

ĐẶC ĐIỂM KHOÁNG HÓA CỦA MỎ VÀNG GÓC TRÀ NĂNG, TỈNH LÂM ĐỒNG

NGUYỄN KIM HOÀNG¹, NGUYỄN VĂN MÀI²

¹ Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM, 227 Nguyễn Văn Cừ, Q.5, Tp. Hồ Chí Minh

² Liên Đoàn Bản đồ Địa chất miền Nam, 200 Lý Chính Thắng, Q.3, Tp. Hồ Chí Minh

Tóm tắt: Cấu trúc địa chất chứa các thân quặng vàng có thành phần thạch học chủ yếu là bột kết, phiến sét xen ít lớp cát kết màu xám, xám đen được xếp vào hệ tầng La Ngà bị uốn nếp với phương của trục nếp uốn là ĐB-TN. Các thân quặng có dạng mạch, dạng giả vỉa, mạng mạch, đới mạch; đôi khi dạng bướt, o có thể nằm cam ve Đông Nam hoặc Tây Bắc với góc dốc 45-70°. Khoáng vật quặng 10-15%, chủ yếu là arsenopyrit, pyrit; thứ yếu là galena, sphalerit, chalcopyrit. Vàng tồn tại dưới dạng vàng tự sinh (thế hệ I) và electrum (thế hệ II). Khoáng vật phi quặng phổ biến nhất là thạch anh (> 80%). Quặng có cấu tạo dạng xâm tán, dạng mạch, kiến trúc hạt tự hình, nửa tự hình, tha hình, khung xương và nhũ tương. Vàng trong các thân quặng phân bố rất không đồng đều, có hàm lượng Au thay đổi từ 1-2 g/T đến 40-50 g/T. Khoáng hóa vàng có nguồn gốc nhiệt dịch nhiệt độ trung bình đến trung bình - thấp liên quan hoạt động magma xâm nhập Mesozoi muộn. Tiến trình tạo khoáng gồm 3 giai đoạn với 2 tổ hợp cộng sinh khoáng vật chính: 1) thạch anh I - arsenopyrit I - pyrit I - vàng tự sinh (305-250°C); 2) thạch anh II - pyrit II - galena - sphalerit - chalcopyrit - electrum (260-195°C). Khoáng hoá vàng thuộc kiểu mỏ vàng-thạch anh-sulfur dạng mạch với 2 kiểu khoáng: vàng - thạch anh - pyrit - arsenopyrit (chính) và vàng - thạch anh - sulfur đa kim (phụ). So với địa hình hiện tại, mỏ vàng đã bị bóc mòn địa chất và địa hoá quặng đến đới giữa quặng, một số nơi đến phần trên của đới dưới quặng. Như vậy, có thể đánh giá mỏ vàng góc Trà Năng vẫn còn triển vọng lớn.

I. MỞ ĐẦU

Mỏ vàng góc Trà Năng (còn gọi là Khu vực 67-72) nằm trong thung lũng Da Queon (Ảnh 1) thuộc địa phận xã Đa Queon, huyện Đức Trọng, tỉnh Lâm Đồng. Mỏ là khu vực có triển vọng nhất trong 3 khu vực thuộc vùng quặng Trà Năng, phụ đới Đèo Cả - Long Hải, về phía Đông Nam đới sinh khoáng Đà Lạt. Khoáng sản vàng trong vùng Trà Năng gồm sa khoáng và quặng gốc được phát hiện vào những năm đầu thập kỷ 1990; sau đó (1987-1993) được Liên Đoàn Địa chất 6 (nay là Liên đoàn Bản đồ Địa chất miền Nam) tiến hành tìm kiếm đánh giá [5] và sau đó một phần diện tích đã được thăm dò vàng sa khoáng [6] và hiện nay là thăm dò vàng gốc.

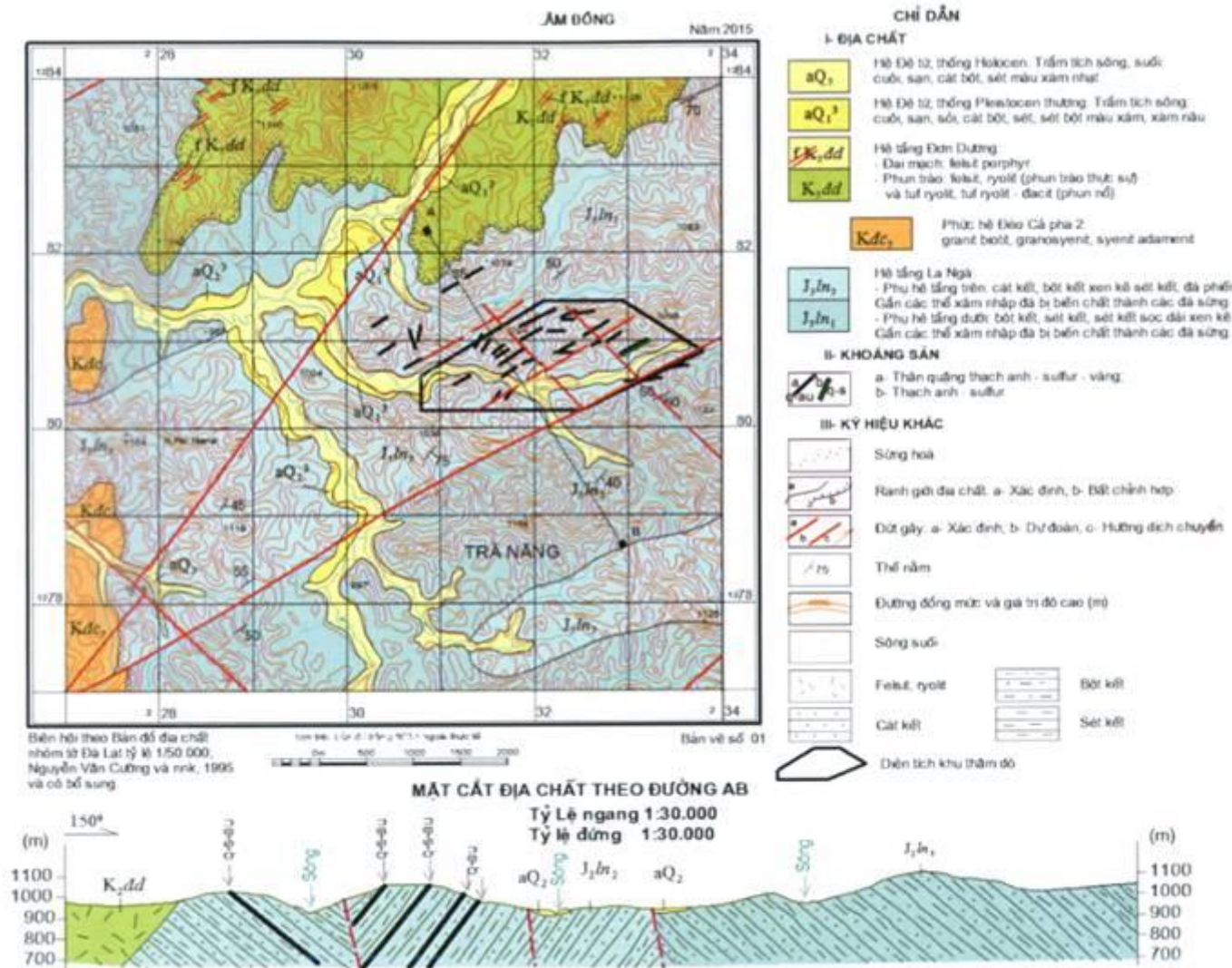
II. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT VÙNG

Đặc điểm địa chất vùng Trà Năng như sau (Hình 1)

1. Địa tầng

Gồm chủ yếu là các đá trầm tích hệ tầng La Ngà, thứ yếu là các đá phun trào và tuf của chúng thuộc hệ tầng Đơn Dương. Trong các thung lũng có các tích tụ aluvi Đệ tứ.

Hệ tầng La Ngà ($J_2 ln$): Các đá của hệ tầng phân bố liên tục và rộng rãi, chiếm hầu hết diện tích vùng nghiên cứu. Thành tạo tạo này đượ chia thành 2 phụ hệ tầng như sau:



Hình 1. Bản đồ địa chất khoáng sản mở vàng góc Trà Nang, Đa Quyon, huyện Đức Trọng, tỉnh Lâm Đồng.

+ Phụ hệ tầng dưới ($J_2 ln_1$): Phân bố ở phía Nam và Bắc vùng nghiên cứu. Thành phần thạch học gồm: bột kết, sét kết, sét kết sọc dải xen kẽ cát kết, phân lớp mỏng đến trung bình. Trong đá chứa hóa thạch tuổi Alen - Bajosi. Các đá bị uốn nếp, phần lớn có phương kéo dài theo hướng Đông Bắc - Tây Nam, với góc dốc >40- 60°. Đá bị phong hóa và bán phong hóa mạnh mẽ hình thành đới phong hóa khá dày. Bề dày đạt 500-600 m.

+ Phụ hệ tầng trên ($J_2 ln_2$). Lộ ở trung tâm vùng, rộng khoảng 2,5-3 km. Thành phần thạch học gồm: cát kết, bột kết xen kẽ sét kết, đá phiến sét màu nâu xám, xám đen phân lớp trung bình đến dạng khối xen kẽ nhau. Ở phần trên, có các lớp cát kết dạng quarzit màu xám đen, phân lớp trung

bình. Gần các thể granit, các đá bị biến chất nhiệt thành các đá sừng. Các đá bị uốn nếp với góc dốc 40-50°. Bề dày đạt 800-900 m. Trong các đá có nhiều mạch thạch anh - sulfur có vàng xuyên cắt chủ yếu theo mặt lớp. Đá rìa mạch bị biến đổi thạch anh hóa, sericit hóa, clorit hóa mạnh.

Hệ tầng Đơn Dương (K₂đđ). Các đá của hệ tầng này phân bố khá rộng rãi ở phía Bắc vùng nghiên cứu. Thành phần thạch học gồm: dacit, ryodacit, felsit, ryolit, andesitodacit, andesit và các vụn kết tuf núi lửa của chúng, xen ít trầm tích nguồn núi. Bề dày của hệ tầng này thay đổi từ 500-600 m đến 1.250-1.350 m.

Trầm tích sông Pleistocen thượng (aQ₁³): Trầm tích này phân bố rải rác dọc sông Da Quyeon, suối Xtayet với diện tích rộng từ hơn chục mét đến vài trăm mét, kéo dài liên tục từ vài trăm mét đến 1 ÷ 2 km. Thành phần trầm tích chủ yếu cát, cát bột, sét, sét bột có màu xám, xám nâu, gắn kết yếu hoặc bờ rời; phần đáy có cuội sỏi, đôi khi có tầng - cuội chứa cát bột, có chứa vàng sa khoáng. Bề dày thay đổi 1,5-5,0 m; có nơi 6-7 m.

Trầm tích sông Holocen (aQ₂): Trầm tích sông hiện đại phân bố liên tục dọc theo các sông suối, tạo nên các bãi bồi cao, thấp hoặc các dải cát ngầm dưới lòng, rộng từ vài mét đến vài chục mét, kéo dài từ vài trăm mét đến vài km. Thành phần trầm tích gồm cát, cát bột, sét, sét bột màu xám hạt, gắn kết yếu đến bờ rời; phần đáy, chủ yếu là cuội tầng chứa cát sỏi, cát, có chứa vàng sa khoáng.

2. Magma xâm nhập

Với 2 khối granit nhỏ ở núi Piarmen, về phía Tây Nam vùng được xếp vào pha 2 *phức hệ Đèo Cà (Gsy/Kđc)*. Thành phần thạch học gồm: granosyenit, granosyenit dạng porphyr và granit porphyr. Đá có màu xám hồng, cấu tạo khối, kiến trúc nửa tự hình, hạt vừa đến thô. Thành tạo này xuyên cắt và gây sừng hóa các đá trầm tích hệ tầng La Ngà. Các đá này hầu như bị phong hoá rất mạnh mẽ, tạo vỏ phong hoá khá dày.

3. Cấu trúc - kiến tạo

Vùng mở Trà Năng phát triển các nếp lồi và nếp lõm với phương cấu trúc chính là ĐB-TN, trục nếp uốn kéo dài vài km đến 10-15 km; hai cánh tương đối đối xứng với góc dốc 50-70°. Vùng chịu ảnh hưởng của hai hệ đứt gãy chính: *Hệ đứt gãy ĐB-TN* thường phát triển theo trục nếp lồi; kéo dài hàng chục km, là đứt gãy nghịch, cự ly dịch chuyển đứng khoảng 70-80 m, được xem là hệ thống đứt gãy đồng tạo quặng; *Hệ đứt gãy TB-ĐN* cắt qua và làm dịch chuyển hệ đứt gãy ĐB-TN với cự ly dịch chuyển dự tính khoảng 40-50 m, là hệ thống đứt gãy sau tạo quặng. Ngoài ra, còn có hệ đứt gãy nhỏ, phương kinh tuyến, xuyên cắt hệ thống đứt gãy TB-ĐN với cự ly dịch chuyển khoảng 1 m.

III. ĐẶC ĐIỂM KHOÁNG HÓA VÀNG

1. Đặc điểm phân bố và hình thái các thân quặng

Kết quả tìm kiếm đánh giá [5] xác định có 88 thân quặng, thân khoáng hóa vàng (gọi chung là thân quặng). Các thân quặng phân bố trong các đá trầm tích bột kết, sét kết xen ít cát kết phân lớp của phụ hệ tầng trên, hệ tầng La Ngà, có thể nằm 310- 330 ∠ 60÷70 (Ảnh 2) hoặc thoải hơn (310-320∠45) (Ảnh 3) và thứ yếu á vĩ tuyến, thường phân bố ở phần vòm các nếp uốn và xuyên chính hợp trong các đá trầm tích. Các dị thường địa vật lý (điện trường thiên nhiên, điện trở suất và phân cực kích thích) thường có trục liên kết kéo dài khoảng 100-200 m trùng với phương các mạch thạch anh - sulfur - vàng, thể hiện còn tồn tại các thân quặng dưới sâu.

Quặng gồm 2 kiểu khoáng hóa:

Vàng - thạch anh ít sulfur (khoáng vật sulfur <5%): ít phổ biến, điển hình là thân quặng 2. Các thân quặng dày 0,8-1,7 m, chủ yếu 0,4-0,6 m; lộ dài theo đường phương từ vài chục mét đến 200 m, phần lớn <100 m, theo hướng cắm từ vài chục mét đến 100 m. Các thân quặng có dạng mạch, hệ mạch, rất ít dạng bứu, ổ và phân nhánh, giả vĩa; đơn nghiêng, gần trùng mặt phân lớp đá trên 2 cánh nếp lồi (Ảnh 4).

Vàng - thạch anh - sulfur (khoáng vật sulfur > 5%): Rất phổ biến. Các thân quặng dày 0,3-3,47 m, chủ yếu 0,7-1,6 m; lộ dài theo đường phương 60-290 m, theo hướng cắm 100-150 m. Các thân quặng có dạng hệ mạch, mạng mạch, phân nhánh, dạng giả vĩa, gần trùng với mặt phân lớp của đá với góc cắm 60-80° (Ảnh 2); ít dạng bứu, ổ.

2. Các biến đổi đá vây quanh

Các đá cạnh mạch bị biến đổi nhiệt dịch chủ yếu là berezit hóa có thành phần gồm: sericit 55%, thạch anh 30%, carbonat 5%, arsenopyrit 5%, pyrit 1-3%, khác... 1-3%. Ngoài ra, khá phổ biến hiện tượng thạch anh hóa, sericit hóa, clorit hóa cạnh mạch (Ảnh 5).

3. Thành phần và đặc điểm khoáng vật quặng

a) Thành phần khoáng vật quặng: Khoáng vật nguyên sinh (10-15%), chủ yếu gồm: arsenopyrit (5-7%), pyrit (1-2%), vàng tự sinh, electrum; thứ yếu: galena (<1%), sphalerit (<1%), chalcopyrit (<1%). Khoáng vật thứ sinh khá đơn giản, chỉ có chalcocin, covelin và khoáng vật ngoại sinh có scorodit và limonit. Các khoáng vật nguyên sinh tập trung dạng ổ, dải hay xâm tán không đều trong thạch anh (QI) (Ảnh 6).

b) Cấu tạo và kiến trúc quặng: Quặng có cấu tạo chủ yếu dạng xâm tán (vàng tự sinh, electrum, pyrit, chalcopyrit), dạng mạch (arsenopyrit, pyrit, galena, sphalerit), dải và dạng ổ (vàng tự sinh, arsenopyrit, pyrit, galena, sphalerit); có kiến trúc chủ yếu là hạt tự hình (pyrit), nửa tự hình (galena, arsenopyrit, pyrit), tha hình (galena, sphalerit), khung xương (arsenopyrit) và nhũ tương (chalcopyrit, sphalerit).

c) Đặc điểm khoáng vật quặng: Vàng tự sinh gặp trong cả 2 kiểu khoáng hóa: (1) vàng - thạch anh ít sulfur: dạng vẩy nhỏ, dạng kim xâm tán và tập hợp dạng ổ trong thạch anh (Ảnh 7); (2) vàng - thạch anh - sulfur: dạng vẩy nhỏ, tấm mỏng, đẳng thước hoặc dạng kim phân bố trong tập hợp sulfur (ranh giới giữa các hạt hoặc khe nứt trong các hạt sulfur). Kích thước thay đổi 0,02-0,01 mm; đôi khi 0,5 mm.

Electrum chỉ gặp trong kiểu khoáng hóa vàng - thạch anh - sulfur dạng vẩy nhỏ trong các hạt sulfur hoặc thành ổ trong arsenopyrit, kích thước 0,02-0,05 mm (Ảnh 8).

Arsenopyrit có tỷ lệ thay đổi từ <1% (trong vàng - thạch anh - ít sulfur) đến 5-7%; (trong vàng-thạch anh-sulfur) tập trung thành ổ, dải hoặc theo khe nứt trong thạch anh (Ảnh 7). Có 2 thể hệ: thể hệ I- dạng tinh thể lớn, kích thước <1 mm, tự hình đến nửa tự hình (Ảnh 9a) hoặc dạng tàn dư, khung xương (Ảnh 9b), đi cùng pyrit I nhưng bị khảm trong pyrit II; thể hệ II- kích thước nhỏ, nửa tự hình đến tha hình, đi cùng pyrit II, galena, sphalerit và chalcopyrit. Trong đơn khoáng arsenopyrit, có chứa một hàm lượng vàng nhất định (Bảng 3).

Pyrit cộng sinh với arsenopyrit, kích thước từ 0,1-0,2 mm đến 1 mm, tự hình đến nửa tự hình, xâm tán trong thạch anh hoặc tập hợp các sulfur khác (Ảnh 10). Pyrit cũng có 2 thể hệ: thể hệ I- có dạng tinh thể lớn, phân bố chủ yếu trong các mạch thạch anh - ít sulfur; thể hệ II- kích thước

nhỏ hơn và xâm tán trong các mạch thạch anh - sulfur, đi cùng arsenopyrit II và các khoáng vật sulfur khác.

Chalcopyrit ít gặp, chỉ có trong kiểu khoáng hóa vàng - thạch anh - sulfur dưới dạng tâm nhỏ, tha hình trong đám arsenopyrit, pyrit hay emusi trong một số hạt sphalerit.

Sphalerit chỉ gặp trong kiểu khoáng hóa vàng-thạch anh-sulfur. Cộng sinh với galena dưới dạng các tập hợp hạt tha hình, kích thước <1 mm, lấp vào các khoảng trống giữa các hạt thạch anh hay arsenopyrit và pyrit và xuyên cắt các khoáng vật này (Ảnh 11a). Trong một số hạt sphalerit, gặp ít emusi chalcopyrit (kiến trúc nhũ tương).

Galena chỉ có trong kiểu khoáng hóa vàng-thạch anh-sulfur, dạng hạt nửa tự hình đến tha hình, kích thước hạt 1 mm, nằm giữa các hạt thạch anh hoặc găm mòn thay thế arsenopyrit, pyrit (Ảnh 11b), cộng sinh chặt chẽ với sphalerit.

Chalcozin và *covelin* là sản phẩm thứ sinh và giả hình từ chalcopyrit.

Scorodit là sản phẩm biến đổi ngoại sinh của arsenopyrit, có dạng keo hoặc biến keo của arsenat sắt ngâm nước, cấu tạo đối xứng tâm, dạng cầu, kiến trúc khung xương, giả hình và chứa các tàn dư của arsenopyrit. Gần mặt đất, tỷ lệ scorodit/arsenopyrit khá lớn: 10÷20%. Trong scorodit, dễ gặp các hạt vàng tự sinh.

Limonit là sản phẩm biến đổi ngoại sinh từ các sulfur chứa sắt gồm: pyrit, arsenopyrit và chalcopyrit. Dạng tập hợp keo thành đám, hoặc riềm bao quanh các pyrit và đôi khi giả hình theo pyrit. Gần mặt đất, limonit hóa từ pyrit khá mạnh, cùng scorodit tạo tập hợp limonit - scorodit với tỷ lệ lớn (đến 80%) so với pyrit và arsenopyrit; trong đó, dễ gặp các hạt vàng tự sinh dạng vảy, tâm, không rõ hình thái.

4. Thành phần và đặc điểm khoáng vật phi quặng

Khoáng vật phi quặng chủ yếu là thạch anh và ít sericit, clorit, epidot, vật chất than.

Thạch anh phần lớn là tập hợp hạt từ nửa tự hình đến tha hình. Trong kiểu khoáng hóa vàng - thạch anh - ít sulfur, thạch anh chiếm > 95% có xâm tán ít pyrit, arsenopyrit. Trong kiểu khoáng hóa vàng - thạch anh - sulfur, thạch anh chiếm khoảng 80-85% chứa sulfur tập hợp thành từng đám xen kẽ. Trong các đá cạnh mạch, có nhiều mạch nhỏ không quặng. Thạch anh có màu trắng sữa, chứa nhiều bao thể. Các bao thể trong thạch anh là bao thể lỏng-khí với khí chiếm từ 10-15% đến 30-45% thể tích bao thể:

+ Bao thể trong thạch anh I thuộc tổ hợp cộng sinh khoáng vật (THCSKV) thạch anh - arsenopyrit - pyrit - vàng tự sinh (vàng - thạch anh - ít sulfur) là những bao thể lỏng - khí với pha khí chiếm 25-45% thể tích. Nhiệt độ đồng hóa 250-305°C.

+ Bao thể trong thạch anh II thuộc THCSKV thạch anh-galena-sphalerit- arsenopyrit-electrum (vàng-thạch anh- sulfur đa kim) là những bao thể lỏng - khí với pha khí chiếm 15-30% thể tích. Nhiệt độ đồng hóa 195-260°C.



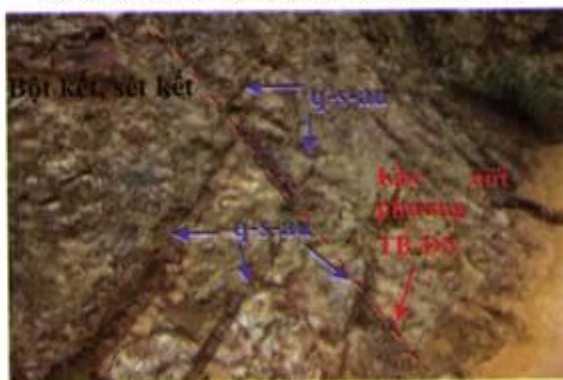
Ảnh 1. Cảnh quan vùng 67-72 trong thung lũng Da Quyeon, nơi tập trung các thân quặng vàng góc.



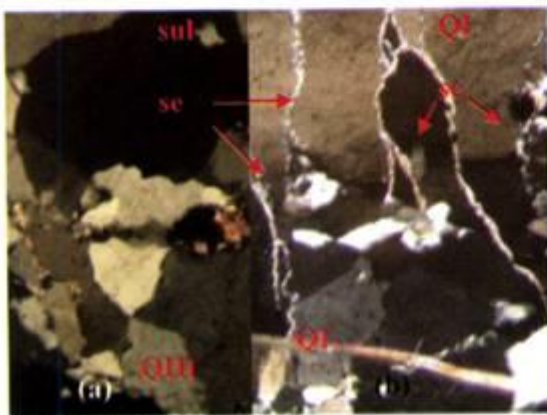
Ảnh 2. Các thân quặng vàng - thạch anh - sulfur phương ĐB-TN, khá dốc ($310-330 \angle 60-70$) xuyên trong bột kết, sét kết ở phần vòm các nếp uốn.



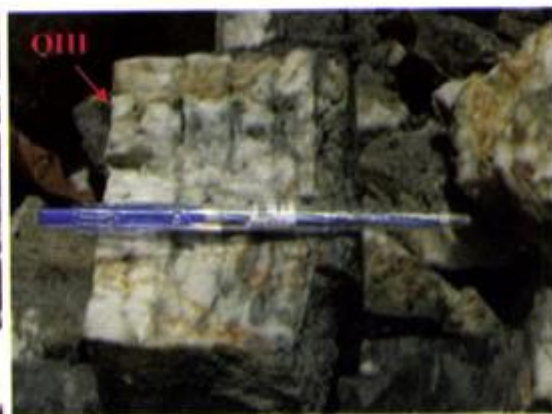
Ảnh 3. Các thân quặng dạng mạch đơn phương ĐB-TN ($310-320 \angle 45$), xuyên chính hợp trong bột kết, sét kết.



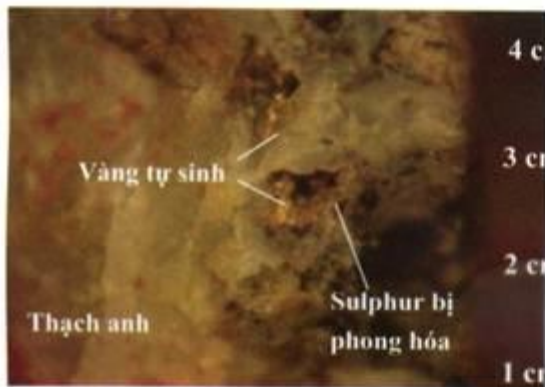
Ảnh 4. Các thân quặng vàng-thạch anh - ít sulfur dạng hệ mạch phương ĐB-TN bị phân cắt và dịch chuyển bởi khe nứt phương TB-ĐN.



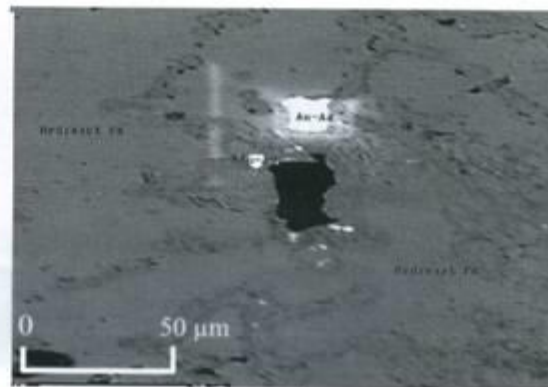
Ảnh 5. Mẫu lát mỏng TN.1.2: $10 \times 5; 2N$. Sericit hoá (se) và thạch anh hoá (QIII) thay thế dạng ổ (a) hay lấp đầy khe nứt trong thạch anh I (QI) và sulfur (sul) (b).



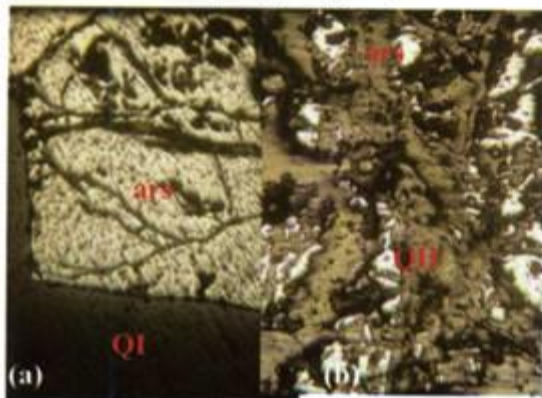
Ảnh 6. Mẫu quặng khai thác từ lò thân quặng 9 (TQ9). Arsenopyrit cùng pyrit (màu xám) tập trung thành ổ, dài hoặc theo khe nứt trong thạch anh của thân quặng.



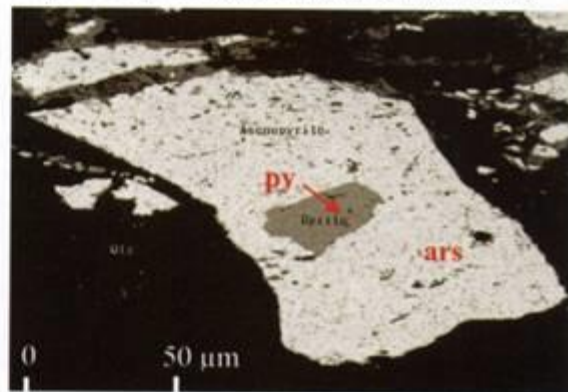
Ảnh 7. Mẫu cục thạch anh-sulfur-vàng tự sinh: TN.TQ12. Vàng tự sinh xâm tán không đều trong mạch thạch anh (sulfur bị phong hóa).



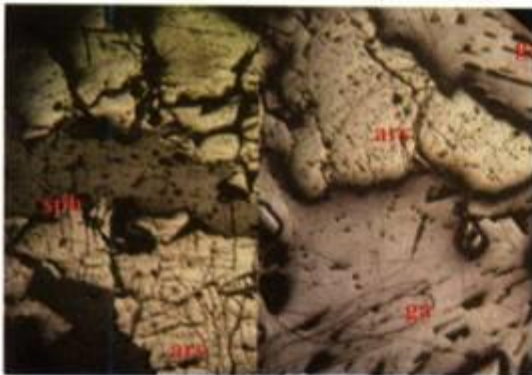
Ảnh 8. Chụp dưới kính hiển vi điện tử TN 2192-1. Electrum (màu trắng) dạng hạt tha hình trong các sulfur bị oxy hóa thành hydroxyt sắt (màu xám).



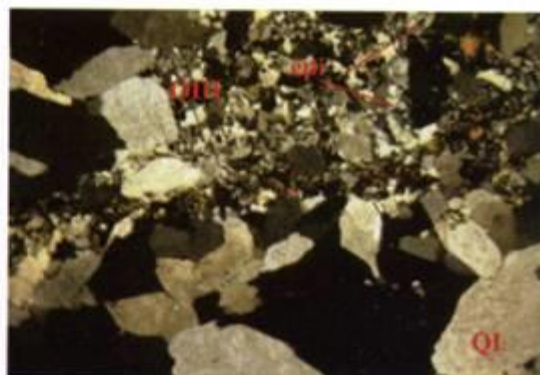
Ảnh 9. Mẫu khoáng tương: TN.TQ2; 10x4, 1N. Arsenopyrit I (ars) tự hình (a) trong thạch anh I và tàn dư, bị thạch anh II xuyên cắt (b).



Ảnh 10. Mẫu chụp dưới kính hiển vi điện tử TN 2192-1. Pyrit (py) đồng sinh cùng arsenopyrit (ars).



Ảnh 11. Mẫu khoáng tương TN1.3; 10x4, 1N. Sphalerit (spha) xuyên cắt arsenopyrit (a) và galena (ga) gặm mòn thay thế arsenopyrit (b).



Ảnh 12. Mẫu lát mỏng TN.TQ9; 10x5; 2N. Mạch thạch anh III (QIII) - epidot (epi) xuyên cắt Thạch anh I - sulfur - vàng tự sinh.

+ Bao thể trong thạch anh III trong mạch nhỏ thạch anh không quặng là những bao thể lỏng - khí với pha khí chiếm 10÷15% thể tích. Nhiệt độ đồng hoá 170÷230°C.

Kết quả phân tích này khá phù hợp với phân tích bao thể trong khoáng vật của Trần Trọng Hoà và nnk, 2005 [8], quặng cũng được lắng đọng ở nhiệt độ 340÷130°C

Sericit có dạng vảy nhỏ, tập hợp thành đám chủ yếu trong sét, bột kết bị biến đổi cạnh mạch; rất ít gặp trong mạch thạch anh - sulfur - vàng (Ảnh 5).

Epidot có dạng hạt nhỏ, kích thước <0,05 mm; khá tự hình đến tha hình, tập hợp dạng tia mạch cùng thạch anh III trong các mạch thạch anh không quặng (Ảnh 12).

Clorit ít gặp hơn sericit, đi cùng sericit, là sản phẩm của quá trình clorit hóa.

Vật chất than: Sét kết giàu vật chất hữu cơ ở đới cạnh mạch bị biến đổi nhiệt dịch thành anthraxolit và graphite tạo thành mạch, dải song song các mạch thạch anh- sulfur.

2. Thành phần và đặc điểm các nguyên tố quặng

a) Hàm lượng các nguyên tố Au, Ag, Cu, Pb và Zn:

Nguyên tố Au có hàm lượng (nung luyện) trong các thân quặng rất không đồng đều:

+ Các thân quặng thuộc kiểu khoáng hóa vàng - thạch anh ít sulfur có hàm lượng Au rất thay đổi, từ 1-2 g/T đến 40- 50 g/T (các thân quặng giàu Au: 1-3, 21, 34, 10-4) trong đó gần một nửa số thân quặng có hàm lượng trung bình trong khoảng 1-3 g/T, đa số đạt 3-7 g/T.

- Các thân quặng thuộc kiểu khoáng hóa vàng-thạch anh-sulfur có hàm lượng Au thay đổi từ 3-5 đến 30-35 g/T (thân quặng: 5-1, 5-3, 21), đa số các thân quặng có hàm lượng trung bình đạt 5-15 g/T, hàm lượng trung bình tương đối đồng đều và ở mức cao.

Các nguyên tố Ag, Cu, Pb và Zn là những nguyên tố đi kèm với Au, kết quả phân tích quang phổ hấp thụ nguyên tử cho thấy có sự khác biệt về hàm lượng giữa 2 kiểu khoáng hóa (Bảng 1).

Bảng 1. Hàm lượng trung bình (ppm) các nguyên tố Ag, Cu, Pb, Zn [5]

STT	Nguyên tố	Thân quặng vàng-thạch anh ít sulfur	Thân quặng vàng-thạch anh-sulfur
1	Ag	< 1 cao nhất 1,90 (TQ.1)	50-100, cao nhất 440 (TQ.9)
2	Cu	10-29	50-100, cao nhất 304 (TQ.5)
3	Pb	10-50	10.000-20.000, cao nhất 32.000 (TQ9)
4	Zn	10-50	50-100, cao nhất 404 (TQ.9)

Theo Bảng 1, hàm lượng Au trong quặng khá cao: các thân quặng vàng - thạch anh - sulfur có hàm lượng trung bình cao hơn và đều hơn; các nguyên tố đi kèm với Au gồm Ag, Cu, Pb, Zn cũng chủ yếu phân bố trong các thân quặng vàng- thạch anh - sulfur.

b) Dạng tồn tại và độ tinh khiết của vàng:

Khoáng vật vàng tồn tại dưới dạng: vàng tự sinh và electrum. Kết quả phân tích microsond cho thấy, thành phần hóa học của vàng và electrum [6] như sau (Bảng 2).

Độ tinh khiết của vàng được tính bằng tỷ lệ $Au/(Au+Ag) \times 1.000$, phản ánh vàng có 2 thể hệ: độ tinh khiết từ 720 đến 990 tương ứng với thể hệ I- vàng tự sinh; độ tinh khiết từ 460 đến 480 tương ứng thể hệ II- electrum.

Kết quả phân tích đơn khoáng 34 hạt vàng mỏ Trà Năng [8] cho thấy có 2 khoảng độ tinh khiết nhất định: độ tinh khiết từ 929,2 đến 995,8 (10 mẫu): tương ứng với thể hệ I- vàng tự sinh; độ tinh khiết từ 512,0 đến 725,5 (24 mẫu): tương ứng thể hệ II- electrum.

Nguyên tố Au có hàm lượng trong đơn khoáng arsenopyrit khá cao. Phân tích 02 mẫu quặng vàng (quang phổ hấp thụ nguyên tử). là 0,2 g/T và 8 g/T Au. Các kết quả phân tích [8] cho nhiều khoáng vật khác nhau cũng cho thấy điều này (Bảng 3).

Bảng 2. Tổng hợp hàm lượng Au và Ag trong các thân quặng mỏ Trà Năng [6]

Số hiệu mẫu	Au (%)	Ag (%)	Tổng	$Au/(Au+Ag) \times 1.000$	
14-1	Au-2	46,463	49,413	95,876	480
	Au-3	44,375	50,677	95,052	470
	Au-4	46,193	51,162	97,355	470
	Au-5	46,874	54,026	100,90	460
14-2	Au-2	80,174	0,302	80,476	990
15-1	Au-3	73,632	25,518	99,150	740
	Au-3 ^a	76,100	23,497	99,597	760
15-2	Au-1	75,827	22,720	98,796	770
	Au-4	76,286	22,864	99,282	770
	Au-5	76,573	22,356	98,929	770
16-1	Au-1	74,944	25,463	100,407	750
	Au-2	75,080	24,193	99,273	760
03-1	1 - Au-1	72,042	27,958	100,000	720
	2-Au-1	73,179	26,821	100,000	730
	4-Au-1	77,027	22,973	100,000	770
	5-Au-1	75,783	24,217	100,000	760

Bảng 3. Hàm lượng (ppm) các nguyên tố quặng trong khoáng vật quặng mỏ Trà Năng [8]

Khoáng vật quặng	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Cd	Sb	As	Bi	Te	Se	Mo
Arsenopyrit	0,21	1,5	210	105	63	8	370	>10%	55	5,5	0,1	1,2
	0,08	1,7	140	180	48	11	230	>10%	23	1,1	0,5	0,8
Pyrit, galena	1,8	310	330	>10%	0,8	36	510	1,3%	410	3,8	2,2	2,5
	1,6	615	330	>10%	0,35%	22	850	0,55%	660	8,7	3,1	6,5
Pyrit, galena, sphalerit	0,9	340	250	>10%	>10%	360	470	0,11%	340	4,4	2,4	1,7

Galena	0,75	1270	120	>10%	0,1%	45	2310	810	2780	7,9	1,3	1,3
Sphalerit	1,05	120	86	0,22%	>10%	540	87	0,13	31	3,6	1,0	0,5
Màu quặng	0,1	4,3	0,09	<0,01	0,02	14	11	28	12	0,2	-	9,4
Màu quặng	0,1	4,4	0,03	<0,01	<0,01	8,8	14	35	7,4	0,2	-	3,1

(Phân tích: Viện Địa vật lý - Địa chất- Khoáng vật học Novossibirsk, CHLB Nga, 2000).

Các kết quả phân tích trên cho thấy, quặng hóa ở đây đặc trưng có hàm lượng cao As, Sb, Bi, đặc biệt là Ag rất cao khi có galena và nhất là riêng với galena. Điều này thể hiện có 2 tổ hợp cộng sinh khoáng vật liên quan chặt chẽ: vàng tự sinh - pyrit - arsenopyrit và electrum - galena - sphalerit - chalcopyrit. Ngoài ra, các nguyên tố As, Ag, Cu, Pb, Zn cũng có mối liên quan chặt chẽ với Au.

IV. NGUỒN GỐC KHOÁNG HOÁ VÀ TIẾN TRÌNH TẠO KHOÁNG

1. Nguồn gốc và mối liên quan khoáng hóa vàng với hoạt động magma

Về không gian: Các đá magma trong vùng gồm các đá phun trào hệ tầng Đơn Dương và granit phức hệ Đèo Cả. Chúng phân bố xa các thân quặng và không thể hiện mối quan hệ nguồn gốc với khoáng hóa vàng. Khoáng hóa vàng liên quan nguồn gốc với magma xâm nhập còn ẩn bên dưới?

Về địa hóa quặng: Các thân quặng vàng có thành phần nguyên tố quặng phù hợp với kiểu mỏ mesothermal (theo Lingrend, 1933), thành tạo ở độ sâu 1.200-4.500 m, nhiệt độ 200-300°C, phân bố bên trong hoặc gần các khối granitoid. Kiểu mỏ khoáng vàng ở đây có tính tương tự ở vùng Suối Linh - Sông Mã Đà - có liên quan nguồn gốc với granitoid kiểu I phức hệ Định Quán (pha 2) [3]. Như vậy, khoáng hóa vàng vùng Trà Năng cũng có thể liên quan nguồn gốc với granitoid phức hệ Định Quán (?).

Tuổi khoáng hóa vàng. Theo kết quả phân tích tuổi đồng vị Ar-Ar từ sericit trong các mạch thạch anh - sulfur - vàng của Trần Trọng Hòa và nnk (2005) [8], tuổi khoáng hóa vàng là 129,3±5,6 Tr.n. Điều này chứng tỏ rằng, khoáng hóa vàng Trà Năng được thành tạo khá sớm trong Mesozoi muộn, gần gũi về thời gian thành tạo của granitoid phức hệ Định Quán hơn so với các thành tạo magma xâm nhập khác vào Mesozoi muộn như phức hệ Ankroet hay phức hệ Đèo Cả.

Nhiệt độ thành tạo khoáng hóa vàng. Với các giai đoạn tạo khoáng nêu trên, khoáng hóa vàng có nguồn gốc nhiệt dịch nhiệt độ trung bình đến trung bình - thấp, chủ yếu ở 195-305°C.

Với các đặc điểm trên và theo nghiên cứu trong đới Đà Lạt [2, 3, 7], kiểu khoáng hóa vàng mỏ Trà Năng có nguồn gốc nhiệt dịch nhiệt độ trung bình đến trung bình - thấp (195-260°C) liên quan hoạt động granitoid kiềm - vôi (pha 2) phức hệ Định Quán (?).

2. Tiến trình tạo khoáng vàng

Theo kết quả nghiên cứu, tiến trình tạo khoáng vàng nhiệt dịch mỏ Trà Năng có thể được phân chia thành 3 giai đoạn tạo khoáng như sau (Bảng 4):

Giai đoạn thạch anh-pyrit- arsenopyrit-vàng: phát triển khá mạnh, tạo các mạch thạch anh có ít sulfur với tổ hợp cộng sinh khoáng vật (THCSKV) gồm: thạch anh I - arsenopyrit I - pyrit I - vàng tự sinh được thành tạo ở nhiệt độ 305-250°C, xuyên cắt theo mặt phân lớp các đá trầm tích vây quanh theo các khe nứt, đứt gãy chủ yếu phương ĐB-TN. Đây là giai đoạn tạo sản phẩm chính.

Giai đoạn thạch anh-arsenopyrit- galena-sphalerit-electrum: Các khe nứt tách được tiếp tục mở ra trên các thân quặng đã hình thành trong giai đoạn trước, hình thành THCSKV: thạch anh II - pyrit II - galena - sphalerit - chalcopyrit - electrum ở nhiệt độ 260-195°C. Đây là giai đoạn tạo sản phẩm thứ yếu.

Giai đoạn thạch anh. Cường độ hoạt động kiến tạo yếu đi so với các giai đoạn trước hình thành các mạch, hệ mạch nhỏ không quặng với THCSKV gồm: thạch anh III ± epidot ± clorit ± sericit chủ yếu ở 230-170°C và tiếp tục giảm đến 130°C (có thể có ít calcit [8]).

Ngoài ra, trước các giai đoạn trên, có thể có hoạt động nhiệt dịch trước tạo quặng, lắng đọng thạch anh không quặng được hình thành ở nhiệt độ 340°C [8].

Bảng 4. Sơ đồ tiến trình tạo khoáng mỏ vàng gốc Trà Nặng

Thời kỳ	Nhiệt dịch			Ngoại sinh
Giai đoạn	Thạch anh – pyrit – arsenopyrit - vàng	Thạch anh-arsenopyrit-galena- sphalerit- arsenopyrit- electrum	Thạch anh	Limonit - vàng (vàng biểu sinh)
Khoáng vật				
Thạch anh	—————	—————	—————	
Pyrit	—————	—————		
Arsenopyrit	—————	—————		
Vàng tự sinh	—————			
Galena		—————		
Sphalerit		—————		
Chalcopyrit		—————		
Electrum		—————		
Sericit	- - - - -	—————	—————	
Clorit	- - - - -	—————	—————	
Epidot	- - - - -	—————	—————	
Covenlin			- - - - -	
Chalcozin			- - - - -	
Limonit				—————
Scorodit				—————
Biến đổi đá vây quanh	Berezit hóa, clorit hóa, sericit hóa, thạch anh hóa	Clorit hóa, sericit hóa, thạch anh hóa	Thạch anh hóa, clorit hóa, sericit hóa	Oxy hóa
Nhiệt độ thành tạo	305-250°C	260-195°C	230-170°C	
Nguyên tố hòa học chính	Si, S, Fe, As, Au, (Ag)	Si, S (Fe, As, Cu, Pb, Zn, Au, Ag)	Si (Ca)	Fe, O, H (As)
Kiến trúc	Hạt tự hình, nửa tự hình, khung xương	Hạt nửa tự hình, tha hình	Hạt tha hình,	Keo, ẩn tinh, tàn dư
Cấu tạo	Xâm tán, mạch, dải, ổ	Xâm tán, mạch, dải	Mạch	Biến keo, tổ ong

3. Kiểu mỏ khoáng

Trong nội dung bài báo này, dùng thuật ngữ kiểu mỏ khoáng (kiểu mỏ - deposit type): *Kiểu mỏ khoáng là tập hợp tự nhiên các mỏ khoáng và các biểu hiện khoáng sản giống nhau về thành phần khoáng vật, hoàn cảnh địa chất thành tạo và những nhân tố đặc trưng như: hình thái thân quặng, biến đổi nhiệt dịch, về quan hệ nguồn gốc và không gian với các thành tạo địa chất nhất định [7]. Còn kiểu khoáng là một phần của kiểu mỏ, có tổ hợp cộng sinh khoáng vật nhất định, được sinh thành trong điều kiện địa chất và hóa lý tương đối bình ổn. Với đặc điểm khoáng hóa vàng nằm trong các mạch, hệ mạch thạch anh - sulfur phân bố chủ yếu theo phương nhất định với*

2 THCSKV chính có vàng, nguồn gốc nhiệt dịch nhiệt độ trung bình, trung bình-thấp (195- 260°C), liên quan với hoạt động magma xâm nhập Mesozoi muộn như đã trình bày ở trên, có thể xếp khoáng hoá vàng gốc Trà năng vào kiểu mỏ khoáng vàng - thạch anh - sulfur dạng mạch với 2 kiểu khoáng: chính là vàng-thạch anh - pyrit - arsenopyrit và thứ yếu là vàng - thạch anh - sulfur đa kim.

V. MỨC ĐỘ BÓC MÒN QUẶNG

1. Bóc mòn địa chất

Trong khu mỏ, các thân quặng vàng chỉ phân bố trong phức nếp lồi của các đá trầm tích hệ tầng La Ngà. Trong khu mỏ không có biểu hiện của đá magma xâm nhập; cách trên 5 km về phía tây mới có granit phức hệ Đèo Cả và không có biểu hiện liên quan khoáng hoá vàng. Như vậy, xâm nhập có liên quan khoáng hoá vàng chưa xuất lộ, còn ẩn sâu (?). Điều này cho thấy vùng này bị bóc mòn địa chất chỉ đạt mức độ trung bình nên còn khả năng tồn tại các thân quặng vàng có triển vọng ở dưới sâu.

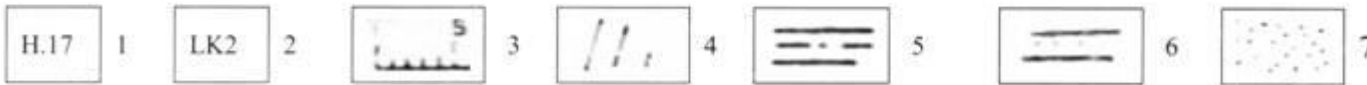
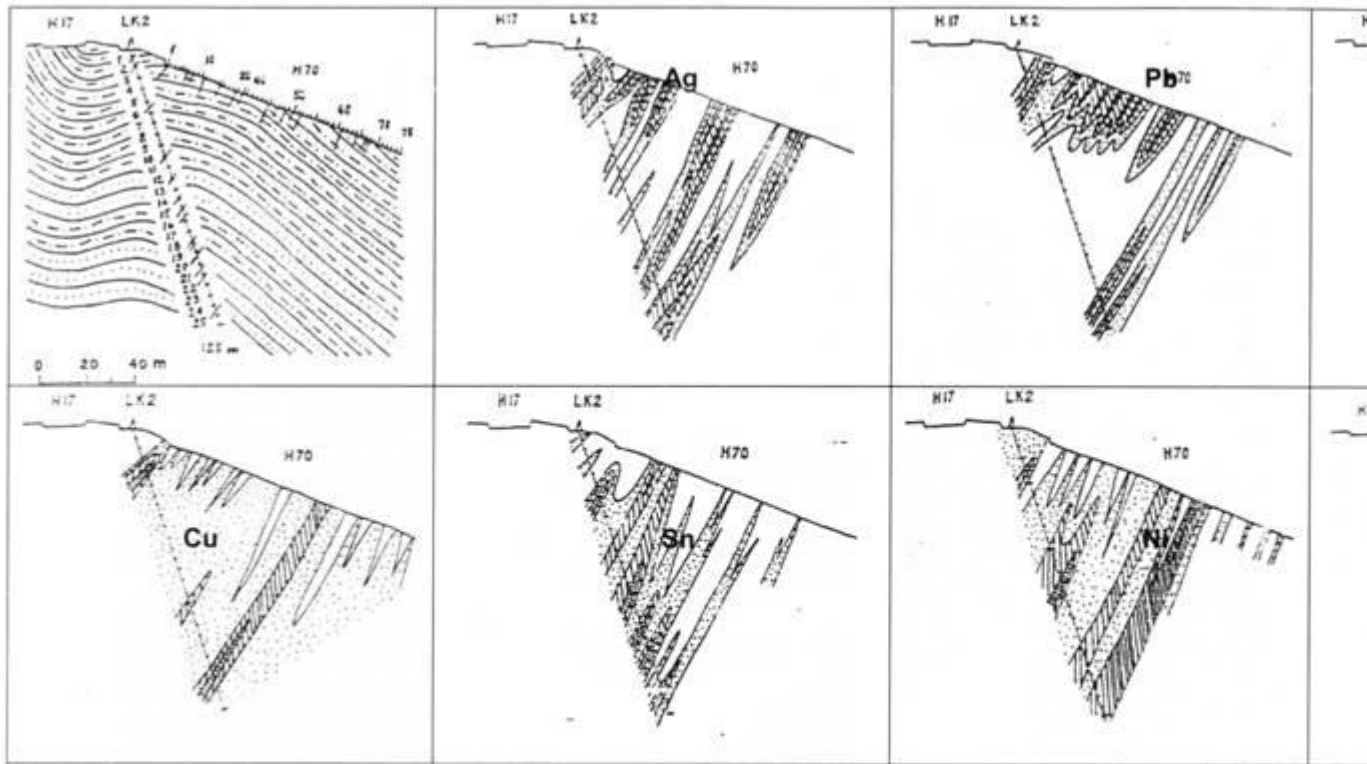
2. Bóc mòn địa hóa

So sánh phân loại thành hệ quặng vàng theo độ sâu của N. Petrovskaya, Yu. Xafonov, X. Ser (1976), khoáng hóa vàng thuộc loại sulfur với kiểu địa hóa: Au-Fe (pyrit)-As (arsenopyrit) và Au-đa kim (Pb-Zn-Cu) thành tạo ở giữa đới sâu vừa (1,5-2,5 km cách mặt đất) và đới sâu (>3 km). Trên cơ sở nghiên cứu địa hóa quặng trên mặt (hào, giếng sâu 0-20 m) và dưới sâu (lỗ khoan sâu 70-90 m) trên một số thân quặng xuyên cắt đá trầm tích hệ tầng La Ngà, đặc điểm địa hóa nguyên sinh một số nguyên tố chỉ thị vàng như sau (Bảng 4, Hình 2).

Bảng 4. Đặc điểm địa hóa nguyên sinh một số nguyên tố chỉ thị quặng vàng theo độ sâu

Vị trí thân quặng	Đặc điểm các vành nguyên tố từ trên xuống	Biến đổi lượng suất các nguyên tố từ trên xuống	Phân đới nguyên tố chỉ thị theo S.V.Grignorian*	Mức độ bóc mòn trên mặt
Thân quặng 1	Ag, Pb, As phần lớn bị thu hẹp hay biến mất; Cu, Sn, Ni phát triển mạnh và xuất hiện W.	Ag rất thấp; As, Pb giảm rõ theo độ sâu; Cu, Ni, Sn, W tăng	Chưa rõ: Quanh từng đới mạch nhỏ có thành phần và đặc điểm khác nhau địa hóa khác nhau	Dưới quặng
Thân quặng 9 (Hình 1)	Hàm lượng trung bình và cực đại của Au, Ag cao ở trên mặt và giảm ở dưới sâu	Au, Ag, Cu giảm; Pb tăng ở đới phong hóa, giảm ở đá gốc; Zn tăng	(Ag, Au)-Pb-Cu-Zn	Giữa quặng
Đới mạch 4	Hàm lượng trung bình và cực đại của Au, Ag không cao ở trên mặt và giảm rõ ở dưới sâu	Ag cao; As giảm; Cu, Pb, Sn, Ni tăng	Ag-As-Pb-Cu-Zn-W-Ni-Sn	Giữa quặng, Phần trên

* Từ trái qua phải tăng khả năng tích tụ ở phần dưới quặng.



1- Hào; 2- Lỗ khoan; 3- Điểm lấy mẫu và số hiệu; 4- Bột kết; 5- Cát kết 6- Mạch quặng. 7 - 9- Hàm lượng vành nguyên sinh ($M.10^{-3}\%$)
 7- Ag 0,03; Pb.As 10; Cu.Ni 5, W 10. 8- Ag 0,05; Pb 30; As 100; Cu.Sr.Ni 10; W 20. 9- Ag 0,1; Pb 100; As 200; Cu.Sn.Ni 20

Hình 2. Sơ đồ vành địa hóa nguyên sinh một số nguyên tố chỉ thị quặng vàng Khu K70 mỏ Trà

Với các đặc điểm trên, đây phân đới đúng các nguyên tố chỉ thị chung cho toàn mỏ là: (Ag, Au)-Ag-Pb-Cu-Zn-W-Ni-Sn. Dãy phân đới này có tập hợp chủ yếu các nguyên tố chỉ thị cho phân giữa quặng và dưới quặng, chủ yếu cao As, Ag và Pb; vắng mặt Sb, đôi khi có Bi (có thể vắng Hg ?, không phân tích). Trong khi đó, các nguyên tố thứ sinh trong lớp phủ bề rời có dị thường cao của Sb và yếu của Ag và Pb; vắng mặt của Cu và Sn. Theo S.V. Grigorian (1975), dãy phân đới đúng của vành phân tán nguyên sinh trong các mỏ vàng nhiệt dịch nhiệt độ trung bình từ dưới lên theo dãy như sau: (Co, W, Be)- Bi-(Sn, Mo)-Cu-Au-Zn-Pb-(Ag, As, Sb); trong đó, tổ hợp Au-Ag-Cu-Pb-Zn-As biểu hiện cho sự tồn tại ở phân trên của đới giữa quặng căn cứ vào sự tăng cao hàm

lượng của tổ hợp các nguyên tố trên nhất là As và Sb. Trên cơ sở lý thuyết này, có thể dự đoán hàm lượng vàng tăng theo chiều sâu.

Với 2 kiểu khoáng nêu trên thuộc cùng một kiểu mỏ có liên quan nguồn gốc với xâm nhập granitoid, có thể áp dụng tính phân đới quặng theo D.v. Rundkvich và A. Nhezenski, (1975) [9] từ dưới lên, từ trong ra ngoài theo sự kết hợp 2 tiến trình của 2 kiểu quặng: 1) Au-As (tương ứng kiểu khoáng vàng-thạch anh-arsenopyrit- pyrit) và 2) Mo-Cu (Au-đa kim) (tương ứng kiểu mỏ molybdenit-chalcopyrit (Bảng 5).

Bảng 5. Mô hình phân đới quặng mỏ vàng Trà Năng

Kiểu	Đới I	Đới II	Đới III	Đới IV	Đới V	Đới VI	Đới VII
1	Đá không quặng	Fe ¹ ,Au,(Mo)	→ Fe ¹ ,As,Au	→ Au,Pb,Zn,Cu	→ Sb,(Au)	→ Au,Sb,Pb	→ (Hg),As,(Sb)
2		W Fe ²	→ Mo,Cu,(Au)	→ Cu As,(Co)	→ Cu,(Zn), Zn, Pb	Pb, Ag	
Emmons: ... Sn - W - As - Bi - Au - Cu - Zn - Pb - Ag - ... - Au - Ag - Sb - Hg -							
Ghi chú: W – sheelit, Fe ¹ : pyrit; Fe ² - magnetit hay/và hematit, As - arsenopyrit, Mo - molybdenit, Cu - chalcopyrit, Pb - galena; Zn - sphalerit, Sb - antimonit, Hg - cinabar, Au - vàng tự sinh (hoặc electrum); Co, Ag: nguyên tố đi cùng; () : thứ yếu							

Theo phân đới quặng từ trong khối xâm nhập sinh quặng ra ngoài, tổ hợp nguyên tố quặng Au, As, Fe và Au, Pb, Zn, Cu có mức độ bóc mòn quặng từ trên xuống đến đới giữa quặng (đới III và đới IV) trong đá vây quanh. Tính phân đới này khá phù hợp so với phân đới quặng của W.H. Emmons. Như vậy, mức độ bóc mòn quặng tương ứng đến đới giữa quặng đối với quặng hóa Au-As-Pb-Zn.

Với mức độ bóc mòn địa chất và địa hóa quặng hiện tại, mức độ bóc mòn quặng trên mặt được đánh giá: chủ yếu là đến đới giữa quặng, một số nơi đến phần trên của đới dưới quặng. Do có sự bóc mòn quặng, đã tạo nên các tích tụ vàng sa khoáng có quy mô rộng với hàm lượng cao.

VI. TRIỂN VỌNG

Kết quả tìm kiếm đã đánh giá tài nguyên dự báo cho 11 thân quặng trong số 88 thân quặng, thân khoáng hóa ở cấp P₂ (tương đương cấp 334b) là 9.237 kg Au và 10.559 kg Ag [5] cho thấy mỏ vàng gốc Trà Năng có tiềm năng lớn. Trên cơ sở cấu trúc địa chất thuận lợi gồm: cát kết, bột kết có cấu trúc dạng vòm của nếp uốn (nếp lồi) và các tập sét bột kết, sét kết ở đây đóng vai trò “màn chắn” thuận lợi hơn cho sự tập trung quặng hóa vàng, các thân quặng xuyên cắt chỉnh hợp trong các đá trầm tích theo hệ thống đứt gãy - khe nứt tách, đới dập vỡ phương ĐB-TN; khoáng hoá thuộc kiểu mỏ vàng - thạch anh - sulfur dạng mạch với 2 kiểu khoáng, chủ yếu: vàng - thạch anh - pyrit - arsenopyrit; thứ yếu: vàng - thạch anh - sulfur đa kim.

Vàng - thạch anh - sulfur dạng mạch là kiểu mỏ khoáng vàng có triển vọng ở miền Nam Việt Nam nói chung và đới Đà Lạt nói riêng với quy mô từ nhỏ đến vừa. So với điềm vàng Suối Linh [3], mỏ vàng Trà Năng có cùng kiểu mỏ và kiểu khoáng, nhưng ở Trà Năng, kiểu khoáng chính

vàng - thạch anh - pyrit - arsenopyrit, phân bố chủ yếu trong các đá trầm tích, xa khối magma liên quan nguồn gốc; ở Suối Linh ngược lại.

Với mức độ bóc mòn địa chất và bóc mòn địa hoá quặng hiện tại chủ yếu là đến đới giữa quặng, một số nơi đến phần trên của đới dưới quặng nên có thể đánh giá mỏ vàng gốc Trà Năng rất có triển vọng.

VII. KẾT LUẬN

Các thân quặng vàng gốc mỏ Trà Năng có dạng mạch, dạng giả vĩa, mạng mạch, đới mạch, có phương kéo dài chủ yếu ĐB-TN, góc cắm khá dốc hoặc thoải, thường phân bố ở phần vòm các nếp uốn và xuyên chính hợp trong các đá trầm tích hệ tầng La Ngà; thành phần khoáng vật quặng chiếm 10-15%, chủ yếu là arsenopyrit, pyrit; thứ yếu là galena, sphalerit, chalcopyrit; vàng tồn tại dưới dạng vàng tự sinh (thế hệ I) và electrum (thế hệ II); khoáng vật phi quặng chính là thạch anh (>80%); hàm lượng Au thay đổi từ 1-2 g/T đến 40-50 g/T; nguồn gốc khoáng hóa vàng là nhiệt dịch nhiệt độ trung bình đến trung bình - thấp liên quan hoạt động magma xâm nhập Mesozoi muộn.

Tiến trình tạo khoáng gồm 3 giai đoạn, trong đó có 2 giai đoạn tạo sản phẩm chính: 1) thạch anh I - arsenopyrit I - pyrit I - vàng tự sinh (305-250°C và 2) thạch anh II - pyrit II - galena - sphalerit - chalcopyrit - electrum (260-195°C); thuộc kiểu mỏ vàng - thạch anh - sulfur dạng mạch với 2 kiểu khoáng: vàng - thạch anh - pyrit - arsenopyrit (chính) và vàng - thạch anh - sulfur đa kim (phụ).

So với địa hình hiện tại, mỏ vàng đã bị bóc mòn địa chất và địa hoá quặng đến đới giữa quặng, một số nơi đến phần trên của đới dưới quặng. Với các đặc điểm trên, có thể đánh giá mỏ vàng gốc Trà Năng rất có triển vọng.

VĂN LIỆU

1. **Bache J.J., 1979.** Các mỏ vàng trên thế giới. Bộ nghiên cứu Địa chất và Khoáng sản Pháp xuất bản. *Bản dịch tiếng Việt. Viện Thông tin Tư liệu Mỏ và Địa chất. Hà Nội.*

2. **Nguyễn Kim Hoàng và Trần Phú Hưng, 2006.** Các kiểu mỏ khoáng vàng nhiệt dịch đới Đà Lạt. *Tuyển tập Báo cáo và Tham luận Hội thảo Khoa học: Công tác nghiên cứu cơ bản trong lĩnh vực các khoa học về Trái đất ở các tỉnh phía Nam. Đại học Quốc gia Tp. HCM.*

3. **Nguyễn Kim Hoàng, 2009.** Đặc điểm khoáng hóa vàng khu vực Suối Linh - Sông Mã-Đà và triển vọng. *Tạp chí Phát triển Khoa học & Công nghệ. Đại học Quốc gia Tp. HCM, Tập 12.*

4. **Nguyễn Tường Tri và nnk, 1991.** Sinh khoáng đới Đà Lạt. *TC Địa lý, Địa chất - Môi trường số 1.*

5. **Nguyễn Văn Mài (Chủ nhiệm), 1994.** Báo cáo kết quả công tác tìm kiếm vàng vùng Trà Năng - Lâm Đồng. *Lưu trữ Liên đoàn BĐĐCMN Tp.HCM.*

6. **Nguyễn Văn Nghiênn và nnk, 2005.** Báo cáo thăm dò vàng gốc khu vực Trà Năng, thuộc xã Tà Năng, huyện Đức Trọng, tỉnh Lâm Đồng. *Lưu trữ Địa chất. Hà Nội.*

7. **Nguyễn Xuân Bao (chủ nhiệm), 2000.** Báo cáo kết quả nghiên cứu kiến tạo và sinh khoáng Nam Việt Nam tỷ lệ 1:500.000. *Lưu trữ Liên đoàn BĐĐCMN Tp.HCM.*

8. Trần Trọng Hòa và nnk, 2005. Nghiên cứu điều kiện thành tạo và quy luật phân bố khoáng sản quý hiếm liên quan đến hoạt động magma khu vực Miền Trung và Tây Nguyên. *Lưu trữ Viện Địa chất. Viện Khoa học và Công nghệ. Hà Nội.*

9. Рундквист д.в. и Неженский И.А., 1975. Зональность эндогенных рудных месторождений. Недра, Ленинград.