



ĐẶC ĐIỂM MAGMA KIẾN TẠO LIÊN QUAN ĐẾN KHOÁNG HÓA VÀNG SUNFID MỎ PHƯỚC SƠN, HUYỆN PHƯỚC SƠN, TỈNH QUẢNG NAM

Lương Quang Khang¹, Bùi Thị Thu Hiền¹, Đinh Trọng Tường²,
Nguyễn Quốc Hưng¹, Ngô Thị Kim Chi¹, Ngô Xuân Thành^{1,*}

¹Trường Đại học Mở - Địa chất, 18 Phố Viên, Hà Nội, Việt Nam

²Liên đoàn Địa chất Bắc Trung Bộ, thành phố Vinh, Nghệ An

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 08/4/2025

Ngày nhận bài sửa: 29/4/2025

Ngày chấp nhận đăng: 05/5/2025

^{1,*}Tác giả liên hệ:

Email: ngoxuanthanh@humg.edu.vn

TÓM TẮT

Mỏ vàng Phước Sơn là một trong những mỏ lớn trong đới quặng Tam Kỳ - Phước Sơn. Trên cơ sở tổng hợp phân tích tài liệu đã nghiên cứu trước đây kết hợp với số liệu khảo sát, phân tích mới, bài báo giới thiệu các đặc điểm địa chất - quặng hóa chính của mỏ Phước Sơn và các sự kiện magma kiến tạo liên quan đến sinh khoáng khu mỏ. Các kết quả nghiên cứu và tổng hợp số liệu cho thấy hoạt động magma tại khu vực mỏ Phước Sơn trong khoảng 249 – 251 trn. đã được ghi nhận, trong đó các đá magma adakit và andesit có tiềm năng sinh khoáng vàng – đồng. Quá trình khoáng hóa vàng trong khu vực diễn ra từ 204 – 249 trn., chúng liên quan đến hoạt động magma trong khu vực và có thể đứt gãy Công Plong và Pô Kô đã đóng vai trò quan trọng như kênh dẫn tạo điều kiện khoáng hóa vàng trong khu vực đi lên tập trung tạo thành mỏ. Tổng hợp các dữ liệu magma, kiến tạo và tuổi khoáng hóa cho thấy các thành tạo quặng vàng tại Phước Sơn có liên quan mật thiết đến giai đoạn sau va chạm tạo núi Indosini (khoảng 260 – 265 trn. trước).

Từ khóa: Khoáng hóa vàng, Phước Sơn, kiến tạo, tuổi quặng

@ Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đới khoáng hóa Tam Kỳ - Phước Sơn nằm ở tỉnh Quảng Nam có phương á vĩ tuyến với chiều rộng của đới khoảng 60 km, chiều dài khoảng 120 km. Dọc theo đới này, hơn 100 điểm quặng vàng đã được phát hiện, trong đó có một số khu vực đã và đang được khai thác có hiệu quả như mỏ Bồng Miêu, khu vực Phước Thành (L16, L18), mỏ Phước Sơn... Mỏ vàng Phước Sơn nằm ở huyện Phước Sơn, tỉnh Quảng Nam (Hình 1a) hiện đang do Công ty TNHH Vàng Phước Sơn khai thác. Trong khu vực mỏ, hiện nay hai khu quan trọng đang được khai thác là khu Bãi Đất và khu Bãi Gõ. Quặng vàng trong mỏ chủ yếu phân bố trong các mạch thạch chứa quặng và liên kết với các khoáng vật sunfua như pyrit, chalcopyrit, galena và

arsenopyrit, chúng liên quan đến hoạt động magma Permi muộn đến Triat sớm. Các nghiên cứu trước đây trên địa khối Đông Dương (Hình 1a) đã xác nhận magma giai đoạn Permi muộn đến Triat sớm có tuổi khoảng 296 – 220 trn [11], [14], [8], [17], [18]. Các sự kiện sinh khoáng vàng giai đoạn Permi – Triat cũng đã được ghi nhận ở đới Tam Kỳ - Phước Sơn, điển hình như mỏ vàng Phước Sơn [13], mỏ Bồng Miêu [9]. Hầu hết các hệ thống khoáng hóa trong đới Tam Kỳ - Phước Sơn tập trung trong các đá biến chất ở mức độ tương phiến lục, và một số khác nằm trong đá biến chất tương amphibolite đến granulite [3].

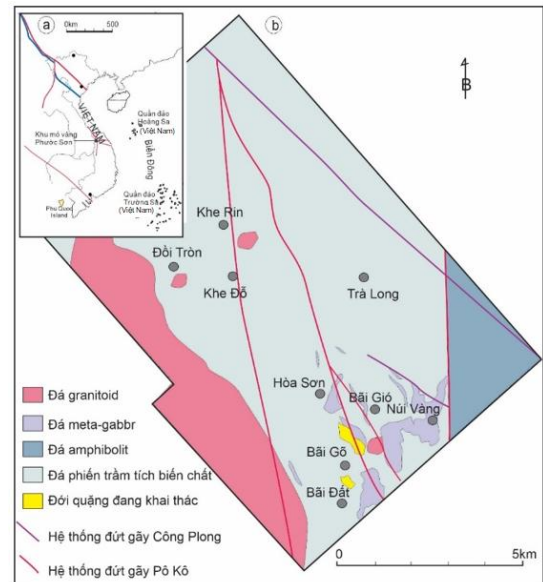
Trong công trình nghiên cứu của Manaka [13], vàng đi cùng mạch thạch anh khu vực Phước Sơn được xếp vào kiểu vàng tạo núi và được hình

thành vào khoảng 200 đến 250 trn. trước (Bảng 2). Tuy nhiên, cho đến nay, các nghiên cứu về bản chất kiến tạo hình thành magma và khoáng sản khu mỏ Phước Sơn vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ, đặc biệt vàng hình thành liên quan đến giai đoạn hút chìm hay kiểu sau va chạm tạo núi. Những thông tin này không những sẽ giúp hiểu hơn về quá trình kiến tạo khu vực liên quan đến khoáng hóa ở khu mỏ Phước Sơn mà còn tạo nên tiền đề magma kiến tạo quan trọng cho việc tìm kiếm đánh giá khoáng hóa vàng có triển vọng khu vực. Trong nghiên cứu này các tác giả sử dụng các thông tin về đặc điểm magma giai đoạn Perm – Triat liên quan đến tiến hóa kiến tạo khu vực Kon Tum từ kết quả nghiên cứu của đề tài ĐTDL.CN.112/21 và thông tin về thời gian thành tạo khoáng hóa vàng khu mỏ Phước Sơn để thảo luận về bản chất kiến tạo hình thành khoáng hóa vàng khu vực Phước Sơn.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

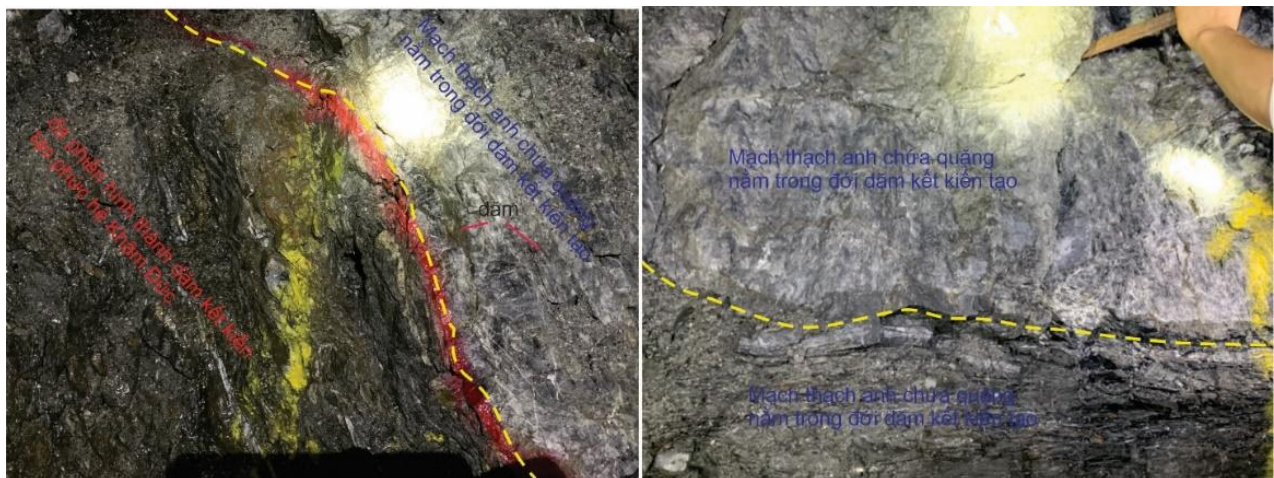
2.1. Dữ liệu

- Dữ liệu từ thu thập, nghiên cứu và xử lý tài liệu: Các tài liệu được thu thập bao gồm các bản đồ, bản vẽ (Hình 1a, b), mặt cắt, báo cáo kết quả nghiên cứu, các bài báo khoa học đã được thực hiện và công bố. Các kết quả này đã làm rõ các giai đoạn magma, kiến tạo và sinh khoáng khu vực từ đó đánh giá giai đoạn tạo quặng liên quan đến giai đoạn kiến tạo khu vực (Bảng 1).



Hình 1. Sơ đồ Việt Nam và các khu lân cận thể hiện vị trí mỏ Phước Sơn (a) và sơ đồ địa chất khu vực mỏ Phước Sơn (b) (Theo [13] có chỉnh sửa).

- Dữ liệu nghiên cứu thực địa (Hình 2a, b): 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 quặng vàng tương tự tại các khu vực lân cận.



Hình 2. Mạch thạch anh xuyên cắt đới dăm kết kiến tạo trong đá phiến phức hệ Khâm Đức (a), quặng nằm chỉnh hợp trong cấu tạo phiến trong lò khai thác quặng khu vực Bải Gõ (b) thuộc mỏ Phước Sơn

- Dữ liệu nghiên cứu từ phân tích mẫu vật: Áp dụng các kỹ thuật phân tích khác nhau để xác định các giai đoạn hình thành quặng, đặc điểm quặng, nguồn gốc quặng từ đó liên hệ magma kiến tạo để

khẳng định giai đoạn hình thành quặng (Bảng 1, Hình 3).

2.2. Phương pháp nghiên cứu



- Tiến hành tổng hợp và phân tích các số liệu kết quả nghiên cứu đã công bố từ các bài báo, công trình liên quan đến địa tầng, magma, khoáng sản, cấu trúc, biến chất, địa hóa toàn đới khu Tam Kỳ - Phước Sơn và mỏ Phước Sơn (Các tài liệu từ [1] đến [20]).

- Thực hiện nghiên cứu khảo sát ngoài thực địa trong khu vực mỏ Phước Sơn và lân cận, mô tả chi tiết đặc điểm cấu tạo, địa tầng, magma, mẫu lõi khoan... nhằm làm rõ đặc điểm địa chất và quặng hóa của khoáng sản vàng khu Phước Sơn. Ngoài ra, tiến hành thu thập mẫu phục vụ phân tích chuyên sâu về địa chất và quặng hóa.

- Phương pháp phân tích:

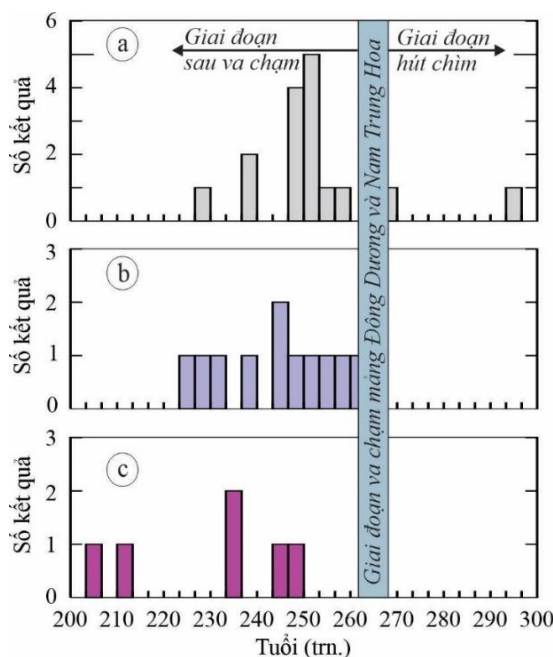
+ Phân tích đặc điểm địa tầng, thành phần thạch học đá magma, quặng, đặc điểm cấu tạo kiến trúc đá và quặng, các cấu tạo, thể hệ, tổ hợp cộng sinh khoáng vật... dưới kính hiển vi.

+ Phân tích thành phần đồng vị S của quặng xác định nguồn bằng phương pháp ICP MS, phân tích đồng vị U-Pb khoáng vật zircon xác định tuổi đá magma sử dụng phương pháp LA ICP MS.

- Phương pháp mô hình: Tổng hợp các số liệu, kết quả đạt được từ nghiên cứu và thu thập để mô hình các giai đoạn magma, kiến tạo, sinh khoáng khu vực và sự liên quan giữa chúng.

Bảng 1. Thống kê kết quả phân tích tuổi các thành tạo magma và biến chất khu vực mỏ Phước Sơn và lân cận theo số liệu của Đề tài ĐTDL.CN.112/21 (đánh dấu *) và [1], [2], [8], [11], [18], [13], [20].

Khu vực	Loại đá	Phương pháp phân tích	Tuổi Tuổi (trn.)		Khu vực	Loại đá	Phương pháp phân tích	Tuổi (trn.)
Tuổi các thành tạo đá magma, biến chất khu mỏ Phước Sơn và vùng lân cận								
Bãi Đất	Phiến diorit	U-Pb zircon	446,0±2,3	Phức hệ Khâm Đức	Felsic gneiss	U-Pb zircon	462,1±4,6	
	Phiến diorit	U-Pb zircon	443±11		Phiến granit	U-Pb zircon	456±3	
	Dacit porphyr	U-Pb zircon	249,7±2,9		Granite	U-Pb zircon	268±8	
	Dacit porphyr	U-Pb zircon	249±11		Gneiss	U-Pb zircon	432,7±3,7	
Bãi Gõ	Dacit porphyr	U-Pb zircon	250,5±2,3		Granite	U-Pb zircon	258,9±2,2	
	Dacit porphyr	U-Pb zircon	250,9±9,7		Amphibolit	Ar-Ar	239,5±1,5	
Đồi Tròn	phiến granit	U-Pb zircon	472±6		Mica schist	Ar-Ar	229,1±2,6	
Khe Rin	Granit	U-Pb zircon	255±4		Mica schist	Ar-Ar	229,8±3,0	
	Granit	U-Pb zircon	251,1±4,4		Mica schist	Ar-Ar	237±3	
Khu lân cận						Granodiorit *	U-Pb zircon	450
Phức hệ Núi Vú	phiến basit	U-Pb zircon	484±8		Tây Nam mỏ Phước Sơn	Granodiorit *	U-Pb zircon	450
	Metagabbro	U-Pb zircon	483±7			Granodiorit *	U-Pb zircon	460
	Metagabbro*	U-Pb zircon	504±3	Granit		U-Pb zircon	240±4	
	Metagabbro*	U-Pb zircon	492±4	Granit		U-Pb zircon	294±6	
	Metagabbro*	U-Pb zircon	502±7	Diorit		U-Pb zircon	250±4	
	Metagabbro*	U-Pb zircon	460±5	Granit		U-Pb zircon	250±3	
	Plagiogranite*	U-Pb zircon	504±2	Granit		U-Pb zircon	258±2	
Tuổi quặng vàng mỏ Phước Sơn								
Bãi Đất	Quặng vàng	Ar-Ar	211,6±0,1		Bãi Gõ	Quặng vàng	Ar-Ar	236,4±2,5
Bãi Chuối	Quặng vàng	Ar-Ar	203,9±0,1		Bãi Gió	Quặng vàng	Ar-Ar	248,8±3,1
Bãi Gió	Quặng vàng	Ar-Ar	248,8±3,1		Bãi Gió	Quặng vàng	Ar-Ar	236,4±2,5



Hình 3. Thống kê tuổi các giai đoạn hoạt động magma (a), biến chất (b) ghi nhận dọc đới Tam Kỳ - Phước Sơn và tuổi quặng hóa khu vực mỏ Phước Sơn (c). Số liệu theo Bảng 1.

Bảng 2. So sánh mỏ vàng scac-nơ kiểu tạo núi khu mỏ Phước Sơn và trên thế giới [12]

Đặc điểm	Mỏ Phước Sơn (Việt Nam)	Mỏ vàng scac-nơ tạo núi thế giới
Loại khoáng hóa	Vàng trong quặng scac-nơ, chủ yếu là vàng sulfid.	Vàng scac-nơ, chủ yếu là vàng sulfid.
Môi trường kiến tạo liên quan	Tương tác giữa đá vôi, sét vôi và đá magma sau va chạm tạo núi.	Tương tác giữa magma và đá vôi (carbonat) giai đoạn sau va chạm tạo núi là chủ đạo.
Cấu trúc địa chất	Phân bố trong các cấu trúc đá phiến vôi, phiến sét vôi, đá phiến amphibolit phức hệ Khâm Đức.	Khoáng hóa xảy ra dọc các tiếp xúc magma-đá vôi hoặc đá sét vôi.
Các khoáng vật liên quan	Pyrit, chalcopyrit, galen, sphalerit, vàng tự sinh/spectrum.	Pyrit, chalcopyrit, marcasit, galen, sphalerit, vàng tự sinh/spectrum.
Tính chất quặng	Quặng vàng thường đi cùng quặng sulfid.	Quặng vàng thường đi cùng quặng sulfid.

2.3. Đặc điểm địa chất khu Phước Sơn

Khu vực mỏ Phước Sơn có thành phần đá chủ yếu bao gồm một các đá trầm tích núi lửa bị biến chất, bị biến dạng và uốn nếp mạnh. Các thành tạo đá này bị xâm nhập bởi một loạt các đơn vị đá xâm nhập có thành phần từ siêu mafic đến felsic.

2.3.1. Đặc điểm địa tầng

Tổ hợp đá trầm tích biến chất bao gồm đá phiến sét, đá phiến biến chất mafic, đá amphibolit, đá hoa và đá sừng (Hình 1b). Các đá phiến sét xuất lộ rộng rãi trong khu vực quặng, trong khi các đá khác chỉ xuất hiện cục bộ và được quan sát qua các lỗ khoan. Tổ hợp đá núi lửa bị biến chất bao gồm đá biến chất phun trào mafic, đá amphibolit, đá gabro. Các đá biến chất phun trào mafic xuất

hiện dưới dạng các thể hình thấu kính với bề dày dao động từ vài chục centimet đến vài trăm mét, đá có màu xanh, kiến trúc hạt nhỏ, vi hạt. Các đá amphibolit xuất lộ cục bộ trong khu vực mỏ quặng Phước Sơn, chúng thường xuất hiện dưới dạng các thấu kính nằm trong đá metabasite hoặc đá phiến trầm tích. Sự xuất hiện của các tập đá hoa, đá núi lửa biến chất dạng thấu kính nằm trong các thành tạo đá phiến bị biến chất biến dạng mạnh cho thấy các thành tạo đá này được hình thành liên quan đến hoạt động va chạm tạo núi, trong đó các tổ hợp đá bị di chuyển, chòem phủ lên nhau dạng thấu kính trong đới biến dạng mạnh, có thể chúng được hình thành liên quan đến pha biến dạng và va chạm giai đoạn Paleozoi sớm dọc đới khâu Tam Kỳ - Phước Sơn [9].



2.3.2. Đặc điểm các thành tạo đá magma xâm nhập

Trong khu vực mỏ Phước Sơn xuất hiện các khối nhỏ, thể đai mạch xuyên cắt các thành tạo trầm tích, magma biến chất trong cấu trúc phức hệ Khâm Đức, gồm hai nhóm: Nhóm bị biến hóa mạnh và nhóm biến hóa yếu đến gần như không bị biến dạng.

Nhóm bị biến hóa mạnh: Gồm các đá magma khu vực quặng đồi Tròn, các thành tạo đá dacit porphyr gặp tại khu Bãi Đất và trong nhiều lỗ khoan khu vực mỏ Phước Sơn. Các đá này xuất hiện dạng các thấu kính, các khối nhỏ có chiều dày theo lỗ khoan khoảng vài chục cm đến 10-30 m, đá bị biến hóa, đặc biệt cấu tạo biến phát triển mạnh ở rìa khối với phương biến tương đồng với đá vây quanh của phức hệ Khâm Đức. Mẫu U-Pb zircon các thành tạo đá granit và dacit porphyr này cho tuổi không 472 – 430 trn (Bảng 1). Các đặc trưng này cho thấy các thành tạo magma xâm nhập cấu tạo biến trong khu vực đã được hình thành trước sự kiện va chạm tạo núi giai đoạn Paleozoi sớm và chúng là những thể mélangé trong đới xáo trộn do va chạm giữa địa khối Kon Tum và Trường Sơn.

Nhóm đá xâm nhập bị biến hóa yếu: Các đá này gồm các thành tạo dacit poc-phía, đai mạch andesit và các mạch pegmatit. Các thành tạo dacit porphyr gặp trong các lỗ khoan tại các khu vực quặng Bãi Đất, Bãi Gõ và Bãi Chuối, thường có chiều rộng khoảng vài chục cm đến vài mét. Đai mạch andesit được phát hiện trong các mẫu lỗ khoan tại Bãi Đất, Bãi Gõ, chúng thường khoảng vài mét dọc theo lỗ khoan. Đặc trưng của chúng bởi kiến trúc porphyr và sự hiện diện của các tinh thể hornblend lớn trong nền đá hạt mịn bị biến đổi mạnh. Các mẫu nghiên cứu địa hóa cho thấy các thành tạo dacit porphyr và đai mạch andesit khu Bãi Đất và Bãi Gõ thuộc kiểu magma adakit là loại magma có khả năng sinh khoáng đồng vàng chủ yếu trên thế giới [13]. Các thành tạo magma này có ranh giới xâm nhập (riềm hạt nhỏ) với các đá trầm tích, magma biến chất phức hệ Khâm Đức, cho thấy chúng đã xâm nhập sau khi quá trình biến dạng kết thúc, điều này cũng được chứng minh bởi sự thiếu vắng của các dấu hiệu biến dạng hay cấu tạo biến trong đá này. 06 mẫu phân tích tuổi U-Pb zircon các đá này khu vực Bãi Đất và Bãi Gõ cho tuổi thành tạo ~249 – 251 trn (Bảng 1). Ngoài ra, trong khu mỏ còn gặp các đai mạch pegmatit gặp trong lỗ khoan tại Bãi Đất, Bãi Gõ, Bãi Chuối, đây là những đai mạch hình thành giai đoạn muộn sau biến dạng khu vực.

2.3.3. Đặc điểm cấu tạo

Cấu tạo biến: Các nghiên cứu về cấu tạo mỏ Phước Sơn đã được báo cáo trước đây trong công trình của Banks và nnk. (4) và Davies [7] cho thấy cấu tạo khu mỏ rất phức tạp. Kết quả nghiên cứu của Đề tài ĐTĐL.CN.112/21 cho thấy cấu tạo biến biến chất của các đá biến khu mỏ Phước Sơn cho thấy chúng chủ yếu kéo dài theo phương TB-ĐN, hướng cắm chủ đạo về phía Tây đến TN với góc dốc chủ yếu 20 – 40°, cá biệt có những điểm đo góc dốc lớn hơn, khoảng 60 – 70°, số liệu này phù hợp với phương vị được báo cáo bởi Davies [7].

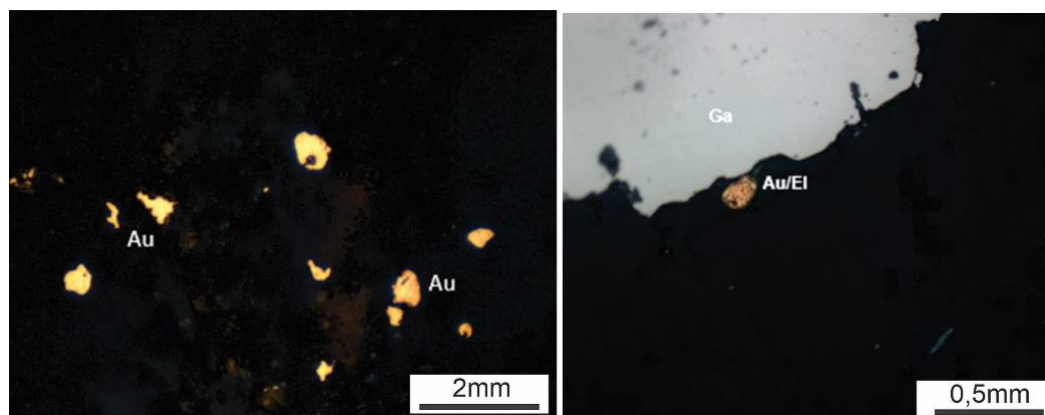
Cấu tạo đứt gãy: Các cấu trúc địa chất chính như đứt gãy và nếp uốn đã được nhận diện tại khu vực Phước Sơn và vùng lân cận thông qua phân tích ảnh vệ tinh và quan sát thực địa. Khu vực quặng Phước Sơn nằm gần nơi hội tụ của hai đới đứt gãy khu vực, gồm đứt gãy Pô Kô và đới đứt gãy Cong Plong (Hình 1b). Mỗi quan hệ không gian và thời gian chặt chẽ giữa quá trình khoáng hóa vàng và hai hệ thống đứt gãy này cho thấy chúng đóng vai trò quan trọng trong sự hình thành quặng (4).

2.3.4. Đặc điểm khoáng hóa vàng tại Phước Sơn

Đặc điểm phân bố. Các thân quặng khu mỏ Phước Sơn kéo dài theo phương T-ĐN, quặng đi cùng mạch thạch anh dày vài chục cm đến 4-8m. Các mạch quặng chủ yếu xuyên vào cấu tạo biến và nằm gần như chính hợp với cấu tạo biến các thành tạo phức hệ Khâm Đức, thân quặng thoải, góc dốc chủ yếu khoảng 20 – 40° cắm về phía Tây, Tây Nam. Ranh giới giữa các mạch thạch anh và cấu tạo biến sắc nét và kéo dài khá liên tục, một số nơi bị dịch chuyển bởi các pha biến dạng dòn. Ở phần rìa các thân khoáng, hiện tượng đổi chlorit, serisit và các ô epidot (màu vàng chanh) quan sát khá phổ biến. Các minh chứng này chứng tỏ các thân quặng xuyên theo mặt biến phức hệ Khâm Đức vào cuối pha biến dạng biến khu vực (Hình 4).

Các giai đoạn tạo quặng: Trên cơ sở khảo sát đo vẽ ngoài thực địa, kết hợp với kết quả phân tích mẫu khoáng tướng, mẫu lát mỏng thạch học, và các nghiên cứu có trước [13], khoáng hóa vàng sunfid trong mỏ Phước Sơn có thể hình thành gồm 4 giai đoạn chính:

+ Giai đoạn 1 (biến chất khu vực, trước tạo quặng): Giai đoạn này đặc trưng bởi tổ hợp các khoáng vật tạo đá được thành tạo ở nhiệt độ và áp suất cao. Tổ hợp khoáng vật chính của giai đoạn này là thạch anh – carbonat – muscovit – biotit – serpentin ± (pyrit, pyrrhotit, chalcocopyrit, penlandit, magnetit);



Hình 4. (a) Ảnh khoáng tương quặng vàng – sulfid dạng mạch, xâm tán khu Bãi Đất, (b) Mạch thạch anh – carbonate – sulfid cấu tạo ổ, xâm tán khu vực Bãi Gõ, mỏ Phước Sơn

+ Giai đoạn 2 (nhiệt dịch, đồng tạo quặng): thạch anh + carbonat + pyrit – sphalerit – galen – vàng/electrum – serisit – chlorit (Hình 4);

+ Giai đoạn 3 (nhiệt dịch, đồng tạo quặng): thạch anh + carbonat + pyrit – pyrhotit – arsenopyrit – chalcopyrit – sphalerit – galen – vàng/electrum – serisit – chlorit ($\pm$ biotit);

+ Giai đoạn 4 (nhiệt dịch, sau tạo quặng): thạch anh – carbonat – pyrit.

Quặng hóa diễn ra vào giai đoạn muộn của biến chất khu vực, đặc trưng bởi các mạch thạch anh – sulfid – vàng/ electrum song song với các cấu tạo phiến được sinh ra bởi hoạt động biến chất khu vực và nhưng có nhiều chỗ chúng xuyên cắt các cấu tạo phiến trên.

Tuổi quặng hóa: Tuổi của quặng hóa tại mỏ vàng Phước Sơn được xác định dựa trên 02 mẫu tuổi Ar-Ar biotit thuộc đới biến đổi đi kèm với quặng hóa tại khu Bãi Chuối và Bãi Đất. Biotit được xác định có tuổi Triat muộn, giao động từ ~204 trn. đến ~212 trn. Trong khu vực việc xác định tuổi quặng bằng phương pháp Ar-Ar đã được tiến hành, Borisenko và nnk. [5] xác định tuổi Ar-Ar cho các khoáng hóa thạch anh chứa vàng thông qua đới biến đổi se-ri-sit khu vực Bãi gõ cho tuổi Triat (248.8 ± 3.1 trn. (fuchsite), 236.4 ± 2.5 trn. (serisit)). Trong Manaka [13] cho tuổi biến động khoảng 203.9 ± 0.1 trn. (khoáng vật biotit ở khu Bãi Chuối), 211.6 ± 0.1 trn. (khoáng vật biotit ở khu Bãi Đất). Như vậy, giai đoạn tạo quặng khu vực mỏ Phước Sơn khoảng 204 – 248,8 trn. trước đây.

Đặc điểm nguồn gốc quặng: Số liệu phân tích đồng vị lưu huỳnh trong khu vực mỏ Phước Sơn cho thấy rằng các giá trị đồng vị lưu huỳnh trong khu vực đã chuyển từ các giá trị nặng hơn sang nhẹ hơn từ phần phía bắc nhất (Khe Rin: +4 đến +12 ‰) đến Bãi Đất (-4 đến +2 ‰) ở phần phía nam. Tất cả các giá trị phản ánh nguồn dung dịch từ magma. Tuy nhiên, lưu huỳnh có nguồn gốc

magma phần phía bắc, trong khi các mỏ phần phía nam chúng đã được trộn lẫn trong khu vực giữa magma với nguồn lưu huỳnh sinh học/ trầm tích.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Như đã giới thiệu trên, đặc điểm magma Permi – Triat địa khối Kon Tum cũng như dọc đới khâu tam Kỳ - Phước Sơn cho thấy chúng hình thành khoảng 300 – 220 trn. Trong thời kỳ Permi – Triat, hoạt động hút chìm của mảng đại dương dưới địa khối Đông Dương và sau đó là sự kiện va chạm tạo núi Indosini. Sự kiện va chạm tạo núi được cho là xảy ra khoảng 260 -265 trn. trước đây [20]. Sự kiện này được ghi nhận trong loạt đá biến chất phức hệ Ngọc Linh, Kan Nack, Khâm Đức ghi nhận khoảng tuổi 230 – 260 trn. liên quan đến giai đoạn làm dày vỏ do va chạm mảng ở địa khối Kon Tum (biến chất sau va chạm). Các đá magma kiểu S xuất hiện với khối lượng lớn trong khu vực là minh chứng cho thấy chúng được hình thành do quá trình làm dày vỏ do va chạm giữa các mảng kiến tạo [18]. Trong khu vực Kon Tum, các thành tạo magma tuổi Triat phức hệ Hải Vân, Bà Nà, Sa Huỳnh gặp phổ biến, các thành tạo magma Triat kiểu S cũng gặp phổ biến dọc đới khâu Sông Mã điển hình như khối Mường Lát, Phia Bioc, Nậm Rốm... Tuổi U-Pb zircon được xác định phức hệ Hải Vân trong khoảng 224 – 242 trn. [10], phức hệ Bà Nà khoảng 244,5 – 258 trn. (3), phức hệ Sa Huỳnh khoảng 251,6 – 259,4 trn. [2]. Các thành tạo magma kiểu S ghi nhận trong đới khâu Sông Mã có tuổi khoảng 235 – 251 trn. [16]. Sự kiện va chạm giữa khối Đông Dương và Nam Trung Hoa giai đoạn cuối Permi cũng được đánh dấu bằng bằng chứng cổ sinh và địa tầng [20].

Như vậy, sự kiện va chạm giữa khối Đông Dương và Nam Trung Hoa đã xảy ra vào khoảng 260 – 265 trn. trước. Trong khu vực mỏ Phước Sơn, hoạt động magma tuổi khoảng 249 – 251 trn.



đã được ghi nhận, trong đó các đá magma adakit, adesit là những thể magma có tiềm năng sinh khoáng vàng, đồng [13]. Hơn nữa, khoáng hóa vàng khu vực được xác nhận khoảng 204 – 249 trn. ghi nhận bằng tuổi Ar-Ar trên serisitserisit. Do nhiệt độ ghi lại tuổi Ar-Ar trên se-ri-sit khoảng 300oC [15], có khả năng tương đương với giai đoạn nhiệt độ nguội lạnh của các thành tạo magma tuổi 249 – 251 trn. trong khu vực. Các sự kiện magma và khoáng hóa ghi nhận trong khoảng thời gian trên đối sánh với các giai đoạn kiến tạo Permian – Triat cho thấy khả năng các thành tạo quặng vàng khu vực Phước Sơn hình thành liên quan đến giai đoạn sau va chạm tạo núi Indosini.

Đáng chú ý, các mẫu phân tích tuổi mica bằng phương pháp Ar-Ar (Vũ Văn Tích, 2007) đã ghi nhận hệ thống đứt gãy Tam Kỳ - Phước Sơn với đặc trưng chuyển động trượt phải thuận giai đoạn ~ 229-239 trn., khá tương đồng với giai đoạn hình thành quặng khu vực mỏ Phước Sơn. Hệ thống đứt gãy Công Plong trong khu vực mỏ Phước Sơn là phần kéo dài về phía tây của hệ thống đứt gãy

Tam Kỳ - Phước Sơn, vì vậy có khả năng đây là hệ thống đứt gãy có vai trò kênh dẫn tạo quặng khu vực mỏ Phước Sơn.

4. KẾT LUẬN

➢ Khoáng hóa vàng khu vực mỏ Phước Sơn được hình thành liên quan đến hoạt động nhiệt dịch magma và một phần tác động của nhiệt dịch từ biến chất;

➢ Khoáng hóa vàng đi cùng quặng sunfid trong khu vực được hình thành khoảng 203 – 248,8 trn. trước (tương đương với cuối Triat sớm đến Triat muộn);

➢ Khoáng hóa vàng hình thành gồm 4 giai đoạn chính, chúng liên quan đến hoạt động magma kiến tạo sau va chạm tạo núi Indosini, có thể giai đoạn tách giãn sau va chạm;

➢ Hệ thống đứt gãy Công Plong có thể đóng vai trò quan trọng trong quá trình tách giãn tạo điều kiện magma mang khoáng hóa đi lên tạo quặng khu vực mỏ Phước Sơn □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Võ Quang Bình (chủ nhiệm, 2018). *Nghiên cứu, dự báo tiềm năng khoáng sản vàng ẩn sâu ở các trường quặng vàng đối Tam Kỳ - Phước Sơn vùng Trung Trung Bộ*. Đề tài KHCN mã số TNMT.2016.03.02 Bộ Tài nguyên và Môi Trường, Liên đoàn Địa chất Trung Trung Bộ chủ trì.
- [2]. Dương Ngọc Tình (2019). *Đặc điểm quặng hoá lixit vùng Đức Phổ - Sa Huỳnh*. Luận án tiến sĩ địa chất, ngành Kỹ thuật Địa chất, Mã số: 9520501.
- [3]. Trần Văn Trị và Vũ Khúc. (2009). *Địa Chất Và Tài Nguyên Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên, 598 trang.
- [4]. Nguyễn Văn Niệm, Đỗ Đức Nguyên, Mai Trọng Tú, Bùi Minh Tâm, Ngô Xuân Thành, Nguyễn Minh Long, Đoàn Thị Ngọc Huyền, Bùi Hữu Việt, Nguyễn Thị Bích Thủy, Phạm Hùng Thanh, Hồ Thị Thư (2019). *Một số kết quả mới về đặc điểm thạch học và tuổi U - Pb của thành tạo Granit khối Bến Tuấn, khối Đá Thê*. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ Địa chất Số 60, Kỳ 1.
- [5]. Banks, M.J., Murfitt, R.H., Quynh, N.N., Hai, L.V. (2004). *Gold exploration of the Phuoc Son-Tam Ky Suture, central Vietnam - A case study*. Proceedings of PacRim Congress 2004, Adelaide, p.95-104.
- [6]. Borisenko, A.S., Tran Trong Hoa, Izokh, A.E., Ngo Thi Phuong, Tran Tuan Anh, Bui An Nien and Travin, A.V. (2006). *Stages of formation of gold mineralisation in the Central Vietnam*. Journal of Geology, Series B., n.28, trang 1-11.
- [7]. Davies, B. (2010). *Structural geology, veining and mineralisation at Dak Sa*. Unpublished consultant report to Olympus Pacific Minerals Inc.53p.
- [8]. Gardner, C.J., Graham, I.T., Belousova, E., Booth, G.W., Greig, A. (2017). *Evidence for Ordovician subduction-related magmatism in the Truong Son terrane, SE Laos: Implications for Gondwana evolution and porphyry Cu exploration potential in SE Asia*. Gondwana Research 44, page 139-156. Doi <https://doi.org/10.1016/j.gr.2016.11.003>
- [9]. Hai Thanh Tran, Khin Zaw, JacquelineA. Halpin, Takayuki Manaka, Sebastien Meffre, ChunKit Lai, Youjin Lee, Hai Van Le, Sang Dinh (2014). *The Tam Ky-Phuoc Son Shear Zone in central Vietnam: Tectonic and metallogenic implications*. Gondwana Research 26 [2], pages 144-164. Doi <https://doi.org/10.1016/j.gr.2013.04.008>
- [10]. Pham Trung Hieu, Shuang-Qing Li, Yang Yu, Ngo Xuan Thanh, Le Tien Dung, Vu Le Tu, Wolfgang Siebel, Fukun Chen (2017). *Stages of late Paleozoic to early Mesozoic magmatism in the Song Ma belt, NW Vietnam: evidence from zircon U-Pb geochronology and Hf isotope composition*. International Journal of Earth Sciences Volume 106, pages 855–874. <https://doi.org/10.1007/s00531-016-1337-9>



- [11]. Tran Trong Hoa, Tran Tuan Anh, Ngo Thi Phuong, Pham Thi Dung, Tran Viet Anh, Andrey E. Izokh, Alexander S. Borisenko, C.Y. Lan, S.L. Chung, C.H. Lo, (2008). *Permo-Triassic intermediate-felsic magmatism of the Truong Son belt, eastern margin of Indochina*. Comptes Rendus Geoscience 340 (2-3), pages 112-126. Doi <https://doi.org/10.1016/j.crte.2007.12.002>
- [12]. Kerrich, R. (1995). Geodynamics of world-class gold deposits: Characteristics, genesis, and exploration. *Economic Geology*, 90(5), 1-19. Doi: <https://doi.org/10.5382/Rev.13.15>
- [13]. Takayuki Manaka (2014). *A Study of Mineralogical, Geochemical and Geochronological Characteristics and Ore Genesis in Phuoc Son Gold Deposit Area, Central Vietnam*. B.Sc. (Hons.), MSc (Exploration Geoscience). University of Tasmania (UTAS), Australia.
- [14]. Shi, M.F., Lin, F.C., Fan, W.Y., Deng, Q., Cong, F., Tran, M.D., Zhu, H.P., Wang, H. (2015). *Zircon U-Pb ages and geochemistry of granitoids in the Truong Son terrane, Vietnam: tectonic and metallogenic implications*. Journal of Asian Earth Sciences 101, page 101-120. Doi <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2015.02.001>
- [15]. Nguyen Dieu Nuong, Ngo Xuan Thanh, Chitaro Gouzu, Tetsumaru Itaya (2011). *Phengite geochronology of crystalline schists in the Sakuma-Tenryu district, central Japan*. Island Arc 20 (4), page 401-410. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1738.2011.00773.x>
- [16]. Tran Van Thanh, Pham Trung Hieu, Pham Minh, Do Van Nhuan and Nguyen Thi Bich Thuy (2019). *Late Permian-Triassic granitic rocks of Vietnam: the Muong Lat example*. International Geology Review 61, (17). <https://doi.org/10.1080/00206814.2018.1561335>
- [17]. Ngo Xuan Thanh, Tran, T.H., Nguyen, H., Vu, Q.L., Kwon, S., Tetsumaru I., Santosh, M. (2014). *Backarc mafic-ultramafic magmatism in Northeastern Vietnam and its regional tectonic significance*. Journal of Asian Earth Sciences 90, page 45-60. Doi <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2014.04.001>
- [18]. Ngo Xuan Thanh, Bui, V. H., Tran, M. D., Kim, Y., Xiaochun, L., Tran, T. H., Kwon, S., Jang, Y., Bui, V. S., Luong, Q. K. (2022). *Ordovician continental arc magmatism in the Tam Ky-Phuoc Son Suture Zone, Central Indochina Block, Southeast Asia*. Geological Journal 58 [3], page 825-836. Doi <https://doi.org/10.1002/gj.4626>
- [19]. Vu Van Tich, Malyski, H. and Nguyen Van Vuong (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, 23, page 253-264.
- [20]. Tran Van Tri, Faure, M., Nguyen, V.V., Bui, H.H., Fyhn, M.B.W., Nguyen, T.Q., Lepvrier, C., Thomsen, T.B., Tani, K., Charusiri, P. (2020). *Neoproterozoic to Early Triassic tectono-stratigraphic evolution of Indochina and adjacent areas: A review with new data*. Journal of Asian Earth Sciences 191, page 1-23. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2020.104231>

LỜI CẢM ƠN

Nội dung bài báo được hỗ trợ kinh phí từ Đề tài Khoa học 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.

TECTONO-MAGMATIC CHARACTERISTICS RELATED TO SULFIDE GOLD MINERALIZATION AT THE PHUOC SON MINE, PHUOC SON DISTRICT, QUANG NAM PROVINCE

Khang Quang Luong¹, Hien Thu Thi Bui¹, Tuong Trong Dinh²,
Chi Kim Thi Ngo¹, Hung Quoc Nguyen¹, Thanh Xuan Ngo^{1,*}

¹ Hanoi University of Mining and Geology, 18 Vien Str., Ha Noi, Vietnam

² North Central Geology Union, Vinh City, Nghe

An ARTICLE INFOR
TYPE: Research Article



Received: 02/8/2024

Revised: 18/9/2024

Accepted: 20/9/2024

^{1,*} Corresponding author:

Email: ngoxuanthanh@humg.edu.vn

ABSTRACT

The Phuoc Son gold mine is one of the largest mines in the Tam Ky - Phuoc Son ore belt. This paper presents the main geological and mineralization characteristics of the Phuoc Son mine, and the tectono-magmatic events related to ore formation in the mine. Research results indicate that magmatic activity in the Phuoc Son mine area occurred between 249 and 251 Ma, with adakitic and andesitic rocks showing potential for gold-copper mineralization. Gold mineralization in the region took place between 204 – 249 Ma, closely related to magmatic activity. The Cong Plong and Po Ko fault systems likely played a crucial role as conduits, allowing mineralizing fluids to ascend and concentrate, forming the deposit. The combined data on magmatism, tectonics, and mineralization ages suggest that the gold deposits at Phuoc Son are closely associated with the post-collisional stage of the Indosinian orogeny (approximately 260 – 265 Ma ago).

Keywords: gold mineralization, Phuoc Son, tectonic setting, age of mineralization

@ Vietnam Mining Science and Technology Association