

ĐẶC ĐIỂM QUẶNG HÓA SKARN GIÀU VÀNG TẠI KHU VỰC HỔ RÁY, MỎ VÀNG BỒNG MIÊU, QUẢNG NAM

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

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

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 31/3/2025

Ngày nhận bài sửa: 25/4/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/4/2025

*Tác giả liên hệ:

Email: lexuantruong@humg.edu.vn

TÓM TẮT

Mỏ vàng Bồng Miêu là một trong những vàng có quy mô khá lớn được phát hiện trong đới sinh khoáng Tam Kỳ - Phước Sơn. Mỏ vàng có nhiều tiểu khu khác nhau như Hồ Ráy, Thác Trắng, Núi Kẽm và Hồ Gắn. Trong đó mỗi tiểu khu có các biểu hiện kiểu quặng có nguồn gốc khác nhau. Trên cơ sở nghiên cứu khảo sát ngoài thực địa và phân tích chi tiết các mẫu quặng hóa và đá biến đổi dưới kính hiển vi, kết quả nghiên cứu trong bài báo này đã xác định được quặng hóa vàng tại khu vực Hồ Ráy có kiểu quặng hóa nguồn gốc skarn giàu vàng, bao gồm kiểu skarn ngoài đóng vai trò chủ đạo và skarn trong đóng vai trò thứ yếu.

Quá trình skarn và quặng hóa diễn ra theo từng bước, bao gồm: giai đoạn biến chất tiếp xúc nhiệt (hình thành hornfels), giai đoạn biến chất tiếp xúc với quá trình trao đổi thay thế (biến chất tiến hóa), và cuối cùng là quá trình quặng hóa kết hợp với sự biến đổi nhiệt dịch (biến chất nghịch), tương ứng với 4 giai đoạn như sau: Giai đoạn 1 (Trước quặng hóa) gồm Clinopyroxen + Granat + Quartz + Magnetit; Giai đoạn 2 (Đồng thời với quặng hóa) gồm Quartz + Chlorit + Epidot + Amphibol + Sericit + Sulfides (Pyrit, Pyrrhotin, Chalcopyrit, Arsenopyrit, Bismuthinit) + Vàng/Electrum; Giai đoạn 3 (Tiếp tục quặng hóa) gồm Quartz + Chlorit + Epidot + Sulfides (Pyrit, Pyrrhotin, Chalcopyrit, Arsenopyrit) + Vàng/Electrum; và giai đoạn 4 (Sau quặng hóa) gồm Calcit + Quartz + Sericit + Illit. Kết quả nghiên cứu đã tạo tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo và định hướng công tác khảo sát, đánh giá khoáng sản vàng tại những khu vực lân cận.

Từ khóa: Hồ Ráy, Bồng Miêu, quặng hóa vàng, skarn.

@ Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đới sinh khoáng Tam Kỳ - Phước Sơn là một trong những đới sinh khoáng có tiềm năng lớn ở Đông Nam Á. Cho đến nay đã ghi nhận được khoảng 100 điểm và mỏ quặng, trong đó chủ yếu là quặng vàng và vàng đa kim, ít hơn là khoáng sản kim loại cơ bản, bao gồm đồng, chì và kẽm [1]. Nhiều mỏ và tụ quặng vàng, vàng đa kim và đồng nội sinh đã được phát hiện trong khu vực, đáng chú ý là các mỏ và tụ quặng Bồng Miêu (vàng), Phước Thành (vàng), Phước Sơn (vàng-chì-kẽm), Đức Bó (đồng-chì-kẽm),... Cho đến nay, một số đề tài và đề án chuyên sâu đã tiến hành nghiên cứu địa chất trong khu vực, cung cấp thông tin liên quan

đến magma, kiến tạo, cấu trúc và các loại hình khoáng sản kim loại [1], [3], [5]. Tuy nhiên, tại nhiều mỏ và tụ quặng, các đặc điểm quặng hóa và kiểu quặng nguồn gốc vẫn chưa được làm rõ, dẫn đến những khó khăn trong việc xác định quy luật phân bố khoáng sản và tiềm năng quặng ẩn sâu tại các khu vực đó. Mỏ vàng Bồng Miêu là một trong số các mỏ như vậy.

Một số nghiên cứu ban đầu đã nhận định quặng hóa vàng tại mỏ Bồng Miêu rất phức tạp, có thể gồm nhiều loại hình quặng hóa khác nhau như nhiệt dịch không phân chia, nhiệt dịch liên quan đến đá xâm nhập có tính khử và nhiệt dịch có dấu hiệu của kiểu quặng skarn [3], [5], [6]. Việc xác định kiểu quặng nguồn gốc tại mỏ vàng Bồng Miêu



là một trong những nhiệm vụ có tính cấp thiết cao, tạo tiền đề cho công tác điều tra, đánh giá quặng hóa vàng trong khu vực lân cận mỏ Bồng Miêu nói riêng và đại sinh khoáng Tam Kỳ - Phước Sơn nói chung. Vì vậy, nghiên cứu làm rõ các đặc điểm quặng hóa và kiểu mỏ nguồn gốc của quặng vàng khu vực Hồ Ráy, thuộc mỏ vàng Bồng Miêu, có tính cấp thiết cao, góp phần tạo cơ sở khoa học cho các nghiên cứu tiếp theo và định hướng công tác tìm kiếm đánh giá khoáng sản ẩn sâu trong khu vực.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Lịch sử địa chất và sinh khoáng đới Tam Kỳ - Phước Sơn và đặc điểm địa chất khu Hồ Ráy, Bồng Miêu

2.1.1. Lịch sử địa chất và sinh khoáng đới Tam Kỳ - Phước Sơn

Cấu trúc địa chất của đới Tam Kỳ - Phước Sơn chủ yếu bao gồm các tổ hợp đá biến chất, đá magma và các thành tạo ophiolit có tuổi từ Neoproterozoi muộn đến Paleozoi sớm. Trong đó, đáng chú ý là các đá biến chất thuộc phức hệ Khâm Đức, các thành tạo ophiolit của phức hệ Hiệp Đức, cũng như hệ tầng núi lửa Neoproterozoi muộn - Paleozoi sớm của phức hệ Núi Vú. Bên cạnh đó, khu vực còn bao gồm các đá xâm nhập plagiogranit, tonalit, hornblend-biotit granodiorit thuộc phức hệ Điện Biên và các thành tạo gabro thuộc phức hệ Ngọc Hồi (Hình 1).

Các đá biến chất thuộc phức hệ Khâm Đức phân bố rộng rãi tại trung tâm và khu vực phía nam của đới Tam Kỳ - Phước Sơn. Chúng bao gồm ba tập đá chính: (i) tập đá nằm ở phần dưới gồm các thành tạo phun trào bị biến chất; (ii) phần giữa là tổ hợp đá hoa, trầm tích lục nguyên bị biến chất xen kẽ với các đá phun trào biến chất; và (iii) phần trên chủ yếu là các trầm tích lục nguyên bị biến chất. Các thành tạo này đã trải qua quá trình biến chất mạnh mẽ, đạt đến tướng amphibolit và granulit trong điều kiện áp suất trung bình [4].

Đá magma gồm có một số phức hệ như Hiệp Đức, Núi Vú, Ngọc Hồi, Điện Biên, Chu Lai, Bà Nà và Trà Bồng. Phức hệ Hiệp Đức chủ yếu bao gồm các đá siêu mafic (dunit và harzburgit) bị serpentin hóa, trong đó có sự hiện diện của các khoáng vật chromit dưới dạng xâm tán. Ngoài ra, phức hệ còn chứa các thành tạo gabro, bazan, andezit, chert đã trải qua biến chất, cùng các lớp đá hoa có quy mô nhỏ. Những đặc điểm này phản ánh nguồn gốc của phức hệ Hiệp Đức là phần sót lại của một vỏ đại dương từng tồn tại trong một nhánh đại dương trước cung [15]. Phức hệ Núi Vú lộ ra dưới dạng dải hẹp kéo dài theo hướng Tây

Bắc - Đông Nam, cục bộ có phương Đông - Tây. Tập đá phần dưới của phức hệ chủ yếu bao gồm các thành tạo phun trào đã bị biến chất, đi kèm với các lớp đá phiến silic và trầm tích phun trào bị biến chất. Trong khi đó, phần trên đặc trưng bởi sự xen kẽ của đá trầm tích phun trào bị biến chất với các lớp mỏng của đá phun trào biến chất. Đối với phức hệ Ngọc Hồi, thành phần đặc trưng của nó là các thành tạo gabro - pyroxenit bị biến chất. Phức hệ Điện Biên, ngược lại, chứa các khối đá xâm nhập có kích thước nhỏ đến trung bình, thường có dạng thấu kính, phân bố dọc theo mặt phiến của các đá biến chất thuộc phức hệ Núi Vú và kéo dài theo cấu trúc khu vực [2].

Các trầm tích lục nguyên carbonat đã bị biến chất đến tướng phiến lục, thuộc hệ tầng A Vương, có mặt chủ yếu ở khu vực phía bắc và nam của vùng nghiên cứu. Chúng bao gồm các đá lục nguyên bị biến chất và các đá phiến giàu carbonat. Những đặc điểm thạch học này cho thấy các thành tạo của hệ tầng A Vương hình thành trong môi trường trầm tích nước nông với quá trình tích tụ kéo dài, đại diện điển hình cho sự lắng đọng tại rìa lục địa thụ động.

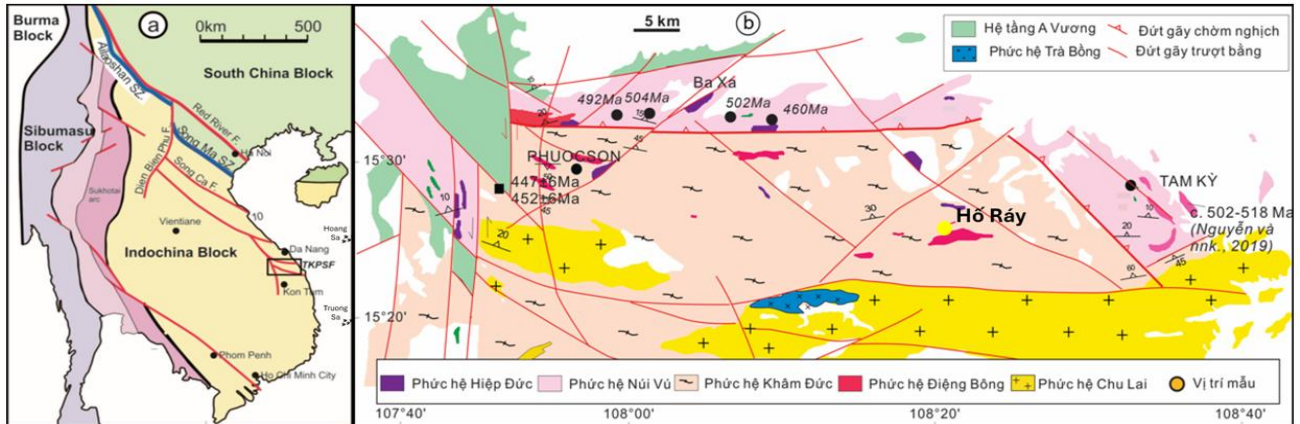
Các khối granitoid có tuổi Ordovic - Silur phân bố phổ biến ở phần phía nam của khu vực, tạo thành các diện kéo dài theo phương cấu trúc chính. Các thành tạo này thuộc nhóm magma kiềm vôi, giàu nguyên tố đất hiếm nhóm nhẹ nhưng lại có hàm lượng thấp của các nguyên tố trường lực mạnh. Những đặc điểm địa hóa này là dấu hiệu của quá trình hình thành trong môi trường kiến tạo chịu tác động của ứng suất nén ép mạnh mẽ [7], [8].

Quá trình điều tra địa chất và khoáng sản trong khu vực qua nhiều giai đoạn đã xác định rằng đới Tam Kỳ - Phước Sơn là một trong những khu vực có tiềm năng khoáng sản vàng lớn nhất Việt Nam. Theo các số liệu tổng hợp, cho đến nay đã ghi nhận tổng cộng 98 mỏ và điểm quặng vàng, với các đặc điểm địa chất, trữ lượng, tài nguyên và mức độ nghiên cứu khác nhau. Về phân bố không gian, các biểu hiện khoáng hóa vàng trong khu vực chủ yếu xuất hiện trong các thành tạo biến chất thuộc hệ tầng Khâm Đức, A Vương, Núi Vú, Đắk My, cũng như trong các đá xâm nhập thuộc phức hệ Chu Lai, Bà Nà và Trà Bồng. Trong đó, hệ tầng Khâm Đức chứa số lượng điểm khoáng hóa vàng nhiều nhất. Các thân quặng vàng gốc thường tập trung dọc theo các đới đứt gãy phá hủy liên quan đến hệ thống đứt gãy có phương á vĩ tuyến, với một số mạch quặng định hướng theo phương Tây Bắc - Đông Nam hoặc Đông Bắc - Tây Nam. Hình thái phổ biến của thân quặng bao gồm dạng thấu kính, ổ, mạch hoặc đới vi mạch. Về kiểu quặng,



phổ biến nhất là quặng vàng - thạch anh - sulfur đa kim, ngoài ra còn có dạng quặng vàng - thạch anh - pyrit. Một số điểm quặng tiêu biểu trong khu vực gồm: thôn 1A, Phước Lập, Trà Đơn, thôn 4, Trà Văn, thôn Ông Dề, Trà Giáp, Ngã ba sông Tranh,

suối Krek (thuộc các vùng Phước Thành, Phước Kim, Trà Leng); cùng với các điểm quặng tại thôn 1-2, thôn 5-6, Hố Ráy, Trà Dương (thuộc khu vực Tiên Phước).

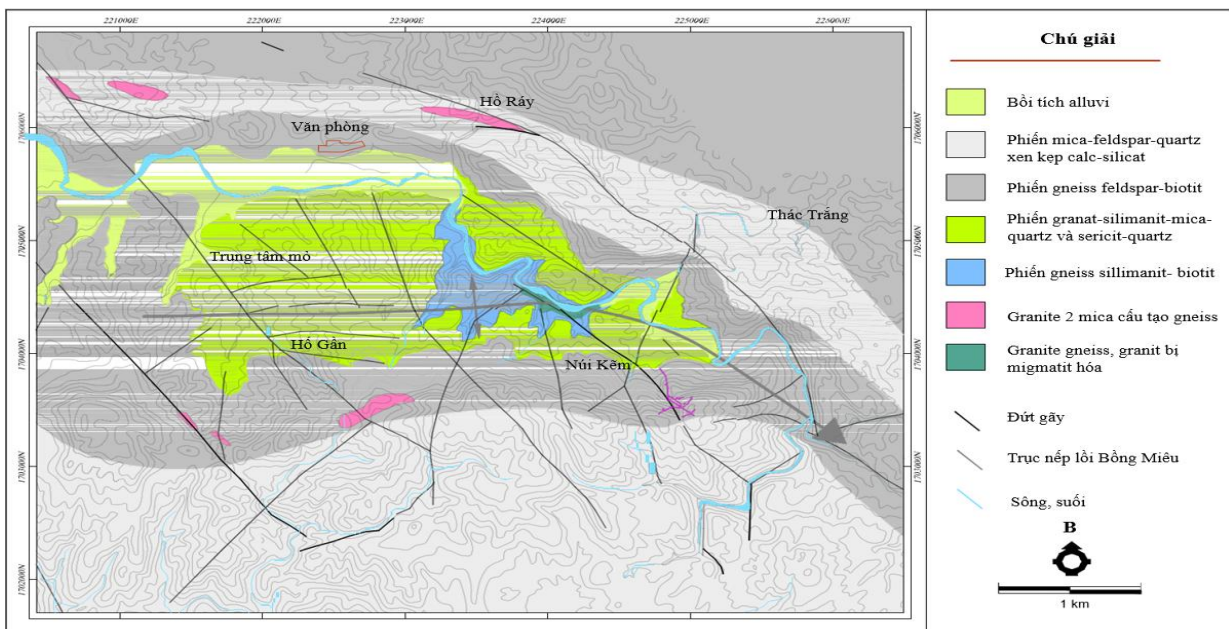


Hình 1. (a) Sơ đồ kiến tạo giản lược của khu vực Đông Nam Á thể hiện các khối kiến tạo và một số đứt gãy chính, khu vực đới Tam Kỳ - Phước Sơn được thể hiện bằng ô hình chữ nhật màu đen; (b) Sơ đồ địa chất vùng thể hiện vị trí điểm vàng Hố Ráy, mỏ vàng Bồng Miêu trên nền địa chất đới Tam Kỳ - Phước Sơn (cập nhật từ [2]).

2.1.2. Đặc điểm địa chất khu Hố Ráy, Bồng Miêu

Đặc điểm địa chất của khu Hố Ráy, mỏ vàng Bồng Miêu được thể hiện tóm tắt trong bản đồ địa chất mỏ Bồng Miêu (Hình 2). Tham gia vào cấu trúc địa chất của vùng gồm chủ yếu gồm: (1) các thành tạo biến chất Proterozoi muộn của hệ tầng Khâm Đức ($PR_2kd_2^{2-2}$) có thành phần gồm: đá phiến-thạch anh-mica chứa granat (granat), granit gneiss, đá skarn chứa silicate calci (diopsid, wolastonit), quartzit và amphibolit; (2) khối lượng hạn chế

magma xâm nhập phức hệ Chu Lai, Đại Lộc, Cha Val và Hải Vân. Trong khu Hố Ráy, các đá gneiss feldspar-thạch anh dạng porphyrit hạt thô, xen kẹp đá phiến sericit, đá phiến biotit và ít amphibolit phân bố ở dưới sâu được bắt gặp trong các lỗ khoan. Các đá skarn giàu hornblend, pyroxen xiên, chứa vàng phân bố thành dải tại trung tâm mỏ xen kẹp với phiến thạch anh – feldspar (thường chứa granat/ granat) và đá dolomit.



Hình 2. Bản đồ địa chất Mỏ vàng Bồng Miêu (cập nhật từ [6])



2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp thu thập và xử lý tài liệu: Tiến hành tổng hợp và phân tích các nghiên cứu đã có liên quan đến địa tầng, magma, khoáng sản, cấu trúc, biến chất, địa hóa, viễn thám, địa vật lý từ quy mô vùng (đới khâu Tam Kỳ - Phước Sơn) đến quy mô mỏ (Mỏ vàng Bồng Miêu). Các tài liệu được thu thập bao gồm các bản đồ địa chất, báo cáo kết quả nghiên cứu, điều tra, đánh giá và thăm dò, các bài báo khoa học đã được thực hiện, lưu trữ và công bố. Từ đó tóm tắt lịch sử hoạt động magma - kiến tạo – sinh khoáng của vùng, các đặc địa chất và quặng hóa của các khu vực cụ thể. Dựa trên công tác tổng hợp và phân tích các tài liệu này, đánh giá tổng quát về mức độ hiệu quả và mức độ tin cậy của các phương pháp nghiên cứu trong và ngoài nước, dựa trên những kết quả đã được công bố.

- Phương pháp nghiên cứu thực địa: Thực hiện nghiên cứu khảo sát ngoài thực địa, mô tả chi tiết mẫu lõi khoan, nhằm làm rõ đặc điểm địa chất và quặng hóa của khoáng sản vàng khu Hồ Ráy. Nghiên cứu đặc điểm cấu trúc, kiến tạo chủ đạo, các thành tạo magma, các đặc điểm thành tạo quặng, các yếu tố khống chế quặng hóa và các loại hình biến đổi nhiệt dịch đi kèm với quặng hóa, tạo cơ sở khoa học xác định loại hình quặng hóa và định hướng thăm dò quặng vàng tương tự tại các khu vực lân cận. Ngoài ra, tiến hành thu thập mẫu phục vụ phân tích chuyên sâu về địa chất và quặng hóa.

- Phương pháp phân tích mẫu vật: Áp dụng các kỹ thuật phân tích truyền thống đến tiên tiến để xác định thành phần khoáng vật, đặc tính thạch học,

hóa học, quan hệ cộng sinh khoáng vật, cấu trúc và sự biến đổi của đá và quặng.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Đặc điểm quặng hóa vàng khu Hồ Ráy: Theo một số nghiên cứu trước đây, khoáng hóa vàng tại khu Hồ Ráy thuộc loại hình skarn chứa vàng-Bismuth, bao gồm cả loại hình khoáng và skarn ngoài, mặc dù chưa làm rõ được hệ thống khoáng hóa kiểu khoáng mỏ [3], [9], [10]. Tại đây quá trình skarn hóa chủ yếu xảy ra trong đá silicate canxi, theo các phiến chứa carbonate đá, khác với các loại hình quặng hóa tại các tiểu khu khác thuộc cụm mỏ vàng Bồng Miêu. Tại hai khu vực Thác Trắng và Núi Kẽm, đới khoáng hóa vàng phần nhiều nằm trong đá phyllit thạch anh-sericit và đá phyllit thạch anh-biotit, mang đặc trưng kiểu vàng nhiệt dịch nguồn gốc magma thay vì kiểu quặng hóa skarn. Tại Hồ Gắn, quặng hóa vàng mang nhiều đặc trưng của kiểu mỏ vàng nhiệt dịch được cho là kiểu quặng hóa vàng tạo núi [3] mặc dù quặng hóa nằm trong đá vây quanh là granite, pegmatite và đá phiến.

3.1. Đặc điểm thành phần vật chất

Đặc điểm thành phần khoáng vật

Theo kết quả khảo sát và phân tích mẫu trong phòng, kết hợp với kết quả nghiên cứu có trước của tại mỏ vàng Bồng Miêu, thành phần khoáng vật quặng và đá biến đổi tại khu Hồ Ráy, Bồng Miêu được thể hiện như trong Bảng 1. Chi tiết về thành phần khoáng vật quặng và đá biến đổi được trình bày trong mục các giai đoạn tạo quặng.

Bảng 1. Tóm tắt đặc điểm thành phần khoáng vật chính của quặng hóa tại khu vực Hồ Ráy, mỏ vàng Bồng Miêu trên cơ sở kết quả nghiên cứu của đề tài và các nghiên cứu có trước [3], [6], [9]. Ghi chú: Mt = Magnetit, Py=pyrit, Cpy=chalcopyrit, Po=Pyrrhotin, Apy=arsenopyrit, Bi=bismuthinit, El=Electrum, Au=Vàng

Kiểu quặng hóa	Skarn > Mạch quartz -sulfides – Au
Đá vây quanh chính	Calc-silicate
Tổ hợp khoáng vật quặng	Mt+Py+Cpy+Po+ Apy+Bi+ El/Au
Khoáng vật đá biến đổi	Granat, clinopyroxen, biotit, amphibol, quartz, epidot, chlorit, fluorit, calcit, sphe, sericit

Đặc điểm thành phần hóa học

Kết quả phân tích trên cho thấy ngoài vàng là khoáng sản chính của mỏ, các khoáng sản đi kèm còn có bạc và chì. Kết quả phân tích đại diện một số mẫu hóa 4 nguyên tố Au, Ag, Pb, Zn tại khu Hồ

Ráy mỏ Bồng Miêu được tổng hợp trong Bảng 2. Có thể nhận thấy hàm lượng bạc trong vàng khá cao, hàm lượng Zn và Pb trong hầu hết các mẫu đều khá cao.

Bảng 2. Kết quả phân tích thành phần hóa 4 nguyên tố cho các một số mẫu trong đới quặng và đới khoáng hóa vàng tại khu vực Hồ Ráy, mỏ Bồng Miêu.

Stt	Số hiệu mẫu	Au (g/t)	Ag (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
1	50154	0,02	X	18	14
2	50158	0,06	8,7	1160	591
3	50160	0,02	X	59	82
4	50173	4,65	X	58	25
5	50187	0,03	0,5	83	85
6	50193	0,02	X	29	93

3.2. Các giai đoạn tạo quặng

Trên cơ sở khảo sát đo vẽ ngoài thực địa, kết hợp với kết quả phân tích mẫu khoáng tương và mẫu lát mỏng thạch học, có thể thấy khu vực Hồ Ráy tại mỏ vàng Bồng Miêu có kiểu quặng hóa vàng trong skarn và nhiệt dịch nguồn gốc magma với giai đoạn quặng hóa skarn được đặc trưng bởi 3 giai đoạn chính, gồm:

- Giai đoạn biến chất tiếp xúc nhiệt (sừng hóa);
- Giai đoạn biến chất tiếp xúc trao đổi thay thế (biến chất tiến triển);
- Giai đoạn nhiệt dịch: quặng hóa và biến đổi nhiệt dịch (biến chất giạt lùi).

Trong giai đoạn đầu tiên, đá vây quanh bị sừng hóa tại đới tiếp xúc khi thể magma xuyên nhập vào trong đới phiến phyllite thạch anh – mica và phiến chứa carbonate. Ở giai đoạn tiếp theo, quá trình skarn hóa giai đoạn biến chất tiến triển ra xung quanh ranh giới tiếp xúc giữa thể magma và đá vây quanh. Tại khu Hồ Ráy, mỏ vàng Bồng Miêu, gồm có khoáng và skarn ngoài.

Giai đoạn biến chất tiếp xúc trao đổi thay thế (biến chất tiến triển):

Skarn trong:

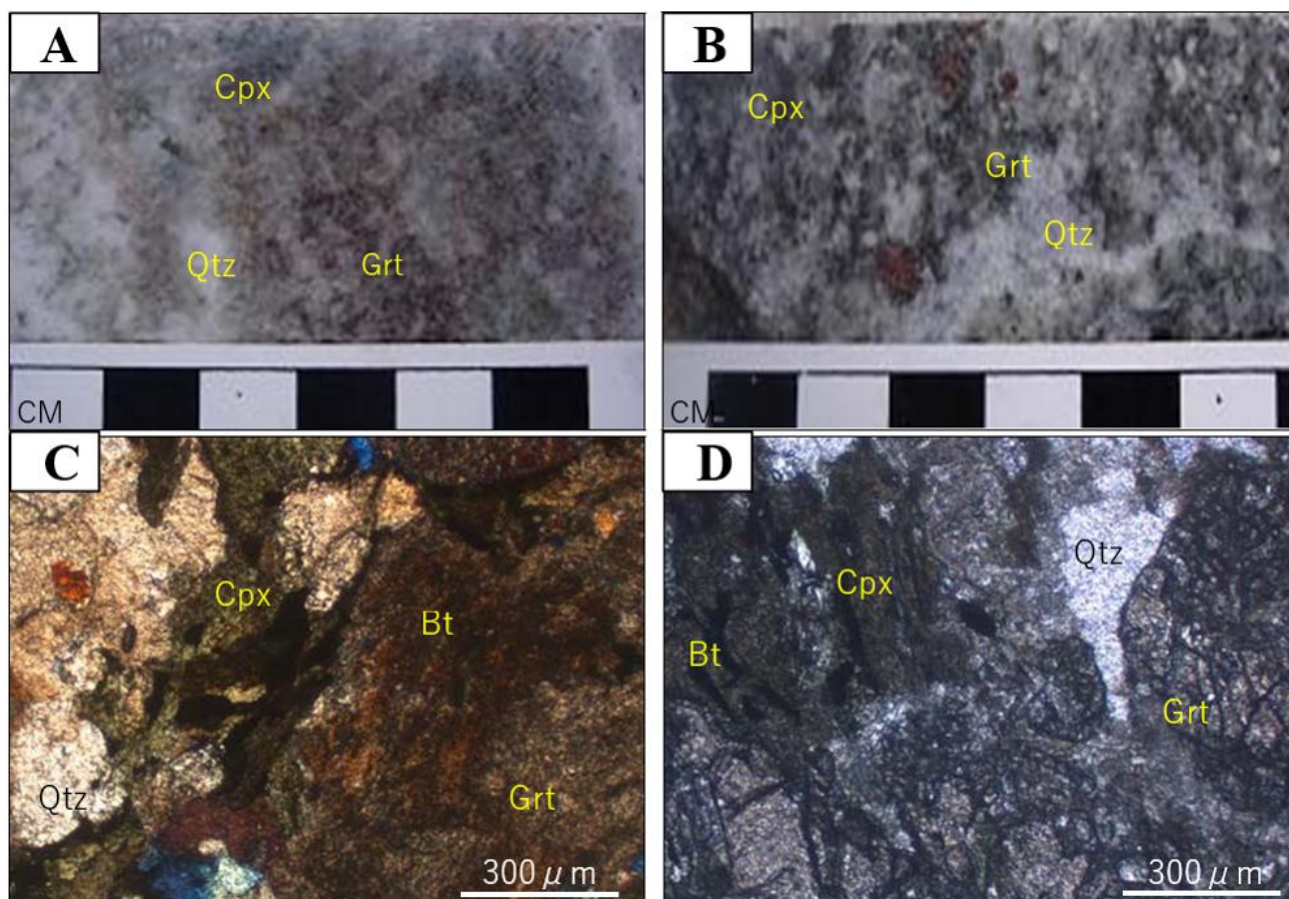
Đá skarn trong ít hơn rất nhiều về mặt thể tích so với đá skarn ngoài. Ranh giới tiếp xúc giữa skarn trong và skarn ngoài tương đối rõ nét và gần như song song với các phiến đá vây quanh. Các khoáng vật chủ yếu trong đá skarn gồm các khoáng vật biến đổi như granat, clinopyroxen, biotit, quartz và các khoáng vật có trước như plagioclase, sillimanite, sphen, muscovite (Hình 3). Granat chủ yếu có mặt trong các đá xâm nhập (skarn trong) hoặc xung quanh khu vực tiếp xúc. Tuy nhiên, khoáng vật này chủ yếu được bắt gặp ở đới ngoài của thể skarn trong, gần với ranh giới tiếp xúc với đá vây quanh, có thể do được bảo tồn hơn tại đới skarn ngoài do granat tại đới này bị thay thế bằng epidot trong quá trình biến đổi nhiệt dịch sau đó (biến chất giạt lùi).

Skarn ngoài:

Nhìn chung, đá skarn ngoài giai đoạn biến chất tiến triển (prograde metamorphism) thường được hình thành ở nhiệt độ tương đối cao [11]. Tại khu Hồ Ráy, mỏ Bồng Miêu, các đá skarn biến chất tiến triển lộ ra có phạm vi và thể tích hạn chế so với các đá skarn giai đoạn biến chất giạt lùi. Trong đới skarn ngoài, giai đoạn biến chất tiến triển, khoáng vật chủ đạo là clinopyroxen (chiếm ~ 70%), còn lại là quartz, granat và Magnetit. Đá skarn giai đoạn tiến triển thường có màu xám, xanh lá cây đặc trưng khi quan sát bằng mắt thường (Hình 4A, B) do đá có hàm lượng cao của khoáng vật clinopyroxen. Dưới kính hiển vi, clinopyroxen có kích thước hạt biến đổi từ 0.2 đến 3.0 mm (Hình 4C,D). Granat ít khi có mặt trong đới đá skarn ngoài, phù hợp với tính phân đới của hầu hết các mỏ skarn [12]: granat trong đới skarn trong hoặc gần đới tiếp xúc, pyroxen trong đới skarn ngoài và wollastonite tại khu vực tiếp xúc giữa đá magma và đá vây quanh chứa vôi. Tại khu vực Hồ Ráy, Magnetit chủ yếu được thành tạo dọc theo các khe nứt hoặc khoáng trống giữa các tinh thể, với kích thước hạt lên đến 2.0 mm.

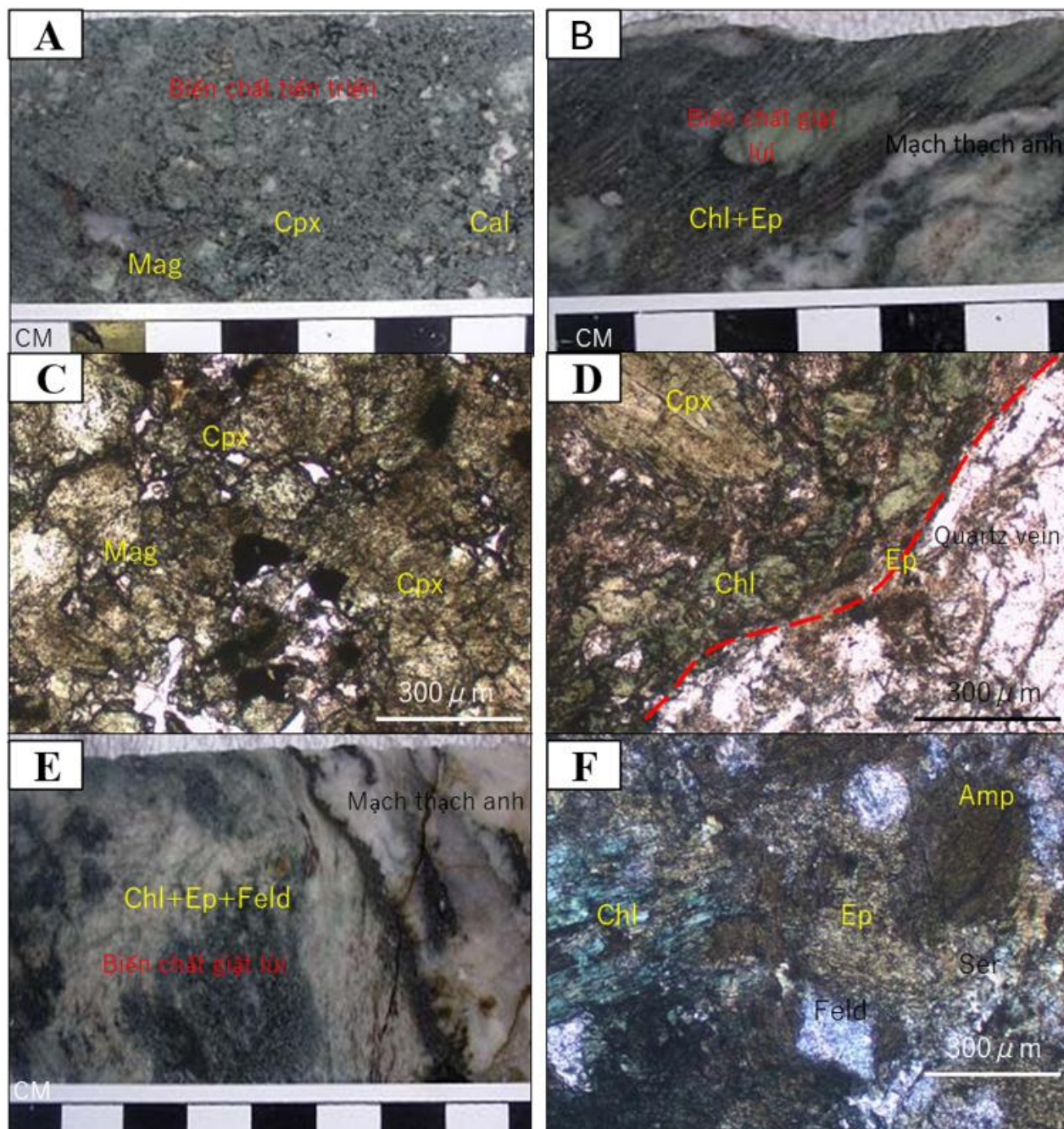
Giai đoạn nhiệt dịch: quặng hóa và biến đổi nhiệt dịch (biến chất giạt lùi)

Đá skarn giai đoạn biến đổi nhiệt dịch (biến chất giạt lùi) phân bố rộng rãi trong các đá calc-silicate (silicat canxi), phát triển theo các phiến chứa carbonate. Tập hợp các khoáng vật biến đổi nhiệt dịch gồm amphibol, chlorit, epidot, ít quartz, fluorit, calcit, sphen, sericit và nhiều khoáng vật sulfide khác (pyrit, Pyrrhotin, chalcopyrit, arsenopyrit, bismuthinit). Các khoáng vật đá biến đổi thường phát triển trong và xung quanh các mạch, vi mạch, ổ thạch anh – sulfides. Khoáng vật chứa nước như epidot và chlorit thường xuất hiện nhiều trong đá skarn giai đoạn biến đổi nhiệt dịch, có kích thước hạt và hình dạng biến đổi phức tạp (Hình 5b, 5d và 5e) do thay thế các khoáng vật skarn và khoáng vật tạo đá được thành tạo trước đó (vd: clinopyroxen, biotit, granat và plagioclase).



Hình 3. Đặc điểm khoáng vật và cấu tạo của đá skarn trong tại Hồ Ráy, mỏ Bồng Miêu.

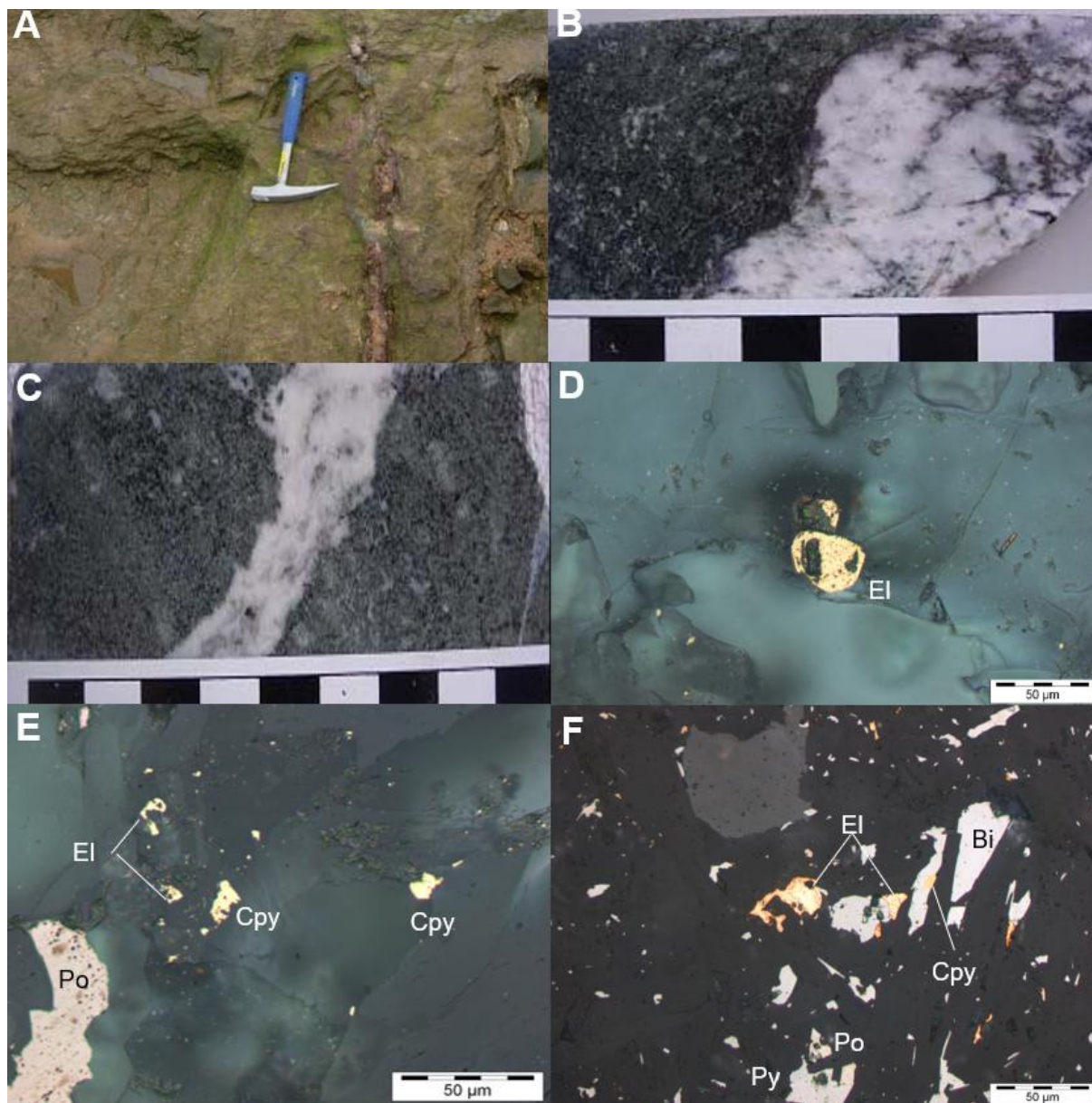
(A) Hình ảnh thể hiện tập hợp khoáng vật đá skarn trong gồm granat, clinopyroxen. Mẫu HRD239@95.1m; (B) Hình ảnh thể hiện tập hợp khoáng vật đá skarn trong gồm granat, clinopyroxen và quartz. Mẫu HRD226@39.0m, (C) Ảnh lát mỏng dưới kính hiển vi của đá skarn trong gồm khoáng vật granat, biotit, clinopyroxen và quartz. Mẫu HRD239@95.1m, (D) Ảnh lát mỏng dưới kính hiển vi của đá skarn trong gồm khoáng vật granat, biotit, clinopyroxen và quartz. Mẫu HRD226@39.0m. Viết tắt: Bt=biotit, Cpx=clinopyroxen, Fd=feldspar, Grt=granat, Qtz=quartz.



Hình 4. Đặc điểm khoáng vật và cấu tạo của đá skarn ngoài (giai đoạn biến chất tiến triển và biến chất giạt lùi) khu vực Hồ Ráy, Mỏ Bồng Miêu.

(A) Đá skarn ngoài giai đoạn biến chất tiến triển chứa clinopyroxen, calcit và Magnetit. Mẫu HRD169@12.4m, (B) Đá skarn biến chất giạt lùi chứa chlorit, epidot, amphibol và feldspar. Mẫu HRD223@44.1m, (C) Ảnh mẫu dưới kính hiển vi (1 nicon-ppl) thể hiện tập hợp khoáng vật biến chất tiến triển. Mẫu HRD169@12.4m, (D, E, F) Ảnh mẫu dưới kính hiển vi (1 nicon-ppl) thể hiện tập hợp khoáng vật biến đổi nhiệt dịch/ biến chất giạt lùi. Mẫu tương ứng HRD223@44.1m, RD194@14.7m, HRD194@14.7m. Viết tắt: Amp=amphibol, Bt=biotit, Cal=calcit, Chl=chlorit, Cpx=clinopyroxen, Ep=epidot, Feld=feldspar, Mag=Magnetit, Ser=sericit, ppl=plane polarised light/ 1 nicon, xpl=cross-polarised light/ 2 nicon

Dưới đây là hình ảnh đại diện các mẫu cục và khoáng vật dưới kính hiển vi được thành tạo trong giai đoạn 2 (Hình 5).



Hình 5. Ảnh đại diện một số mẫu cục và thành phần khoáng vật của mẫu khoáng tương giai đoạn 2. Viết tắt: EI = Electrum, Cpy = Chalcopyrit, Py = Pyrit, Po = Pyrrhotin, Bi = Bismuthinit.

Trong thời kỳ tạo khoáng nội sinh, trên cơ sở kết quả đo vẽ ngoài thực địa và phân tích mẫu dưới kính hiển vi phân cực (chủ yếu dựa vào quan hệ xuyên cắt, tổ hợp cộng sinh khoáng vật và đặc điểm cấu tạo các giai đoạn nhiệt dịch), kết hợp với các kết quả nghiên cứu có trước [5], [10], có thể nhận thấy có 4 giai đoạn tạo khoáng tại khu Hồ Ráy, mỏ Bồng Miêu như dưới đây. Trong đó, 3 giai đoạn đầu đều thuộc một thời kỳ tạo khoáng và vàng được ghi nhận trong giai đoạn 2 và 3, thuộc giai đoạn biến đổi nhiệt dịch / biến chất giết lùi của quá trình skarn hóa. Giai đoạn thứ 4 có thể là giai đoạn sau quặng hóa – giai đoạn muộn nhất của thời kỳ tạo khoáng ở trên hoặc thuộc thời kỳ tạo khoáng riêng biệt sau thời kỳ tạo khoáng thứ nhất.

- Giai đoạn 1 (Trước tạo quặng): Clinopyroxen + Granat + Quartz + Magnetit;
- Giai đoạn 2 (Đồng tạo quặng): Quartz + Chlorit + Epidot + Amphibol + Sericit + Sulphid (Pyrit, Pyrrhotin, Chalcopyrit, Arsenopyrit, Bismuthinit) + Vàng/ Electrum;
- Giai đoạn 3 (Đồng tạo quặng): Quartz + Chlorit + Epidot + Sulfides (Pyrit, Pyrrhotin, Chalcopyrit, Arsenopyrit) + Vàng/ Electrum;
- Giai đoạn 4 (Sau tạo quặng): Calcit + Quartz + Sericit + Illit



Trong các giai đoạn đồng tạo quặng (giai đoạn 2 và 3), theo kết quả nghiên cứu tuyến khoáng vật quặng phục vụ cho công tác tuyến khoáng [9], khoáng vật chứa vàng chủ yếu là electrum (chiếm trên 90%), còn lại là vàng tự sinh (<10%). Các hạt vàng/ electrum có kích thước nhỏ, chủ yếu <20 μm , số ít lên đến 50 μm . Vàng/ electrum cộng sinh chặt chẽ với các khoáng vật sulfides (Pyrit, Pyrrhotin, Chalcopyrit, Arsenopyrit, Bismuthinit) và khoáng vật biến đổi nhiệt dịch (Quartz + Chlorit + Epidot + Amphibol + Sericit). Các khoáng vật biến đổi nhiệt dịch thường thay thế các khoáng vật tạo đá hoặc khoáng vật skarn có trước (phổ biến gồm pyroxen, granat, biotit).

3.3. Thảo luận

Quặng hóa vàng tại khu Hồ Ráy, mỏ Bồng Miêu nằm ở rìa bắc của khối nâng Kon Tum và tiếp giáp với trũng Mesozoic An Điem ở phía bắc. Mỏ vàng Bồng Miêu nằm ở phần chuyển hướng từ Tây sang Tây - Tây Bắc của nếp lồi Bồng Miêu và là một phần của nếp lồi Phước Hiệp - Bồng Miêu có trục kéo dài hơn 50km theo phương gần Đông - Tây, trong đó khu mỏ Hồ Ráy nằm trên cánh bắc của nếp lồi Bồng Miêu.

Tham gia vào cấu trúc địa chất của vùng gồm chủ yếu gồm (1) các thành tạo biến chất Proterozoic muộn của hệ tầng Khâm Đức ($\text{PR}_2\text{kd}_2^{2-2}$) có thành phần gồm: đá phiến-thạch anh-mica chứa granat, granit gneis, đá skarn chứa silicat calci (diopsid, wolastonit), quartzit và amphibolit, và (2) khối lượng hạn chế magma xâm nhập phức hệ Chu Lai, Đại Lộc, Cha Val và Hải Vân. Trong khu Hồ Ráy, các đá gneis feldspar-thạch anh dạng porphyrit hạt thô, xen kẹp đá phiến sericit, đá phiến biotit và ít amphibolit phân bố ở dưới sâu được bắt gặp trong các lỗ khoan. Các đá skarn hornblend, pyroxen xiên, giàu vàng phân bố thành dải tại trung tâm mỏ xen kẹp với phiến thạch anh – feldspar (thường chứa granat) và đá dolomit. Kết quả nghiên cứu của Khin Zaw ([13], [14]; chưa công bố) cho thấy đá gneiss liên quan đến hiện tượng skarn hóa có tuổi 232-244 tr. năm (tuổi zircon và monazite), trong khi đá pegmatoid có tuổi ~247 tr. năm và đá mạch có tuổi ~237 tr. năm. Thời gian thành tạo các đá này cũng tương tự như thời gian thành tạo các đá magma giai đoạn P-T ở khu vực mỏ vàng Phước Sơn, có lẽ là cùng một loạt magma trong đới cấu trúc Tam Kỳ - Phước Sơn.

Các thân quặng vàng Bồng Miêu được cho là có nguồn gốc skarn, đặc trưng nhất là tại khu Hồ Ráy và Thác Trắng. Tổ hợp khoáng vật đá skarn chính là hornblend + pyroxen xiên + granat. Khoáng hóa được khống chế bởi các yếu tố thạch học và cấu tạo, chủ yếu gặp trong các thân skarn,

rất ít ở đá trên và dưới; các thân skarn hình thành trên cơ sở biến đổi các tập đá phiến mafic. Các khoáng vật biến đổi nhiệt dịch phổ biến khác là epidot và chlorit. Các thân khoáng có dạng mạch, thấu kính... gần như song song với mặt phân phiến của đá biến chất. Tại Hồ Ráy và Thác Trắng, tổ hợp khoáng vật quặng gồm chủ yếu là pyrit + pyrotin, ít hơn là arsenopyrit + sphalerit + chalcopyrit + bismuth + sheelit + molipdenit. Kết quả nghiên cứu trên mẫu mài lóng cho thấy vàng có mối quan hệ rất chặt chẽ với bismuth và đôi khi nằm trong bismuth. Tại khu vực Núi Kẽm, quặng chủ yếu có dạng mạch, ít xuất hiện biến đổi skarn hóa so với khu Hồ Ráy và Thác Trắng. Tuổi của quặng hóa bước đầu được xác định từ kết quả định tuổi khoáng vật molybdenite trong mỏ (Xem báo cáo định tuổi quặng hóa) là ~240 tr. năm, phù hợp về mặt không gian và thời gian với các thành tạo magma trong khu vực (232-244 tr. năm) như được đề cập ở trên. Tuổi quặng hóa được ghi nhận ở đây, cùng với tuổi của các thành tạo magma, theo thứ tự, tương đồng với tuổi của khoáng hóa vàng và hoạt động magma tại khu vực Phước Sơn, tạo nên một đới cấu trúc magma – sinh khoáng vàng Tam Kỳ - Phước Sơn trong đai tạo núi và sinh khoáng Trường Sơn giai đoạn Indosini.

Tổ hợp các mỏ vàng tại khu vực Bồng Miêu gồm các mỏ Hồ Ráy, Thác Trắng, Núi Kẽm và Hồ Gắn. Các mỏ này đều được thành tạo trong môi trường đá vây quanh là các trầm tích biến chất cao của hệ tầng Khâm Đức (Hình 1, 2). Kết quả đo vẽ khảo sát chi tiết cho thấy hoạt động khoáng hóa tại cả 3 khu mỏ đều có một số đặc điểm địa chất tương đồng, được thành tạo trong cùng một thời kỳ tạo khoáng và liên quan đến một nguồn magma nhất định. Tuy nhiên, kiểu khoáng hóa tại mỗi điểm mỏ có những đặc trưng riêng do điều kiện địa chất địa phương khác nhau. Từ đó, thành phần vật chất cũng như thành phần khoáng vật quặng và đá biến đổi, hàm lượng quặng tại mỗi khu vực sẽ có những điểm khác biệt riêng, đặc trưng cho từng kiểu khoáng hóa nhất định.

4. KẾT LUẬN

➤ Quặng hóa vàng khu vực Hồ Ráy tại mỏ vàng Bồng Miêu thuộc kiểu skarn giàu vàng, bao gồm skarn ngoài là chủ đạo và một lượng ít skarn trong;

➤ Theo thời gian, quá trình skarn và quặng hóa diễn tiến theo tuần tự, gồm: biến chất tiếp xúc nhiệt (sùng hóa); biến chất tiếp xúc trao đổi thay thế (biến chất tiến triển), quặng hóa và biến đổi nhiệt dịch (biến chất giạt lùi).

- Có 4 giai đoạn tạo khoáng tại khu Hồ Ráy, mỏ Bồng Miêu như dưới đây. Trong đó, 3 giai đoạn



đầu đều thuộc một thời kỳ tạo khoáng và vàng được ghi nhận trong giai đoạn 2 và 3, thuộc giai đoạn biến đổi nhiệt dịch / biến chất gặt lù của quá trình skarn hóa.

- Giai đoạn 1 (Trước tạo quặng): Clinopyroxen + Granat + Quartz + Magnetit
- Giai đoạn 2 (Đồng tạo quặng): Quartz + Chlorit + Epidot + Amphibol + Sericit + Sulphid (Pyrit, Pyrrhotin, Chalcopyrit, Arsenopyrit, Bismuthinit) + Vàng/ Electrum

- Giai đoạn 3 (Đồng tạo quặng): Quartz + Chlorit + Epidot + Sulfides (Pyrit, Pyrrhotin, Chalcopyrit, Arsenopyrit) + Vàng/ Electrum
- Giai đoạn 4 (Sau tạo quặng): Calcit + Quartz + Sericit + Illit

Các kết quả nghiên cứu trên đã làm rõ kiểu quặng hóa skarn giàu vàng tại khu Hồ Ráy, mỏ vàng Bồng Miêu, tạo tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo trong khu vực và định hướng công tác điều tra, đánh giá khoáng sản vàng tại các khu vực lân cận □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lương Quang Khang và nnk (2025). 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. *Báo cáo trung gian*.
- [2]. Trần Văn Trị, Vũ Khúc (2009). Địa chất và Tài nguyên Việt Nam. *Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ. Hà Nội*.
- [3]. Khin Zaw, Meffre, S., Lai, C.-K., Burrett, C., Santosh, M., Graham, I., Manaka, T., Salam, A., Kamvong, T., and Cromie, P., (2014). Tectonics and metallogeny of mainland Southeast Asia - A review and contribution: *Gondwana Research*.
- [4]. Quynh, N. N., Murfitt, R. H., Sirinawin, T., and Shywo Luo, W., (2004). The Bong Mieu gold project, Phuoc Son-Tam Ky Suture, central Vietnam: *Proceedings of PacRim Congress 2004, Adelaide, p. 347-358*.
- [5]. 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*.
- [6]. Banks, M. J., Murfitt, R. H., Quynh, N. N., and Hai, L. V. (2004). Gold exploration of the Phuoc Son-Tam Ky Suture, central Vietnam - A case study, *Company report, p. 95-104*.
- [7]. 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*.
- [8]. Kamvong, T., (2013). Geology and genesis of porphyry-skarn Cu-Au deposits of the Northern Loei and Truong Son fold belts: *PhD Thesis, University of Tasmania, Hobart, Tasmania, Australia*.
- [9]. Wallis, R., and Ward, M. C., (1997). A review of the mineral properties Olympus Pacific Minerals in Vietnam: *Toronto, Griffis and McQuat Limited*.
- [10]. Sullivan, J. R., and Kociumbas, M. W., (2004). A technical review of the Phuoc Son gold project in Quang Nam Province, Vietnam: *Company Report, Olympus Pacific Minerals Inc, p. 85*
- [11]. Atkinson, W., and Einaudi, M. T., (1978). Skarn formation and mineralization in the contact aureole at Carr Fork, Bingham, Utah: *Economic Geology, v. 73, p. 1326-1365*.
- [12]. Meinert, L. D., Dipple, G. M., and Nicolescu, S., (2005). World Skarn Deposits: *One Hundredth Anniversary Volume, Society of Economic Geologists*.
- [13]. Khin Zaw, Meffre, S., and team, (2010). Final report on "Ore Deposits of SE Asia: *Project Report*.
- [14]. Khin Zaw, Meffre, S., and team, (2011). Implementation report on "Ore Deposits of SE Asia: *Project Report*.
- [15]. Dilek, Y., and Furnes, H., (2014). Ophiolites and their origins: *Elements, v. 10, p. 93-100*.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được hỗ trợ bởi Trường Đại học Mở - 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.

CHARACTERISTICS OF GOLD-RICH SKARN MINERALIZATION IN HO RAY AREA, BONG MIEU GOLD MINE, QUANG NAM PROVINCE

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

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

ARTICLE INFOR

TYPE: Research Article

Received: 31/3/2025

Revised: 25/4/2025

Accepted: 28/4 /2025

* Corresponding author:

Email: lexuantruong@humg.edu.vn

ABSTRACT

The Bong Mieu gold mine is one of significant mines within the Tam Ky – Phuoc Son metallogenic belt. The mine consists of multiple subzones, including Ho Ray, Thac Trang, Nui Kem, and Ho Gan, and each subzones exhibits mineralization of different styles. The findings of this study confirm that the gold mineralization in the Ho Ray area is primarily associated with gold-rich skarn-type mineralization, in which exoskarn plays a dominant role, while endoskarn has a secondary contribution. The skarn formation and mineralization process occurred in sequential stages, including: (1) the thermal contact metamorphism stage (hornfels formation), (2) the contact metasomatic replacement stage (progressive metamorphism), and (3) the ore-forming stage combined with hydrothermal alteration (retrograde metamorphism). These correspond to four distinct mineralization stages: Stage 1 (Pre-ore stage) Clinopyroxene + Garnete + Quartz + Magnetite; Stage 2 (Synchronous ore formation) Quartz + Chlorite + Epidote + Amphibole + Sericite + Sulphides (Pyrite, Pyrrhotite, Chalcopyrite, Arsenopyrite, Bismuthinite) + Gold/Electrum; Stage 3 (Continued ore formation): Quartz + Chlorite + Epidote + Sulphides (Pyrite, Pyrrhotite, Chalcopyrite, Arsenopyrite) + Gold/Electrum; and Stage 4 (Post-ore stage) Calcite + Quartz + Sericite + Illite. The results of this study provide a foundation for further research and serve as a guideline for future prospecting and exploration of gold mineralization in the surrounding areas.

Keywords: Ho Ray, Bong Mieu, gold mineralization, skarn

@ Vietnam Mining Science and Technology Association