

CÁC THÀNH HỆ QUẶNG VÀNG NỘI SINH Ở VIỆT NAM VÀ TIỀM NĂNG CÔNG NGHIỆP CỦA CHÚNG

ĐỖ QUỐC BÌNH

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

Tóm tắt: Nghiên cứu và phân chia các thành hệ quặng vàng Việt Nam và đánh giá tiềm năng công nghiệp của chúng đã được đề cập trong các công trình nghiên cứu và phân loại của Nguyễn Nghiêm Minh [12], Nguyễn Văn Chử, Nguyễn Nghiêm Minh [17]. Đỗ Hải Dũng [4] đã đánh giá tiềm năng cho thành tạo quặng hóa vàng nhiệt độ thấp, Nguyễn Ngọc Trường [13] nghiên cứu vàng cộng sinh trong một số đối tượng quặng khác.

Trên những tài liệu mới, việc phân tích và tổng hợp cho thấy trên lãnh thổ Việt Nam việc đánh giá tiềm năng công nghiệp cho một số thành hệ quặng vàng nội sinh còn là những điểm cần thảo luận và làm sáng tỏ hơn.

I. MỞ ĐẦU

Khái niệm thành hệ quặng đã được đề cập tới từ thế kỷ 19, sau chúng được phát triển mạnh mẽ ở Liên Xô trong những năm qua; còn các nước công nghiệp phát triển, vấn đề này được xác lập là kiểu quặng hóa cùng việc đánh giá khối lượng quặng. Việc hiểu và phân chia thành hệ quặng còn là những điểm chưa thống nhất của nhiều nhà khoa học. Trong phạm vi bài báo này, vấn đề thành hệ quặng được nhất quán theo góc độ nghiên cứu tiến trình tiến hóa vật chất của quặng hóa.

Theo phân loại của Nguyễn Văn Chử và Nguyễn Nghiêm Minh [17] cho quặng hóa nội sinh, trên lãnh thổ Việt Nam có các thành hệ, hay kiểu quặng hóa vàng được xác lập trên quan điểm nguồn gốc thành tạo gồm nhiệt dịch xâm nhập (sâu và trung bình), nhiệt dịch phun trào (bao gồm cả loại á xâm nhập và phun trào), biến chất; còn ở góc độ thành phần vật chất của quặng có vàng - thạch anh, vàng - thạch anh - sulfur, vàng - sulfur và vàng-bạc; Nguyễn Nghiêm Minh [12] khi đánh giá tiềm năng vàng Việt Nam cũng nêu lên những "giá trị thực tiễn của các kiểu - thành hệ quặng vàng" dựa trên cơ sở thống kê điểm quặng và trữ lượng cùng việc phân tích sinh khoáng.

Trong bài báo này việc phân chia thành hệ quặng, nhóm các thành hệ quặng, cơ bản dựa trên bản chất của nguồn cung cấp vật chất tham gia tạo khoáng, không lệ thuộc vào độ sâu, nhiệt độ cũng như kiến trúc, cấu tạo quặng như nhiều tác giả khác đã phân chia; đồng thời mỗi thành hệ quặng có một tiến trình phát triển riêng (hay dãy tiến hóa vật chất) khác biệt nhau. Trên góc độ này, các thành tạo quặng như thạch anh - antimonit - vàng hay thạch anh - antimonit - cinnabar - vàng không thuộc các thành tạo nhiệt dịch nông, mà chúng thuộc về thành hệ quặng vàng nhiệt dịch pluton.

Đánh giá tiềm năng công nghiệp của các thành hệ quặng một phần được dựa trên các số liệu điều tra đánh giá đối tượng khoáng sản, một phần căn cứ trên những chứng cứ về bản chất nguồn cung cấp khoáng hóa và điều kiện phát triển của chúng. Trên cơ sở này, ta thấy các thành hệ hay nhóm thành hệ quặng vàng chính có tiềm năng công nghiệp cần quan tâm với các nội dung chính dưới đây.

II. NHÓM CÁC THÀNH HỆ QUẶNG VÀNG NHIỆT DỊCH PHUN TRÀO

Quặng hóa thuộc nhóm thành hệ quặng vàng có nguồn gốc nhiệt dịch phun trào phát triển ở Việt Nam liên quan với các thành tạo phun trào andesit, albitit có tuổi địa chất Permi muộn (?) hay ryolit, felsit có tuổi Mesozoi muộn cùng các thể tường xâm nhập granit, granodiorit, ... đi kèm. Ngoài ra, có thể có trong các thành tạo phun trào kiềm tuổi Mesozoi muộn - Kainozoi ở Tú Lệ¹.

1. Thành hệ quặng vàng nhiệt độ thấp liên quan tới phun trào

Thuộc về thành hệ quặng vàng này có các thành tạo khoáng hóa vàng, vàng-bạc phát triển trong các thể tường phun trào có thành phần từ trung tính - kiềm tới axit như các mỏ, điểm quặng điển hình là Xà Khía (Quảng Bình), Trảng Xim (Phú Yên).

Thành phần khoáng hóa đơn giản, chủ yếu có pyrit, chalcopyrit, galenit, sphalerit, tetraedrit, chalcocin, arsenopyrit, electrum, kiusterit, vàng, bạc tự sinh. Trong đó các sulfur muối khá phổ biến sau pyrit. Quặng có cấu tạo dạng ổ, vi mạch xâm nhiễm trong nền đá phun trào. Thân khoáng ổn định theo đường phương và góc dốc cùng thể tường phun trào; với chiều dày lớn. Các khoáng vật quặng có kiến trúc khảm, tha hình, hạt nhỏ tới vi hạt. Đặc biệt vàng và các khoáng vật của vàng tồn tại dạng xâm nhiễm không đều hay dạng bao thể nhỏ trong các khoáng vật sulfur phản ánh sự đồng thành tạo của chúng.

Quặng hóa, theo nhiệt độ thành tạo khoáng vật chỉ thị trên số liệu định lượng đơn khoáng của biến thể β chalcocin (β Cu₉S₅) [19] nằm trong khoảng 50-150°C như ở mỏ Xà Khía.

Đơn khoáng vàng, electrum, kiusterit ở dạng tinh thể tự hình, vón cục; ngoài ra còn tồn tại dạng cành cây. Bạc ở dạng tóc dũi tồn tại cùng galenit, chalcocin. Chỉ số độ tinh khiết (ĐTK) của vàng không đồng nhất dao động cao, song hàm lượng trong quặng khá ổn định.

Đá vây quanh hay các thể tường phổ biến hiện tượng albit hóa với các thành tạo andesit và pyrophyllit hóa cho các phun trào ryolit, felsit.

Trên góc độ so sánh với các thành tạo nhiệt độ thấp thực thụ của thế giới, thành hệ quặng này ở Việt Nam còn là vấn đề cần thảo luận, bởi lẽ những đặc trưng cơ bản của chúng mang nhiều nét riêng biệt khác.

2. Thành hệ vàng nhiệt độ thấp liên quan với các thành tạo núi lửa

Thành hệ quặng vàng này bắt gặp ở Cẩm Tâm (Thanh Hóa) với đặc điểm khoáng hóa thể hiện phát triển trong một cấu trúc vòng bao rìa hòng núi lửa Paleozoi muộn - Mesozoi sớm.

Là các mạch thạch anh - pyrit - chalcopyrit-vàng phân bố có dạng tỏa tia từ cấu trúc miệng núi lửa ra ven rìa có quy mô cục bộ. Thành phần khoáng hóa đơn giản, vàng có chỉ số ĐTK cao (>800) ở dạng xâm nhiễm không đều trong mạch với kích thước hạt không đồng nhất. Đơn khoáng vàng có hình thái tinh thể thay đổi từ dạng lập phương tự hình, tới vón cục, cá biệt trong một số mẫu thấy vàng phát triển trên các tinh thể thạch anh dạng tinh hốc. Hàm lượng vàng trong quặng thay đổi rộng.

¹ Theo các tài liệu đo vẽ địa chất tỷ lệ 1:50.000 gần đây, các đá phun trào và á núi lửa ở cấu trúc Tú Lệ có tuổi Permi muộn (Nguyễn Trường Giang và nnk, 2003).

Ngoài kiểu khoáng hóa vàng liên quan với cấu trúc núi lửa như Cẩm Tâm, hy vọng ở Việt Nam có loại hình vàng trong dăm kết của cấu trúc núi lửa, có thể có ở cấu trúc phun trào Tú Lệ, cũng như một vài vùng phát triển các thành tạo phun trào khác trên lãnh thổ nước ta có những đặc điểm về cấu trúc của trường phun trào giống với các đai núi lửa Đông Nam Á như Philippin, Indonesia, New Zealand...[11].

3. Thành hệ quặng vàng - đa kim tồn tại trong các thể tường

Thành hệ quặng vàng - đa kim tồn tại trong các thể tường có thành phần granit, granodiorit là một trong những thành hệ quặng mới phát hiện được ở Việt Nam. Khoáng hóa phát triển liên quan với các xâm nhập có tuổi Mesozoi muộn thuộc phạm vi Nam Trung Bộ. Thân khoáng phát triển trong đới biên đới rộng, có biểu hiện chuyển tiếp của các thành tạo quặng dạng mạch sang loại hình quặng xâm nhiễm trong các thể tường trên nền đá xâm nhập bị biến đổi pyrophyllit hóa.

Thành phần quặng hóa có pyrit, chalcopyrit, galenit, sphalerit, nghèo hơn có các khoáng vật sulfur muối Cu, Pb, Sb, As. Vàng cùng các khoáng vật sulfur tồn tại trong các thể tường trên nền đá xâm nhập, với độ hạt không đồng nhất, ngoài vàng còn có các khoáng vật tellur vàng [calaverit, silvanit, petzit...(?)] tham gia trong tổ hợp cộng sinh (THCS) khoáng vật sản phẩm.

Hàm lượng vàng và bạc trong quặng hóa không cao, đặc biệt có chứa Mo ở mức cần quan tâm.

Trong tiến trình phát triển quặng hóa liên quan với các thành tạo magma phun trào - xâm nhập, của vùng hoạt hóa kiến tạo magma trẻ, qua số liệu phân tích cho thấy giữa loại hình vàng nhiệt độ thấp trong trường các đá phun trào axit và các thành tạo quặng hóa vàng - đa kim tồn tại trong các thể tường trong các đá granit, granodiorit có mối liên quan mật thiết với nhau, không chỉ về cấu trúc địa chất, mà cả thành phần quặng hóa cũng như các đặc trưng biến đổi nhiệt dịch liên quan. Kiến trúc quặng cho thấy chúng được tạo trong điều kiện nông.

Đánh giá về tiềm năng công nghiệp của nhóm thành hệ này, rõ ràng thấy được nét ưu việt về hàm lượng ổn định, chiều dày mạch khoáng lớn và thân khoáng thường kéo khá dài, và chủ yếu tập trung vào loại hình vàng nhiệt độ thấp liên quan với các phun trào andesit, albitophyr, ... felsit, ryolit, vàng - đa kim tồn tại trong các thể tường trong các đá xâm nhập granit, granodiorit. Nguồn vật chất tham gia tạo quặng có đặc điểm nguồn vật chất sâu. Còn loại hình dăm kết núi lửa chứa vàng cũng là những hy vọng cần quan tâm trong công tác điều tra.

III. NHÓM CÁC THÀNH HỆ QUẶNG VÀNG NGUỒN GỐC NHIỆT DỊCH NÔNG

Thuộc nhóm thành hệ quặng này có các thành hệ chính sau đây:

- Thành hệ sulfur-vàng (bạc).
- Thành hệ sulfur-vàng.
- Thành hệ thạch anh - đồng-vàng (bạc).

1. Thành hệ sulfur-vàng (bạc)

Thành hệ sulfur-vàng (bạc) phát triển liên quan với các thành tạo magma Mesozoi muộn - Kainozoi phân bố chính ở phía tây, tây bắc Việt Nam, tập trung bao rìa cấu trúc "phun trào Tú Lệ" với các diêm quặng vàng như Chính Sáng, Si Phay - Phong Thổ (Lai Châu).

Quặng hóa của thành hệ ở dạng mạch nhỏ, phát triển cục bộ trong các thành tạo magma phun trào, xâm nhập và lục nguyên có tuổi khác nhau. Thân khoáng nhiều khi tạo thành các buồng khoáng nhỏ phân bố trên diện rộng.

Thành phần quặng hóa có sulfur chiếm tỷ lệ lớn; khoáng vật quặng có chalcopyrit, pyrit, specularit, bismuthin và các khoáng vật sulfur muối của Bi như cosalit, aikinit; vàng, electrum, galenit, sphalerit, tetraedrit. Tham gia trong thành phần quặng hóa ngoài vàng còn có bạc ở mức cao thường lớn hơn 100 ppm.

Độ hạt của đơn khoáng vàng không đồng nhất, phổ biến là hạt nhỏ. Chỉ số ĐTK dao động thay đổi từ 881 đến 932. Đặc biệt trong một số đơn khoáng thể hiện kiến trúc phân đới kết tinh không đồng nhất giữa vàng và bạc. Phân tích thành phần quặng hóa có thể hiện của các nguyên tố mang đặc tính chalcophil.

Kiến trúc của khoáng vật quặng phản ánh chúng được tạo ra trong điều kiện nông; thể hiện rõ sự phân dị kết tinh và điều kiện thành tạo không ổn định trong các cặp THCS khoáng vật.

2. Thành hệ sulfur-vàng

Thành hệ quặng vàng này là dãy chuyển tiếp của thành hệ sulfur-vàng (bạc) trong cùng một cấu trúc chứa vàng thuộc dải quặng vàng rìa tây đới Tú Lệ. Các diện tích mang quặng hóa điển hình cho loại thành hệ quặng này có ở suối Chát (Phù Yên), hay một vài điểm quặng đồng-vàng thuộc phạm vi Mường La (Sơn La).

Quặng hóa phân bố trong các thành tạo phun trào của hệ tầng Viên Nam (P_2-T_1 vn) hay trong các thành tạo lục nguyên tuổi Mesozoi sớm bao rìa cấu trúc Tú Lệ.

Quặng có sulfur chiếm tỷ lệ cao trong mạch khoáng, gồm các khoáng vật pyrit, specularit được tạo ra ở giai đoạn sớm, chalcopyrit chiếm số lượng lớn, sphalerit, bismuthin, cosalit, aikinit, lindstremit tham gia ở giai đoạn tạo khoáng muộn. Vàng có mặt trong tất cả các THCS khoáng vật, song giàu nhất trong THCS khoáng vật muộn. Chỉ số ĐTK dao động trong khoảng 881-986 [6]. Trong thành hệ quặng, vàng tồn tại ngoài dạng cộng sinh cùng các sulfur muộn ở dạng hạt độc lập, nó còn ở dạng bao thể nhỏ đồng sinh trong pyrit sớm.

Nét đặc thù của thành hệ quặng này là có bạc trong thành phần quặng hóa ở mức thấp, chiếm vài ppm, trong đó vàng có mức hàm lượng cao, bismut đạt tới vài nghìn ppm [6].

3. Thành hệ thạch anh - đồng - vàng (bạc)

Thành hệ quặng nêu trên chủ yếu bắt gặp trong đới An Châu cụ thể trong cấu trúc nếp lồi Biên Động (Bắc Giang), Mẫu Sơn (Lạng Sơn), cũng như vài điểm quặng nhỏ thạch anh - đồng - vàng thuộc rìa tây cấu trúc Tú Lệ.

Là thành tạo khoáng hóa trẻ, có tuổi Mesozoi muộn - Kainozoi, phát triển trong các thành tạo lục nguyên, lục nguyên cacbonat, lục nguyên chứa than tuổi Mesozoi sớm - giữa, tham gia hình thành trực tiếp uốn có quy mô địa phương.

Thân khoáng là các mạch thạch anh kích thước không đồng nhất, trong đó các mạch khoáng chứa vàng có kích thước nhỏ, nhiều khi tạo thành đới mạch phát triển theo đới cà nát cục bộ.

Thành phần khoáng vật có chalcopyrit dạng xâm nhiễm, ổ nhỏ trong mạch thạch anh. Ngoài chalcopyrite còn có pyrit, specularit, electrum và ít phổ biến các khoáng vật sulfur muối của Ag, Bi, Cu. Quặng tồn tại dạng lấp đầy khe nứt trong mạch khoáng cho thấy khoáng vật vàng - bạc được hình thành muộn. Phân tích chung có hàm lượng vàng và bạc thường không cao. Cá biệt có bạc tự sinh.

Đơn khoáng vàng có kích thước không đồng nhất, phổ biến đơn khoáng vàng dạng cành cây. Chỉ số ĐTK thay đổi từ 661 đến 968 [8]. Hạt vàng nhiều khi chứa bao thể nhỏ các khoáng vật sulfur muối, hay thể hiện có cấu tạo phân đới kết tinh khá rõ giữa vàng và bạc. Theo nhiệt kế của cặp THCS khoáng vật với các sulfur muối bismut, nhiệt độ thành tạo kết tinh của vàng ở trong khoảng 120-270°C như V.I. Goncharov đã nghiên cứu [10].

Thân khoáng có chiều dày mỏng, ít tạo thành các đới mạng mạch lớn vì thế tiềm năng công nghiệp của chúng cơ bản phụ thuộc vào quy mô của diện phân bố. Quặng hóa phát triển thường liên quan với các hoạt động kiến tạo Mesozoi muộn - Kainozoi trong các đới cấu trúc Mesozoid ở Đông Bắc Bộ và Tây Bắc Bộ. Nguồn vật chất tham gia tạo khoáng mang đặc điểm nguồn vật chất trong vỏ được thể hiện khá rõ đặc tính chalcophil của dung dịch tạo khoáng. Ngoài ra khi điều tra, nghiên cứu về đối tượng quặng của thành hệ, cần đánh giá tổng thể cả các nguyên tố Cu, Bi, Ag, Pb, Zn, (Te, Se ?) tham gia trong tạo khoáng, nhiều khi các thành tạo kim loại này cùng với vàng có thể xác lập được tiềm năng công nghiệp liên quan.

Đối với thành hệ quặng này, sự tiến hóa về nguồn vật chất của chúng sẽ kết thúc với những biểu hiện của khoáng hóa thiếc.

IV. NHÓM CÁC THÀNH HỆ QUẶNG VÀNG NGUỒN GỐC NHIỆT DỊCH PLUTON

Các nhóm thành hệ quặng thuộc nhóm thành hệ này phổ biến nhất trên lãnh thổ nước ta, với nhiều nhóm thành hệ quặng thể hiện một dãy tiến hóa vật chất thay thế nhau và nó cũng liên quan thay thế với một số nhóm thành hệ vàng khác.

Thuộc về các nhóm thành hệ vàng nhiệt dịch pluton có:

- Nhóm thành hệ thạch anh - sulfur đa kim - vàng (bạc).
- Nhóm thành hệ thạch anh - sulfur - vàng với các thành hệ :
 - + Thành hệ thạch anh - antimonit - vàng.
 - + Thành hệ thạch anh - pyrit - vàng.
 - + Thành hệ thạch anh - arsenopyrit - pyrit - vàng.

1. Nhóm thành hệ thạch anh - sulfur đa kim - vàng (bạc)

Nhóm thành hệ thạch anh - sulfur đa kim- vàng (bạc) phân bố bao rìa phía bắc, tây bắc của địa khối Kon Tum trong các đá biến chất tuổi Proterozoi, còn phần đông và nam của nó lại phân bố trong các thành tạo magma Mesozoi muộn. Quan hệ với các thể địa chất vây quanh cho thấy thành hệ khoáng hóa này có tuổi tương ứng với Kainozoi.

Thân khoáng là các mạch thạch anh - sulfur đa kim - vàng (bạc) có chiều dày không đồng nhất, thường tạo thành các đới mạch phân bố theo các đứt gãy thứ cấp của các hệ thống đứt gãy sâu ẩn có phương á kinh tuyến và á vĩ tuyến.

Thân khoáng có cấu tạo dải mạch hay đặc xít sulfur. Thành phần chủ yếu có pyrit, galenit, sphalerit, thứ yếu là chalcopyrit, tetraedrit, arsenopyrit. Vàng tham gia trong THCS khoáng vật chính là galenit-sphalerit-chalcopyrit-vàng, chúng tạo thành vi mạch lấp trong khe nứt của nền pyrit, thạch anh hay bao rìa khoáng vật của thể hệ sớm. Vàng có độ hạt nhỏ chỉ số ĐTK dao động trong khoảng 631-644 [15] thuộc phần dưới tới lớn hơn ở phần trên thân khoáng.

Loại hình quặng hóa này có hàm lượng vàng, bạc có khi đạt tới vài trăm ppm, trong nó ngoài các nguyên tố quý, còn có Sb, Ni, Co, Mo...ở mức cao.

Đá vây quanh thân quặng có biểu hiện của pyrophyllit hóa, beresit hóa tương chlorit, sericit.

2. Nhóm thành hệ thạch anh -sulfur-vàng

Thành hệ quặng này phát triển rộng rãi với nhiều kiểu khoáng hóa hay phụ thành hệ quặng khác nhau. Theo thứ tự của dãy tiến hóa chung về vật chất tham gia tạo khoáng có các kiểu khoáng hóa như sau:

2.1. Thành hệ thạch anh - antimonit - vàng: Kiểu khoáng này bắt gặp chủ yếu ở phần bắc lãnh thổ nước ta, trong các vùng quặng antimon như Tà Sỏi (Nghệ An), nếp lồi Cẩm Thủy - Bá Thước (Thanh Hóa), Ninh Bình, Hòa Bình, Tuyên Quang và Quảng Ninh.

Khoáng hóa vàng phân bố trong các mạch thạch anh - antimonit chứa sphalerit, arsenopyrit. Có chiều dày không đồng nhất. Qua quan hệ với các thành tạo đá vây quanh, kiểu khoáng hóa này có lẽ có tuổi Mesozoi muộn - Kainozoi, mặc dù chúng phân bố cả trong các thành tạo Paleozoi sớm-giữa.

Thân khoáng có cấu tạo quặng không đồng nhất, chủ yếu dạng ổ, xâm nhiễm. Thành phần thân khoáng chủ yếu là antimonit, thứ tới có sphalerit, pyrit, arsenopyrit. Vàng có quan hệ trực tiếp ngoài antimonit còn bắt gặp chúng với thạch anh, sphalerit sẫm màu.

Vàng có dạng hạt tinh thể tự hình, kiểu vón cục kích thước nhỏ tới lớn, ít gặp các tinh thể vàng dạng cành cây. Chỉ số ĐTK cao, dao động trong khoảng 970-990 [20].

Thành hệ quặng này thường phát triển theo các hệ thống đứt gãy sâu hay liên quan với các cấu trúc dạng vòm nâng khu vực. Trong mối quan hệ với magma thể hiện rõ nhất như ở điểm quặng vàng Làng Nè (Thanh Hóa) liên quan với các xâm nhập thành phần mafic; còn ở Tà Sỏi (Nghệ An) thấy có biểu hiện liên quan với granodiorit.

Theo số liệu nung nổ bao thể của Đỗ Hải Dũng [5] ở Làng Nè là 107-124°C còn Tà Sỏi 163-225 °C, cho thấy quặng hóa thuộc loại hình được tạo ra trong khoảng nhiệt độ trung bình - thấp.

2.2. Thành hệ thạch anh - pyrit - vàng: Là kiểu khoáng hóa nằm trong dãy tiến hóa vật chất của nhóm thành hệ thạch anh - sulfur - vàng. Thành hệ này khá phổ biến ở phần đông nếp lồi Ngân Sơn như các điểm mỏ Pắc Lạng, Bằng Khâu..., phía đông phụ đới Khâm Đức như mỏ vàng Bồng Miêu.

Khoáng hóa vàng là các mạch thạch anh - pyrit - vàng, có chiều dày không đồng nhất, cực đại thấy được ở Pắc Lạng - Bắc Cạn đạt tới hơn 3 m. Thân khoáng phổ biến phát triển khoáng trụ, trong thân khoáng, vàng phân bố cực kỳ không đồng đều. Thành hệ quặng vàng này không có giá trị về bạc, thường đạt vài ppm.

Tinh thể vàng có dạng vón cục, ngoài ra ít phổ biến hơn là dạng cành cây. Đơn khoáng vàng có chỉ số dao động trong khoảng 800 tới hơn 900 như ở mỏ vàng Pắc Lạng - Ngân Sơn [8, 21]. Thành phần khoáng hóa ngoài thạch anh, có pyrit chiếm chủ yếu, nghèo hơn có chalcopyrit, galenit, sphalerit, tetraedrit và vàng; trong đó, vàng được tạo ra muộn hơn so với pyrit không nhiều. Kiểu khoáng hóa này qua các số liệu phân tích quang phổ hấp thụ nguyên tử cho thấy có mức hàm lượng các nguyên tố Co, Ni tương đồng với các kiểu khoáng hóa có nguồn gốc nhiệt dịch pluton.

Theo số liệu đồng hóa bao thể trong thạch anh cho khoảng nhiệt độ 198 -232°C ở mỏ Pắc Lạng và 160-214 °C ở khu vực Bản Đăm; 294°C trong mỏ Bồng Miêu [5], nghĩa là quặng hóa được thành tạo ở nhiệt độ trung bình. Biến đổi nhiệt dịch đá vây quanh phổ biến là beresit hóa.

Quặng hóa phát triển theo các đứt gãy nhánh của hệ thống đứt gãy sâu, hay bao rìa các cấu trúc nâng quy mô khu vực.

2.3. Thành hệ thạch anh - arsenopyrit - pyrit - vàng: Đây là thành hệ quặng vàng phổ biến nhất ở nước ta, lộ ra chủ yếu trong các cấu trúc Phanerozoic như các nếp lồi khu vực Đông Bắc Bộ, vùng Hòa Bình, rìa đông và nam đối Đà Lạt.

Thành hệ này bao gồm các nhánh chính mang nhiều đặc điểm phát triển khác biệt nhau:

- Nhánh thứ nhất khoáng hóa mang đặc tính chalcofil
- Nhánh thứ hai khoáng hóa mang đặc tính chalco-litophil.

Ngoài ra, cũng xếp vào thành hệ này là quặng hóa arsenopyrit-pyrit chứa vàng trong một số cấu trúc phun trào thuộc phạm vi Đông Bắc Bộ.

- *Nhánh thứ nhất của thành hệ quặng* tương ứng với thành hệ quặng vàng ít sulfur như nhiều tác giả trong và ngoài nước đã phân loại. Chúng phát triển chính ở phía bắc lãnh thổ Việt Nam như nếp lồi Bắc Cạn, Bồ Cu, cấu trúc vùng Hòa Bình và một phần phía đông cấu trúc Đà Lạt như Trà Năng - Đức Trọng.

Khoáng hóa của thành hệ có dạng mạch, đới mạng mạch, phát triển theo hệ thống đứt gãy sâu phương á kinh tuyến. Thân khoáng phổ biến có vàng phân bố không đồng nhất, thường phát triển các cột khoáng, buồng khoáng hay ổ khoáng với hàm lượng Au tăng cao đột biến tới 1000 ppm và lớn hơn, trong đó hàm lượng bạc chiếm tỷ lệ nhỏ, hoặc không đáng kể.

Nét nổi bật về tinh thể vàng của thành hệ là phổ biến vàng tự sinh có kích thước lớn, chỉ số ĐTK cao, từ 900 tới 998 [8]. Vàng được tạo ra ở giai đoạn sớm cùng THCS khoáng vật với thạch anh, arsenopyrit, pyrit, tồn tại dạng bao thể đồng sinh trong các khoáng vật nêu trên. Trong giai đoạn muộn, vàng có quan hệ cộng sinh với pyrit muộn hạt nhỏ tha hình, chalcopyrit, galenit, tetraedrit, pyrrotin; đây là giai đoạn tạo khoáng sản phẩm chính của thành hệ. Tinh thể vàng có độ hạt cực đại.

Trong thành phần của quặng hóa, theo các số liệu phân tích cho thấy có biểu hiện của Pd [8], ngoài ra cũng có chứa Co, Ni. Đồng hóa bao thể trong các mạch thạch anh của thành hệ ở các điểm quặng, mỏ ở Cao Rãm, Làng Lột (Hòa Bình), Bồ Cu (Thái Nguyên) cũng như Trà Năng (Lâm Đồng) của Đỗ Hải Dũng [5] cho nhiệt độ thành tạo nằm trong khoảng 252-311°C. Theo nhiệt kế arsenopyrit của THCS khoáng vật arsenopyrit, pyrit, vàng ở Khau Âu (Bắc Cạn) có nhiệt độ thành tạo trong khoảng 290-310°C, còn ở Ngân Me, Cây Thị, Khe Dúi trong cấu trúc Bồ Cu (Thái Nguyên) cũng nằm trong khoảng nhiệt độ 280-310°C [1, 8] tương ứng với các thành tạo nhiệt dịch nhiệt độ trung bình.

Đặc trưng biến đổi nhiệt dịch các đá vây quanh phát triển chủ yếu thành tạo beresit hóa, với đặc trưng khá phổ biến có sulfur xâm tán trong các thành tạo đá vây quanh.

- *Nhánh thứ hai của thành hệ quặng* vàng này có ở khu vực Hiếu Liêm (Đồng Nai). Khoáng hóa phát triển trong các thành tạo xâm nhập của phức hệ Định Quán ở dạng mạch, mạng mạch với kích thước khác nhau. Thành phần thân khoáng có thạch anh, arsenopyrit, pyrit, nghèo hơn có chalcopyrit, galenit, bismuthin, cosalit, aikinit và vàng tự sinh. Vàng tham gia trong mọi THCS khoáng vật của các giai đoạn tạo khoáng. Giai đoạn sớm có THCS thạch anh - arsenopyrit - pyrit - vàng, vàng tồn tại dạng bao thể trong arsenopyrit; còn giai đoạn muộn có chalcopyrit, cosalit, aikinit, bismuthin, vàng tồn tại cùng chalcopyrit, hay các sulfur muối của Bi ở dạng lấp đầy khe nứt trong các thành tạo sớm hoặc là bao thể nhỏ trong các khoáng vật của THCS muộn.

Nhánh thành hệ quặng này có đặc điểm khoáng hóa đa dạng không chỉ về cấu tạo thân khoáng, mà cả tỷ lệ sulfur của quặng, trong đó hàm lượng Au và Ag thay đổi tỷ lệ nghịch với sulfur trong quặng. Độ hạt của vàng dao động lớn, chỉ số ĐTK cao đạt tới 965 hoặc lớn hơn. Trong thành phần quặng, ngoài các nguyên tố Co, Ni, còn phổ biến khá giàu Bi. Nét nữa đặc trưng cho nhánh thành hệ quặng vàng này, thể hiện sự thay thế quặng hóa hết sức rõ rệt chuyển đổi từ các vi mạch thạch anh - chalcopyrit - cosalít - aikinit - vàng ở phần cao sang thạch anh - arsenopyrit - pyrit - vàng chiếm chủ yếu ở phần thấp trong một không gian phân bố khoáng hóa. Điều này cho thấy có sự chùng chéo về hoạt động tạo khoáng mà thành tạo khoáng vàng mang đặc tính chalcofil thuộc thành tạo sớm, chùng lên nó là thành tạo khoáng hóa vàng mang đặc tính chalco-litophil.

So sánh những đặc trưng của THCS khoáng vật sớm với nhánh thứ nhất của thành hệ quặng này, có thể chúng được tạo ra tương đồng với khoáng nhiệt độ 280-310°C, còn giai đoạn muộn với THCS khoáng vật của sulfur muối bismut, so sánh với các số liệu thực nghiệm cho quặng hóa tương đồng ở một số mỏ của thế giới, chúng ở trong khoảng nhiệt độ 120-270°C [10]. Qua đó cũng cho thấy sự biến động về điều kiện nhiệt động trong quá trình thành tạo của nhánh quặng này.

Biến đổi nhiệt dịch chủ yếu liên quan với quặng hóa phổ biến là hiện tượng lục hóa các đá xâm nhập chứa chúng.

- *Nhánh thứ ba của thành hệ* tương ứng với khoáng hóa arsenopyrit-pyrit-(vàng) gặp được trong một số cấu trúc phun trào ở Đông Bắc Bộ. Điển hình là khoáng hóa ở Nà Pái - Tô Hiệu, Bình Gia (Lạng Sơn).

Khoáng hóa phát triển theo các đới cà nát dập vỡ kiến tạo trong đá phun trào của hệ tầng Sông Hiến (T₂ sh). Quặng hóa dạng ổ, xâm nhiễm không đồng nhất. Thành phần chủ yếu có arsenopyrit, pyrit, nghèo hơn là chalcopyrit, các khoáng vật sulfur muối của Cu, Sb, galenit, sphalerit.... Vàng tự sinh gặp ở giai đoạn sau thành tạo THCS khoáng vật arsenopyrit - pyrit, có dạng hạt nhỏ (phạm vi Tô Hiệu), chỉ số ĐTK đạt 787-861 [12]. Quặng hóa theo số liệu khái thác cho thấy nghèo, có biểu hiện của khoáng trụ [2]. Kết thúc tiến trình tạo khoáng hình thành THCS khoáng vật calcit-jamsonit-sphalerit, chalcopyrit. Trong tiến trình phát triển khoáng hóa, có thể hiện một giai đoạn biến chất khí hóa chùng lên trước giai đoạn tạo khoáng vàng với biểu hiện rõ rệt của cặp cộng sinh khoáng vật rutil (giả hình ilmenit) - pyrit với kiến trúc phân hủy mirmekit rõ rệt [7].

Quặng hóa có biểu hiện chứa Ni, Co ở dạng các khoáng vật độc lập [7, 16], ngoài ra còn có Pd tham gia ở mức thấp [7].

Kết quả đồng hóa bao thể cho quặng hóa của giai đoạn sản phẩm là 205-235 °C [6]. Còn giai đoạn tạo khoáng sớm của THCS khoáng vật arsenopyrit-pyrit có nhiệt độ thành tạo 350-420°C tính theo nhiệt kế arsenopyrit [1, 7, 8].

Thành tạo quặng hóa của nhánh này phổ biến hiện tượng propylit, argilit hóa [3, 18], vàng tập trung chính vào nơi thay đổi tương biến chất trao đổi [18].

Tổng quan chung cho thấy, đây là nhóm thành hệ quặng có tiềm năng lớn nhất của Việt Nam. Quặng hóa có quy mô lớn, chúng phát triển theo các hệ thống đứt gãy sâu, diện phân bố rộng, nhiều khi tạo thành các đới khoáng hóa với quy mô khu vực. Nguồn vật chất tham gia tạo quặng có nguồn gốc sâu mang đặc điểm chalcofil. Tuy nhiên, loại hình quặng hóa arsenopyrit-pyrit-(vàng) như thấy ở Bình Gia (Lạng Sơn), mới chỉ biểu hiện phần cao của tạo khoáng ít có triển vọng.

V. NHÓM CÁC THÀNH HỆ QUẶNG VÀNG NGUỒN GÓC SKARN VÀ PEGMATIT

Nhóm thành hệ quặng vàng nguồn gốc skarn và pegmatit ít được nghiên cứu ở Việt Nam, do biểu hiện của chúng chưa được rõ ràng.

1. Thành hệ skarn chứa vàng

Thành hệ quặng này không phổ biến, có thể có trong các cấu trúc trường quặng phát triển loại hình skarn như vùng Bản Chiềng mà khoáng hóa thiếc là cơ bản. Vàng tham gia trong giai đoạn muộn của hoạt động nhiệt dịch sau biến chất trao đổi hình thành các thành tạo skarn.

Ngoài khoáng hóa skarn vùng Bản Chiềng (Nghệ An), còn có thể có ở dọc đứt gãy Sông Mã, trong cấu trúc nếp lồi Cẩm Thủy - Bá Thước.

Quy mô và biểu hiện của thành hệ quặng này hết sức cục bộ.

2. Thành hệ pegmatit chứa vàng

Thành hệ quặng vàng có nguồn gốc pegmatit rất hạn chế ở Việt Nam. Duy nhất bắt gặp ở Hòa Hải (Hương Khê, Hà Tĩnh). Quặng hóa là các mạch thạch anh - pegmatit mang vàng phát triển ở phần vòm thể granit batholit của phức hệ Trường Sơn (γ_{43} ts).

Quặng hóa có dạng mạch tỏa tia ở phần vòm khối xâm nhập, thành phần khoáng hóa đơn điệu, ngoài thạch anh - feldspat - mica (muscovit hạt nhỏ) chiếm số lượng lớn, vàng và pyrit ở dạng xâm nhiễm hạt nhỏ tha hình trong nó. Hàm lượng vàng trong quặng đôi khi cũng thể hiện có sự đột biến, song nhìn chung là nghèo.

Thành hệ quặng này còn ít được nghiên cứu và thực tế chúng chỉ mang ý nghĩa khoa học

VI. VÀNG TRONG CÁC THÀNH HỆ QUẶNG KHÁC

Các thành hệ quặng của các đối tượng quặng khác như Cu, Pb, Zn, S khá phổ biến ở Việt Nam. Trên các kết quả phân tích chung cho thấy trong thành phần quặng hóa có biểu hiện chứa vàng, bạc ở mức thấp, được xem như là sản phẩm thứ yếu của quặng hóa. Vàng trong các thành tạo này, chỉ có giá trị trong phần làm giàu về sau, nhiều khi có giá trị kinh tế cao. Thuộc về quặng hóa của các thành hệ nêu trên cơ bản là thành hệ đồng chứa vàng ở Ba Vì, Sin Quyền, các mỏ chalcedon lưu huỳnh, các mỏ chì-kẽm-đồng.

Nét cơ bản về sự tồn tại của vàng trong các thành hệ nêu trên, cho thấy rõ ràng vàng tồn tại ở dạng khoáng vật độc lập, là các bao thể nhỏ trong các khoáng vật sulfur như pyrit, chalcopirit với số lượng nghèo. Hàm lượng vàng tham gia trong quặng ở mức thấp. Trong một số đối tượng quặng đa kim thường phát triển các đới làm giàu thứ sinh, ở đây nhiều khi tồn tại các đới biểu sinh chứa vàng, cũng như đới thứ sinh của bạc trong nó như Nà Tùm (Bắc Cạn).

Nghiên cứu về nhóm thành hệ quặng này liên quan với vàng còn nhiều hạn chế, do chưa chú trọng điều tra đánh giá tổng thể, vì thế nhiều khi bỏ qua đối tượng vàng và bạc.

Tiềm năng về khoáng hóa vàng của nhóm thành hệ, hoàn toàn phụ thuộc vào quy mô của đới tọng chứa nó, chúng chỉ có giá trị khi tận thu phần sản phẩm phụ của quặng hóa trong quá trình chế biến.

VII. KẾT LUẬN

Tổng quan chung những đặc điểm chính về các thành hệ quặng vàng ở Việt Nam được tổng hợp ở Bảng 1 cho thấy tiềm năng công nghiệp của các thành hệ quặng vàng Việt Nam được thể hiện theo trình tự sau:

1. Nhóm thành hệ nhiệt dịch pluton (loại trừ kiểu khoáng hóa Bình Gia, Lạng Sơn) → Nhóm thành hệ nhiệt dịch phun trào bao gồm khoáng hóa vàng nhiệt độ thấp, vàng - đa kim tồn tại trong các thể tường → Nhóm thành hệ nhiệt dịch nông → Nhóm các thành hệ khác liên quan với vàng.

2. Trong các nhóm thành hệ quặng vàng có mặt trên lãnh thổ Việt Nam, phổ biến nhất là các thành tạo quặng hóa của nhóm thành hệ nhiệt dịch pluton, thứ tới là các thành tạo nhiệt dịch nông, nhiệt dịch phun trào và thành hệ quặng vàng - đa kim tồn tại trong các thể tường trong các xâm nhập thuộc phạm vi Nam Trung Bộ cần được mở rộng điều tra nghiên cứu.

Bảng 1. Bảng tổng hợp những đặc điểm chính của các thành hệ quặng vàng Việt Nam

TT	Nguồn gốc	Nhóm thành hệ	Đặc điểm phân bố	Thành phần khoáng vật chính	Đặc điểm nguồn vật chất	Tiềm năng
1	Nhiệt dịch phun trào	Thành hệ quặng vàng liên quan với phun trào (nhiệt độ thấp)	Phân bố trong các thể tường phun trào hoặc xâm nhập thành phần trung tính - kiềm tới axit, thân khoáng trùng với thân thể tường phun trào. Hoặc phát triển theo các cấu trúc miệng núi lửa. Thường phát triển theo các đứt gãy nhánh liên quan với các đứt gãy sâu, đứt gãy sâu ẩn.	Pyrit, chalcopyrit, galenit, sphalerit, vàng, electrum, kiusterit, bạc tự sinh, các sulfur muối của Cu, Pb, As.	Liên quan với các nguồn vật chất sâu	Cần được đánh giá và nghiên cứu chi tiết.
		Thành hệ quặng vàng liên quan với cấu trúc núi lửa		Thạch anh, pyrit, chalcopyrit, vàng tự sinh		
		Vàng - đa kim trong thành tạo thể tường		Pyrit, chalcopyrit, galenit, sphalerit, vàng, TeAu ?		
2	Nhiệt dịch nông	sulfur - vàng (bạc)	Phân bố trong các cấu trúc núi lửa phun trào trẻ, trong các đá lục nguyên phát triển bao rìa các cấu trúc trên nếp lồi khu vực có quy mô nhỏ. Quặng hóa tập trung trong các khe nứt	Pyrit, chalcopyrit, vàng, galenit, sphalerit, electrum, sunfur BI, sulfu muối Cu, Bi	Nguồn vật chất mang đặc điểm chalcophil. Trong dãy tiến hóa có biểu hiện kết thúc bằng khoáng hóa thiếc.	Phụ thuộc vào diện phân bố và các nguyên tố đi kèm như Cu, Bi, Pb, Zn, Ag
		Sulfur - vàng		Pyrit, chalcopyrit, specularit, vàng, sunfur Bi, sulfur muối BI, Cu		
		Thạch anh - đồng - vàng (bạc)		Thạch anh, pyrit, chalcopyrit, vàng, electrum.		
3	Nhiệt dịch sâu (Pluton)	Thạch anh - sulfur đa kim - vàng (bạc)	Phân bố trong các cấu trúc mang quy mô khu vực như bao rìa địa khối, các vòm nâng lớn, hay phát triển theo các đứt gãy sâu, sâu ẩn quy mô lớn.	Thạch anh, pyrit, galenit, chalcopyrit, sphalerit, vàng, arsenopyrit, electrum, sulfur muối Cu, Sb, As.	Nguồn vật chất tham gia tạo khoáng là nguồn gốc sâu, mang đặc tính chalcophil và chalcophil.	Có tiềm năng lớn về vàng, ngoài ra là các nguyên tố Cu, Pb, Zn, (Ag).
		Thạch anh - sulfur - vàng		Thạch anh, antimonit, vàng, sphalerit, galenit, arsenopyrit. Thạch anh, pyrit, vàng, nghèo sulfur đa kim.		

				Thạch anh, pyrit, arsenopyrit, vàng. Có sulfur đa kim		
				Thạch anh, pyrit, arsenopyrit, vàng, sulfur Bi, sulfur muối Bi, sulfur đa kim.		
4	Biến chất trao đổi	Skarno chứa vàng	Liên quan với các thành tạo skarno chứa khoáng hóa vàng	?		ít có tiềm năng, có ý nghĩa khoa học
		Pecmatit chứa vàng	Liên quan với các vòm pegmatit của các xâm nhập axit	Thạch anh, pelspat, mica, vàng		
5	Vàng trong các thành hệ quặng khác		Liên quan với các khoáng sản khác chứa vàng ở mức hàm lượng thấp.	Vàng là sản phẩm phụ của quá trình khai thác chế biến.		Phụ thuộc vào sản phẩm thu hồi

VĂN LIỆU

1. **Bortnikov N.S., 1992.** Về độ chính xác của nhiệt kế arsenopyrit và arsenopyrit-sphalerit. *Mỏ Địa chất*, 35.
2. **Đặng Văn Lãm, 1994.** Đặc điểm phân bố và những vấn đề kỹ thuật thăm dò vàng gốc Nà Pái (Bình Gia). *Hội thảo KH đề tài KT 01-08. Tổng cục Địa chất, Hà Nội.*
3. **Đặng Văn Lãm, 1996.** Các thành tạo phun trào khu vực Bình Gia - Lạng Sơn và khoáng hóa liên quan. *Báo cáo HNKH lần thứ 12, ĐH. M-ĐC, 2 : 301-307. Hà Nội.*
4. **Đỗ Hải Dũng, 1991.** Fluid inclusions from the gold mines and deposits in Viet Nam. *Proc. SEA Gold Symp., 91 : 182-185. Hồ Chí Minh City.*
5. **Đỗ Hải Dũng, 1994.** Về bản chất các mỏ vàng nhiệt dịch, nhiệt độ thấp (nhiệt độ thấp) và triển vọng của chúng ở Việt Nam. *Hội thảo KH đề tài KT 01-08. Tổng cục Địa chất, Hà Nội.*
6. **Đỗ Quốc Bình, Nguyễn Văn Ngoãn, 1992.** Kiểu khoáng hóa vàng-bismut-đồng sulfat Tiát (Phù Yên, Sơn La). *TC Địa chất, 212-213 : 43-49. Hà Nội.*
7. **Đỗ Quốc Bình, 1996.** Hoạt động nhiệt dịch của dải phun trào Bình Gia - Thất Khê và ý nghĩa tạo khoáng vàng trong nó. *BC HNKH lần thứ 12, ĐH. Mỏ - Địa chất, 2 : 169-177. Hà Nội.*
8. **Đỗ Quốc Bình, 1997.** Đặc điểm khoáng hóa vàng ở các đới Sông Hiến và An Châu. *Luận án PTS Địa lý - Địa chất, Thư viện QG, Hà Nội.*
9. **Đỗ Quốc Bình, 1999.** Nghiên cứu quặng hóa vàng ở cấu trúc Bò Cu, Thái Nguyên để đánh giá đặc điểm bóc mòn và dự báo quặng ẩn sâu. *TC Địa chất, A/254 : 15-22. Hà Nội.*
10. **Gontcharov V.I., 1983.** Sự thành tạo quặng nhiệt dịch của các đai núi lửa ven rìa. *Nauka, Moskva.*
11. **Journal of Geochemical Exploration, 1994.** Vol. 50, Elsevier, Amsterdam-London-New York -Tokyo.

12. Nguyễn Nghiêm Minh, 1994. Tiềm năng vàng Việt Nam. *Hội thảo KH đề tài KT 01-08. Tổng cục Địa chất, Hà Nội.*

13. Nguyễn Ngọc Trường, Nguyễn Ngọc Khôi, Trần Hồng Côn, Bùi Đức Toàn, 1994. Tiềm năng vàng cộng sinh Việt Nam. *Hội thảo KH đề tài KT 01-08. Tổng cục Địa chất, Hà Nội.*

14. Nguyễn Văn Can, 1994. Đặc điểm khoáng hóa vàng Bình Gia. *Luận án PTS Địa lý - Địa chất, Thư viện QG, Hà Nội.*

15. Nguyễn Văn Canh, 1999. Thành phần khoáng vật của các kiểu quặng vàng (nội sinh) rìa bắc địa khối Kon Tum. *TC Địa chất, A/254 : 10-14. Hà Nội.*

16. Nguyễn Văn Chử, Nguyễn Văn Can, Đỗ Quốc Bình, 1994. Phát hiện mới khoáng vật thuộc nhóm sulfo muối trong quặng vàng mỏ Nà Pái, Bình Gia. *TC Địa chất, A/220 : 43-47. Hà Nội.*

17. Nguyễn Văn Chử, Nguyễn Nghiêm Minh, 1994. Về các kiểu quặng và thành hệ quặng vàng Việt Nam. *Hội thảo KH đề tài KT 01-08. Tổng cục Địa chất, Hà Nội.*

18. Nguyễn Văn Ngoãn (Chủ biên), 1988. Nền thạch học cấu trúc và quy luật phân bố khoáng hóa vàng: Điểm quặng Nà Pái. *Lưu trữ Xí nghiệp 386. Hà Nội.*

19. Ramdor, 1962. Các khoáng vật quặng và sự mọc ghép của chúng. *Nauka, Moskva.*

20. Trần Đình Sâm, 1996. Các kiểu thành hệ quặng vàng có triển vọng công nghiệp ở khu vực Bắc Trung Bộ và phương hướng tìm kiếm chúng. *Luận án PTS Địa lý - Địa chất. Thư viện Quốc gia, Hà Nội.*

21. Trần Sơn Lâm (Chủ biên), 1992. Báo cáo Nghiên cứu dạng tồn tại của vàng và sưu tập bộ mẫu đặc trưng cho các thành hệ quặng vàng Việt Nam. *Lưu trữ ĐC, Hà Nội.*