

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT**

ĐỒNG VĂN GIÁP

**ĐẶC ĐIỂM QUẶNG HÓA VÀNG
TRONG THÀNH TẠO PHUN TRÀO
RÌA TÂY NAM CẤU TRÚC BÙ KHẠNG**

**Ngành: Kỹ thuật Địa chất
Mã số: 9520501**

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ ĐỊA CHẤT

Hà Nội - 2022

Công trình được hoàn thành tại **Bộ môn Tìm kiếm-Thăm dò, Khoa Khoa học và Kỹ thuật Địa chất, Trường Đại học Mỏ - Địa chất**

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

1. **PGS.TS Nguyễn Quang Luật**, Tổng Hội Địa chất Việt Nam
2. **TS Nguyễn Văn Nguyên**, Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam

Phản biện 1: **TS Trần Ngọc Thái**, Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản

Phản biện 2: **PGS.TS Trần Bình Chư**, Tổng Hội Địa chất Việt Nam

Phản biện 3: **PGS.TS Nguyễn Phương**, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án cấp Trường họp tại **Trường Đại học Mỏ - Địa chất**, Phường Đức Thắng, Quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội.

Vào hồi h phút, ngày tháng năm 2022

Có thể tìm hiểu luận án tại **Thư viện Quốc gia – Hà Nội**
hoặc **Thư viện Trường Đại học Mỏ-Địa chất**

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Vùng nghiên cứu nằm ở rìa tây nam khối Bù Khạng, là một phần nhỏ thuộc Đại tạo núi Paleozoi muộn - Mesozoi sớm Trường sơn (theo Trần Văn Trị & nnk, 2008) và được khống chế bởi các đứt gãy lớn Mường Lân - Quỳnh Hợp ở phía đông bắc, Sông Cả ở phía tây nam. Đây là vùng có cấu trúc địa chất phức tạp và biểu hiện khoáng sản vàng phong phú. Theo kết quả đo vẽ lập bản đồ địa chất và tìm kiếm khoáng sản tỷ lệ 1:50.000 nhóm tờ Kim Sơn, thuộc tỉnh Nghệ An, các nhà địa chất Liên đoàn Intergeo đã phát hiện được 13 đới khoáng hoá sulfur chứa vàng, trong đó đã khoanh nổi được 15 thân quặng. Các đới khoáng hoá và thân quặng phân bố trong các đá phun trào axit đến trung tính bị dập vỡ, cà nát và biến đổi, kéo dài không liên tục khoảng 20 km, theo phương á vĩ tuyến từ bản Huồi Cọ thuộc xã Hữu Khuông, huyện Tương Dương qua bản Huồi Mây đến Bản Tang thuộc xã Cẩm Muộn, huyện Quế Phong, tỉnh Nghệ An.

Mặc dù đã phát hiện được nhiều đới khoáng hoá sulfur chứa vàng và thân quặng vàng, nhưng do còn có những hạn chế về mức độ đầu tư trong công tác đo vẽ lập bản đồ địa chất và điều tra khoáng sản cho nên mức độ nghiên cứu về thành phần vật chất và điều kiện thành tạo quặng vàng trong vùng còn rất sơ lược, chưa làm sáng tỏ bản chất nguồn gốc, kiểu mỏ, kiểu quặng vàng phân bố trong các thành tạo phun trào, cũng như các yếu tố địa chất khống chế chúng, xác định đặc điểm phân bố và đánh giá triển vọng làm cơ sở khoa học phục vụ công tác tìm kiếm, thăm dò và khai thác quặng vàng trong vùng, góp phần thúc đẩy nền kinh tế đất nước phát triển.

Do vậy, đề tài luận án Tiến sĩ: **“Đặc điểm quặng hoá vàng trong thành tạo phun trào rìa Tây Nam cấu trúc Bù Khạng”** được đặt ra hoàn toàn xuất phát từ nhu cầu của thực tiễn khách quan, nhằm giải quyết những vấn đề tồn tại mang tính thời sự về khoa học và thực tiễn nêu trên.

2. Mục tiêu của luận án

Luận án có mục tiêu làm sáng tỏ đặc điểm thành phần vật chất, nguồn gốc và các yếu tố khống chế quặng hoá vàng trong thành tạo phun trào rìa tây nam cấu trúc Bù Khạng, tạo cơ sở khoa học định hướng cho công tác dự báo, tìm kiếm, thăm dò khoáng sản vàng trong khu vực.

3. Nhiệm vụ của luận án

- Thu thập có chọn lọc, hệ thống hoá và đánh giá các dạng tài liệu đã có về địa chất và khoáng sản vàng trong vùng nghiên cứu.

- Nghiên cứu thành phần vật chất, tiến trình tạo quặng và xác lập kiểu mỏ, kiểu quặng vàng. Xác định điều kiện địa chất và hoá - lý thành tạo, nguồn gốc quặng vàng.

- Nghiên cứu, xác định các yếu tố khống chế quặng hóa và các tiền đề, dấu hiệu tìm kiếm quặng vàng trong vùng nghiên cứu.

- Nghiên cứu làm rõ đặc điểm phân bố và đánh giá triển vọng quặng vàng trong các thành tạo phun trào khu vực rìa tây nam cấu trúc Bù Khạng.

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu: là quặng vàng và các đối tượng địa chất liên quan quặng hóa vàng tại các điểm quặng, biểu hiện khoáng hóa vàng thuộc khu vực rìa tây Nam cấu trúc Bù Khạng.

5. Những điểm mới của luận án

* Bằng các phương pháp phân tích định lượng hiện đại (phương pháp nghiệm lạnh, phương pháp quang phổ Raman, phương pháp phân tích đồng vị bền O ($\delta^{18}\text{O}$) & H (δD), v.v..) đã làm rõ điều kiện hóa - lý thành tạo quặng vàng trong vùng nghiên cứu (nhiệt độ, áp suất, độ sâu tạo quặng, tỷ trọng dung dịch) và xác định nguồn của dung dịch tạo quặng là từ magma xâm nhập.

* Đã xác định rõ vai trò vây quanh quặng của các thành tạo phun trào trung tính, acit tuổi T_{2a} hệ tầng Đồng Trầu và vai trò sinh quặng vàng của thành tạo granitoid phức hệ Sông Mã tuổi T_2 trong quá trình thành tạo quặng Au ở vùng nghiên cứu;

* Đã làm rõ tiến trình tạo quặng và xác lập quặng hóa vàng trong vùng nghiên cứu thuộc kiểu mỏ nhiệt dịch nguồn xâm nhập và được đặc trưng bởi 2 kiểu quặng sản phẩm: thạch anh - arsenopyrit - vàng và thạch anh - sulfur đa kim - vàng;

* Đã xác lập các yếu tố khống chế quặng hóa Au trong các thành tạo phun trào khu vực rìa tây nam cấu trúc Bù Khạng, bao gồm: *Yếu tố magma* (granitoid phức hệ Sông Mã); *Yếu tố cấu trúc kiến tạo* (hệ thống đứt gãy tây bắc-đông nam và các cấu trúc sinh kèm); *Yếu tố thạch học-địa tầng* (tổ hợp các đá phun trào trung tính, acit hệ tầng Đồng Trầu).

* Kết quả nghiên cứu mới bổ sung của tác giả luận án về tuổi đồng vị U-Pb zircon của phức hệ Sông Mã ($247 \pm 2,5$ Tr.n) góp phần làm rõ tiến trình hoạt động magma trong vùng nghiên cứu nói riêng và cấu trúc địa chất khu vực nói chung.

6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

* *Ý nghĩa khoa học:*

Việc xác lập kiểu mỏ nhiệt dịch nguồn xâm nhập với 2 kiểu quặng đặc trưng là thạch anh - arsenopyrit - vàng và thạch anh - sulfur đa kim-vàng, cũng như việc làm rõ vai trò vây quanh quặng của các thành tạo phun trào trung tính, acit tuổi T_{2a} hệ tầng Đồng Trầu và vai trò sinh quặng của thành tạo granitoid (thuộc kiểu I granit) phức hệ Sông Mã tuổi T_2 trong quá trình tạo quặng là cơ sở khoa học-thực tiễn góp phần bổ sung lý luận cho khoa học địa chất mỏ quặng.

* *Ý nghĩa thực tiễn:*

Các kết quả nghiên cứu của luận án sẽ góp phần định hướng cho công tác dự báo, tìm kiếm phát hiện quặng hóa vàng trên mặt và dưới sâu ở những vùng có đặc điểm địa chất tương tự, phục vụ công tác quy hoạch điều tra cơ bản, tìm kiếm-thăm dò khoáng sản vàng ở Việt Nam.

7. Các luận điểm bảo vệ của luận án

- Luận điểm 1: Quặng hoá vàng trong các thành tạo phun trào khu vực rìa tây nam cấu trúc Bù Khạng thuộc kiểu mỏ nhiệt dịch nguồn xâm nhập. Hoạt động tạo khoáng nhiệt dịch diễn ra trong 4 giai đoạn, trong đó giai đoạn II và III là 2 giai đoạn tạo quặng vàng sản phẩm tương ứng với 2 kiểu quặng: thạch anh - arsenopyrit - vàng và thạch anh - sulfur đa kim - vàng.

- Luận điểm 2: Quá trình thành tạo quặng vàng trong vùng nghiên cứu được khống chế bởi các yếu tố: Các thành tạo granitoid phức hệ Sông Mã (G^P/T_{2sm}); hệ

thống đứt gãy tây bắc-đông nam và các cấu trúc sinh kèm; các đá phun trào ryolit, ryodacit, andesit và tuf của chúng thuộc tập 1 hệ tầng Đồng Trầu (T_{2adT_1}) đóng vai trò vây quanh quặng.

8. Cơ sở tài liệu để hoàn thành luận án

Luận án được xây dựng trên nguồn tài liệu chủ yếu do tác giả và các đồng nghiệp thu thập trong quá trình thực hiện nhiệm vụ “Đo vẽ bản đồ địa chất và điều tra khoáng sản tỷ lệ 1: 50.000 nhóm tờ Kim Sơn” kết hợp với các kết quả phân tích chuyên sâu bổ sung trong thời gian làm NCS của tác giả. Các số liệu phân tích định lượng bao gồm: 134 mẫu lát mỏng phân tích chi tiết, 356 mẫu nung luyện, 60 mẫu silicat, 144 mẫu hấp thụ nguyên tử, 120 mẫu giã đãi, 207 mẫu plasma (ICP), 100 mẫu khoáng tương, 43 mẫu ICP-MS, 16 mẫu xác định nhiệt độ đồng hóa bao thể, 15 mẫu microsond, 2 mẫu phân tích tuổi đồng vị U- Pb zircon, 2 mẫu phân tích đồng vị bền Oxy ($\delta^{18}O$) và Hydro (δD), 2 mẫu phân tích quang phổ Raman xác định thành phần bao thể. Ngoài ra, NCS còn tham khảo các tài liệu nghiên cứu về đặc điểm địa chất và khoáng sản trong khu vực nghiên cứu đã được công bố.

9. Bố cục của luận án

Nội dung luận án được trình bày trong 150 trang khổ giấy A4, trong đó có 53 hình vẽ, 13 bảng biểu, 96 ảnh và 02 phụ lục. Ngoài phần mở đầu và kết luận, luận án được cấu trúc thành 5 chương .

10. Nơi thực hiện đề tài luận án

Luận án được thực hiện và hoàn thành tại Bộ môn Khoáng sản (nay là Bộ môn Tìm kiếm - Thăm dò), Khoa KH&KT Địa chất, Trường Đại học Mở - Địa chất dưới sự hướng dẫn khoa học của PGS.TS Nguyễn Quang Luật và TS Nguyễn Văn Nguyễn.

Trong quá trình hoàn thành luận án, NCS đã nhận được sự quan tâm tạo điều kiện của Ban Giám hiệu Trường Đại học Mở - Địa chất, Phòng Đào tạo Sau đại học, Bộ môn Khoáng sản, Bộ môn Tìm kiếm-Thăm dò - Khoa KH&KT Địa chất; Lãnh đạo Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam và đặc biệt là sự tạo điều kiện thuận lợi, giúp đỡ mọi mặt của Lãnh đạo Liên đoàn Địa chất hợp tác với nước ngoài (Liên đoàn Intergeo). NCS cũng nhận được sự động viên giúp đỡ, góp ý tận tình của các thầy cô, các nhà khoa học trong lĩnh vực địa chất khoáng sản và tìm kiếm-thăm dò. NCS xin chân thành cảm ơn.

NỘI DUNG LUẬN ÁN

Chương 1: Đặc điểm cấu trúc địa chất khu vực rìa Tây Nam cấu trúc Bù Khạng

1.1. Vị trí vùng nghiên cứu trên bình đồ cấu trúc khu vực

Vùng nghiên cứu nằm ở rìa tây nam khối Bù Khạng, là một phần nhỏ của đai tạo núi Paleozoi muộn - Mesozoi sớm Trường Sơn (Trần Văn Trị & nnk, 2008) và thuộc phần phía nam nhóm tờ bản đồ địa chất Kim Sơn tỷ lệ 1:50.000, có diện tích khoảng 580 km² được giới hạn bởi các tọa độ địa lý: 19°21'12" - 19°30'58" vĩ độ bắc; 104°35'59" - 104°54'17" kinh độ đông. Trên bình đồ cấu trúc khu vực, vùng nghiên cứu được cấu thành bởi một phần của 3 khối cấu trúc: Bù Khạng, Sông Cả, Sầm Nưa-Hoành Sơn, tương ứng với 3 tổ hợp thạch kiến tạo: vỏ lục địa cổ tuổi Neoproterozoi

(NP), rìa lục địa thụ động tuổi Paleozoi (PZ), rift nội lục sau va chạm tuổi Mesozoi (MZ).

1.2. Sơ lược về lịch sử nghiên cứu địa chất và khoáng sản vàng

1.2.1. Sơ lược về lịch sử nghiên cứu địa chất

**Giai đoạn trước năm 1954:* công tác nghiên cứu địa chất chủ yếu do các nhà địa chất Pháp tiến hành ở tỷ lệ nhỏ với mức độ nghiên cứu sơ lược.

** Giai đoạn sau năm 1954:* vùng nghiên cứu đã được đo vẽ bản đồ địa chất khoáng sản các tỷ lệ 1:500.000, 1:200.000 và 1:50.000 cho một số vùng lân cận. Từ năm 2006-2019 vùng nghiên cứu mới được đo vẽ địa chất và điều tra khoáng sản ở tỷ lệ 1:50.000 do Liên đoàn Intergeo thực hiện.

1.2.2. Lịch sử nghiên cứu, tìm kiếm - thăm dò khoáng sản vàng

Năm 1992, Trần Quang Hòa và nnk đã phát hiện vàng sa khoáng tồn tại trong vùng nghiên cứu với trữ lượng và tài nguyên dự báo (cấp $C_2+P_1+P_2$) là 2.095kg Au.

Từ năm 2006 đến 2019, trong quá trình đo vẽ địa chất và điều tra khoáng sản tỷ lệ 1:50.000, các nhà địa chất Liên đoàn Intergeo đã phát hiện được trong vùng nghiên cứu một số khu có triển vọng quặng vàng gốc: Huồi Cọ - Bản Sần, Bản Tang - Na Quya, Đông Bản Tang, Huồi Mây. Bước đầu đã xác định được 13 đới khoáng hóa, 15 thân quặng, với tài nguyên dự báo cấp 334a là 4.119 kg vàng.

1.2.3. Đánh giá các kết quả nghiên cứu trước đây và những vấn đề tồn tại cần tiếp tục nghiên cứu

**Các kết quả nghiên cứu địa chất và khoáng sản vàng đã* làm rõ bối cảnh cấu trúc-kiến tạo khu vực, phân chia có cơ sở khoa học các tổ hợp thạch kiến tạo, các pha biến dạng, các phân vị địa tầng, các thành tạo magma trong vùng nghiên cứu; đã xác định được cơ bản thành phần vật chất quặng một cách sơ bộ. Đã bước đầu làm rõ tiềm năng tài nguyên khoáng sản vàng trong vùng nghiên cứu.

**Những vấn đề tồn tại cần tiếp tục nghiên cứu:* đặc điểm thành phần vật chất, tiến trình tạo quặng; kiểu mỏ, kiểu quặng vàng trong vùng nghiên cứu; điều kiện địa chất tạo quặng, mối quan hệ giữa quặng hóa vàng với các thành tạo phun trào, xâm nhập; điều kiện hoá - lý thành tạo, nguồn gốc quặng vàng; các yếu tố khống chế quặng hóa; đặc điểm phân bố và đánh giá triển vọng quặng vàng trong vùng nghiên cứu.

1.3. Khái quát đặc điểm địa chất vùng

1.3.1. Địa tầng

Địa tầng của vùng nghiên cứu được cấu thành bởi: các thành tạo lục nguyên bị biến chất tuổi Neoproterozoi hệ tầng Bù Khạng (NP bk_1), các thành tạo lục nguyên xen carbonat tương biến sâu tuổi Ordovic muộn-Silur hệ tầng Sông Cả (O_3-Ssc), các thành tạo lục nguyên-carbonat tương biến nông tuổi Silur muộn-Devon sớm hệ tầng Huồi Nhị (S_3-D_1hn), các thành tạo lục nguyên-carbonat tương biến nông tuổi Devon sớm-giữa hệ tầng Huồi Lôi ($D_{1-2}hl$), các thành tạo lục nguyên-carbonat tương biến nông tuổi Devon giữa hệ tầng Nậm Cẩn (D_2nc), các thành tạo lục nguyên xen phun trào trung tính, acit tuổi Trias giữa hệ tầng Đồng Trầu ($T_2a dt$), các trầm tích bờ rời hệ Đệ Tứ (Q). Trong đó, hệ tầng Đồng Trầu chứa các đới khoáng hóa, thân quặng vàng, là đối tượng nghiên cứu chính của Luận án.

Hệ tầng Đồng Trầu ($T_2a \text{ đt}$): phân bố thành dải theo phương tây bắc-đông nam ở trung tâm vùng nghiên cứu và được chia làm hai tập: **Tập 1 (T_2adt_1)** được đặc trưng bởi sự chiếm ưu thế của các đá trầm tích lục nguyên dạng vụn thô và có xen các lớp, các thấu kính đá phun trào thành phần axit, trung tính thuộc các tướng: tướng phun trào gồm có: andesit, ryolit porphyr, porphyr thạch anh, dacit; tướng phun nổ gồm có: tuf andesit, tuf dacit, tuf ryolit; tướng á núi lửa: diabas á phun trào. **Tập 2 (T_2adt_2)** có thành phần là các đá trầm tích lục nguyên hạt mịn như bột kết, đá phiến sét. Chiều dày của hệ tầng khoảng 1800m, trong đó tổng bề dày của các hệ lớp đá phun trào là 1000m.

Đặc điểm địa hóa các đá phun trào hệ tầng Đồng Trầu: kết quả nghiên cứu nhóm nguyên tố chính được đưa lên các biểu đồ nghiên cứu thạch luận cho thấy: các đá phun trào hệ tầng Đồng Trầu rơi vào các trường ryolit và basalt andesit; thuộc loạt kiềm vôi; loạt kali (potasic); loạt kiềm - vôi trung bình đến cao kali; loạt trung bình nhôm, đến quá bão hòa nhôm (peraluminous). Kết quả nghiên cứu nhóm nguyên tố hiếm - vết thể hiện trên các biểu đồ chuẩn hóa, cho thấy: các đá phun trào hệ tầng Đồng Trầu đặc trưng cho các thành tạo magma được sinh thành trong môi trường địa động lực “rìa mảng hội tụ” trong chế độ kiến tạo tách giãn, gắn gũi với bối cảnh kiến tạo “rift nội lục sau tạo núi”.

Vị trí tuổi của hệ tầng: trong vùng nghiên cứu, các thành tạo trầm tích và núi lửa của hệ tầng Đồng Trầu (T_2adt) bị granitoid phức hệ Sông Mã (γT_2sm) xuyên cắt. Mặt khác, trong các thành tạo trầm tích xen trong các thành tạo núi lửa của hệ tầng đã phát hiện được nhiều hóa thạch Cúc đá, Chân rìu được định tuổi Anisi (T_2a). Bởi vậy, tuổi của hệ tầng Đồng Trầu NCS ghi nhận vào Trias giữa bậc Anisi (T_2a) như các tài liệu đã công bố trước đây.

Đặc điểm biến đổi và khoáng sản liên quan: các đá trầm tích lục nguyên và phun trào ryolit, ryodacit, andesit của hệ tầng Đồng Trầu và tuf của chúng bị cà nát, dập vỡ theo các đứt gãy và thường bị biến đổi nhiệt dịch mạnh mẽ, tạo nên các đá biến đổi gồm thạch anh, chlorit, sericit, đôi nơi có calcit, actinolit, epidot và bị các mạng mạch thạch anh - sulphur chứa vàng xuyên cắt. Với những đặc điểm nêu trên cho thấy các thành tạo hệ tầng Đồng Trầu đóng vai trò là môi trường vây quanh quặng vàng.

1.3.2. Magma

Phức hệ Sông Mã (G^P/T_2sm): các đá granitoid phức hệ Sông Mã phân bố thành các khối nhỏ xuyên cắt các đá của hệ tầng Đồng Trầu ($T_2a \text{ đt}$) ở phía tây nam bản Tang và dọc theo ranh giới kiến tạo giữa các đá của hệ tầng Đồng Trầu ($T_2a \text{ đt}$) và hệ tầng Nậm Cắn ($D_2 nc$), hệ tầng Huổi Lôi ($D_{1-2} hl$). Khối lớn nhất (khối Suối Rong), có diện tích khoảng 25km^2 nằm ở phía tây nam bản Tang khoảng 3,5km, còn lại là các khối khác có diện tích nhỏ hơn. Thành phần thạch học của khối chủ yếu là: granodiorit và granit.

Đặc điểm địa hóa: kết quả nghiên cứu nhóm nguyên tố chính được đưa lên các biểu đồ nghiên cứu thạch luận cho thấy: Các đá granitoid phức hệ Sông Mã trội natri hơn kali - tương ứng với loạt magma sodic, hoặc loạt magma kiềm -vôi trung bình - thấp kali; có độ chứa nhôm cao được đặc trưng bởi chỉ số bão hòa nhôm ASI luôn luôn lớn hơn 1 ($ASI \gg 1$), thuộc loạt magma quá bão hòa nhôm, tương ứng với loạt magma kiềm - vôi điển hình (kiểu I-granit). Các đá xâm nhập phức hệ Sông Mã chủ yếu là các

granit và granodiorit, có độ kiềm trung bình đến thấp thuộc loạt natri - sodic và thuộc loạt kiềm-vôi. Kết quả nghiên cứu nhóm nguyên tố hiếm - vết thể hiện trên các biểu đồ chuẩn hóa, cho thấy các thành tạo granitoid phức hệ Sông Mã tương ứng với thành tạo magma của loạt magma kiềm - vôi sinh thành trong môi trường địa động lực “rìa mảng hội tụ”. Tuy nhiên, hàm lượng cao của Ta-Nb lại cho thấy granitoid Sông Mã ở đây có liên quan với chế độ kiến tạo tách giãn kiểu “rift nội lục”. Do vậy các thành tạo granitoid phức hệ Sông Mã được sinh ra trong môi trường địa động lực “rift nội lục sau tạo núi” (post - CoLL) là hợp lý hơn cả.

Nguồn gốc & bối cảnh địa động lực: theo những đặc trưng về thành phần vật chất (thạch học, khoáng vật, địa hóa) đã trình bày ở trên, tổ hợp granitoid phức hệ Sông Mã thuộc loạt magma kiềm-vôi trung bình và thấp kali, giàu nhóm nguyên tố ưa đá ion lớn (LILE), đất hiếm nhẹ (LREE) và Ta-Nb, đồng thời nghèo nhóm đất hiếm nặng (HREE) và một số nguyên tố trường lực cao (HFSE), tương ứng với các thành tạo magma xuất sinh trong môi trường địa động lực “rìa mảng hội tụ” dưới chế độ kiến tạo “tách giãn” sau tạo núi. Chính vì vậy tổ hợp granitoid Sông Mã tương đồng với kiểu granit sau tạo núi (post - CoLG).

Tuổi thành tạo: phức hệ granitoid Sông Mã có liên quan chặt chẽ về không gian, thời gian và cả nguồn gốc với thành tạo núi lửa của hệ tầng Đồng Trâu có hóa thạch định tuổi Anisi (T_{2adt}). Trong quá trình làm luận án, NCS đã phân tích 01 mẫu tuổi tuyệt đối trong đá granit phức hệ Sông Mã bằng phương pháp đồng vị U-Pb zircon tại Hàn Quốc, cho khoảng tuổi từ $246 \pm 1,5$ tr.n cho đến $284,5 \pm 0,56$ tr.n, trung bình $247 \pm 2,5$ tr.n. Từ các kết quả trên cho thấy các thành tạo granitoid phức hệ Sông Mã có khoảng tuổi trung bình 244-247 tr.n, tương ứng với Trias giữa, bậc Anisi (T_{2a}).

Khoáng sản liên quan

Theo các dẫn liệu trên cho thấy các đá thuộc phức hệ Sông Mã có liên quan chặt chẽ về không gian, thời gian và cả nguồn gốc với thành tạo núi lửa của hệ tầng Đồng Trâu (T_{2adt}), mà trong diện phân bố của hệ tầng này lại có khá nhiều biểu hiện khoáng sản, và mỏ vàng. Khoáng sản Au có liên quan về mặt không gian với phức hệ Sông Mã và hệ tầng Đồng Trâu.

Các đá mạch chưa rõ tuổi: có thành phần diabas và gabro, chúng phân bố chủ yếu ở khu vực trung tâm vùng nghiên cứu. Chúng xuyên cắt các đá trầm tích lục nguyên xen phun trào axit của hệ tầng Đồng Trâu (T_{2adt}). Các đá mạch này có chiều dày từ 1-3m, đôi khi chúng có dạng bướt kích thước 10-15m. Mọi liên quan giữa quặng hóa vàng với các đá mạch diabas và gabro chưa được nghiên cứu.

1.3.3. Đặc điểm cấu trúc - kiến tạo

1.3.3.1. Các pha biến dạng

- *Pha biến dạng thứ nhất:* dấu hiệu ghi nhận được là các cấu trúc uốn nếp đảo, uốn nếp nằm ngang, chủ yếu có phương TB-ĐN và các đới chòm nghịch phương TB-ĐN hoặc á vĩ tuyến trong diện phân bố của các thành tạo từ Proterozoi đến Permi giữa. Pha biến dạng này xảy ra trong giai đoạn Permi - Trias, liên quan đến chuyển động tạo núi Indosini trong khu vực Đông và Đông Nam Á.

- *Pha biến dạng thứ hai:* dấu hiệu ghi nhận được là các đứt gãy chòm nghịch phương TB - ĐN có mặt đứt gãy cắm về phía đông bắc kèm theo đới vỏ nhàu, uốn nếp

phát triển dọc theo các đới đứt gãy. Tuổi của pha biến dạng này được giả định xảy ra vào cuối Trias muộn.

- *Pha biến dạng thứ ba*: pha biến dạng này liên quan đến hoạt động nâng trôi của khối Bàn Khạng xảy ra trong KZ sớm. Các dấu hiệu ghi nhận được bao gồm các đứt gãy thuận - thoải bao quanh khối Bàn Khạng, ghi nhận được trong các đá granit phức hệ Yên Sơn, rhyolit phức hệ Mường Hình.

- *Pha biến dạng thứ tư*: tạm xếp vào pha biến dạng này là các biến dạng dòn xảy ra trong KZ muộn. Dấu hiệu của pha biến dạng này là các biểu hiện đứt gãy thuận, nghịch, trượt bằng phát triển theo nhiều phương khác nhau, cắt qua tất cả các thành tạo địa chất và các cấu trúc trong vùng.

1.3.3.2. Đặc điểm đứt gãy

Trên diện tích nghiên cứu đã ghi nhận nhiều đứt gãy có quy mô, tính chất động học khác nhau. Tuy nhiên, các đứt gãy có quy mô lớn đóng vai trò chính trong việc tạo nên cấu trúc của vùng và có vai trò tạo khoáng chủ yếu là các đứt gãy phương tây bắc - đông nam hoặc á vĩ tuyến. Các đứt gãy phương đông bắc - tây nam thường là đứt gãy có quy mô nhỏ, hoạt động trong KZ.

Dựa vào quy mô (chiều dài, độ sâu) và vai trò của chúng trong khu vực, các đứt gãy được phân chia thành 2 cấp: cấp I, cấp II và các đứt gãy không phân chia.

1.3.3.4. Đặc điểm cấu trúc uốn nếp

Cấu trúc uốn nếp chủ đạo được hình thành trong khu vực nghiên cứu là các cấu trúc uốn nếp phương tây bắc - đông nam. Cấu trúc uốn nếp phương tây bắc - đông nam ghi nhận được rõ ràng và đặc trưng nhất là trong đới cấu trúc Sông Cả. Đây là các cấu trúc dạng tuyến với đặc điểm nổi bật là các nếp uốn đảo, nếp uốn nằm ngang với mặt trục khá thoải, chủ yếu cắm về phía Bắc, Đông Bắc. Hệ thống uốn nếp này gắn liền với cấu trúc dạng vẫy, là hệ quả của các hoạt động chòem nghịch của pha biến dạng sớm, liên quan đến các chuyển động tạo núi Indosini, trong giai đoạn Permi muộn - Trias.

Chương 2: Cơ sở lý luận và phương pháp nghiên cứu

2.1. Tổng quan về vàng

2.1.1. Đặc điểm địa hóa của vàng

Vàng có ký hiệu hóa học là Au và nằm ở vị trí thứ 79 trong bảng hệ thống tuần hoàn Mendeleev. Vàng nằm giữa platin (78) và thủy ngân (80). Vàng thuộc nhóm IB, theo thứ tự gồm: đồng, bạc và vàng; trong đó, đồng và bạc là nguyên tố cộng sinh đi kèm vàng. Vàng có nguyên tử lượng 79 và tỷ trọng là 19,5. Vàng nóng chảy ở 1065°C và sôi ở 2960 ÷ 2970 °C. Đến nay, đã biết vàng có 14 đồng vị với khối lượng từ 192 đến 206 nhưng chỉ có một đồng vị ổn định trong trạng thái tự nhiên đó là ¹⁹⁷Au. Ngược lại, những đồng vị không ổn định của vàng chỉ tồn tại trong khoảng thời gian ngắn, như đã biết là ¹⁹⁶Au - ¹⁹⁸Au - ¹⁹⁹Au. Vàng có hóa trị 1⁺ và 3⁺, hợp chất vàng hóa trị 3 bền vững hơn, trong đó vàng tạo thành các anion phức.

Vàng là kim loại rất kém hoạt động, kém hơn cả bạc, thuộc nhóm nguyên tố siderophil và chalcophil; trong đó, vàng ưa sắt hơn đồng. Vàng là nguyên tố ít phổ biến, phân tán không đồng đều trong vỏ Trái đất với trị số Clark là 4,3x10⁻⁷%. Hàm lượng

vàng trung bình trong các loại đá magma cũng khác nhau (R.W Boyle,1979): siêu mafic - $4,0 \times 10^{-7}\%$, mafic - $7,0 \times 10^{-7}\%$, trung tính - $5,0 \times 10^{-7}\%$, axit - $3,0 \times 10^{-7}\%$.

2.1.2. Đặc điểm khoáng vật học của vàng

- *Các khoáng vật của vàng*: trong quặng nguyên sinh đã xác định được trên 20 khoáng vật của vàng, chúng biểu hiện ở dạng vàng tự sinh, dạng hợp kim tự nhiên của vàng và dạng telurua vàng. Vàng tự sinh trong quặng nội sinh là khoáng vật công nghiệp chính; có ý nghĩa phụ là các khoáng vật kiustelit, electrum và các telurua - calaverit, krennerit, silvanit, petxit.

- *Thành phần hóa học của khoáng vật vàng tự sinh* :

Hiện nay đã phát hiện hơn 40 nguyên tố tạp chất trong các khoáng vật vàng tự sinh như: Ag, Fe, Cu, Pb, Sb, As, Hg, Zn, Bi, Se, Te, Mn, Ti, Cr, Sn, W, Mo; rất hiếm khi gặp có: Co, Ni, V, Pt, Pd, Ir, Y, Nb, Rh, Cd, In, Os, Th, Be, B, C, Mg, Al, Si, Ca, Zr, O, S, Cl.

2.2. Các kiểu mỏ công nghiệp của vàng (theo Avdonhin & nnk, 2005)

Căn cứ vào điều kiện thành tạo và giá trị kinh tế, các mỏ vàng được phân chia thành các kiểu mỏ công nghiệp như sau: kiểu mỏ skarn, kiểu mỏ nhiệt dịch nguồn xâm nhập (nhiệt dịch pluton), kiểu mỏ nhiệt dịch nguồn phun trào, kiểu mỏ nguồn gốc biến chất (gồm các mỏ kiểu nhiệt dịch-biến chất và các mỏ kiểu trầm tích - biến chất), kiểu mỏ phong hóa, kiểu mỏ sa khoáng.

2.3. Tình hình nghiên cứu quặng hóa Au ở Việt Nam

Việc nghiên cứu phân loại các mỏ vàng ở Việt Nam đã được tiến hành từ những năm 80 của thế kỷ trước. Điển hình là các công trình nghiên cứu của các tác giả sau: Yu.A. Epstein (1987); Nguyễn Văn Đễ (1987); Nguyễn Nghiêm Minh và nnk (1990); Nguyễn Nghiêm Minh, Vũ Ngọc Hải và nnk (1991); Nguyễn Nghiêm Minh, Nguyễn Văn Chữ (đồng chủ nhiệm), Nguyễn Văn Phổ, Nguyễn Ngọc Trường (1993-1995) và một số nhà nghiên cứu khác.

2.4. Các thuật ngữ được sử dụng trong luận án

Các thuật ngữ được NCS sử dụng trong luận án bao gồm: kiểu mỏ, kiểu quặng, tổ hợp cộng sinh khoáng vật, tổ hợp khoáng vật, thời kỳ tạo khoáng, giai đoạn tạo khoáng, vùng quặng, trường quặng, hệ magma - quặng.

2.5. Các phương pháp nghiên cứu

2.5.1. Các phương pháp nghiên cứu ngoài thực địa

Nghiên cứu đặc điểm cấu trúc - kiến tạo; xác định vị trí của các tụ khoáng, các thân quặng vàng trong mặt cắt địa tầng; xác định mối liên quan về không gian (hoặc không liên quan) của quặng hóa vàng với các đá xâm nhập; nghiên cứu đặc điểm các đá chứa quặng; nghiên cứu đặc điểm phân bố, hình thái, cấu trúc các thân quặng. Lấy mẫu các loại phục vụ các nội dung nghiên cứu.

2.5.2. Các phương pháp nghiên cứu trong phòng

a. *Phương pháp tổng hợp, phân tích, hệ thống hóa các tài liệu liên quan*: tổng hợp các tài liệu nghiên cứu tổng quan về vàng trên thế giới và Việt Nam. Tổng hợp các tài liệu nghiên cứu về địa chất - khoáng sản vàng trong vùng nghiên cứu. Phân tích, xử lý, luận giải các số liệu, tài liệu liên quan đối tượng nghiên cứu.

b. Phương pháp phân tích: bao gồm các phương pháp phân tích nhằm phục vụ việc nghiên cứu thành phần vật chất, điều kiện hóa - lý thành tạo quặng vàng, nghiên cứu đồng vị: phân tích lát mỏng thạch học; phân tích khoáng tương; phân tích hóa silicat; phân tích quang phổ hấp thụ nguyên tử; phân tích quang phổ plasma (ICP, ICP-MS); phân tích hiển vi điện tử quét (SEM); phân tích nhiệt độ đồng hóa bao thể; phân tích quang phổ raman; xác định điểm đóng băng (nghiệm lạnh); phân tích đồng vị $\delta^{18}\text{O}$ và δD ; phân tích tuổi đồng vị U-Pb zircon.

c. Phương pháp chuyên gia: được thực hiện thông qua các buổi hội thảo, trao đổi với các chuyên gia trong lĩnh vực nghiên cứu chuyên sâu, liên quan đến lĩnh vực nghiên cứu của luận án.

Chương 3: Đặc điểm địa chất quặng hóa vàng khu vực rìa Tây Nam cấu trúc Bù Khạng

3.1. Đặc điểm phân bố, hình thái và cấu trúc các thân khoáng

3.1.1. Đặc điểm phân bố các đới khoáng hoá và các thân quặng vàng

Trong vùng nghiên cứu đã phát hiện được 13 đới khoáng hoá sulfur chứa vàng. Các đới khoáng hoá kéo dài không liên tục khoảng 20km, theo phương á vĩ tuyến từ bản Huổi Cọ thuộc xã Hữu Khuông, huyện Tương Dương qua bản Huổi Mây đến bản Tang thuộc xã Cẩm Muộn, huyện Quế Phong, tỉnh Nghệ An. Trong đó đã khoan nổi được 15 thân quặng và 3 thân khoáng. Đặc điểm chung của các đới khoáng hoá và các thân quặng vàng là phân bố trong các đới đá đập vỡ, cà nát và biến đổi propylit hoá, bezerit hóa, thạch anh hoá, sericit hoá, chlorit hoá, calcit hoá, epydot hoá dọc theo các đứt gãy có phương tây bắc - đông nam cắt qua các đá ryolit, ryolit xen bột kết, cát bột kết tuf ryolit, ryodacit, tuf ryodacit xen cát kết thạch anh hạt nhỏ, andesit và tuf andesit...thuộc tập 1 của hệ tầng Đồng Trầu ($T_{2a} dt_1$).

3.1.2. Đặc điểm hình thái và cấu trúc các thân quặng vàng

3.1.2.1. Khu Huổi Cọ - Bản Sàn

- *Đới khoáng hoá số I:* kéo dài theo phương gần đông - tây khoảng 2300m, rộng từ 60 - 270m, cắm về phía nam, nam tây nam. Trong đới khoáng hoá số I đã khoan định được 02 thân quặng vàng (TQ.1, TQ.2): TQ.1 kéo dài theo phương tây bắc - đông nam khoảng 210m, chiều dày trung bình 1,35m, cắm về phía Tây nam với góc dốc từ $80^0 - 85^0$; TQ.2 kéo dài 300m theo phương chung Tây bắc - Đông nam, chiều dày trung bình $>1\text{m}$, cắm về Nam, Nam - Tây nam với góc dốc từ $30^0 - 65^0$.

- *Đới khoáng hoá số II:* kéo dài theo phương gần đông - tây khoảng 3600m, rộng 120 - 340m, cắm về phía nam, tây nam với góc dốc từ $30^0 - 80^0$. Trong đới đã khoan nổi được 03 thân quặng (TQ.3; TQ.4; TQ.5) và 02 thân khoáng hoá (TK.1, TK.2): TQ.3 kéo dài khoảng 120m theo phương tây bắc - đông nam, chiều dày từ 0,80 - 1,90m, cắm về phía nam, tây nam với góc dốc từ $65^0 - 80^0$; TQ.4 kéo dài theo phương tây bắc - đông nam khoảng 60m, chiều dày thân đạt $\sim 2,0\text{m}$, cắm về phía tây nam với góc dốc $\sim 65^0$; TQ.5 kéo dài theo phương á vĩ tuyến khoảng 100m, chiều dày đạt $\sim 1,9\text{m}$, cắm về phía Bắc với góc dốc $\sim 65^0$; TK.1 kéo dài theo phương tây bắc - đông nam khoảng 100m, chiều dày đạt $\sim 0,8\text{m}$, cắm về phía đông bắc với góc dốc $\sim 30^0$; TK.2 kéo dài theo phương đông bắc - tây nam khoảng 400m, chiều dày trung bình 1,25m, cắm về phía Tây bắc với góc dốc từ $60^0 - 75^0$.

Đá chứa quặng là andesit bị cà ép, biến đổi propylit hoá, sericit hoá, chlorit hoá, thạch anh hoá, calcit hoá, tập trung nhiều mạng mạch thạch anh chứa sulfur dày từ vài mm đến >1cm xuyên chủ yếu theo bề mặt ép, thứ yếu theo khe nứt. Hàm lượng vàng trung bình trong các thân quặng giao động từ 0,6 - 12,3 g/T.

3.1.2.2. Khu Huổi Mây

- *Đới khoáng hóa số I*: kéo dài theo phương tây bắc - đông nam khoảng 2.500m, bề rộng từ 40 - 130m, cắm về phía Tây nam đôi chỗ đảo lại về Đông bắc với góc dốc từ 50° - 85° .

- *Đới khoáng hóa số II*: kéo dài theo phương tây bắc - đông nam khoảng 290m, cắm về phía Bắc - Đông bắc với góc dốc từ 50° - 80° . Trong đới đã khoan nổi được 1 thân quặng TQ.1, kéo dài 120m phương Đông bắc - Tây nam, bề dày trung bình: 1,67m, cắm về Bắc - Đông bắc với góc dốc từ 50° đến 80° .

- *Đới khoáng hóa số III*: kéo dài theo phương á vĩ tuyến khoảng 860m, bề rộng từ 10 - 70m, cắm về phía nam - tây nam với góc 40° - 50° . Trong đới đã khoan nổi được 1 thân quặng TQ.2, kéo dài khoảng 280m, chiều dày trung bình: 1,15m, cắm về phía nam, tây nam với góc dốc từ 50° đến 55° .

Đá chứa quặng là ryolit, ryodacit, tuf ryodacit xen kẹp đá phiến sét đen, tuf ryodacit xen kẹp cát kết thạch anh hạt nhỏ bị cà ép mạnh có các mạch, mạng mạch thạch anh - sulfur xuyên cắt chủ yếu theo mặt ép, thứ yếu theo khe nứt, đá bị cà ép biến đổi bezerit hóa, sericit hoá, thạch anh hoá, chlorit. Hàm lượng vàng trung bình trong các thân quặng đạt 2,01 - 2,50g/t.

3.1.2.3. Khu Bản Tang - Na Quya

- *Đới khoáng hóa số I*: kéo dài khoảng 3800m theo phương gần đông - tây, rộng từ 50 - 280m, các đá trong đới thường cắm về bắc, đông bắc với góc dốc 30° - 70° . Trong đới này đã xác định được 02 thân quặng (TQ.1; TQ.2): TQ.1 kéo dài khoảng 300m theo phương gần đông - tây, chiều dày từ 2,0 - 2,1m, cắm về phía bắc với góc dốc 45° - 50° ; TQ.2 kéo dài khoảng 900m theo phương gần đông - tây, chiều dày trung bình: 2,0m, cắm về phía bắc với góc dốc 45° - 60° .

- *Đới khoáng hóa số II*: kéo dài khoảng 2200m theo phương á vĩ tuyến, rộng 50 - 80m, cắm về phía bắc, đông bắc với góc dốc 30° - 70° . Trong đới này xác định được 1 thân quặng TQ.3 kéo dài khoảng 300m theo phương gần đông - tây, chiều dày trung bình: 1,4m, cắm về phía bắc với góc dốc 75° .

Trong đới khoáng hóa số I, II và các thân quặng TQ.1, TQ.2, TQ.3, các đá chứa quặng là ryolit, cát - bột kết tuf ryolit, ryolit xen bột kết bị đập vỡ cà nát và biến đổi thạch anh hoá, sericit hoá có các mạng mạch thạch anh - sulfur xuyên cắt. Hàm lượng vàng trung bình trong các thân quặng đạt 1,19 - 1,3g/t, bạc từ 0 - 30g/t.

- *Đới khoáng hóa số III*: kéo dài khoảng 1000m theo phương á vĩ tuyến, rộng từ 30 - 120m. Xu hướng chung đới cắm về bắc đông bắc đôi chỗ cắm về đông bắc, với góc dốc 40° - 70° . Trong đới khoáng hóa đã xác định được 03 thân quặng (TQ.4, TQ.5, TQ.6): TQ.4 kéo dài khoảng 200m theo phương gần đông tây, chiều dày từ 1,6 - 2,2m, cắm về phía bắc với góc dốc 45° - 60° ; TQ.5 kéo dài khoảng 300m theo phương á vĩ tuyến, chiều dày từ 1,5 - 2m, cắm về phía bắc - đông bắc với góc dốc 65° - 70° ; TQ.6

kéo dài khoảng 100m theo phương á vĩ tuyến, chiều dày từ 1,8 - 2m, cắm về phía bắc với góc dốc 50 - 70°.

- *Đới khoáng hóa số IV*: kéo dài khoảng 1150m theo phương tây bắc - đông nam, rộng từ 40 - 150m, cắm về phía bắc - đông bắc, đôi chỗ cắm về đông bắc, với góc dốc 55 - 75°. Trong đới khoáng hoá này đã khoan nổi được 2 thân quặng (TQ.7 và TQ.8): TQ.7 kéo dài khoảng 100m theo phương gần á vĩ tuyến, chiều dày từ 1,0 - 13,8m, cắm về phía bắc với góc dốc 65 - 70°; TQ.8 kéo dài khoảng 300m theo phương gần đông - tây, chiều dày trung bình 2,93m, cắm về phía bắc, đông bắc với góc dốc 55-75°.

Trong đới khoáng hóa số III, IV và các thân quặng TQ.4 - TQ.8, các đá chứa quặng là andesit, tuf andesit bị cà nát, đập vỡ và biến đổi propylit hoá, sericit hoá, chlorit hoá, calcit hoá, có các mạng mạch thạch anh - sulphur xuyên cắt. Đá vây quanh là đá andesit, tuf andesit màu xám xanh, bị ép mạnh. Hàm lượng vàng trung bình trong các thân quặng đạt 1,27 - 4,69g/t, bạc từ 0 - 30g/t.

3.1.2.4. Khu Đông Bản Tang

- *Đới khoáng hóa số I* : kéo dài phương gần á vĩ tuyến ~500m, chiều rộng ~5m, cắm về bắc - đông bắc với góc dốc từ 70 - 90°; *Đới khoáng hóa số II* : kéo dài phương á vĩ tuyến ~400m, chiều rộng từ 5 - 10m, cắm về bắc - đông bắc với góc dốc khoảng 50°; *Đới khoáng hóa số III*: kéo dài theo phương á vĩ tuyến ~900m, chiều rộng từ 2m - 50m, cắm về Bắc với góc dốc từ 45° - 50°. Trong đới khoáng hóa số III đã khoan định được 01 thân quặng TQ.1 kéo dài theo phương gần á vĩ tuyến khoảng 450m, bề dày trung bình 0,87m, cắm về phía Bắc với góc dốc ~45°; Đá chứa quặng là ryolit xen ít các lớp mỏng đá phiến sericit - chlorit - thạch anh, ryolit xen đá phiến sét - sericit bị nứt nẻ, đập vỡ và biến đổi thạch anh hoá, sericit hoá, chlorit hoá yếu, trong đá có các mạch thạch anh - sulfur xuyên cắt. Hàm lượng vàng trong đới khoáng hóa đạt $\geq 0,4\text{g/t}$ đến 1,5g/t. Hàm lượng vàng trong thân quặng TQ.1 trung bình đạt 1,32g/t; đồng từ 0,091 - 0,22%; chì từ 0,025 - 3,3%; kẽm từ 0,093 - 2,82%.

- *Đới khoáng hóa số IV*: kéo dài theo phương gần á vĩ tuyến khoảng 400m, chiều rộng ~10m, cắm về Bắc - Đông bắc với góc dốc từ 60 - 70°. Đá chứa quặng là andesit bị lục hóa, đá bị cà ép, đập vỡ mạnh và biến đổi propylit hoá, sericit hoá, chlorit hoá, calcit hoá có các mạng mạch mỏng thạch anh nhiệt dịch chứa sulfur xuyên cắt. Hàm lượng vàng trong đới giao động từ $>0,4\text{g/t}$ đến 0,6g/t.

3.2. Đặc điểm biến đổi nhiệt dịch đá vây quanh quặng

Trong vùng nghiên cứu gặp các hiện tượng biến đổi nhiệt dịch sau:

* Propylit hoá: quá trình propylit hoá phát triển ở các đá phun trào trung tính andesit, tuf andesit. Quá trình này phát triển hầu như khắp các diện phân bố của các đá nêu trên mang đặc điểm biến đổi dạng diện, đặc biệt là ở những nơi các đá này bị nén ép, cà nát, đập vỡ, nứt nẻ, hình thành các đá propylit có hình thái giống như đá phiến lục. Đây là môi trường thuận lợi cả về mặt địa hóa, cả về mặt cơ lý, tạo điều kiện cho các quá trình biến đổi muộn hơn chồng lên như epidot hóa, thạch anh hóa, ... tạo thành các đới propylit hoá gắn bó chặt chẽ với các đới khoáng hoá sulfur chứa vàng, như các thân quặng vàng ở khu vực Huổi Cọ - Bản Sắn và Bản Tang. Quá trình biến đổi propylit hóa hầu như xóa nhòa thành phần khoáng vật, kiến trúc, cấu tạo của đá nguyên thủy, đôi chỗ còn biểu hiện mờ nhạt các ban tinh hay các mảnh vụn của tuf, còn phần

nền bị thay thế hoàn toàn. Các kết quả nghiên cứu đã ghi nhận 3 kiểu propylit (V.L. Ruxinov, 1968) sau: + Propylit actinolit - epidot thuộc kiểu propylit nhiệt độ cao; + Propylit albit - epidot - chlorit thuộc kiểu propylit nhiệt độ trung bình; + Propylit calcit - albit - chlorit thuộc kiểu propylit nhiệt độ thấp.

* Berezit hóa: quá trình berezit hoá phát triển ở các đá phun trào axit như dacit, ryodacit, ryolit và tuf của chúng. Quá trình này phát triển cục bộ đặc biệt là ở những nơi các đá này bị nén ép, cà nát, đập vỡ, nứt nẻ, hình thành các đá berezit hoá gắn bó chặt chẽ với các đới khoáng hoá sulfur chứa vàng, như các thân quặng vàng ở khu vực Bản Tang, Na Quya. Quá trình biến đổi berezit hóa hầu như xóa nhòa thành phần khoáng vật, kiến trúc, cấu tạo của đá nguyên thủy, đôi chỗ còn biểu hiện mờ nhạt các ban tinh hay các mảnh vụn của tuf, còn phần nền bị thay thế hoàn toàn. Các kết quả nghiên cứu đã ghi nhận 2 kiểu berezit sau: berezit thạch anh + sericit + pyrit và berezit thạch anh + sericit + ankerit + pyrit.

* Ankerit hóa: ngoài quá trình ankerit hoá gắn liền với tổ hợp thạch anh + sericit trong berezit hóa, thì quá trình ankerit phát triển độc lập riêng rẽ không phổ biến, phát triển cục bộ, thay thế chõng dưới dạng xâm tán rải rác, ổ, đám nhỏ, đôi khi thay thế dọc khe nứt tạo các vi mạch, mạng vi mạch thể hiện rõ ở khu vực Bản Tang, Na Quya.

* Chlorit hoá: ngoài quá trình chlorit hoá gắn liền với các tổ hợp actinolit + epidot + chlorit + albit + pyrit, albit + epidot + chlorit + thạch anh + pyrit, calcit + albit + chlorit + pyrit, ... trong propylit hóa, thì quá trình chlorit hóa phát triển độc lập riêng rẽ không phổ biến, phát triển cục bộ, thay thế chõng dưới dạng xâm tán rải rác, ổ, đám nhỏ, đôi khi thay thế dọc khe nứt tạo các vi mạch, mạng vi mạch thể hiện rõ ở khu vực Bản Tang, Na Quya.

* Sericit hoá: ngoài quá trình sericit hóa gắn liền với các tổ hợp thạch anh + sericit + pyrit, thạch anh + sericit + ankerit + pyrit, ... trong berezit hóa, propylit hóa, thì quá trình sericit hóa phát triển độc lập riêng rẽ ít phổ biến hơn, nó thường gắn gũi với quá trình thạch anh hóa, phát triển cục bộ, thay thế chõng dưới dạng xâm tán rải rác, ổ, đám nhỏ, đôi khi thay thế dọc khe nứt tạo các vi mạch, mạng vi mạch thể hiện rõ ở khu vực Huồi Mây.

* Thạch anh hóa: ngoài quá trình thạch anh hóa gắn liền với các tổ hợp thạch anh + sericit + pyrit, thạch anh + sericit + ankerit + pyrit, trong berezit hóa, thì quá trình thạch anh hoá (thạch anh II) phát triển khá phổ biến ở các đá phun trào và tuf của chúng đã bị propylit hóa, berezit hóa, các đá trầm tích lục nguyên, lục nguyên carbonat. Quá trình thạch anh hóa (thạch anh II) xảy ra sau quá trình propylit hóa, berezit hóa, ankerit hóa, chlorit hóa, phát triển cục bộ, thay thế chõng dưới dạng xâm tán rải rác, ổ, đám nhỏ, đôi khi thay thế dọc khe nứt tạo các vi mạch, mạng vi mạch, thường đi cùng khoáng hoá sulfur chứa vàng, như các thân quặng vàng ở khu Huồi Mây, Na Quya.

* Calcit hoá: ngoài quá trình calcit hoá gắn liền với các tổ hợp calcit + albit + chlorit + pyrit, calcit + albit + chlorit + sericit + thạch anh + pyrit, trong propylit hóa, thì quá trình calcit hóa phát triển độc lập riêng rẽ cũng khá phổ biến, nó xảy ra muộn nhất sau các quá trình biến đổi nêu trên. Calcit hóa phát triển cục bộ, thay thế chõng dưới dạng xâm tán rải rác, đám nhỏ, đôi khi thay thế dọc khe nứt tạo các ổ, vi mạch, mạng vi mạch và thường xuất hiện sau khoáng hóa sulfur.

Chương 4: Đặc điểm thành phần vật chất và nguồn gốc quặng vàng khu vực rìa Tây Nam cấu trúc Bù Khạng

4.1. Đặc điểm thành phần khoáng vật quặng

Trên cơ sở tổng hợp các kết quả từ các phương pháp phân tích khoáng tướng và lát mỏng thạch học cho thấy thành phần khoáng vật tạo quặng bao gồm các khoáng vật quặng (nguyên sinh và thứ sinh), các khoáng vật phi quặng (khoáng vật của đá biến đổi nhiệt dịch và khoáng vật mạch) sau:

Nhóm khoáng vật tạo quặng nguyên sinh

- **Vàng tự sinh (Au):** Kết quả nghiên cứu dưới kính hiển vi phản xạ cho thấy vàng tồn tại ở dạng tự sinh, gặp phổ biến dạng hạt tha hình với hình thái đa dạng và kích thước rất khác nhau và gồm 2 thế hệ được hình thành trong hai giai đoạn tạo khoáng rõ rệt, tương ứng với giai đoạn II & III của quá trình tạo quặng nhiệt dịch.

+ *Vàng thế hệ I (Au I):* trong các mẫu khoáng tướng gặp AuI ở dạng vi hạt méo mó tha hình, hạt đẳng thước, dạng giọt cầu hoặc dạng hạt kéo dài lấp đầy vi khe nứt, kích thước các hạt AuI từ 0,01 - 0,05mm, màu vàng sáng. Vàng thế hệ I phân bố xâm tán trong thạch anh hoặc xâm tán trong đá biến đổi, đặc biệt AuI có quan hệ cộng sinh chặt chẽ cùng arsenopyrit I. AuI cũng gắn bó chặt chẽ cùng pyrit II và pyrotin; đôi nơi gặp AuI cùng pyritII xâm tán trong thạch anh, trong đó AuI và pyrit II có quan hệ tiếp xúc phẳng với nhau, thể hiện mối quan hệ đồng sinh. Các hạt AuI có màu vàng sáng khá đậm thể hiện độ tinh khiết cao. Kết quả phân tích kiểm tra khoáng vật Au I dưới kính hiển vi điện tử quét (SEM) cho thấy Au I có hàm lượng Au trung bình 97,39%, hàm lượng Ag trung bình 2,61% ứng với độ tinh khiết của Au tự sinh là 974 thuộc loại cao.

+ *Vàng thế hệ II (Au II):* gặp trong mẫu khoáng tướng ở dạng mỏ neo hoặc dạng hạt méo mó, màu vàng sáng. Vàng thế hệ II xâm tán trong thạch anh, thường đi cùng sphalerit, galena, arsenopyrit II, pyrit III và chalcopyrit. Dưới kính hiển vi phản xạ và hiển vi điện tử quét (SEM) quan sát rõ Au II có quan hệ tiếp xúc phẳng (đồng sinh) với sphalerit xuyên lấp theo vi khe nứt trong pyrit II. Kích thước các hạt Au II cũng thường rất nhỏ, chủ yếu nhỏ hơn 0,05 mm. Kết quả phân tích kiểm tra khoáng vật Au II dưới kính hiển vi điện tử quét (SEM) cho thấy Au II có hàm lượng Au 87,42%, hàm lượng Ag 12,58% ứng với độ tinh khiết của Au tự sinh là 874 thuộc loại trung bình cao.

+ **Pyrit (FeS₂):** Là khoáng vật phổ biến trong quặng vàng của vùng nghiên cứu, trong tập mẫu khoáng tướng hàm lượng pyrit trung bình ≈5%. Pyrit phân bố xâm tán, xâm tán tập trung thành ổ nhỏ, đôi chỗ lấp đầy vi khe nứt tạo các vi mạch ngắn trong đá biến đổi hoặc trong thạch anh. Dưới kính hiển vi phản xạ phân biệt được 3 thế hệ pyrit:

- *Pyrit thế hệ I (Pyrit I):* chiếm khoảng 10% tổng số pyrit trong tập mẫu, đặc trưng cho giai đoạn đầu tiên của quá trình tạo quặng nhiệt dịch trong vùng nghiên cứu.

- *Pyrit thế hệ II (Pyrit II):* chiếm khoảng 80% tổng số pyrit trong tập mẫu, thành tạo trong giai đoạn tạo khoáng II của quá trình tạo quặng nhiệt dịch trong vùng nghiên cứu.

+ *Pyrit thế hệ III (Pyrit III):* chiếm khoảng 10% tổng số pyrit trong tập mẫu. thành tạo trong giai đoạn tạo khoáng III của quá trình tạo quặng nhiệt dịch trong vùng nghiên cứu.

+ **Arsenopyrit (FeAsS):** là khoáng vật khá phổ biến trong tập mẫu khoáng tương. Arsenopyrit tồn tại chủ yếu ở dạng hạt nửa tự hình, hạt tự hình và hạt tha hình với kích thước hạt phổ biến dao động từ 0,1-0,5mm, đôi khi >1 mm. Hàm lượng arsenopyrit trong các mẫu khoáng tương thường không đồng đều có mẫu không gặp có mẫu đến $\approx 70\%$. Dưới kính hiển vi phản xạ có thể phân biệt 2 thể hệ arsenopyrit:

- *Arsenopyrit thể hệ I:* chiếm 80% tổng số arsenopyrit. Arsenopyrit I cùng với Au I, pyrit II và pyrotin tạo thành tổ hợp cộng sinh khoáng vật đặc trưng cho kiểu quặng: Thạch anh-arsenopyrit-vàng.

- *Arsenopyrit thể hệ II:* chiếm 20% tổng số arsenopyrit. Arsenopyrit II cùng với Au II, pyrit III, sphalerit, galena và chalcopyrit tạo thành tổ hợp cộng sinh khoáng vật đặc trưng cho kiểu quặng: thạch anh - sulfur đa kim-vàng.

+ **Pyrotin (FeS):** là khoáng vật ít phổ biến trong các mẫu quặng vàng vùng nghiên cứu. Hàm lượng pyrotin trong các mẫu khoáng tương dao động từ 1 ÷ 3% . Pyrotin tồn tại ở dạng hạt và tập hợp hạt tha hình với kích thước thay đổi trong phạm vi rộng từ 0,02 đến 2mm. Pyrotin tạo THCSKV cùng với pyrit II, arsenopyrit I, Au I, được hình thành trong giai đoạn tạo khoáng thứ 2, đặc trưng cho kiểu quặng: thạch anh-arsenopyrit - vàng.

+ **Chalcopyrit (CuFeS_2):** là khoáng vật khá phổ biến với tần suất gặp 60% trong tập mẫu, nhưng chalcopyrit có hàm lượng rất ít trong các mẫu khoáng tương thường $\leq 0,2\%$. Chalcopyrit tồn tại ở dạng tấm, hạt tha hình với kích thước hạt 0,01 ÷ 0,5mm, cá biệt $\approx 2\text{mm}$. Chalcopyrit thường đi cùng với arsenopyrit II, galena và sphalerit tạo thành 1 THCS khoáng vật.

+ **Galena (PbS):** là khoáng vật ít phổ biến với tần suất xuất hiện khoảng 30%. Trong các mẫu khoáng tương gặp galena với hàm lượng dao động từ 0,5 ÷ 2 %, cá biệt 5%. Galena tồn tại ở dạng hạt và tập hợp hạt tha hình với kích thước 0,02-1mm, đôi khi $\geq 2\text{mm}$. Galena thường đi cùng sphalerit hoặc đi cùng chalcopyrit và arsenopyrit II.

+ **Sphalerit (ZnS):** là khoáng vật ít phổ biến với tần suất xuất hiện khoảng 30%. Trong các mẫu khoáng tương gặp sphalerit với hàm lượng dao động từ 1 ÷ 5 %, cá biệt 10%. Sphalerit tồn tại ở dạng hạt tha hình với kích thước 0,1-1mm, đôi khi $\geq 2\text{mm}$ Sphalerit thường đi cùng galena hoặc đi cùng chalcopyrit và arsenopyrit II. Sphalerit cùng với galena, chalcopyrit, arsenopyrit II, pyrit III và Au II tạo thành 1 THCSKV đặc trưng cho kiểu quặng thạch anh - sulfur đa kim - vàng của vùng nghiên cứu.

Các khoáng vật quặng thứ sinh

Ngoài các khoáng vật nguyên sinh, trong quặng còn gặp các khoáng vật thứ sinh là sản phẩm của quá trình biến đổi các khoáng vật nguyên sinh trong điều kiện môi trường oxy hóa. Các khoáng vật quặng thứ sinh phổ biến trong quặng của vùng nghiên cứu gồm có: goethit, scorodit, melnicovit, covelin, bornit, anglesit, limonit.

Nhóm các khoáng vật mạch và khoáng vật đá biến đổi : gồm có thạch anh, calcit, sericit, chlorit, epidot, ankerit.

4.2. Đặc điểm cấu tạo và kiến trúc quặng

4.2.1. Đặc điểm cấu tạo quặng

Quặng trong vùng nghiên cứu có các cấu tạo chính sau:

- *Cấu tạo ổ đặc xit*: đặc trưng cho các khoáng vật sulfur như pyrotin, pyrit và một phần có sự kết hợp giữa 2 khoáng vật này với chalcopyrit hoặc là sự kết hợp của galena và sphalerit.

- *Cấu tạo xâm tán*: cấu tạo xâm tán ở các mức độ khác nhau là loại cấu tạo phổ biến nhất trong quặng vùng nghiên cứu. Loại cấu tạo này đặc trưng cho các khoáng vật quặng như pyrit, arsenopyrit, pyrotin, chalcopyrit, galena, chalcopyrit.

- *Cấu tạo mạch, mạng mạch*: loại cấu tạo này đặc trưng cho phương thức lấp đầy khe nứt của dung dịch nhiệt dịch, gặp với các khoáng vật pyrit, arsenopyrit, chalcopyrit, galena, sphalerit, song phổ biến nhất là đối với các khoáng vật chalcopyrit, galena, sphalerit.

4.2.2. Đặc điểm kiến trúc quặng

Quặng trong vùng nghiên cứu có các kiến trúc chính sau:

- *Kiến trúc hạt tự hình, hạt nửa tự hình*: thường gặp ở các hạt khoáng vật arsenopyrit và pyrit, chúng có hình thái tinh thể rõ ràng với kích thước 0,1-0,4mm .

- *Kiến trúc hạt tha hình*: là kiến trúc phổ biến nhất và gặp ở hầu hết các khoáng vật trong quặng của vùng nghiên cứu như: pyrit, arsenopyrit, pyrotin, chalcopyrit, galena, sphalerit, Au tự sinh với kích thước thay đổi trong phạm vi rộng thường từ 0,02 ÷ 2mm, nhiều khi >2mm.

- *Kiến trúc xen lấp*: gặp phổ biến đối với các khoáng vật chalcopyrit, galena, sphalerit và đôi khi là Au tự sinh, chúng xen lấp vào các vi khe nứt của đá biến đổi hoặc thạch anh và nhiều khi xen lấp theo các vi khe nứt trong các khoáng vật sinh trước như pyrit, pyrotin.

- *Kiến trúc phân hủy dung dịch cứng*: là loại kiến trúc không phổ biến trong quặng, song là loại kiến trúc điển hình đặc trưng cho 2 khoáng vật sphalerit và chalcopyrit.

- *Kiến trúc găm mòn thay thế*: thường gặp loại kiến trúc này trong quặng của vùng nghiên cứu. Dưới kính hiển vi phản xạ có thể quan sát rất rõ các khoáng vật như pyrit, pyrotin, chalcopyrit, galena, sphalerit thay thế găm mòn, đôi khi là gắn kết các khoáng vật tạo đá hoặc các khoáng vật quặng cũng như khoáng vật mạch sinh trước.

Ngoài các kiến trúc đã được mô tả ở trên, trong quặng của vùng nghiên cứu còn gặp một số kiến trúc đặc trưng cho quặng oxy hóa như các kiến trúc keo, keo phân đới, lỗ hồng ngăn ô, vi tinh, hạt tàn dư, hạt giả hình,...thể hiện ở các khoáng vật như goethit, scorodit, covelin, bornit, anglesit, melnicovit.

4.3. Đặc điểm thành phần hóa học quặng Au

Thành phần hóa học các thân quặng Au trong vùng nghiên cứu gồm các nguyên tố chính là Au, Ag các nguyên tố đi kèm gồm: Fe, Ti, Cu, Co, Ni, Pb, Zn, Sn, As.

4.4. Các thời kỳ và giai đoạn tạo khoáng

Trên cơ sở tổng hợp các kết quả phân tích khoáng tương, lát mỏng và các loại mẫu khác trong vùng Tây Nam cấu trúc Bù Khạng cho thấy quặng Au trong vùng nghiên cứu được thành tạo trong 2 thời kỳ: Thời kỳ nhiệt dịch gồm 4 giai đoạn tạo khoáng và thời kỳ phong hóa gồm 1 giai đoạn tạo khoáng. Mỗi giai đoạn tạo khoáng có một tổ hợp cộng sinh khoáng vật đặc trưng (Bảng 4.4).

+ Thời kỳ nhiệt dịch:

Giai đoạn tạo khoáng I: đây là giai đoạn đầu tiên của thời kỳ nhiệt dịch được đánh dấu bằng sự gây biến đổi theo dạng tuyến các đá phun trào từ trung tính đến axit của hệ tầng Đồng Trầu. Hiện tượng biến đổi chủ yếu là thạch anh hóa, clorit hóa, pyrit hóa phát triển dọc theo các đới phân phiến, dập vỡ, cà nát dọc theo các đứt gãy sau phun trào cắt qua hệ tầng Đồng Trầu. THCSKV đặc trưng của giai đoạn này là: thạch anh I - pyrit I.

Giai đoạn tạo khoáng II: đặc trưng bởi THCSKV: thạch anh II - arsenopyrit I-Au I, đi cùng còn có pyrit II, pyrotin, tạo các thân khoáng dạng mạch thuộc kiểu quặng thạch anh - arsenopyrit - Au, phân bố trong đá phun trào từ trung tính đến axit hệ tầng Đồng Trầu (T_{2a dt}). Vàng ở dạng tự sinh cộng sinh chặt chẽ với arsenopyrit I. Biến đổi nhiệt dịch đi kèm phổ biến là propylit hóa, sericit hoá, berezit hoá, thạch anh hóa, clorit hóa. Giai đoạn tạo khoáng II được xem như là giai đoạn sinh phẩm thứ nhất, có ý nghĩa quan trọng cả về số lượng cũng như chất lượng của quặng Au trong vùng nghiên cứu.

Giai đoạn tạo khoáng III: đặc trưng bởi tổ hợp khoáng vật thạch anh III - galena-sphalerit-Au II, đi cùng còn có arsenopyrit II, pyrit III, chalcopyrit. Vàng ở dạng tự sinh, kích thước từ 0,05 - 0,15mm có quan hệ tiếp xúc phẳng (đồng sinh) với sphalerit rất rõ rệt. Giai đoạn này là giai đoạn sinh phẩm thứ hai, tạo kiểu quặng sản phẩm: thạch anh - sulfur đa kim - Au. Giai đoạn này tạo các thân quặng dạng đới mạch, gồm tập hợp các vi mạch và mạng mạch thạch anh chứa khoáng vật sulfur và đá biến đổi đi kèm chứa vàng, phân bố trong các đới đá bị cà ép, dập vỡ, nứt nẻ mạnh thành phần andesit, tuf andesit, ryolit xen đá phiến sét - sericit tập 1 hệ tầng Đồng Trầu (T_{2a dt1}). Biến đổi nhiệt dịch đá vây quanh đặc trưng là propylit hóa, sericit hóa, chlorit hóa, calcit hóa.

Giai đoạn tạo khoáng IV: đây là giai đoạn kiếm muộn kết thúc thời kỳ nhiệt dịch, được đặc trưng bởi tổ hợp cộng sinh khoáng vật: Thạch anh IV - Calcit. Chúng thường tạo thành các ổ nhỏ hoặc vi mạch nhỏ cắt qua các đá biến đổi cũng như các khoáng vật quặng đã được thành tạo từ các giai đoạn sớm hơn.

+ Thời kỳ phong hóa:

Giai đoạn tạo khoáng V: do tác dụng của các tác nhân phong hóa trên bề mặt làm cho các khoáng vật sulfur bị oxy hóa chuyển thành các khoáng vật bền vững ở đới oxy hóa và giải phóng vàng trong các mạch khoáng để cung cấp cho sa khoáng. THCSKV đặc trưng ở giai đoạn này là: goethit - scorodit, đi cùng còn có covelin, bornit, anglezit, melnicovit. Trong nền scorodit còn sót lại khoáng vật Au tự sinh chứng minh cho sự cộng sinh của Au tự sinh với arsenopyrit.

Bảng 4.5: Thứ tự sinh thành và tổ hợp cộng sinh khoáng vật trong quặng vàng khu vực rìa Tây Nam cấu trúc Bù Khạng

Thời kỳ tạo quặng	Nhiệt dịch				Phong hoá
Giai đoạn	I	II	III	IV	V
THCSKV điển hình	Thạch anh-pyrit	Thạch anh - arsenopyrit-vàng	Thạch anh-sulfur đa kim-vàng	Thạch anh-calcit	Goethit-scorodit
Khoáng vật					
Thạch anh					
Calcit					
Pyrit					

Chalcopyrit					
Sphalerit					
Galena					
Pyrotin					
Arsenopyrit					
Vàng tự sinh					
Magnetit					
Goethit					
Scorodit					
Anglezit					
Covelin					
Bornit					
Melnicovit					
<i>Cấu tạo đặc trưng</i>	<i>Xâm tán, vi mạch, vi dải</i>	<i>Xâm tán, mạch xâm tán, đốm, dăm kết, vi dải</i>	<i>Xâm tán, mạch xâm tán, ổ, vi mạch xuyên lớp, gắn kết</i>	<i>Mạch</i>	<i>Kế thừa, lỗ hổng, vành riềm</i>
<i>Kiến trúc đặc trưng</i>	<i>Vi hạt tự hình- nửa tự hình</i>	<i>Hạt nửa tự hình, hạt tha hình, hạt bị thay thế găm mòn.</i>	<i>Hạt nửa tự hình, hạt tự hình, hạt tha hình</i>	<i>Hạt nửa tự hình- hạt tha hình</i>	<i>Hạt giả hình, đới keo, ẩn tinh, vi tinh.</i>
<i>Biến đổi nhiệt dịch</i>	<i>Thạch anh hoá, pyrit hóa</i>	<i>Propylit hóa, sericit hoá, berezit hóa, thạch anh hóa, clorit hoá</i>	<i>Berezit hóa, sericit hóa, chlorit hóa, ankerit hóa.</i>	<i>Calcit hoá</i>	
<i>Độ tinh khiết của Au</i>		974	874		
<i>Nhiệt độ đồng hóa bao thể trong TA</i>		290 ÷ 350°C	197 ÷ 270°C		
<i>Áp suất thành tạo (bar)</i>		950 ÷ 1883	940 ÷ 1052		
<i>Độ sâu kết tinh (km)</i>		3,90 ÷ 5,34	3,30 ÷ 3,90		
<i>Nồng độ muối NaCl (w%)</i>		3,39 ÷ 5,86	3,06 ÷ 4,18		
<i>Tỷ trọng CO₂ trong dung dịch (g/cm³)</i>		0,733 ÷ 0,905	0,693 ÷ 0,857		
<i>Đồng vị Oxy (δ¹⁸O ‰)</i>		+5,4 ÷ +5,6	+5,1 ÷ +5,3		
<i>Đồng vị Hydro (δ D ‰)</i>		-68 ÷ -73	-75 ÷ -79		

Ghi chú: ————— Khoáng vật >10% ————— Khoáng vật 1 - 10 % Khoáng vật <1%

4.5. Nguồn gốc và mô hình thành tạo quặng vàng khu vực rìa tây nam cấu trúc Bàn Khạng:

4.5.1. Môi liên quan với hoạt động magma:

4.5.1.1. Mối liên quan về không gian phân bố và vai trò của hoạt động magma trong quá trình tạo quặng

Trong vùng nghiên cứu, các đới khoáng hóa, các thân quặng vàng và các thành tạo phun trào thuộc tập 1 hệ tầng Đồng Trầu ($T_{2a} dt_1$) cùng nằm trong một cấu trúc và có quan hệ không gian phân bố gần gũi nhau với xâm nhập granitoid phức hệ Sông Mã đóng vai trò là nguồn cung cấp vật chất trong quá trình thành tạo quặng vàng. Tiềm năng sinh quặng vàng của thành tạo granitoid Sông Mã được nghiên cứu, đánh giá chi tiết dưới đây.

4.5.1.2. Tiềm năng sinh quặng vàng của granitoid phức hệ Sông Mã

**Tính sinh khoáng của granitoid phức hệ Sông Mã từ các kết quả nghiên cứu kiểu nguồn gốc và môi trường địa động lực thành tạo:* theo đặc điểm địa chất - cấu trúc và thành phần vật chất thì tổ hợp granitoid phức hệ Sông Mã thuộc loại magma quá bão hòa nhôm ($ASI \gg 1$), trội natri hơn kali - tương ứng với loại magma sodic, tương ứng với loại magma kiềm - vôi điển hình (kiểu I-granit). Áp dụng phương pháp của M.Takahashi et al, 1980 để xác định kiểu nguồn gốc của granitoid Sông Mã theo tỷ lệ độ oxy hóa của sắt và các thông số cơ bản trong đá magma cũng cho kết quả granitoid Sông Mã thuộc kiểu I-granit. Căn cứ vào đặc điểm các kiểu nguồn gốc granitoid và sinh khoáng liên quan kết hợp với việc phân tích thạch luận và môi trường địa động lực (Kent C.Condie, 2003 và Walter L. Pohl, 2011) thì các thành tạo granitoid phức hệ Sông Mã có đặc trưng sinh khoáng Pb-Zn, Au & Ag nhiệt dịch.

**Tính sinh khoáng của granitoid phức hệ Sông Mã từ các kết quả nghiên cứu chuyên hóa khoáng vật phụ và đặc tính oxy hóa - khử của magma:* theo phương pháp của Baker, T., Pollard, P.J., Mustard, R., Mark, G. & Graham, J.I., 2005, trên biểu đồ $Fe_2O_3 / FeO - Rb/Sr$, các thành tạo granitoid Sông Mã có tính chuyên hóa khoáng vật phụ magnetit và được xếp vào loại magnetit, đồng thời magma granitoid Sông Mã có đặc tính oxy hóa rõ ràng ở mức mạnh - trung bình. Trên biểu đồ thấy rõ granitoid Sông Mã thuộc trường có khả năng sinh quặng Au-Bi.

Theo phương pháp của Blevin, 2003, trên biểu đồ $FeO^* - \log(Fe_2O_3/FeO)$ cho thấy granitoid Sông Mã có đặc tính oxy hóa mức độ mạnh - trung bình, từ đó có thể cho rằng granitoid Sông Mã có khả năng sinh quặng Au.

** Tính sinh khoáng của granitoid phức hệ Sông Mã từ các kết quả nghiên cứu các modul thạch hóa:* theo phương pháp của B.N. Permiacov (1983), kết quả tính toán các modul thạch hoá độ silic (q: 0,49-0,60), độ canxi (c: 0,12-0,31), độ kiềm (α : 0,65-0,80), độ sắt (f: 0,31-0,53) và kiểu kiềm (n: 0,59-0,76) đối sánh với các đại lượng modul thạch hoá của các đá granitoid thuộc tổ hợp magma sinh quặng tiềm năng vùng Zabaican (Liên bang Nga) cho thấy các thành tạo xâm nhập phức hệ Sông Mã nằm trong tổ hợp đá liên quan đến khoáng hoá vàng và vàng đa kim.

** Tính sinh khoáng của granitoid phức hệ Sông Mã từ các kết quả nghiên cứu tương quan giữa các nguyên tử Na^+ , K^+ , Mg^{2+} và tương quan giữa các oxyt Na_2O , K_2O , CaO :* theo phương pháp của Sattran (1977), trên các biểu đồ tương quan $K^+ - Na^+$, $Mg^{2+} - K^+$ và $Mg^{2+} - Na^+$ phân loại chuyên hoá sinh khoáng các đá magma granit thì các mẫu của phức hệ Sông Mã có xu thế tập trung cao trong trường sinh vàng (Au).

4.5.2. Điều kiện hóa - lý tạo quặng và nguồn gốc của dung dịch tạo quặng

4.5.2.1. Điều kiện hóa - lý tạo quặng

Các kết quả nghiên cứu bao thể chất lưu trong thạch anh của cả 2 kiểu quặng cho thấy: nhiệt độ đồng hóa hoàn toàn các bao thể thành chất lỏng đối với kiểu quặng thạch anh - arsenopyrit - Au là $290 \div 350^{\circ}\text{C}$, đối với kiểu quặng thạch anh - sulfur đakim - Au là $197 \div 270^{\circ}\text{C}$; nồng độ muối đối với kiểu quặng thạch anh - arsenopyrit - Au là $3,39 \div 5,86 \text{ wt \% NaCl}$, đối với kiểu quặng thạch anh-sulfur đakim-Au là $3,06 \div 4,18 \text{ wt \% NaCl}$. Căn cứ vào các số liệu đã nhận được có thể kết luận rằng sự lắng đọng quặng sản phẩm (giai đoạn sản phẩm I) được bắt đầu ở nhiệt độ và áp suất tương đối cao (950 - 1883 bar, $\sim 290 - 350^{\circ}\text{C}$) từ dung dịch clorua có chứa CO_2 , nồng độ muối trung bình (3.39 - 5.86 wt% NaCl). Sau đó do áp suất giảm (940 - 1052 bar) - dung dịch khác pha, kèm theo sự giảm nhiệt độ và nồng độ của dung dịch và sự lắng đọng quặng của giai đoạn sản phẩm II xảy ra từ dung dịch clorua có nhiệt độ trung bình ($197 - 270^{\circ}\text{C}$) và độ muối thấp (3.06 - 4.18 wt% NaCl).

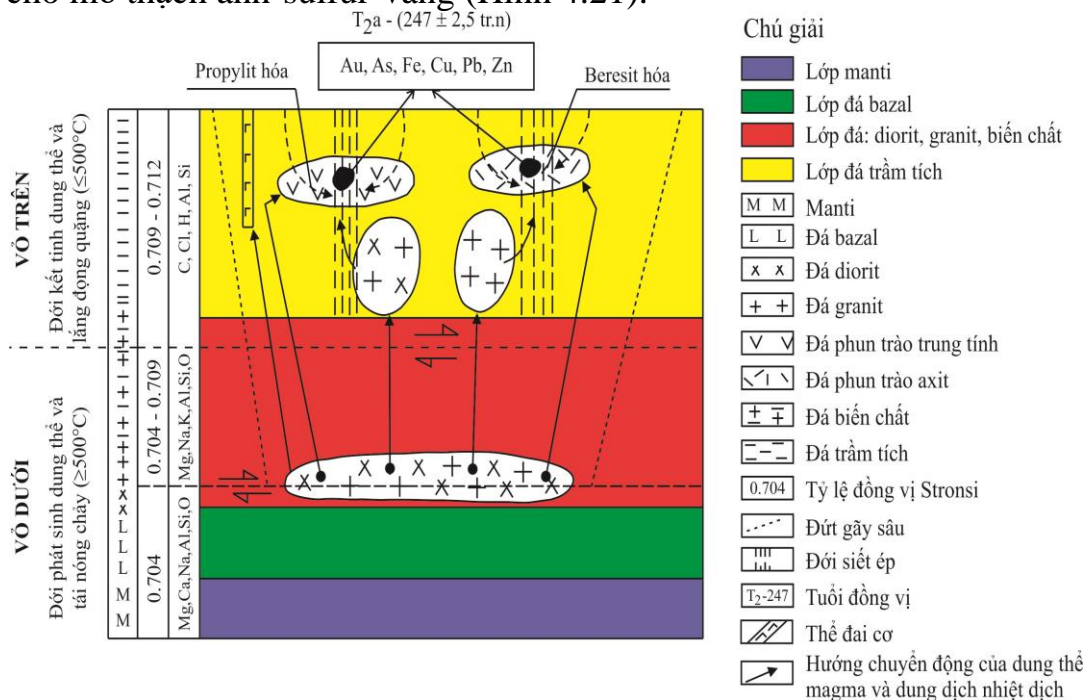
4.5.2.2. Nguồn gốc của dung dịch tạo quặng

Sự có mặt của khí Nitơ trong thành phần pha khí của các bao thể chất lưu trong thạch anh của cả 2 kiểu quặng chứng minh rằng chất lưu có nguồn gốc magma. Theo dõi được sự giảm từ từ của nhiệt độ và độ muối trong quá trình tạo quặng do có sự pha loãng chất lưu bởi nước khí quyển.

Kết quả phân tích đồng vị bền đã xác định được tỷ lệ các đồng vị $\delta^{18}\text{O}\text{‰}$ (+5,1 đến +5,6) và $\delta\text{D}\text{‰}$ (-79 đến -68) của nước trong bao thể của cả 2 kiểu quặng trong vùng nghiên cứu, cho thấy nguồn nước của dung dịch nhiệt dịch tạo quặng có nguồn gốc magma bị pha loãng bởi nước khí quyển (Meteoric water).

4.5.3. Mô hình nguồn gốc hệ magma - quặng Sông Mã

Mô hình hệ magma - quặng hóa Sông Mã được NCS xây dựng dựa trên mô hình nguồn gốc cho mỏ thạch anh-sulfur-vàng (Hình 4.21).



Hình 4.21: Mô hình hệ magma - quặng địa phương kiểu mỏ thạch anh – sulfur - vàng Sông Mã

4.6. Xác lập kiểu mỏ và phân chia các kiểu quặng vàng rìa Tây nam cấu trúc Bù Khạng

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu thành phần vật chất, điều kiện địa chất và hóa - lý thành tạo, nguồn gốc của dung dịch tạo quặng và mối liên quan với magma granitoid trong vùng. Đối sánh với các kiểu mỏ công nghiệp trình bày ở chương 2, NCS xếp các mỏ, điểm quặng vàng rìa Tây Nam cấu trúc Bù Khạng vào kiểu mỏ: nhiệt dịch nguồn xâm nhập với những đặc điểm đặc trưng sau:

- Phân bố trong các thành tạo phun trào và tuf của chúng có thành phần từ trung tính đến axit tuổi Trias giữa hệ tầng Đồng Trầu ($T_{2a} đt$). Trong đó các tầng đá phun trào trung tính bị biến đổi propylit hóa dạng diện sau phun trào.

- Thạch anh được thành tạo ở tất cả giai đoạn tạo khoáng của thời kỳ nhiệt dịch. Trong thạch anh chứa ít khoáng vật sulfur dạng xâm tán: pyrit, arsenopyrit, pyrotin, galena, sphalerit, chalcopyrit.

- Các hạt vàng tự sinh thường cộng sinh chặt chẽ với thạch anh và các khoáng vật sulfur như arsenopyrit, sphalerit. Các khoáng vật mạch ngoài thạch anh, calcit còn có ít barit, đôi khi có siderit.

- Biến đổi nhiệt dịch đá vây quanh quặng thường là sericit hóa, berezit hóa, thạch anh hóa, chlorit hóa, calcit hóa. Trên diện tích có quặng hóa thường phổ biến các dike diabas porphyrit, gabrodiaba chưa rõ tuổi và các đá axit phức hệ Sông Mã.

- Về kiến trúc trường quặng, cho thấy các mạch quặng phát triển chủ yếu dọc theo đới cà ép, dập vỡ phương TB-ĐN đến á vĩ tuyến từ Bản Tang đến Suối Lo.

Căn cứ đặc điểm khoáng vật vàng và giá trị công nghiệp của vàng trong các thân quặng cũng như tổ hợp cộng sinh khoáng vật, có thể phân chia ra 2 kiểu quặng vàng trong vùng nghiên cứu: kiểu quặng thạch anh - arsenopyrit - vàng và kiểu quặng thạch anh - sulfur đa kim - vàng.

Chương 5: Các yếu tố khống chế quặng hóa và các tiền đề, dấu hiệu tìm kiếm quặng vàng khu vực rìa Tây Nam cấu trúc Bù Khạng

5.1. Các yếu tố địa chất khống chế quặng hóa vàng

5.1.1. Vị trí địa chất các thân quặng vàng

Vùng nghiên cứu thuộc đới sinh khoáng Sông Cả, nằm ở phía tây nam của khối nâng Bù Khạng, nơi tiếp giáp giữa các đới sinh khoáng Sông Cả và Phú Hoạt. Đây là vùng có cấu trúc địa chất khá phức tạp trải qua các thời kỳ địa chất kéo dài từ Paleozoi đến Kainozoi, nhiều khoáng sản được sinh thành trong các bối cảnh kiến tạo khác nhau, có tuổi khác nhau, đa dạng về loại hình và nguồn gốc.

Các đới khoáng hoá chứa vàng khu vực nghiên cứu phân bố trong tập 1 của hệ tầng Đồng Trầu ($T_{2a} đt_1$), thuộc đới sinh khoáng Sông Cả. Do đó, các yếu tố sinh khoáng mang những nét đặc trưng của đới sinh khoáng này.

5.1.2. Các yếu tố địa chất khống chế quặng hóa vàng

5.1.2.1. Yếu tố magma

a. Mối liên quan về không gian và đặc điểm phân bố: các thân quặng vàng, phức hệ granitoid Sông Mã và thành tạo núi lửa của hệ tầng Đồng Trầu đều phân bố trong cùng một cấu trúc và được khống chế bởi đứt gãy Bản Chiềng - Bản Cuôn.

b. Đặc tính chuyên hoá địa hoá của magma: trên các biểu đồ A-F-M, biểu đồ phân bố địa hóa các nguyên tố đất hiếm chuẩn với Chondrit, biểu đồ chuẩn hóa với basalt sống núi giữa đại dương kiểu bình thường (N-MORB), cho thấy các đá granit porphyr phức hệ Sông Mã trong khu vực nghiên cứu thuộc loạt kiềm vôi (kiểu I-granit) có hàm lượng Cu, Pb, Sn, Zn trội cao, có tính chuyên hoá, địa hoá Au, Ag.

c. Đánh giá khả năng sinh quặng vàng của các thành tạo magma: khả năng sinh quặng vàng của các thành tạo granitoid phức hệ Sông Mã đã được đánh giá ở chương 4 trên cơ sở các kết quả nghiên cứu nguồn gốc và môi trường địa động lực thành tạo; các kết quả nghiên cứu chuyên hóa khoáng vật phụ và đặc tính oxy hóa - khử của magma. Ngoài ra, dựa vào thành phần thạch hoá, áp dụng phương pháp đánh giá khả năng sinh vàng của các đá magma theo một số tác giả: Tương quan $K^+ - Na^+$, $Mg^{2+} - K^+$ và $Mg^{2+} - Na^+$ (theo Sattran, 1977); tương quan hàm lượng $Na_2O - K_2O - CaO$ (M.M.Konstantinov, 1984); các modul thạch hoá độ silic (q), độ canxi (c), độ kiềm (α), độ sắt (f) và kiểu kiềm (n) (B.N. Permiacov, 1983), cho thấy các thành tạo xâm nhập phức hệ Sông Mã nằm trong tổ hợp đá liên quan đến khoáng hoá vàng và vàng đa kim.

Tỷ lệ giữa các nguyên tố vết bền vững trong các quá trình địa chất như Ti, Zr, Y, Nb trong quặng vàng và đá magma phức hệ Sông Mã, hệ tầng Đồng Trầu, thể hiện giữa chúng có thể có mối liên quan nguồn gốc với nhau.

Biến thiên hàm lượng các nguyên tố vết giữa đá magma và quặng vàng khá tương đồng, phản ánh mối liên quan nguồn gốc mật thiết giữa đá và quặng.

Từ những dẫn liệu nêu trên cho thấy các thành tạo magma trong vùng Tây Nam cấu trúc Bù Khạng có vai trò không chế quặng vàng gồm phức hệ Sông Mã và phun trào hệ tầng Đồng Trầu.

5.1.2.2. Yếu tố thạch học địa tầng

Kết quả nghiên cứu cho thấy, các đá phun trào có thành phần từ axit đến trung tính như ryolit, ryodacit, dacit, andesit và tuf của chúng thuộc tập 1, hệ tầng Đồng Trầu ($T_{2a} dt_1$) khi bị cà nát, nén ép, dập vỡ, biến đổi propylit hoá, thạch anh hoá, sericit hoá... là môi trường thuận lợi cho quá trình tích tụ, tạo khoáng hoá vàng.

Các lớp đá phiến lục, đá phiến sét, sét bột kết nằm xen kẹp trong hệ tầng Đồng Trầu đóng vai trò là các màn chắn, thuận lợi hơn cho sự tập trung khoáng hoá vàng.

Ngoài ra sự phân bố xen kẹp giữa các đá trầm tích lục nguyên và các đá phun trào có tính chất cơ lý khác nhau, trong quá trình hoạt động kiến tạo, biến chất tạo ra các khoảng trống thuận lợi cho tập trung quặng.

Yếu tố thạch học - địa tầng đóng vai trò rất quan trọng trong việc thành tạo các đới khoáng hoá sulfur chứa vàng trong vùng nghiên cứu. Các đới khoáng hoá thể hiện tính chất chọn lựa khá rõ ràng, chúng chỉ phát triển trong các đá phun trào ryolit, andesit và tuf của chúng bị nén ép, cà nát, dập vỡ, biến đổi mạnh. Còn trong các đá trầm tích lục nguyên hầu như không xuất hiện.

5.1.2.3. Yếu tố cấu trúc - kiến tạo

a. Đứt gãy

- *Đứt gãy rìa đới:* đứt gãy Bản Chiềng - Bản Cuôn [Dovijicov, 1965] là ranh giới giữa đới cấu trúc Sông Cả và đới cấu trúc Phú Hoạt. Đây là đứt gãy đóng vai trò dẫn

quặng. Đi kèm với đứt gãy chính này là các đứt gãy tỏa tia, lông chim, các khe nứt nhỏ, chúng đóng vai trò chứa và khống chế quặng hóa trong vùng.

- *Đứt gãy nội đới*: gồm hai hệ thống đứt gãy chính khống chế cấu trúc toàn vùng nghiên cứu:

+ Hệ thống đứt gãy phương tây bắc - đông nam là các đứt gãy lớn, đóng vai trò chính trong việc hình thành các đới cà nát, dập vỡ, biến đổi có khoáng hoá sulfur chứa vàng.

+ Hệ thống đứt gãy phương đông bắc - tây nam: hình thành muộn hơn, có quy mô nhỏ hơn, chúng gần như không có ý nghĩa tạo quặng mà chỉ làm phức tạp hoá các thành tạo có trước, làm dịch chuyển và phân nào phá vỡ bình đồ cấu trúc vốn được tạo nên bởi các giai đoạn trước đó.

Tóm lại, các yếu tố đứt gãy kiến tạo có vai trò rất quan trọng trong việc hình thành và tích tụ khoáng sản, song yếu tố này cũng là yếu tố phá hủy quặng hóa lớn nhất, nơi các đứt gãy lớn đi qua các thân quặng bị cắt xén dịch chuyển, dập vỡ từ đó ảnh hưởng rất lớn tới hình thái, chất lượng quặng hóa.

b. Khe nứt: diện tích có mật độ khe nứt cao tập trung chủ yếu theo đứt gãy rìa đới và hệ thống đứt gãy nội đới có phương tây bắc - đông nam thuận lợi cho tập trung quặng hoá nhiệt dịch vàng trong vùng nghiên cứu.

c. Uốn nếp: vùng nghiên cứu là cánh phía nam của nếp lồi lớn Bản Chiềng - Kim Sơn. Nếp lồi có dạng hình elip lớn với phương trục chính tây bắc - đông nam. Các cánh được cấu thành bởi các thành tạo biến chất của hệ tầng Bù Khạng với phần nhân bị các khối granitoid xuyên cắt. Ở phần phía nam, hoạt động uốn nếp thường chỉ xảy ra mạnh trong một địa tầng nhất định, thường tạo nên các nếp uốn trong tầng có đường trục uốn lượn theo phương chủ đạo là tây bắc - đông nam với hai cánh không cân xứng.

5.2. Các tiền đề và dấu hiệu tìm kiếm

5.2.1. Tiền đề cấu trúc - kiến tạo

Trong vùng nghiên cứu, hệ thống đứt gãy phương tây bắc - đông nam và các cấu trúc đi kèm như ở những nơi giao nhau giữa đứt gãy với tập đá thuận lợi, giao nhau giữa đứt gãy với đứt gãy, các đới khe nứt là cấu trúc thuận lợi cho quá trình tích tụ quặng.

5.2.2. Tiền đề magma

Các đá magma xâm nhập phức hệ Sông Mã thuộc kiểu I-granit có tiềm năng sinh quặng vàng phân bố rải rác trong vùng nghiên cứu là tiền đề thuận lợi cho tạo khoáng vàng.

5.2.3. Tiền đề thạch học - địa tầng

Các tập đá phun trào axit đến trung tính ryolit, ryodacit, andesit và tuf của chúng bị cà nát, nén ép, dập vỡ và biến đổi propylit hoá, thạch anh hoá, sericit hoá, clorit hoá, calcit hoá thuộc tập 1, hệ tầng Đồng Trâu là tiền đề thạch học - địa tầng cho việc tìm kiếm khoáng hoá vàng trong khu vực nghiên cứu.

5.2.4. Dấu hiệu tìm kiếm

Dấu hiệu vết lộ quặng, các công trình khai thác vàng thủ công (lò, giếng); dấu hiệu biến đổi nhiệt dịch đá vây quanh quặng (propylit hóa, berezit hóa, thạch anh hóa, sericit hóa, clorit hóa, calcit hóa); các vành phân tán trọng sa.

5.3. Phân vùng triển vọng quặng vàng

5.3.1. Tiêu chuẩn phân vùng triển vọng

- Diện tích triển vọng cấp A (cấp A): là diện tích có triển vọng nhất về quặng vàng, có tiền đề thuận lợi cho tạo khoáng, xuất hiện nhiều dấu hiệu tìm kiếm trực tiếp và gián tiếp, có mức độ tập trung cao các điểm quặng, thân quặng, các điểm khoáng hoá và đới khoáng hoá được phát hiện, nghiên cứu bằng tổ hợp nhiều phương pháp, trong đó cơ bản xác định được một số thân quặng có ý nghĩa công nghiệp. Đây là diện tích có điều kiện thuận lợi cho công tác nghiên cứu tiếp theo cũng như chế biến khoáng sản sau này.

- Diện tích triển vọng cấp B: là diện tích cũng có tiền đề và dấu hiệu tìm kiếm thuận lợi, trong đó đã xác định được một số điểm quặng, thân quặng, điểm khoáng hoá, đới khoáng hoá nhưng ít tập trung hơn, mức độ nghiên cứu hạn chế hơn, vị trí địa lý, kinh tế, giao thông khó khăn hơn.

- Diện tích triển vọng cấp C: là diện tích ít triển vọng nhất, mức độ nghiên cứu còn hạn chế. Trong diện tích này các điểm quặng, mạch quặng, điểm khoáng hoá phân bố rời rạc, không tập trung hoặc chưa phát hiện được. Tuy nhiên, cũng có cấu trúc địa chất và tiền đề thuận lợi cho tạo khoáng.

5.3.2. Kết quả khoan định diện tích triển vọng và đánh giá tài nguyên vàng gốc trong vùng nghiên cứu

Trong vùng nghiên cứu đã khoan định được các diện tích có triển vọng khoáng sản vàng gốc với các cấp A, B, C như sau:

- Diện tích triển vọng cấp A gồm 2 khu: Khu Bản Tang - Na Quya có diện tích khoảng 4,5km², đã xác định được 04 đới khoáng hoá (đới khoáng hoá I, II, III, IV) chứa 08 thân quặng vàng gốc (TQ.1 - TQ.7). Kết quả tính tài nguyên cấp 334a+334b là 11060 kg; Khu Huổi Cọ - Bản Sần có diện tích khoảng 3,5km², đã xác định được 02 đới khoáng hoá (đới khoáng hoá I, II) chứa 05 thân quặng vàng gốc (TQ.1 - TQ.5). Kết quả tính tài nguyên cấp 334a+334b là 3880 kg.

- Diện tích triển vọng cấp B gồm 2 khu: khu Huổi Mây rộng 2,3 km², đã khoan định được 03 đới khoáng hoá (I, II, III) và 02 thân quặng TQ.1, với tài nguyên cấp 334a+334b là 858 kg; khu Đông Bản Tang có diện tích 10,5 km², đã xác định được 04 đới khoáng hoá (I, II, III, IV) và 01 thân quặng (TQ.1). Kết quả tính tài nguyên cấp 334a+334b là 742 kg.

- Diện tích triển vọng cấp C: rộng 40,9km², phân bố ở ngoại vi các diện tích triển vọng cấp A và B nêu trên gồm một số điểm quặng, điểm khoáng hoá rời rạc, chưa đủ cơ sở để khoan vẽ thành thân quặng hoặc thân khoáng hoá. Trong diện tích này cũng đã tiến hành lấy mẫu trọng sa và đã xác định được các vành phân tán vàng sa khoáng. Trong diện tích cấp C cần điều tra phát hiện các biểu hiện biến đổi cạnh mạch, các biểu

hiện khoáng hoá, đặc biệt chú ý các dấu hiệu tìm kiếm thuận lợi, để có thể đánh giá tổng thể, khách quan hơn về diện tích này.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận:

1. Trong vùng nghiên cứu, các tập đá phun trào thành phần trung tính của tập 1 hệ tầng Đồng Trầu ($T_2ađt_1$) bị biến đổi propylit hóa dạng diện sau phun trào, tiếp theo chúng bị cà ép, phiến hóa dạng tuyến dọc theo đứt gãy, đồng thời bị các biến đổi nhiệt dịch muộn hơn chồng lên như chlorit hóa, sericit hóa, thạch anh hóa đi kèm có quặng hóa Au. Các thành tạo phun trào acit bị biến đổi berezit hóa điển hình, là dấu hiệu tin cậy về sự có mặt của các thân quặng vàng trong vùng nghiên cứu.

2. Kết quả của các phương pháp phân tích định lượng hiện đại (phương pháp nghiệm lạnh, phương pháp quang phổ Raman, phương pháp phân tích đồng vị bền O ($\delta^{18}O$) & H (δD), v.v..) đã làm rõ điều kiện hóa - lý thành tạo quặng vàng trong vùng nghiên cứu (nhiệt độ, áp suất, độ sâu tạo quặng, tỷ trọng dung dịch) và xác định nguồn của dung dịch tạo quặng là từ magma xâm nhập granitoid phức hệ Sông Mã.

3. Quặng hoá vàng trong các thành tạo phun trào khu vực rìa tây nam cấu trúc Bù Khạng thuộc kiểu mỏ nhiệt dịch nguồn xâm nhập. Hoạt động tạo khoáng nhiệt dịch diễn ra trong 4 giai đoạn, trong đó giai đoạn II và III là 2 giai đoạn tạo quặng vàng sản phẩm tương ứng với 2 kiểu quặng: thạch anh - arsenopyrit - vàng và thạch anh - sulfur đa kim - vàng. Trong quặng, vàng tồn tại dưới dạng vàng tự sinh và cộng sinh chặt chẽ với thạch anh, arsenopyrit, pyrit, pyrotin, chancopyrit, sphalerit, galena.

4. Quá trình thành tạo quặng vàng trong vùng nghiên cứu được khống chế bởi các yếu tố: Các thành tạo granitoid phức hệ Sông Mã (G^p/T_2sm); hệ thống đứt gãy tây bắc - đông nam và các cấu trúc sinh kèm; các đá phun trào ryolit, ryodacit, andesit và tuf của chúng thuộc tập 1 hệ tầng Đồng Trầu ($T_2ađt_1$) đóng vai trò vây quanh quặng.

5. Mô hình nguồn gốc hệ magma-quặng của quặng hóa vàng trong các thành tạo phun trào khu vực rìa Tây Nam cấu trúc Bù Khạng là cơ sở khoa học cho việc dự báo quặng hóa vàng trên mặt và dưới sâu.

6. Kết quả nghiên cứu đã phân chia ra được 05 diện tích có mức độ triển vọng khác nhau, trong đó có 02 diện tích triển vọng nhất (cấp A) - 8,5 km², 02 diện tích triển vọng (cấp B) - 12,8 km², còn lại là diện tích ít triển vọng nhất (cấp C) - 40,90km². Trên các diện tích này cũng đã chỉ ra những nhiệm vụ cần nghiên cứu tiếp theo trong giai đoạn điều tra đánh giá, tìm kiếm thăm dò tiếp theo.

Kiến nghị:

1. Trong các diện tích triển vọng cấp A,B,C cần tiến hành các nhiệm vụ nghiên cứu, điều tra, đánh giá, sử dụng các biện pháp kỹ thuật hợp lý cần thiết phù hợp với từng diện tích để làm rõ mức độ triển vọng của các diện tích này.

2. Cần tiến hành thực hiện nghiên cứu chuyên đề về đặc điểm các đai mạch diabas porphyrit, gabro diabas chưa rõ tuổi và mối liên quan của chúng với khoáng hóa vàng trong vùng nghiên cứu.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ

1. Đồng Văn Giáp, Nguyễn Văn Nguyên, Bùi Việt Sáng (2014), “Một số kết quả nghiên cứu bước đầu về quặng hóa vàng vùng Kim Sơn, Nghệ An“, *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, số 46, 4-2014.
2. Đồng Văn Giáp, Khampha Phommakaysone, Đỗ Quang Huy, Lê Duy Nguyên (2015), “Đặc điểm quặng hóa vàng – đồng khu vực Khang Hồng – Mường Phàn, tỉnh Xiêng Khoảng, CHDCND Lào“, *Địa chất và Tài nguyên Việt Nam Hội nghị khoa học toàn quốc kỷ niệm 70 năm phát triển*.
3. Đồng Văn Giáp (2018), “Các yếu tố khống chế quặng vàng gốc vùng tây nam cấu trúc Bù Khạng“, *Hội nghị khoa học toàn quốc Khoa học trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD 2018)*.
4. Đồng Văn Giáp, Trịnh Đình Huân, Bùi Việt Sáng, Lưu Công Trí, Đinh Xuân Hà (2019), “Đặc điểm thành phần vật chất và các yếu tố khống chế quặng vàng trong các thành tạo phun trào rìa Tây nam, khối cấu trúc Bù Khạng, Nghệ An, Việt Nam“, *Tạp chí Địa chất, Loạt A, số 367/2019, tr. 79-86*.
5. Đồng Văn Giáp, Nguyễn Đình Luyện (2020), “Điều kiện hóa-lý thành tạo và nguồn gốc dung dịch tạo quặng vàng trong thành tạo phun trào rìa tây nam cấu trúc Bù Khạng“, *Hội nghị khoa học toàn quốc Khoa học trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD 2020)*.
6. Nguyễn Văn Nguyên, Blill Howell, Lê Duy Nguyên, Đồng Văn Giáp, Đỗ Quang Huy, Hồ Thị Thư, Bùi Minh Chung (2020). “Xâm nhập kiềm và khả năng liên quan đến quặng hóa vàng-đồng kiểu mỏ porphyr, khu vực Nậm Dích-Nậm Tra, Tam Đường, Lai Châu“, *Tạp chí Địa chất, Loạt A, số 369-370 /2020*.