và thành phần hóa học của arsenopyrit và pyrit ở tụ khoáng Bó Va

Thành phần khoáng vật quặng chính trong đới khoáng hóa trong đá phiến là arsenopyrit, pyrit, còn trong các đới khoáng hóa dạng mạch, khá đa dạng, ngoài arsenopyrit và pyrit còn gặp chalcopyrit, galenit, sphalerit, sheelit và vàng tự sinh.

Dựa vào kết quả phân tích mẫu khoáng tương cho thấy arsenopyrit và pyrit xâm tán trong đá phiến có kiến trúc hạt tự hình, dạng tấm kéo dài (hình 7), kích thước dao động trong khoảng 0,5-2mm (arsenopyrit) và 0,2-1mm (pyrit). Xen giữa

các tinh thể pyrit và arsenopyrit là các hạt nhỏ chalcopyrit (hình 7).



Hình 7. Xâm tán các hạt pyrite (py) và arsenopyrit (ar) tự hình. Ven rìa tinh thể pyrit là các hạt nhỏ chalcopyrit (chp). Mẫu KC.14 - 408, tụ khoáng Bô Va

Kết quả phân tích microzond cho thấy thành

phần hóa học của arsenopyrit (bảng 1) ở tụ khoáng Bô Va có thành phần gần tương đồng với thành phần arsenopyrit theo lý thuyết. Hàm lượng Fe dao động 34,45÷34,78% phù hợp với hàm lượng Fe theo lý thuyết 34,3%; hàm lượng As: 41,43÷43,51% thấp hơn so với As theo lý thuyết: 46,0%; hàm lượng S: 21,20÷22,48% cao hơn S theo lý thuyết 19,7%. Ngoài ra, còn gặp Co, hiếm hơn là Ni và Sb. Đặc biệt trong mẫu CS - 307 có hàm lượng Ni cao ở mức: 0,07% (%TL), mẫu KC.14 - 8/2 hàm lượng Ni ở mức 0,05% (%TL) và tăng tỷ lệ thuận với hàm lượng As. Kết quả tính toán theo phần trăm số lượng nguyên tử cho thấy tỷ lệ S/As dao động từ 1,16 đến 1,25 (bảng 1). Đây là đặc điểm thường đặc trưng cho các arsenopyrit chứa vàng. Tuy nhiên, trong tập hợp mẫu phân tích này, chỉ có 1 mẫu phát hiện được vàng với hàm lượng là 0,04% (400g/t) tương đương mức phát hiện của phương pháp (bảng 1).

Bảng 1. Thành phần hóa học của arsenopyrit khu vực Bô Va(%TL)

Ký hiệu mẫu	Fe	Co	Ni	As	Au	S	Ag	Sb	S/As	N
CS - 307	34,78	0,01	0,07	43,51	0,00	21,75	0,01	0,01	1,16	13
CS - 407/2	34,65	0,01	0,01	42,96	0,00	21,70	0,00	0,03	1,17	12
CS - 3/5	34,45	0,01	0,02	43,49	0,00	21,23	0,01	0,02	1,17	12
CS - 424	34,46	0,01	0,04	43,45	0,00	21,20	0,00	0,03	1,14	12
KC14-3/2	34,30	0,00	0,01	42,17	0,00	22,53	0,00	0,00	1,21	7
KC14-8/2	34,78	0,00	0,05	41,43	0,00	22,36	0,00	0,00	1,25	6
KC14-8/5	34,98	0,00	0,01	42,00	0,04	22,48	0,00	0,04	1,24	5

CS-307: tinh thể dạng tấm; CS-407/2, CS - 3/5 - Dạng tấm nửa tự hình; CS - 424 - tinh thể tha hình; KC14-3/2 - Dạng tấm nửa tự hình; KC14-8/2 - Dạng lưới móc hoàn chỉnh; KC14-8/5 - Dạng tấm kéo dài, que; N: số lượng điểm phân tích. Phương pháp phân tích: EPMA. Giới hạn phát hiện cho phép: Fe=0,026, Co=0,029, Ni=0,036, As=0,062, Au=0,041, S=0,012, Ag=0,054, Sb=0,034, Zn=0,048, Cu=0,040. Phân tích tại Viện Địa chất và Khoáng vật, Phân viện Siberi, Viện HLKH Nga)

Thành phần hóa học của pyrit tương ứng với thành phần lý thuyết: Fe-46,6%, S-53,4%, song thường gặp một số nguyên tố tạp chất với hàm lượng rất nhỏ như Co, Ni, Sb. Đáng chú ý là hàm

lượng As trong pyrit khá cao (0,1-0,5%), là điểm khá đặc trưng cho những pyrit chứa vàng. Trong mẫu KC14-8/5 thấy có dấu hiệu chứa Au (bảng 2).

Bảng 2. Thành phần hóa học của pyrit khu vực Bô Va (% TL)

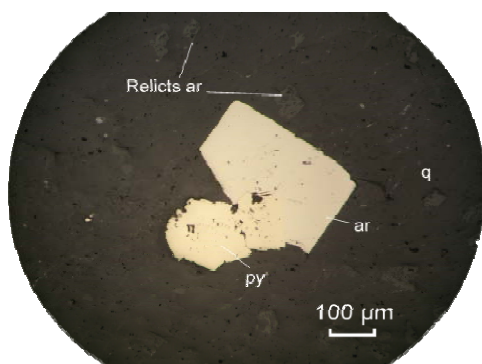
Ký hiệu mẫu	Fe	Co	Ni	As	Au	S	Ag	Sb	Zn	N
CS-307 - Tinh thể nửa tự hình	46,05	0,00	0,07	0,15	0,00	52,22	0,00	0,00	0,02	16
CS-3/5 - Tinh thể nửa tự hình	46,29	0,01	0,08	0,00	0,00	52,63	0,00	0,00	0,01	15
CS-2 - Tinh thể	46,07	0,01	0,06	0,14	0,00	52,44	0,00	0,00	0,01	18
CS-8/4 - Tinh thể	46,21	0,00	0,14	0,21	0,00	52,48	0,00	0,00	0,00	12
KC14-8/2 - Tinh thể nửa tự hình	46,24	0,19	0,14	0,50	0,00	52,72	0,00	0,00	0,00	7
KC14-8/5 - Tinh thể nửa tự hình	46,30	0,00	0,02	0,07	0,02	52,57	0,00	0,02	0,00	6

4.2. Đặc điểm hình thái và thành phần hóa học của arsenopyrit và pyrit ở tụ khoáng Nam Quang

Các tinh thể arsenopyrit ở khu vực này chủ yếu có dạng tự hình và nửa tự hình, đôi khi tha hình,

kích thước hạt dao động 0,5÷0,7mm. Đôi chỗ còn quan sát thấy các dấu hiệu tinh thể tàn dư arsenopyrit trong đá phiến (hình 8). Pyrit có dạng tự hình, nửa tự hình hoặc tha hình (hình 8), kích thước các hạt dao động 0,05÷1mm. Có sự khác

nhau về hàm lượng của arsenopyrit và pyrit: ở đới Khùng Khoảng hầu như chỉ có pyrit, arsenopyrit rất ít, ngược lại, ở đới Thâm Riềm, tương quan hàm lượng arsenopyrit và pyrit gần như ngang nhau.



Hình 8. Các tinh thể pyrit (py) và arsenopyrit(ar) trong đá phiến. Có thể thấy biểu hiện arsenopyrit dạng tàn dư (Relict ar) trong nền đá phiến. Mẫu KC.14 - 13/4, đới Thâm Riềm, Nam Quang

Kết quả phân tích thành phần hóa học của arsenopyrit (bảng 3) cho thấy hàm lượng Fe là 34,36% cũng tương đối gần với hàm lượng Fe theo lý thuyết. Hàm lượng As là 42,37% thấp hơn nhiều so với hàm lượng As theo lý thuyết. Hàm lượng S là 21,96% cao hơn hàm lượng S theo lý thuyết. Hàm lượng Ni $0,01 \pm 0,02\%$, hàm lượng Sb $0,01 \pm 0,06\%$. Kết quả tính toán tỷ lệ số lượng nguyên tử (bảng 3) cho thấy tỷ lệ S/As dao động trong khoảng 1,16 - 1,26.

Thành phần hóa học của pyrit trong các mẫu nghiên cứu tương ứng với thành phần lý thuyết. Các nguyên tố tạp chất trong pyrit gồm có As, Ni và Co, ngoài ra còn gặp Sb với hàm lượng nhỏ - khoảng 0,01 (%). Các hạt pyrit dạng tinh thể khối lập phương có hàm lượng Co, Ni, As đều lớn hơn so với các hạt dạng mảnh như ở mẫu CS-11/1; mẫu CS-477/2. Hàm lượng Co dao động: $0,02 \pm 0,5\%$; Ni: $0,03 \pm 0,08\%$ và hàm lượng As: $0,03 \pm 0,06\%$ (bảng 4).

Bảng 3. Thành phần hóa học của arsenopyrit khu vực Nam Quang(%TL)

N	Ký hiệu mẫu	Ni	Co	Fe	As	S	Ag	Au	Sb	Zn	Cu	Tổng	S/As
1	KC14 - 13/3	0,02	0,02	34,41	42,34	22,21	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	99,03	1,20
2		0,00	0,00	34,44	42,8	21,67	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	98,97	1,16
3		0,01	0,00	34,39	41,37	22,49	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	98,27	1,26
4		0,00	0,00	34,19	42,95	21,46	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	98,63	1,20
5		0,00	0,00	34,18	44,73	20,97	0,00	0,04	0,03	0,00	0,09	100,05	1,08
6	KC.14 - 476/2	0,00	0,00	34,45	42,51	21,73	0,00	0,03	0,32	0,00	0,00	99,03	1,18
7		0,00	0,00	34,27	44,03	21,29	0,00	0,08	0,02	0,00	0,00	99,69	1,12
8		0,00	0,00	34,48	42,85	21,95	0,00	0,04	0,05	0,02	0,00	99,39	1,18
9		0,00	0,00	34,68	43,06	21,95	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	99,73	1,18

Bảng 4. Thành phần hóa học của pyrit (% TL)

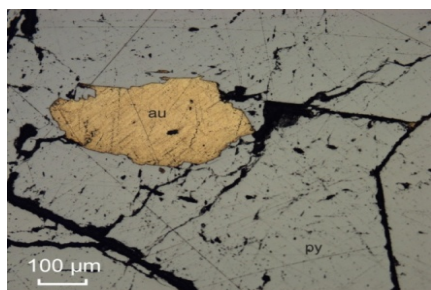
Ký hiệu mẫu	Fe	Co	Ni	As	S	Ag	Sb	Zn	N
CS- 11/1 - Tinh thể	46,29	0,01	0,03	0,04	53,10	0,01	0,01	0,01	13
CS-11/1 - Dạng mảnh	46,27	0,00	0,01	0,00	53,36	0,01	0,00	0,01	12
CS-319/1 - Dạng mảnh	46,28	0,00	0,00	0,06	53,33	0,01	0,01	0,01	13
CS-505/2 - Dạng mảnh	46,34	0,02	0,05	0,03	53,45	0,01	0,01	0,01	20
CS-475/1 - Dạng mảnh	46,50	0,01	0,02	0,00	53,45	0,01	0,01	0,01	9
CS-475/3 - Dạng mảnh	46,30	0,01	0,01	0,00	53,27	0,01	0,01	0,00	12
CS - 477/2 - Tinh thể	46,00	0,05	0,08	0,00	53,33	0,00	0,01	0,01	13
CS - 477/2 - Dạng mảnh	46,12	0,01	0,00	0,00	53,43	0,00	0,00	0,01	11

N: số lượng điểm phân tích trong một mẫu/Phương pháp phân tích: Microzond; Giới hạn phát hiện cho phép: Fe=0,026, Co=0,029, Ni=0,036, As=0,062, Au=0,041, S=0,012, Ag=0,054, Sb=0,034, Zn=0,048, Cu=0,040

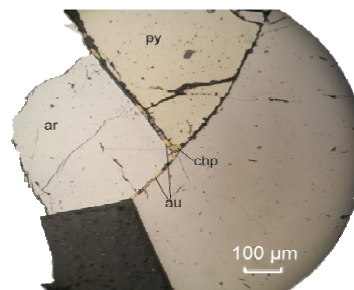
4.3. Vàng tự sinh

Vàng tự sinh được phát hiện thấy trong nhiều mẫu quặng ở khu vực Bó Va và Nam Quang.

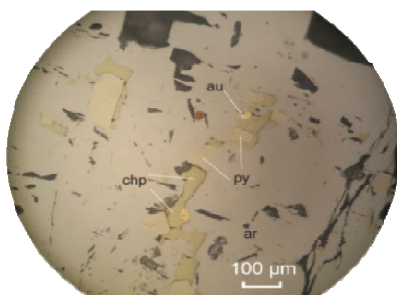
Chúng thường biểu hiện ở hai dạng là tinh thể khảm trong pyrit (hình 9, 10) và phân bố trong các khe nứt giữa arsenopyrit và pyrit (hình 11). Kích thước của các hạt vàng tự sinh từ 10 đến 100 μm .



Hình 9. Hạt vàng tự sinh lớn (au) trong pyrite. Mẫu KC.14 - 725/1 tụ khoáng Bó Va



Hình 11. Tổ hợp cộng sinh pyrit (py) và arsenopyrit (ar) hạt lớn. Dọc theo khe nứt giữa các hạt là chalcocopyrit (chp) và vàng tự sinh (au). Tụ khoáng Bó Va



Hình 10. Tinh thể arsenopyrit kích thước lớn (ar) với các bao thể pyrit (py), chalcocopyrit (chp) và vàng tự sinh (au). Tụ khoáng Bó Va

Thành phần hóa học (mẫu đại diện) của vàng tự sinh ở tụ khoáng Bó Va và Nam Quang được phân tích trên máy microsond cho thấy hàm lượng Au dao động từ 81 đến 98%, Ag từ 3 đến 19%; trong số các tạp chất khác đáng chú ý có Hg với hàm lượng từ 0,1 đến 10% (bảng 5). Không thấy có sự khác biệt về thành phần của vàng tự sinh trong mẫu đá phiến chứa sulfide với mẫu quặng từ mạch thạch anh chứa sulfide.

Bảng 5. Thành phần hóa học của vàng tự sinh khu vực Bó Va và Nam Quang (% tl)

STT	Ký hiệu mẫu	Đặc điểm mẫu	Cu	Au	Hg	Ag	Tổng
1	KC.14 - 405	Đá phiến chứa pyrit và arsenopyrit	0,38	81,71	10,13	8,28	100,50
2	KC.14 - 408	Đá phiến chứa arsenopyrit và pyrit	0,07	98,25	0,43	1,27	100,02
3	KC.14 - 431	Mạch thạch anh chứa sulfide	0,00	87,52	0,01	12,03	99,57
4	KC.14-433	Đá phiến chứa tinh thể arsenopyrit lớn	0,02	79,80	0,24	18,96	99,02
5	KC.14 - 476/2	Đá phiến sét đen chứa pyrit	0,04	88,66	0,15	10,27	99,11
6	KC.14 - 477/1	Mạch thạch anh chứa pyrit	0,07	96,71	0,09	3,15	100,02

Ghi chú: 1-4 tụ khoáng Bó Va; 5-6 tụ khoáng Nam Quang

5. Thảo luận

5.1. Đặc điểm tiêu hình của arsenopyrit và pyrit Bó Va và Nam Quang

Arsenopyrit ở hai tụ khoáng Bó Va và Nam Quang đều có đặc điểm khá giống nhau là tinh thể có dạng tấm kéo dài, dạng tấm ngắn, kiến trúc hạt tự hình, còn đối với pyrit các hạt khoáng vật ở hai tụ khoáng chủ yếu là dạng hạt tự hình lập phương, đôi khi gặp các hạt nửa tự hình.

Thành phần hóa học của arsenopyrit ở cả hai tụ khoáng Bó Va và Nam Quang đều tương tự nhau, đặc trưng nghèo As, giàu S, tỷ lệ (%nt) S/As hầu hết là cao (1,14-1,25) và chứa các nguyên tố tạp

chất như Ni, Co, đôi khi Sb. Vàng trong arsenopyrit được phát hiện chính là loại tinh thể dạng tấm kéo dài, dạng que và cũng có tỷ lệ S/As >1. Đặc điểm này cũng giống với các đặc điểm của arsenopyrit trong các tụ khoáng Au-sulfide trong đá phiến đen ở Trung Quốc. Theo một số nghiên cứu, hàm lượng As tăng tỷ lệ thuận với độ lớn và mức độ tự hình của các hạt arsenopyrit, ngược lại hàm lượng S giảm và tương tự như vậy hàm lượng vàng (Au) cũng giảm xuống. Hàm lượng của các nguyên tố còn lại như (Fe, Ni, Co, Sb, Ag) thay đổi không phụ thuộc vào hình thái của các hạt arsenopyrit. Các hạt arsenopyrit dạng tấm kéo dài trong mẫu KC.14-8/5 phát hiện thấy vàng còn lại

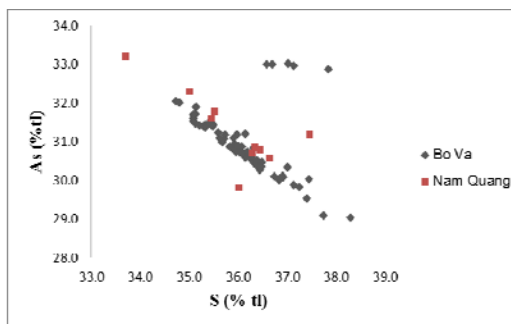
các mẫu có dạng tấm ngắn tự hình, dạng mảnh không phát hiện thấy vàng. Arsenopyrit ở tụ khoáng Nam Quang có hàm lượng vàng khá cao dao động trong khoảng 0,04÷0,08% (bảng 3).

Như vậy, hình thái tinh thể kéo dài, thành phần hóa học giàu S và tương đối nghèo As, tỷ lệ S/As thường >1,1 là các dấu hiệu tiêu hình của arsenopyrit trong các tụ khoáng Bó Va và Nam Quang và cũng phù hợp với các đặc điểm tiêu hình của arsenopyrit trong các tụ khoáng vàng-sulfide phổ biến trên thế giới (Fleet et al., 1997; Kovalev et al., 2011; Zhong et al., 2002).

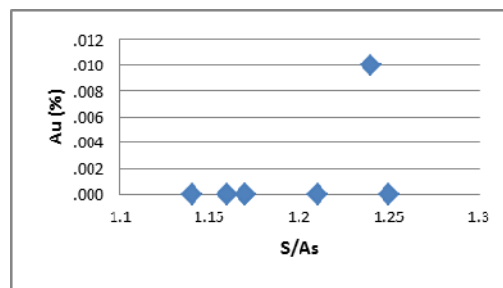
Các đặc điểm hình thái tinh thể của pyrit trong cả hai tụ khoáng Bó Va và Nam Quang đều tương tự nhau và hầu như không thấy có mối liên hệ nào với đặc điểm thành phần hóa học của chúng. Thành phần hóa học của pyrit ở hai tụ khoáng chủ yếu tương ứng với thành phần lý thuyết, chỉ riêng pyrit ở tụ khoáng Bó Va có hàm lượng As tương đối cao rõ rệt và biểu hiện chứa vàng trùng với pyrit kiểu này (As=0,07%, Au=0,02%; bảng 2). Điều này chứng tỏ độ chứa vàng của pyrit trong các tụ khoáng Bó Va và Nam Quang thuộc loại thấp. Các pyrit giàu As thường được coi là có triển vọng chứa vàng và trên thực tế trong nhiều mỏ vàng-sulfide kiểu Carlin hoặc tương tự Carlin ở Kazastan và tây nam Trung Quốc đã ghi nhận được đặc điểm này (Fleet et al., 1997; Kovalev et al., 2011; Zhong et al., 2002). Đây là điều cần được nghiên cứu chi tiết hơn đối với pyrit ở hai tụ khoáng Bó Va và Nam quang cũng như các tụ khoáng vàng khác có bối cảnh địa chất tương tự trong rift Sông Hiến.

5.2. Các đặc điểm đối sánh

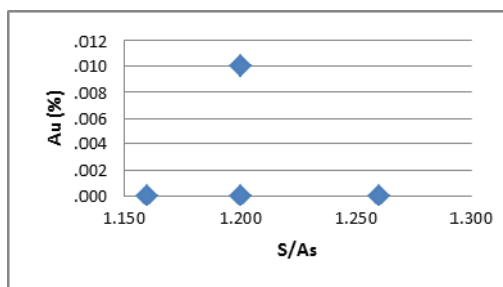
Về cơ bản, thành phần hóa học của arsenopyrit và pyrit ở hai khu vực Bó Va và Nam Quang khá giống nhau về tỷ lệ S/As, độ chứa Ni, Co và sự có mặt của vàng tự sinh trong arsenopyrit và pyrit. Đặc điểm phân bố hàm lượng S, As và Au trong arsenopyrit từ các khu vực Bó Va và Nam Quang, xét theo các mối tương quan khác nhau: S-As, Au-S/As (hình 12-14), đều tương tự nhau, thể hiện rõ khuynh hướng nghịch biến giữa S và As; mối liên quan giữa hàm lượng Au với tỷ lệ S/As trong arsenopyrit có thể hiện, nhưng yếu.



Hình 12. Mối tương quan giữa S với As ở hai tụ khoáng Nam Quang và Bó Va



Hình 13. Mối tương quan giữa Au với tỷ số S/As ở tụ khoáng Bó Va



Hình 14. Mối tương quan giữa Au với tỷ số S/As ở tụ khoáng Nam Quang

So sánh đặc điểm phân bố S, As và tương quan giữa hàm lượng Au và S/As trong arsenopyrit khu vực nghiên cứu và các tụ khoáng có đặc điểm tương tự ở Kazastan và nam Trung Quốc có thể thấy chúng có những nét tương đồng. Arsenopyrit trong các tụ khoáng Au-sulfide ở Kazastan và nam Trung Quốc cũng đặc trưng hàm lượng S dao động trong khoảng 19-22% tt, As - trong khoảng 43-47%tt; tỷ lệ S/As (%nt) cũng nằm trong khoảng 0,95 - 1,21 (Chiukova et al, 2007; Peters et al., 2007; Zhou et al., 2002; Zhong et al., 2002; Chen

et al., 2011). Theo các nghiên cứu về độ chứa vàng của arsenopyrit trong các mỏ vàng sulfide ở Đông Kazakstan thì arsenopyrit có dạng hình kim, lắng trụ có triển vọng chứa vàng nhiều hơn arsenopyrit hình tấm (Kovalev et al, 2012). Cùng với sự khác biệt về hình thái, thành phần hóa học của hai loại arsenopyrit này cũng khác nhau, cụ thể arsenopyrit dạng tấm hàm lượng As thường cao hơn 45%tl và S có hàm lượng nhỏ hơn 20% (S/As = 1,03-0,95), còn arsenopyrit có dạng hình kim, lắng trụ đều có hàm lượng As nhỏ hơn 45%tl và S lớn hơn 20% (S/As = 1,16-1,21). Nếu so sánh với các tài liệu trên thì arsenopyrit trong cả hai tụ khoáng Bó Va và Nam Quang có thành phần hóa học tương ứng với loại arsenopyrit chứa vàng (As dao động từ 41,3 đến 43,5%; tỷ lệ nguyên tử S/As dao động trong khoảng từ 1,16 đến 1,26).

6. Kết luận

Arsenopyrit và pyrit trong các tụ khoáng vàng - sulfide Bó Va và Nam Quang có các đặc điểm về hình thái tinh thể và thành phần hóa học đặc trưng cho các khoáng vật quặng có khả năng chứa vàng. Các đặc điểm tiêu hình của arsenopyrit chứa vàng là tinh thể dạng kéo dài, thành phần hóa học đặc trưng thấp As, cao S, tỷ lệ (%nt) S/As cao (>1,1). Thành phần hóa học của pyrit chứa vàng đặc trưng có hàm lượng cao của As. Chưa ghi nhận rõ mối liên quan giữa độ chứa vàng và đặc điểm hình thái tinh thể của pyrite. Mối tương quan giữa hàm lượng vàng với tỷ lệ S/As trong arsenopyrit và hàm lượng As trong pyrit của các tụ khoáng này cũng có thể được coi là dấu hiệu cho đánh giá triển vọng của vàng hạt mịn phân tán trong sulfide ở các điểm khoáng hóa vàng trong trầm tích lục nguyên chứa than khác của trũng Sông Hiến và cần được chú ý trong các nghiên cứu tiếp theo.

Lời cảm ơn

Bài báo là một phần kết quả nghiên cứu của Đề tài “Nghiên cứu đánh giá loại hình vàng hạt mịn và siêu mịn trong các kiểu quặng hóa khác nhau khu vực Đông Bắc Việt Nam và đề xuất giải pháp công nghệ thu hồi thích hợp không gây ô nhiễm môi trường”, mã số KC.08.14/11-15. Các tác giả xin chân thành cảm ơn sự cộng tác của các đồng nghiệp phòng Thạch luận và Sinh khoáng trong quá trình hoàn thành bài báo này.

Tài liệu dẫn

Trần Trọng Hòa (chủ biên), 1996: Xây dựng mô hình điều tra, sử dụng hợp lý, bảo vệ môi trường trong quá trình khai

thác tài nguyên khoáng sản quý hiếm tỉnh Cao Bằng. Lưu trữ Viện Địa chất, Hà Nội.

Trần Trọng Hòa, Polyakov G.V., Trần Tuấn Anh, Borisenko A.S., Izokh A.E., Balyakin P.A., Ngô Thị Phương, Phạm Thị Dung, 2011: Hoạt động magma và sinh khoáng nội mảng miền Bắc Việt Nam. Nxb. Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, 368tr.

Trần Trọng Hòa, Nevolko P., Ngô Thị Phương, Trần Tuấn Anh, Phạm Thị Dung, Bùi Ân Niên, Nguyễn Xuân Huyền, Nguyễn Thùy Dương, Vũ Hoàng Ly, Trần Văn Hiếu, 2013: Các tụ khoáng vàng-sulfide trong các thành tạo lục nguyên - carbonat rift Sông Hiến, ĐBVN. Tuyển tập Báo cáo KHCN toàn quốc năm 2013. ISBN: 978-604-59-0693-4; tr.131-140.

Nông Thế Tăng (chủ biên), 1996: Báo cáo Khảo sát và tìm kiếm đánh giá vàng gốc Nam Quang, Bảo Lạc, Cao Bằng. Lưu trữ Trung tâm Thông tin lưu trữ Địa chất, Hà Nội.

Chen M.H., Mao J.W., Bierlein F.P., Norman T., Uttley P.J., 2011: Structural features and metallogenesis of the Carlin-type Lannigou gold deposit, Guizhou Province, China. *OreGeol. Rev.*43 (1), 217-234.

Fleet, M.E., Mumin, A.H., 1997: Gold-bearing pyrite and arsenopyrite from Carlin Trend gold deposits and laboratory synthesis: *American Mineralogist*, v. 82, p.182-193.

Kovalev K.R., Kalinin Yu.A., Naumov E.A., Kolesnikova M.K., Korolyuk V.N., 2011: Gold-bearing arsenopyrite in eastern Kazakhstan gold-sulfide deposits. *Russian Geology and Geophysics* 52, 178-192.

Kovalev K.R., Kalinin Yu.A., Polynov V.I., Kydyrbekov E.L., Borisenko A.S., Naumov E.A., Netesov M.I., Klimenko A.G., and Kolesnikova M.K., 2012: ISSN 1075-7015, *Geology of Ore Deposits*, vol. 54, No.4, 254-275.

Peters S.G., Huang J.Z., Li Z.P., Jing C.G., 2007: Sedimentary rock-hosted Au deposits of the Dian-Qian-Guiarea, Guizhou, Yunnan Provinces, and Guangxi District, China. *Ore Geol. Rev.*31,170-204.

Volkova A. V., Genkina A. D., and Academician of the RAS Goncharov V. I., 2006. New data on invisible gold in disseminated sulfide ores of the Natalka deposit. *Vol. 409A, No 6*, pp. 879-883.

Zhong H.R., Chao S.W., Wu B.X., Zhi T.G., Hofstra A.H., 2002: Geology and geochemistry of Carlin-type gold deposits in China *Mineralium Deposita* 37:378-39.

Zhou T.H., Goldfarb R.J., Phillips G.N., 2002: Tectonics and metallogeny of gold deposits in China. *Mineralium Deposita* 37, 249-282.