

VAI TRÒ CỦA CÁC YẾU TỐ ĐỊA CHẤT LIÊN QUAN VÀ KHỔNG CHẾ QUẶNG VÀNG GỐC ĐỐI TAM KỲ - PHƯỚC SƠN

Lương Quang Khang*, Lê Xuân Trường, Ngô Xuân Thành, Bùi Thị Thu Hiền

Trường Đại học Mở - Địa chất, 18 Phố Viên, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 25/02/2025

Ngày nhận bài sửa: 28/3/2025

Ngày chấp nhận đăng: 02/4/2025

*Tác giả liên hệ:

Email: luongquangkhang@humg.edu.vn

TÓM TẮT

Đới Tam Kỳ - Phước Sơn là một trong những đới sinh khoáng có tiềm năng lớn ở Đông Nam Á với nhiều loại hình khoáng sản đã được phát hiện, thăm dò và khai thác. Để nâng cao hiệu quả và định hướng cho công tác điều tra địa chất và thăm dò quặng vàng gốc trong khu vực thì việc nghiên cứu, đánh giá vai trò của các yếu tố địa chất liên quan và khống chế quặng hóa có ý nghĩa quan trọng để định hướng công tác điều tra, đánh giá và thăm dò khoáng sản nội sinh đới Tam Kỳ - Phước Sơn.

Kết quả nghiên cứu cho thấy hệ thống đứt gãy phương á vĩ tuyến, các khe nứt tách mở kéo theo hệ thống dịch trượt và hệ thống trượt bằng phương tây bắc - đông nam là các yếu tố cấu trúc khống chế quặng vàng chính. Các hệ thống đứt gãy trên và đới dập vỡ đi kèm là môi trường dẫn và chứa quặng thuận lợi. Quặng vàng gốc đới Tam Kỳ - Phước Sơn không liên quan nguồn gốc với granitoid thuộc phức hệ Bà Nà, chúng được thành tạo trong bối cảnh kiến tạo sau tạo núi Indosini và thành tạo sau các thành tạo của granitoid phức hệ Bà Nà. Yếu tố thạch học địa tầng khống chế chủ yếu quặng hóa vàng gốc trong khu vực nghiên cứu là hệ tầng Khâm Đức với thành phần thạch học là đá phiến thạch anh - plagiocla - biotit, gneis biotit, gneis biotit - hornblen, phiến thạch anh - biotit, phiến plagioclase - hornblen - biotit, amphibolit, gneis muscovit - granat và các đá đồng vai trò là môi trường chứa quặng chính gồm đá gneis - biotit và plagioclase - gneiss - amphibol. Quá trình biến đổi nhiệt dịch chủ yếu là sericit hoá, chlorit hoá, epidot hoá, berezit hoá, argilic hoá làm thay đổi môi trường địa hóa, gây lắng đọng quặng.

Từ khóa: Đới Tam Kỳ-Phước Sơn, quặng vàng gốc, cấu trúc khống chế quặng, hệ tầng Khâm Đức

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đới Tam Kỳ - Phước Sơn thuộc rìa bắc địa khối Kon Tum là khu vực có lịch sử phát triển địa chất lâu dài, phức tạp và được đánh giá là một trong những đới lớn nhất Đông Nam Á. Có nhiều mỏ và điểm quặng vàng, vàng đa kim, đồng nội sinh đã được phát hiện, điển hình như các mỏ vàng Bồng Miêu, Phước Thành (G18), vàng - chì- kẽm Phước Sơn, đồng-chì kẽm Đức Bó,... Cho đến nay, các nghiên cứu về địa chất khu vực đã được tiến hành ở một số đề tài, dự án chuyên sâu và đã đưa ra được một số thông tin về magma, kiến tạo, cấu tạo và loại hình khoáng sản kim loại. Tuy nhiên, các nghiên cứu trước đây chủ yếu dựa vào các phương pháp định tính truyền thống với các dữ liệu còn hạn chế, rời rạc và ít có sự kết nối thông tin để đưa ra được mô hình nguồn gốc và quy luật phân

bổ, đặc biệt là vai trò của các yếu tố magma, cấu trúc, kiến tạo, thạch học, địa tầng liên quan với quá trình thành tạo quặng vàng gốc đới Tam Kỳ - Phước Sơn.

Vì vậy, việc nghiên cứu và đánh giá vai trò của các yếu tố địa chất khống chế và liên quan quặng vàng gốc trong khu vực có ý nghĩa quan trọng và là cơ sở để xác định các tiền đề và dấu hiệu tìm kiếm; từ đó góp phần dự báo triển vọng quặng vàng gốc đới Tam Kỳ - Phước Sơn.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Khái quát về cấu trúc địa chất đới Tam Kỳ - Phước Sơn

Tham gia vào cấu trúc địa chất đới Tam Kỳ - Phước Sơn bao gồm chủ yếu các đá biến chất tuổi Neoproterozoi muộn - Paleozoi sớm phức hệ



Khâm Đức; các thành tạo ophiolit vỏ đại dương phức hệ Hiệp Đức; các thành tạo núi lửa Neoproterozoi muộn - Paleozoi sớm phức hệ Núi Vú; các thành tạo trondjemit - tonalit-diorit phức hệ Điện Biên và các thành tạo gabbro - pyroxenit phức hệ Ngọc Hồi (Hình 1).

Các đá biến chất tuổi Neoproterozoi muộn - Paleozoi sớm phức hệ Khâm Đức phân bố rộng rãi ở trung tâm và phía nam của đới, đặc trưng bởi các thành tạo phun trào bị biến chất ở phần dưới; đá hoa, trầm tích lục nguyên bị biến chất xen phun trào bị biến chất ở phần giữa và trầm tích lục nguyên bị biến chất ở phần trên. Các đá của phức hệ bị biến chất đến tương amphibolit và granulit trong điều kiện áp suất trung bình [1].

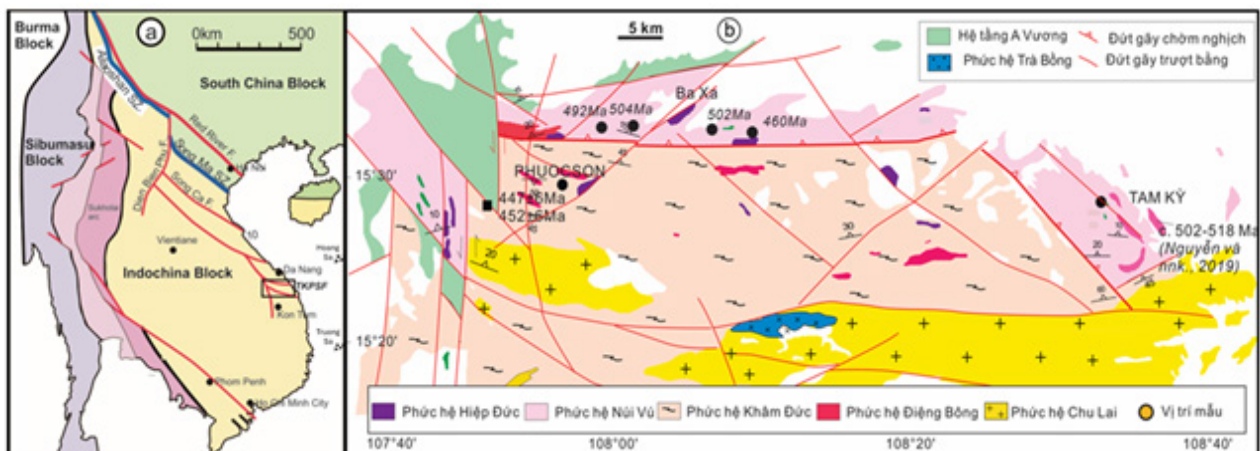
Phức hệ Hiệp Đức được cấu thành từ nhiều khối nhỏ siêu mafic bị serpentin hóa chủ yếu là các đá dunit và harzburgit có xâm tán chromit. Các đá gabbro, bazan, andezit, chert bị biến chất và lớp mỏng đá hoa có khối lượng không lớn thường được khoanh chung vào diện phân bố của phức hệ này. Tổ hợp đá của phức hệ Hiệp Đức mang đặc điểm của một vỏ đại dương tàn dư của một nhánh đại dương trước cung [2].

Phức hệ núi lửa Núi Vú phân bố thành dải hẹp kéo dài theo phương tây bắc - đông nam đến gần đông - tây. Phần dưới chủ yếu gồm các đá phun trào bị biến chất và lớp mỏng đá phiến silic, trầm

tích phun trào bị biến chất; phần trên chủ yếu là đá trầm tích phun trào bị biến chất xen lớp mỏng đá phun trào bị biến chất. Phức hệ Ngọc Hồi có đặc trưng là các thành tạo gabbro - pyroxenit bị biến chất, pyroxenit và gabbro; phức hệ Điện Biên gồm các khối xâm nhập nhỏ đến trung bình dạng thấu kính phân bố theo mặt nghiêng của các thành tạo biến chất phức hệ Núi Vú, kéo dài theo cấu trúc khu vực [3].

Các thành tạo trầm tích lục nguyên carbonat bị biến chất đến tương phiến lục thuộc hệ tầng A Vương chủ yếu phân bố ở phía bắc và phía nam khu vực nghiên cứu, thành phần chủ yếu gồm đá trầm tích lục nguyên bị biến chất và đá phiến giàu carbonat. Các thành tạo của hệ tầng mang đặc trưng của trầm tích nước nông tích tụ trong thời gian dài điển hình cho trầm tích rìa lục địa thụ động.

Các khối xâm nhập granitoid tuổi Ordovic - Silur phân bố rộng rãi ở phần phía nam khu vực nghiên cứu tạo thành những diện kéo dài theo phương cấu trúc thuộc loại magma kiềm vôi giàu nguyên tố đất hiếm nhóm nhẹ, bị làm nghèo các nguyên tố trường lực mạnh mang đặc trưng cho các thành tạo magma hình thành trong môi trường nén ép [4], [5].



Hình 1: (a) Sơ lược sơ đồ kiến tạo khu vực Đông Nam Á thể hiện các khối kiến tạo và một số đứt gãy chính, khu vực đới Tam Kỳ - Phước Sơn được thể hiện bằng ô hình chữ nhật màu đen, (b) Sơ đồ địa chất đới Tam Kỳ - Phước Sơn thể hiện các tổ hợp thạch học chính và vị trí lấy mẫu nghiên cứu tuổi U-Pb zircon.

Kết quả điều tra địa chất về khoáng sản qua nhiều thời kỳ đã xác định đới Tam Kỳ - Phước Sơn là một trong những khu vực có tiềm năng hàng đầu Việt Nam về quặng vàng. Theo các kết quả tổng hợp, điều tra đến nay đã ghi nhận được 98 mỏ và điểm quặng vàng trong đới Tam Kỳ - Phước Sơn

có đặc điểm địa chất, khoáng sản, tài nguyên và mức độ điều tra khác nhau.

Về mặt không gian, khoáng hoá vàng trong đới Tam Kỳ - Phước Sơn phân bố trong nhiều thành tạo khác nhau như các đá biến chất của hệ tầng Khâm Đức, A Vương, Núi Vú, Đắc My, các thành tạo magma xâm nhập phức hệ Chu Lai, Bà Nà, Trà



Bồng. Nhưng chiếm đa số là khoáng hoá vàng nằm trong hệ tầng Khâm Đức. Các mỏ, điểm quặng vàng gốc, điểm khoáng hóa vàng hầu hết bám dọc theo đới dập vỡ phá huỷ của các hệ thống đứt gãy phương á vĩ tuyến, đôi khi chuyển sang phương tây bắc - đông nam, đông bắc - tây nam.

Các thân quặng vàng gốc thường có dạng thấu kính, ổ, mạch, đới vì mạch thạch anh sulfur vàng và chủ yếu thuộc kiểu quặng vàng - thạch anh - sulfur đa kim, ít hơn là kiểu quặng vàng - thạch anh - pyrit như các điểm quặng thôn 1A, Phước Lập, Trà Đơn, thôn 4, Trà Văn, thôn Ông Dể, Trà Giáp, Ngã ba sông Tranh, suối Krek thuộc vùng Phước Thành, Phước Kim, Trà Leng. Các điểm quặng thôn 1-2, thôn 5-6, Hồ Ráy, Trà Dương thuộc vùng Tiên Phước.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- *Phương pháp tổng hợp, phân tích và kế thừa:* Phương pháp này được triển khai để tổng hợp các tài liệu liên quan về nhóm các phương pháp viễn thám, địa vật lý, magma, khoáng sản, cấu trúc, địa hóa, từ đó phân tích đánh giá tổng quan về hiệu quả của hệ các phương pháp trên thế giới và trong nước dựa trên những kết quả đã công bố.

- *Phương pháp khảo sát thực địa:* Tiến hành khảo sát thực tế nghiên cứu cấu trúc, kiến tạo chủ đạo, các thành tạo magma và các đới biến đổi nhiệt dịch, xác định cấu trúc kiến tạo khu vực, cấu trúc khổng chế quặng hóa, các đới khoáng hóa, lấy các mẫu phân tích cho nghiên cứu magma, khoáng sản và cấu trúc kiến tạo.

- *Phương pháp phân tích mẫu:* Đây là những phương pháp phân tích nhằm xác định các thông tin về thành phần khoáng vật, thạch học, hóa học, tổ hợp cộng sinh khoáng vật, cấu tạo, kiến trúc, đặc điểm biến đổi của đá và quặng, địa hóa nguyên tố vết, nguyên tố chính, địa hóa đồng vị, bao thể khí lỏng để luận giải đặc điểm và bối cảnh hình thành magma, cấu trúc, kiến tạo liên quan đến quặng và tuổi quặng hóa.

- *Phương pháp mô hình hóa:* Các số liệu thu thập được sẽ được tổng hợp, xử lý để tìm ra các quy luật phân bố hoặc xu thế phát triển. Trên cơ sở các kết quả này, việc đối sánh với các mô hình chuẩn hoặc xây dựng các mô hình sẽ được thực hiện để mô phỏng các kết quả nghiên cứu. Các mô hình được sử dụng bao gồm mô hình cấu trúc kiến tạo và sinh khoáng khu vực, mô hình địa hóa, mô hình nguồn gốc thành tạo mỏ khoáng.

- *Phương pháp chuyên gia:* Phương pháp này được thực hiện thông qua các tham vấn ý kiến của

các chuyên gia trình độ cao từ các cơ quan khoa học và quản lý trong và ngoài nước để xây dựng nội dung nghiên cứu, khảo sát, thu thập và xử lý các số liệu địa chất, kiến tạo, magma, sinh khoáng, phân tích mẫu, phân tích các số liệu về viễn thám, địa hóa, địa vật lý, cấu trúc khổng chế quặng hóa,... và đề xuất các giải pháp liên quan đến các nội dung nghiên cứu.

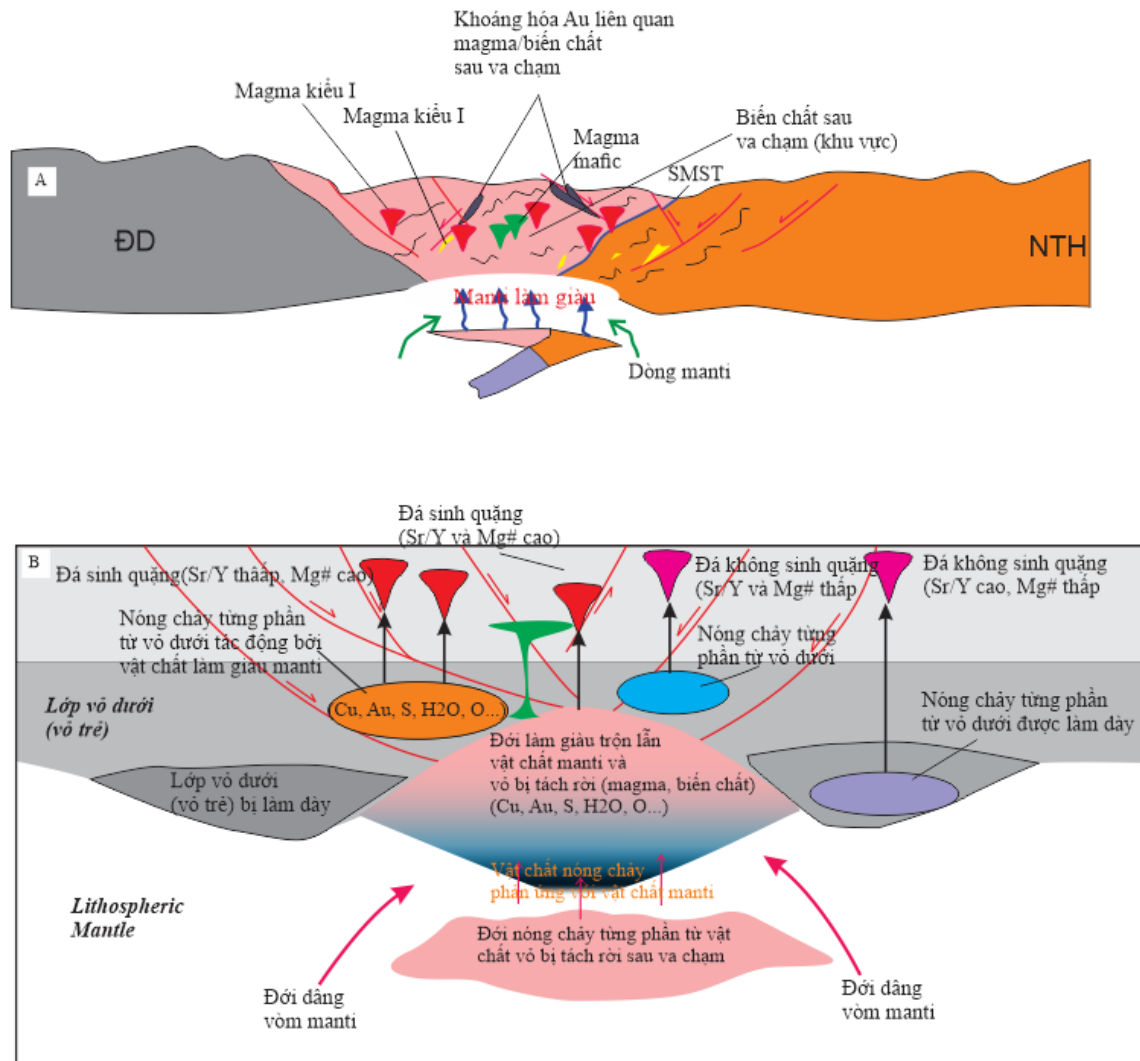
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Nhận xét chung

Như đã trình bày ở các phần trên, các đới tượng thành tạo địa chất thuận lợi cho tập trung khoáng hoá vàng khá rộng rãi, các thân quặng vàng định vị trong các thành tạo của hệ tầng: Khâm Đức, A Vương, Suối Cát và trong thành tạo các phức hệ Chu Lai, Trà Bồng, Bà Nà.

Từ các nghiên cứu khoáng hóa vàng tại các mỏ điển hình và từ các đặc điểm magma, biến chất, kiến tạo kết hợp với tuổi quặng ghi nhận được tại đới Tam Kỳ - Phước Sơn cho thấy chúng liên quan đến giai đoạn tách giãn sau va chạm giữa khối Đông Dương và Nam Trung Hoa (Hình 2). Sự kiện tách giãn này làm mỏng vỏ tạo núi phía trên, tạo điều kiện hình thành hệ thống đứt gãy thuận đi kèm sụt lún và sự dâng lên của vòm manti. Các điều kiện địa chất này tạo điều kiện để hình thành loạt đá magma từ nguồn manti, vỏ dưới, trầm tích biến chất đi cùng với nguồn nhiệt cao tạo điều kiện biến chất nhiệt độ cao hình thành. Giai đoạn này cũng tạo điều kiện tách vỡ dọc theo ranh giới thạch học của các cấu tạo phiến được hình thành trước đó. Các thành tạo magma được làm giàu vật chất manti (giàu Au, S, O, H₂O, MgO cao) đi lên và các dòng nhiệt dịch có điều kiện đi theo các hệ thống đứt gãy thuận (điển hình như đứt gãy Trà Bồng, Đắk Sa,...) lên phần trên, khi gặp các bẫy thuận lợi là các mặt tách phiến cùng với thành phần thạch học và dòng nhiệt dịch biến chất làm thay đổi độ pH, Eh, nhiệt độ, áp suất,... tạo điều kiện lắng đọng quặng nằm trong mặt phiến cấu trúc phức hệ Khâm Đức.

Đáng chú ý, thành phần vật chất các đá dọc theo đới va chạm là yếu tố quan trọng trong vai trò địa tầng khu vực, với thành phần đa dạng và chứa nhiều tập thạch học giàu vật chất cacbonat và sét vôi là điều kiện quan trọng để hình thành các tụ khoáng, mỏ khoáng. Ở đây chúng tôi đánh giá cao đới va chạm dọc rìa lục địa cổ khối Kon Tum, Trường Sơn là những đới có tiềm năng sinh khoáng có giá trị.



Hình 2. Mô hình kiến tạo thể hiện giai đoạn tách giãn sau va chạm xảy ra khoảng 250 đến 240 triệu năm trước (A) và mô hình khoáng hóa liên quan đến hình thành magma, kiến tạo giai đoạn sau va chạm để giải thích cơ chế hình thành mỏ vàng Bồng Miêu.

3.2. Vai trò của yếu tố cấu tạo

Cấu trúc không chế quặng vàng tại Bồng Miêu, Phước Thành, Trà My đều chỉ ra bởi việc các thân quặng nằm trong vùng nằm ven đứt gãy Tam Kỳ - Phước Sơn và Trà Bồng có phương á vĩ tuyến. Sự phân bố mỏ, điểm quặng chủ yếu nằm dọc theo các đứt gãy này cho thấy chúng có vai trò quan trọng trong quá trình hình thành quặng. Dựa trên các nghiên cứu tuổi biến dạng các khoáng vật biotit trên đá phiến dọc đứt gãy Trà Bồng, Tam Kỳ - Phước Sơn cho thấy chúng được hình thành trong khoảng Trias. Chi tiết trong nghiên cứu này cùng với kết quả nghiên cứu của Trần Thanh Hải [4] cho thấy thời gian của sự biến dạng và khoáng hóa vàng liên quan được coi là thuộc kỷ Trias (240-220 trn.), liên quan đến môi trường tách giãn sau va

chạm. Có lẽ hoạt động của hệ thống đứt gãy này là điều kiện quan trọng tạo kênh dẫn cho phép một khối lượng lớn dung dịch quặng (đặc biệt là dung dịch magma) di chuyển đi lên pha trộn với dung dịch biến chất hình thành nên các tụ khoáng Bồng Miêu, Phước Thành, Trà My, Trà Dương.

Nghiên cứu cấu trúc nhận các hệ thống quặng khu vực các điểm khoáng đới Tam Kỳ - Phước Sơn chủ yếu trong các đá phiến, khá "chỉnh hợp" với cấu trúc phiến của phức hệ Khâm Đức. Một số mạch quặng quan sát được ở khu vực Bồng Miêu, Trà My cho thấy chúng phân bố cắt phương phiến và có thể nằm khá dốc khoảng 50 - 70°. Tuy nhiên, khoáng hóa ở hai kiểu này khá tương đồng. Minh chứng này cho phép nhận định quặng hình thành cùng với mạch thạch anh xảy ra sau sự kiện

biến dạng phiến cuối của phức hệ Khâm Đức (vào khoảng Triat). Hơn nữa, hệ thống mặt trượt và đới phá hủy của các đứt gãy Trà Bồng và Tam Kỳ - Phước Sơn thường có góc dốc lớn ($60 - 70^\circ$ là chủ yếu, nhiều chỗ có độ dốc lớn hơn), vì vậy các thân quặng chủ yếu trong khu vực không nằm chủ yếu trong cấu trúc phá hủy của đới đứt gãy này mà nằm song song với cấu trúc phiến khu vực.

Một giải thích có lẽ hợp lý là các đứt gãy và đới phá hủy liên quan trong pha tách giãn sau va chạm tạo kênh dẫn cho dung dịch chứa khoáng hóa đi lên. Hệ thống dung dịch này gặp các đới tách giãn theo mặt phiến và điều kiện địa tầng, thạch học thuận lợi sẽ đi vào và tạo quặng nằm "chính hợp" với cấu trúc phiến. Như vậy, kiểm soát cấu trúc đới với khoáng hóa vàng tại mỏ vàng đới Tam Kỳ - Phước Sơn có thể là hệ thống đứt gãy Trà Bồng, Tam Kỳ - Phước Sơn, là một trong những đứt gãy lớn ở khu vực mỏ rìa bắc địa khối Kon Tum, kéo dài từ Quảng Ngãi đến Phước Sơn. Tuổi Ar-Ar biotit trong các mẫu mylonit tuổi 223 và 243 Tr.n (ứng với Trias giữa) cho thấy giai đoạn biến dạng phiến có thể đã xảy ra sớm hơn (trong Permi muộn - Trias sớm). Cấu trúc phiến và quan hệ kiến tạo của các tập thạch học trong đới biến chất phức hệ Khâm Đức cũng đóng vai trò quan trọng. Hoạt động tách giãn đã tạo điều kiện tái tách mở các tập phiến, đặc biệt dọc ranh giới các tập đá, tạo điều kiện các không gian mở để các dòng nhiệt dịch đi vào gặp điều kiện địa tầng thuận lợi để tạo nên các đới quặng.

3.3. Vai trò của yếu tố magma

Số liệu đồng vị lưu huỳnh cho thấy sự phân bố đơn đỉnh và bình thường, điều này có nghĩa là nguồn chất lỏng tham gia vào quá trình hình thành các mỏ Hồ Ráy và Thác Trắng tương đối đồng nhất. Tuy nhiên, giá trị $\delta^{34}\text{S}$ trong giai đoạn IIb nhẹ hơn, có khả năng do nguồn gốc sinh học đưa vào nhiều hơn so với giai đoạn IIa. Ngoài ra, giá trị $\delta^{34}\text{S}$ của các sulphide từ các mỏ Hồ Ráy và Thác Trắng dao động lần lượt từ -5,71 đến 2,10‰ và từ -2,16 đến -0,70‰. Các giá trị này trùng khớp với những giá trị điển hình của các mỏ vàng kiểu skarn [5], điều này cho phép chúng tôi nhận định rằng lưu huỳnh có nguồn gốc từ magma. Do đó, các chất lỏng có nguồn gốc từ magma là nguồn cung cấp lưu huỳnh chủ yếu có khả năng cao cho các khoáng vật sulphid ở các mỏ Hồ Ráy và Thác Trắng hình thành. Ngoài ra, không loại trừ một phần lưu huỳnh được đưa vào từ các dòng nhiệt dịch biến chất từ đá vây quanh.

Trong địa khối Kon Tum, khu vực Phú Yên, Quảng Ngãi, Quy Nhơn đã tìm thấy loạt magma

phức hệ Vân Canh điển hình kiểu I có tuổi khoảng 252 - 230Ma. Về khoảng tuổi loạt magma này tương đồng với các thành tạo magma sau va chạm phức hệ Hải Vân (kiểu S). Bằng chứng về magma sau va chạm kiểu S cũng được báo cáo rộng rãi trong khu vực Kon Tum và Sông Mã. Trong địa khối Kon Tum, phức hệ Hải Vân thuộc kiểu S có tuổi thành tạo 242 to 224 Ma, thuộc kiểu magma sau va chạm tạo núi [6]. Trong nghiên cứu này, mẫu phức hệ Bà Nà cũng cho tuổi 251 - 245 Ma. Các số liệu magma sau va chạm cho thấy có sự tương đồng chứng tỏ chúng được hình thành cùng giai đoạn do hoạt động va chạm mảng xảy ra vào khoảng Permi muộn - Trias sớm. Sự kiện va chạm này cũng được ghi nhận trong loạt đá biến chất phức hệ Ngọc Linh, Kan Nack, Khâm Đức ghi nhận khoảng tuổi 240 - 250 Ma (biến chất nhiệt độ cao đến siêu cao) chồng lên pha biến chất Paleozoi sớm [7].

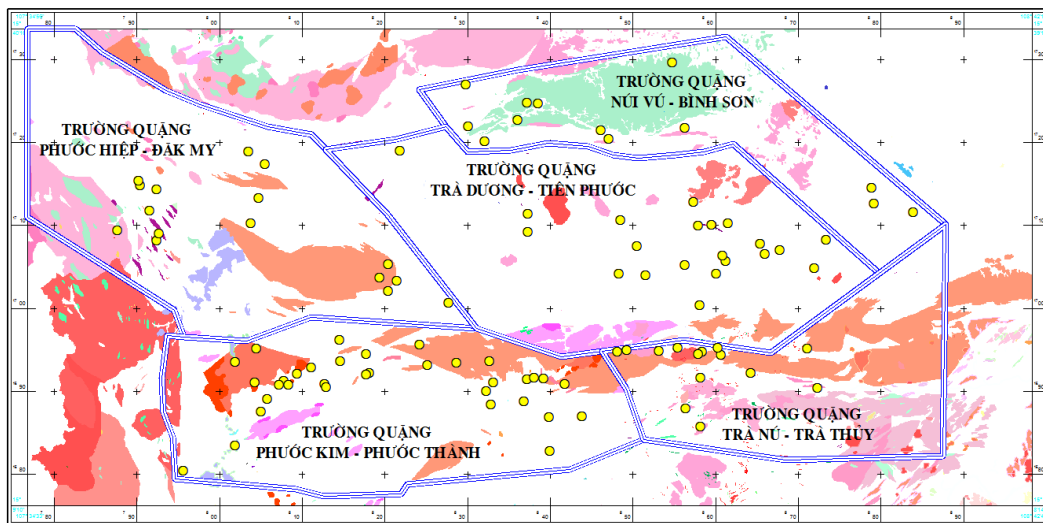
Trong khu mỏ Phước Sơn và vùng lân cận, hoạt động magma tuổi trẻ hơn 255 Ma được ghi nhận từ nhiều vị trí khác nhau. Điển hình như đá dacit ở Bãi Đất ($249,7 \pm 2,9$ Ma và 249 ± 11 Ma) và Bãi Gỗ ($250,5 \pm 2,3$ Ma và $250,9 \pm 2,7$ Ma), granit Khe Rin ($251,1 \pm 4,4$ Ma và 255 ± 4 Ma) và granit ở phía tây nam khu vực Phước Sơn (240 ± 4 Ma) [8]. Độ tuổi tương tự cũng được ghi nhận từ đá granit của hệ tầng Khâm Đức ($258,9 \pm 2,2$ Ma) [9]. Vũ Văn Tích [10] cũng báo cáo các độ tuổi tương tự từ Ar-Ar của amphibole trong orthogneiss ($239,5 \pm 1,5$ Ma) và biotit trong đá phiến mica ($229,8 \pm 3,0$ Ma, $229,1 \pm 2,6$ Ma và 237 ± 3 Ma), cả hai đều thuộc nhóm hệ tầng Khâm Đức. Như vậy, trong khu vực Phước Sơn hoạt động magma sau va chạm với thành phần khác nhau rất phổ biến. Trong khu vực mỏ Bồng Miêu, loạt đá magma granit kiểu S (dạng đai mạch hoặc thể nhỏ) đã được định tuổi trong khoảng 230 to 245Ma [11]. Trong nghiên cứu này, các thành tạo magma phức hệ Bà Nà cũng được định tuổi trong khoảng 230Ma khu vực gần mỏ Bồng Miêu. Ngoài ra, các bản đồ địa chất tỷ lệ 1:200.000 (Tờ Hội An, Bà Nà), các thành tạo magma phức hệ Hải Vân, Bà Nà, Vân Canh cũng được thể hiện các khối nhỏ cho thấy sự hiện diện của loạt đá magma sau va chạm phổ biến trong đới Tam Kỳ - Phước Sơn và lân cận.

Kết quả phân tích tuổi đồng vị Re-Os cho 03 mẫu tại mỏ vàng Bồng Miêu giao động xung quanh 239 - 241 tr. năm. Kết quả này tương đồng với giai đoạn magma liên quan đến tách giãn sau va chạm và 237 ± 5 tr. năm của dyke leucogranite trong mỏ Bồng Miêu (khu Hồ Ráy) [12]. Trong khi đó, khoáng hóa tại một số nơi trong mỏ Bồng Miêu có kiểu quặng hóa skarn và nhiệt dịch nguồn gốc magma

(greisen) liên quan đến loạt magma này. Từ đó có thể nhận thấy quặng hóa nhiệt dịch thành tạo vàng tại Bồng Miêu diễn ra sau quá trình tạo kết tinh của đá mẹ khoảng 3 tr. năm.

Richards [13] chứng minh về sự liên quan phổ biến giữa kiểu khoáng sản porphyry và các đá xâm nhập liên quan đến môi trường tạo núi có tỷ lệ Sr/Y cao (≥ 20), cùng với bằng chứng về sự hiện diện của các pha phenocryst chứa nước (hornblend và/hoặc biotite), tỷ lệ này phản ánh hàm lượng nước magma cao dẫn đến sự phân hóa hornblende. Hàm lượng nước magma cao là điều kiện tiên quyết cho sự hình thành các mỏ khoáng sản magma nhiệt dịch. Do đó, tham số này có thể được sử dụng để đánh giá tiềm năng của các bộ

magma tạo núi có khả năng sinh khoáng vàng. Một số tác giả cho rằng vàng rìa bắc và tây bắc Kon Tum có thể liên quan đến các thành tạo magma phức hệ Hải Vân hoặc Bà Nà. Tuy nhiên ghi nhận tỷ số Sr/Y trong các đá này rất thấp (0.1 - 16,64), trong đó khoảng tập trung chủ đạo 1,29 - 6,01. Đặc điểm này cho thấy các thành tạo magma này có khả năng chứa nước rất thấp. Các thành tạo granit cùng giai đoạn (phức hệ Vân Canh), tỷ số Sr/Y khá cao [14], khoảng 30 - 45 cho thấy các thành tạo magma này có khả năng chứa nước khá cao và hơn nữa, về mặt thạch học, các thành tạo magma này chứa khá nhiều hornblend dạng tấm lớn (kiểu phenocryst), điều này cũng phản ánh mức độ chứa nước cao của chúng.



Hình 3. Sơ đồ phân chia trường quặng theo phương magma. Các điểm chấm tròn màu vàng thể hiện vị trí các điểm và mỏ quặng vàng, vàng đa kim trong vùng.

Trong đới Tam Kỳ - Phước Sơn đã xác lập được 7 phức hệ magma xâm nhập có khả năng liên quan đến sinh khoáng vàng, bao gồm: phức hệ Bến Giằng - Quế Sơn, Ngok Peng Tock, Hải Vân, Măng Xim, Trà Phong, Bà Nà và một phức hệ đai mạch không phân chia (các đai cơ sẫm màu và sáng màu). Mỗi quan hệ về không gian của các phức hệ đá magma này với quặng hóa vàng rất rõ ràng (Hình 3). Ngoài ra, các thảo luận ở trên cho thấy quặng hóa vàng chủ yếu có nguồn gốc magma. Tuy nhiên, vẫn cần thêm những nghiên cứu rõ ràng về tuổi quặng hóa liên kết với tuổi thành tạo của magma liên quan tại từng khu vực nghiên cứu để định lượng rõ ràng hơn về mối quan hệ magma-sinh khoáng trong từng thời kỳ tại từng khu vực cụ thể.

3.4. Vai trò của yếu tố thạch học địa tầng

Các yếu tố thạch học địa tầng khống chế chủ

yếu quặng hoá vàng trong đới Tam Kỳ - Phước Sơn là hệ tầng Khâm Đức. Thành phần, kiến trúc, cấu tạo và đặc điểm biến đổi nhiệt dịch các đá vây quanh quặng của chúng đóng vai trò là môi trường thuận lợi để tích tụ quặng vàng. Hệ tầng Khâm Đức chiếm hầu hết dải phía bắc khu vực nghiên cứu, hướng kéo dài theo phương đông tây trùng với phương cấu trúc chung của khu vực. Thành phần thạch học gồm: Đá phiến thạch anh - plagiocla - biotit, gneis biotit, gneis biotit - hornblen, phiến thạch anh - biotit, phiến plagioclase - hornblen - biotit, amphibolit, gneis muscovit - granat,... Theo kết quả nghiên cứu, các đá đóng vai trò là môi trường chứa quặng chính bao gồm đá gneis - biotit và plagioclase - gneiss - amphibol, đối sánh với tổ hợp cộng sinh tiêu biểu của phức hệ, đá chứa quặng thuộc hệ tầng Khâm Đức có thành phần nguyên thủy ban đầu là đá phun trào từ dacit, andesit đến mafic.



4. KẾT LUẬN

Từ các kết quả nghiên cứu trên có thể rút ra một số kết luận sau:

➤ Các hệ thống đứt gãy, khe nứt được xem là dẫn dung dịch quặng bao gồm các hệ thống đứt gãy, khe nứt sinh sớm hơn nguồn dung dịch tạo quặng. Vai trò đường dẫn quặng phụ thuộc cơ bản vào quy mô và tính chất của đứt gãy, khe nứt và có thể cũng là môi trường chứa quặng. Các hệ thống đứt gãy phương á vĩ tuyến, các khe nứt tách mở kéo theo hệ thống dịch trượt và hệ thống trượt bằng phương tây bắc - đông nam là môi trường dẫn và chứa quặng thuận lợi. Ngoài ra, các khe nứt dạng tách mở phương đông bắc - tây nam, á kinh tuyến cũng đóng vai trò là môi trường chứa quặng nhưng ít phổ biến hơn;

➤ Quặng vàng gốc đới Tam Kỳ - Phước Sơn không liên quan nguồn gốc với granitoid thuộc phức hệ Bà Nà, chúng được thành tạo muộn hơn hoạt động tạo núi mạnh mẽ Indosini trong giai đoạn Permian muộn - Trias, hay nói cách khác chúng được thành tạo trong bối cảnh kiến tạo sau tạo núi Indosini và thành tạo sau các thành tạo của granitoid phức hệ Bà Nà;

➤ Yếu tố thạch học địa tầng khống chế chủ yếu quặng hoá vàng trong khu vực nghiên cứu là hệ tầng Khâm Đức. Thành phần, kiến trúc, cấu tạo và đặc điểm biến đổi nhiệt dịch các đá vây quanh quặng của chúng đóng vai trò là môi trường thuận lợi để tích tụ quặng vàng. Môi trường chứa quặng chủ yếu là đá gneiss - biotit và plagioclase - gneiss - amphibol;

➤ Các quá trình biến đổi chủ yếu gồm: sericit hoá, chlorit hoá, epidot hoá, berezit hoá, argilit hoá. Trong đó, quá trình biến đổi sericit hoá phát triển mạnh mẽ nhất, điển hình cho tất cả các đá cạnh mạch quặng bị biến đổi, thứ đến là berezit hoá gắn liền với các giai đoạn tạo quặng nhiệt dịch;

➤ Từ kết quả nghiên cứu các yếu tố thạch học địa tầng, magma, đứt gãy khống chế quặng vàng kết hợp với kết quả phân tích cấu trúc bằng tài liệu địa vật lý, quặng vàng gốc đới Tam Kỳ - Phước Sơn được chia làm 05 trường quặng: Phước Hiệp - Đắc My, Núi Vú - Bình Sơn, Trà Dương - Tiên

Phước, Phước Kim - Phước Thành và Trà Núi - Trà Thủy □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nakano, N., Osanai, Y., Minh, N. T., Miyamoto, T., Hayasaka, Y., and Owada, M., (2008). Discovery of high-pressure granulite-facies metamorphism in northern Vietnam: Constraints on the Permo-Triassic Indochinese continental collision tectonics: *Comptes Rendus Geoscience*, v. v. 340, p. 127-138.
- [2]. Dilek, Y., and Furnes, H. (2014). Ophiolites and their origins: *Elements*, v. 10, p. 93-100.
- [3]. Trần Văn Trị, Vũ Khúc (2009). Địa chất và Tài nguyên Việt Nam. Nxb Khoa học Tự nhiên và Công nghệ. Hà Nội.
- [4]. Tran, H. T., Zaw, K., Halpin, J. A., Manaka, T., Meffre, S., Lai, C. K., Lee, Y., Le, H. V., and Dinh, S. (2014). The Tam Ky-Phuoc Son Shear Zone in central Vietnam: Tectonic and metallogenic implications: *Gondwana Research*, v. v. 26, p. 144-164.
- [5]. Kamvong, T. (2013). Geology and genesis of porphyry-skarn Cu-Au deposits of the Northern Loei and Truong Son fold belts (PhD: Hobart, Tasmania, Australia, University of Tasmania).
- [6]. Hieu, P. T., Yang, Y. Z., Binh, D. Q., Nguyen, T. B. T., Dung, L. T., and Chen, F. (2015). Late Permian to Early Triassic crustal evolution of the Kontum massif, central Vietnam: zircon U-Pb ages and geochemical and Nd-Hf isotopic composition of the Hai Van granitoid complex: *International Geology Review*, v. v. 57, p. 1877-1888
- [7]. Nakano, N., Osanai, Y., Owada, M., Hayasaka, Y., and Nam, T. N. (2009). Permo-Triassic Barrovian-type metamorphism in the ultrahigh-temperature Kontum Massif, central Vietnam: Constraints on continental collision tectonics in Southeast Asia: *Island Arc*, v. 18, p. 126-143.
- [8]. Sang Quang Dinh, Crawford, A.J., Berry, R.F. (2010). Geochronology and geology of the northern margin of the Kontum Massif - central Vietnam. Annual report (Report No. 8) of the Ore Deposits of SE Projects, 15p.
- [9]. Khin Zaw, Meffre, S., and team (2010). Final report on "Ore Deposits of SE Asia: Project.
- [10]. Tich, V., Malyski, H., and Vuong, N. (2007). Ar-Ar age of metamorphic and mylonitic rocks in northern part of the Kon Tum massif: evidence for the Indosinian movement along shear zones between Kon Tum massif and Truong Son Belt: *VNU Journal of Science, Earth Sciences*, v. 23, p. 253-264.



- [11]. Khin Zaw, Meffre, S., Kamvong, T., Stein, H., Vasconcelos, P., and Golding, S. (2009). Geochronological and metallogenic framework of Cu-Au skarn deposits along Loei Fold Belt, Thailand and Lao PDR, p. 309-311.
- [12]. Khin Zaw, M., S., Lai, C.K., Santosh, M., Burrett, F.C., Graham, I.T., Manaka, T., Salam, A., Kamvong, T., Cromie, P., (2014). Tectonics and metallogeny of mainland SE Asia – an overview and contribution: Gondwana Research.
- [13]. Richards, J. P. (2011). High Sr/Y arc magmas and porphyry Cu±Mo±Au deposits: Just add water: Economic Geology, v. 106, p. 1075-1081.
- [14]. Hung, D. D., Tsutsumi, Y., Hieu, P. T., Minh, N. T., Minh, P., Dung, N. T., Hung, N. B., Komatsu, T., Hoang, N., and Kawaguchi, K., Van Canh (2022). Triassic granite in the Kontum Massif, central Vietnam: geochemistry, geochronology, and tectonic implications: Journal of Asian Earth Sciences, v. X, v. 7, p. 100075.

LỜI CẢM ƠN

Nội dung bài báo được hỗ trợ bởi Trường Đại học Mỏ - Địa chất trong đề tài cấp Quốc gia: “Nghiên cứu xác lập mô hình nguồn gốc và quy luật phân bố một số khoáng sản nội sinh có triển vọng khu vực địa khối Kon Tum”, mã số ĐTĐL.CN-112/21.

THE ROLE OF GEOLOGICAL FACTORS IN CONTROLLING PRIMARY GOLD ORE IN THE TAM KY - PHUOC SON BELT

Khang Quang Luong*, Truong Xuan Le, Thanh Xuan Ngo, Hien Thu Thi Bui

*Hanoi University of Mining and Geology, 18 Vien Street, Ha Noi, Vietnam

ARTICLE INFOR

TYPE: Research Article

Received: 25/02/2025

Revised: 28/3/2025

Accepted: 02/4/2025

*Corresponding author:

Email: luongquangkhang@hmg.edu.vn

ABSTRACT

The Tam Ky - Phuoc Son belt is one of the potential metallogenic structure in Southeast Asia, hosting numerous hydrothermal gold deposits and occurrences, including explored and mined ones. To enhance the efficiency of geological surveys and exploration for hydrothermal gold ore in this region, studying the role of mineralisation constraints is crucial. This research helps define key indicators for mineral prospecting and explore the potential of gold deposits in the Tam Ky - Phuoc Son belt.

Research findings indicate that the sub-attitude fault system, tensional fractures associated with strike-slip faults, and northwest-southeast trending shear zones are favorable pathways and traps for the ore deposition. The gold ore in the Tam Ky - Phuoc Son belt is not genetically related to the granitoids of the Ba Na Complex. Instead, it was formed in a post-orogenic setting just after the Indosinian orogeny and younger than the granitoid formations of the Ba Na Complex. In terms of lithostratigraphic constraint, hydrothermal gold mineralization in the study area is primarily influenced by the Kham Duc Formation, which consists of quartz - plagioclase - biotite schist, biotite gneiss, biotite -hornblende gneiss, quartz - biotite schist, plagioclase - hornblende - biotite schist, amphibolite, muscovite - garnet gneiss, and other rock types. The main units hosting gold mineralization include biotite gneiss and plagioclase - gneiss - amphibolite. Hydrothermal alteration associated with the mineralisation, including sericitization, chloritization, epidotization, beresitization, and argillization, played a significant role in ore formation in this region.

Keywords: Tam Ky-Phuoc Son zone, primary gold ore, ore-controlling structure, Kham Duc formation

@ Vietnam Mining Science and Technology Association