

HÀNH VI ĐỊA HÓA CỦA CU, U VÀ MO TRONG TRƯỜNG QUẶNG ĐỒNG -URANI KON RÁ

NGUYỄN TIẾN DŨNG¹, NGUYỄN VĂN NIÊM², TRẦN DUÂN¹,
NGUYỄN VĂN HOÀN³, ĐỖ ĐỨC NGUYỄN², NGUYỄN ĐẮC SƠN³

¹Liên đoàn Bản đồ Địa chất miền Nam

²Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản

³Tổng Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam

Tác giả liên hệ: dungnhung1965@gmail.com

Tóm tắt: Nghiên cứu này được dựa trên tổ hợp các kết quả phân tích các nguyên tố tạo quặng theo độ sâu và các thành phần khác. Kết quả nghiên cứu hành vi của các nguyên tố trong đới khoáng hóa đồng, urani - molybden lần đầu tiên được luận giải cho thấy: giai đoạn tạo khoáng khác nhau trong mỗi liên quan mật thiết với môi trường tương tác magma - đá vây quanh đã tạo nên các tổ hợp nguyên tố kiểu chuyển tiếp (Cu-Co-Ni, U-Mo-Ni, U-Co-Ni, U-Pb; U tách biệt với As; Cu có xu hướng tách biệt với U, As nhưng không rõ ràng). Sự di chuyển của các nguyên tố này phụ thuộc vào môi trường địa hóa magma và điều kiện môi trường tích tụ quặng. Granit hạt vừa - nhỏ biến đổi ít, có tính chuyên hóa khoáng vật phụ của Cu, chuyên hóa địa hóa Mo, Ni; hành vi của Cu không rõ ràng và có xu hướng ngược với Mo. Granit bị biến đổi mạnh thường liên quan với khoáng hóa đồng, trong đó Cu có xu hướng tổ hợp Mo-Co-Ni, đặc biệt là Zn. Còn granit sáng màu hơn có sự suy giảm nhiều về mức độ chuyên hóa Cu, Mo. Magma granit khu vực Kon Rá có thể là nguồn sinh quặng đồng-urani-molybden, vừa là nguồn gây biến đổi đá vây quanh - cung cấp năng lượng tái lắng đọng Cu-U-Mo. Các vấn đề nêu trên phục vụ xác định nguồn sinh quặng và hướng đến dự báo kiểu mỏ trong giai đoạn tìm kiếm khoáng sản tiếp theo.

Từ khóa: Chuyên hóa địa hóa, hành vi địa hóa, Cu, U và Mo, Kon Rá

1. Giới thiệu

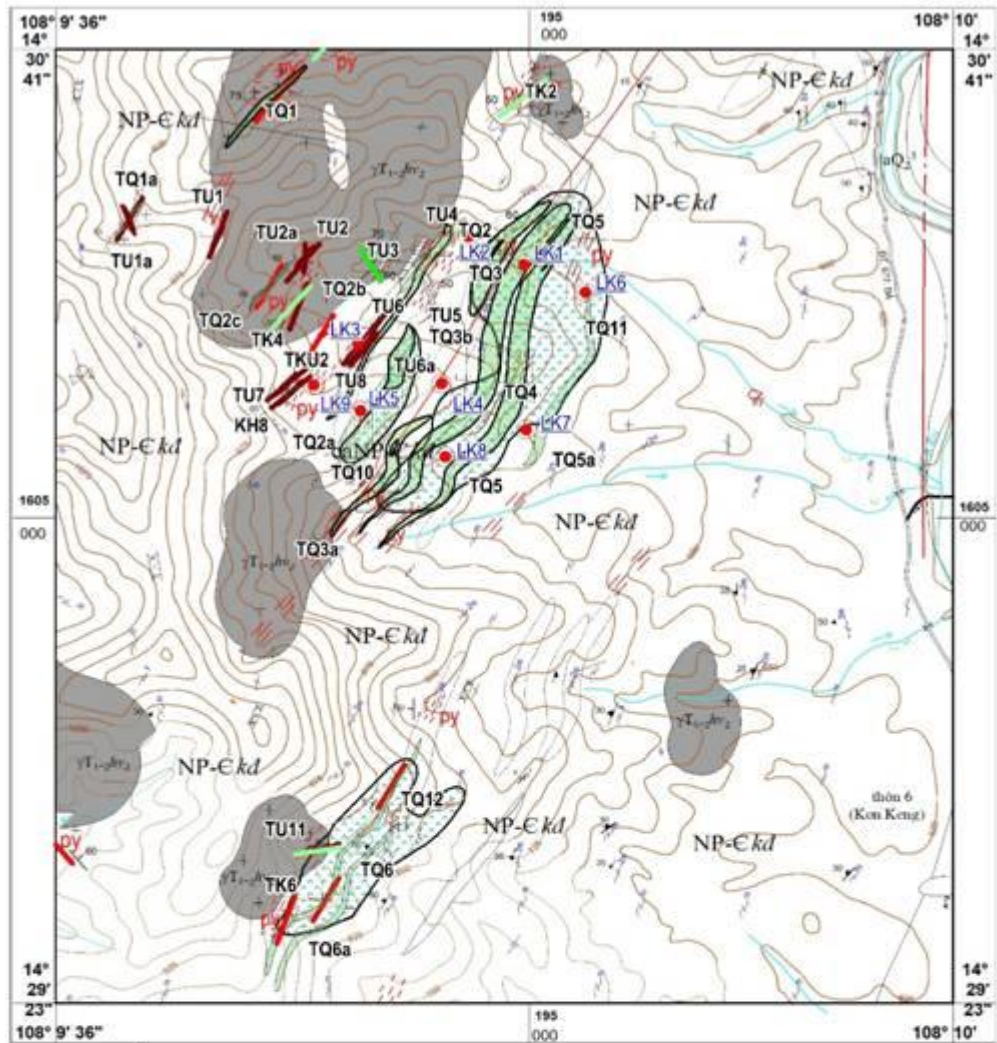
Khu vực quặng đồng Kon Rá thuộc địa bàn hai xã Đắc Tơ Lung và xã Đắc Ruồng, huyện Kon Rẫy, tỉnh Kon Tum cách thành phố Kon Tum khoảng 20 km về phía Đông Bắc.

Trường quặng Kon Rá có diện tích khoảng gần 30km², kéo dài dọc theo hệ thống đứt gãy phương Bắc Đông Bắc-Nam Tây Nam. Quặng hóa đồng phân bố trong đới dập vỡ kiến tạo của đá phiến cổ tuổi Proterozoi, chúng đi cùng khoáng hóa urani và molybden. Trên mặt, lộ ra vài thân quặng đồng; phần ẩn sâu còn gặp khoáng hóa của molybden, urani nhưng có thể là các giai đoạn tạo khoáng khác nhau.

Khu vực này cũng xuất lộ các magma granit khá sáng màu, chủ yếu hạt vừa - nhỏ, và các đá biến chất Khâm Đức với tổ hợp đá chính gồm: amphibolit, gneis amphibol, metacarbonat, đá phiến kết tinh cùng các đới biến đổi liên quan.

Tất cả các đới tương nêu trên được nghiên cứu và phân đới tương đối theo độ sâu và theo diện để tiếp cận được môi trường địa hóa một cách chi tiết, đây là yếu tố quyết định sự di chuyển/tích tụ các nguyên tố hay quá trình tạo quặng.

Trên cơ sở nghiên cứu hành vi địa hóa của các nguyên tố vết, nguyên tố tạo quặng theo chiều sâu và quan hệ với môi trường địa hóa lần đầu tiên được kết hợp với đặc điểm khoáng hóa, điều kiện thành tạo, thạch học magma và cấu trúc địa chất sẽ góp phần làm rõ hơn tiến hóa địa hóa hệ magma - quặng của khu vực nghiên cứu, định hướng cho các giai đoạn tìm kiếm, thăm dò tiếp theo.



CHỈ DẪN

- Granit biotit, granit hạt nhỏ chứa biotit, granit hạt nhỏ sòng màu.
- NP-Ckd** Phức hệ Khâm Đức: Dunit, peridotit. Pyroxenit, đá phiến tremolit-pyroxen, Amphibolit.
Đá hoa, đá hoa olivin, đá hoa diopsid, diopsidid, gneis diopsid.
Gneis biotit, gneis biotit-granat-silimanit, plagiogneis biotit.
Đá phiến thạch anh-hai mica, đá phiến thạch anh-muscovit, quartzit.
- TQ1** Thân quặng đồng
- TU1** Thân quặng urani
- LK1** Lỗ khoan
- Đứt gãy: a- Xác định; b- Dự đoán.
- Sông suối và hẻm dòng chảy
- Thể nằm mặt phân phiến kết tinh và góc dốc.
- Thể nằm mặt phân lớp và góc dốc.
- Đới cataclasis chứa sulfur.

Hình 1: Sơ đồ địa chất khoáng sản vùng nghiên cứu

2. Phương pháp và cơ sở tài liệu

Diện tích nghiên cứu đã được khảo sát địa chất chi tiết, thu thập đồng bộ hệ thống mẫu theo diện và theo mẫu lõi khoan (513 mẫu từ bề mặt địa hình đến 291,3 m theo các lỗ khoan). Các mẫu đã được phân tích xác định hàm lượng thành phần các nguyên tố tạo đá và nguyên tố vi lượng (U, Cu, Mo, Au, Pb, Zn, As, Co, Ni, Cr), cũng như xác định thành phần khoáng vật của đá và quặng và thành phần bao thể.

Các phương pháp phân tích được sử dụng gồm: Quang phổ hấp thụ nguyên tử xác định nhóm nguyên tố tạo quặng trong đới quặng và đới biến đổi đến đá vây quanh, đây là phương pháp chính cung cấp dữ liệu xác định tổ hợp các nguyên tố theo đới; hóa xạ xác định thành phần U; hóa silicat nghiên cứu nhóm nguyên tố chính làm phục vụ nghiên cứu môi trường địa hóa magma; thạch học chủ yếu kiểm tra và nhận định rõ

đôi tượng đá gốc, đá vây quanh và một số biến đổi chính; khoáng tương nghiên cứu đặc điểm khoáng vật tạo quặng và bao thể đánh giá nhiệt độ thành tạo. Các phương pháp này được kết hợp để nghiên cứu nguồn gốc sinh quặng và điều kiện thành tạo quặng. Các kết quả đo địa vật lý đã được thu thập nhằm làm rõ hơn về cấu trúc trường quặng và đánh giá môi trường chứa quặng.

Trên cơ sở kết quả phân tích, sử dụng các phương pháp tính toán - luận giải địa hóa để xác định các tổ hợp nguyên tố tạo quặng, các nguyên tố thành phần chỉ thị môi trường thuận lợi cho khả năng sinh quặng theo từng giai đoạn và đối tượng cụ thể; kết hợp thêm các phương pháp nghiên cứu cấu trúc - kiến tạo xác định các đới có khả năng chứa quặng, các đới biến chất trao đổi phục vụ luận giải hành vi địa hóa các nguyên tố trong quá trình tiến hóa hệ magma - quặng.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Đặc điểm địa chất quặng và quá trình biến đổi magma

Trường quặng Kon Rá có cấu trúc của một vòm xâm nhập granitoid gồm các khối xâm nhập nhỏ là granitoid và các đai mạch aplit, pegmatit, các mạch nhiệt dịch, chúng phân bố dọc theo đới đứt gãy sâu phương Đông Bắc - Tây Nam.

Đá vây quanh thân quặng đồng là pyroxenit, đá phiến tremolit thuộc tổ hợp meta ultramafic (uPRkđ); đá biến đổi skarn, đá phiến silic-diopsit thuộc tổ hợp metacarbonat (caPRkđ) của phức hệ Khâm Đức. Granit có hai loại chính: i) granit hạt nhỏ, sáng màu chứa ít - rất ít biotit có dạng porphyry (Ảnh 1 & 2): plagioclas (Pl) bị sericit hóa không đều, feldspar kali (Kfs) bị kaolin hóa yếu đôi khi bị microclin hóa, thạch anh (Qz) hạt nhỏ dạng méo mó, biotit (Bt) hầu hết bị chlorit hoá mạnh (Ảnh 3&4), biotit bị chlorit hóa hoàn toàn, zircon tròn cạnh (Ảnh 4); ii) granit biotit (> 5% biotit).

Theo kết quả đo địa vật lý và khoan sâu, trong diện tích nghiên cứu có đới dăm kết hình trụ rộng 150÷200 m, kéo sâu xuống 600÷800 m và kéo dài theo đới đứt gãy đến hơn 1000 m, phần trên dạng vĩa mở rộng về 2 phía 800÷950 m, chiều dày 100÷200 m.

Kết quả khảo sát và nghiên cứu mẫu dưới kính hiển vi đã xác định trong trường quặng Kon Rá có các dạng đá biến đổi sau: sericit hóa, abit hóa yếu, chlorit hóa mạnh và skarn hóa. Các quá trình biến đổi sericit hóa, abit hóa khá phổ biến đối với granitoid trong diện tích nghiên cứu. Chlorit hóa biểu hiện khá mãnh liệt trong đới dăm kết chứa quặng. Quá trình biến đổi skarn cũng gặp trong các lỗ khoan (KR.LK3). Mẫu thạch học lấy ở độ sâu 15 m của lỗ khoan KR.LK3 có thành phần như sau: Tremolit (10-13%), ít diopsit, plagioclas và sericit (40-41%), thạch anh (5-7%), feldspar kali (5-7%), calcit (2-3%), albit (2-3%), chlorit (5-7%), khoáng vật quặng.

3.2. Đặc điểm khoáng hóa đồng - urani - molipden

Khu vực Kon Rá đã phát hiện hàng loạt điểm dị thường mặt đất có cường độ phóng xạ từ 100 đến >3000 $\mu\text{R/h}$, phổ biến là 300÷500 $\mu\text{R/h}$. Kết quả đo tham số trong phòng các mẫu đá lấy từ đới cà nát cho thấy chúng có bản chất phóng xạ urani ($U=15\div 70$ ppm), hàm lượng Th tương đối thấp và ổn định ($Th=2\div 16$ ppm) (Tran Duan và nnk, 2015; Mai Trong Tu và nnk, 2016).

Khoáng sản chính của khu vực Kon Rá là đồng (Ảnh 5 & 6), ngoài ra còn có urani (và molipden). Kết quả của công tác điều tra khoáng sản đã phát hiện và khoanh định 15 thân quặng đồng (14 thân quặng gốc, 1 thân quặng vỏ phong hóa) và 11 biểu hiện khoáng hóa urani.

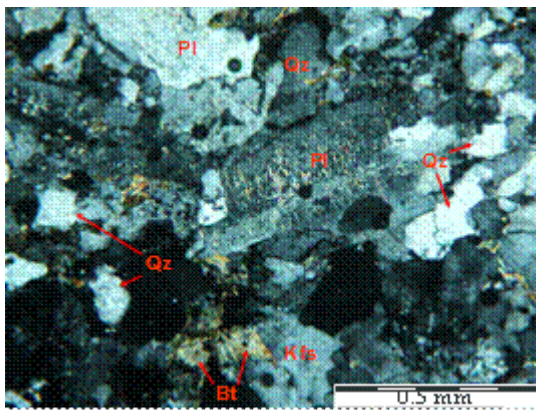
Kết quả phân tích khoáng tương mẫu quặng đồng chứa xạ cho thấy thành phần khoáng vật quặng chính như sau (Tu và nnk, 2016):



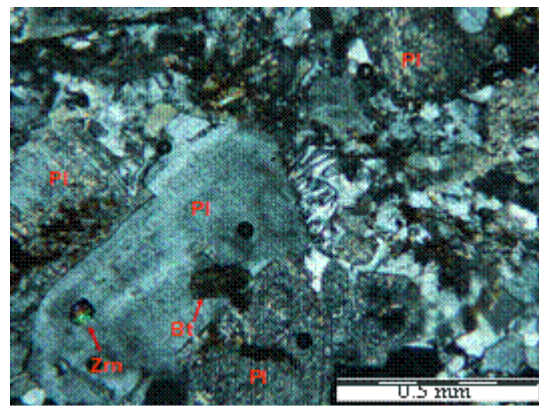
Ảnh 1: Granit hạt nhỏ, sáng màu ở Kon Rá.
ĐKS.KR10



Ảnh 2: Granit hạt vừa-nhỏ gần thân quặng đồng - urani-molipdenit Kon Rá ĐKS.KR.04



Ảnh 3: Granit chứa biotit có dạng porphyr. (Lm KR10, 2Ni+): Qz – Thạch anh, pl – Plagioclas, Bt-biotit,



Ảnh 4: Granit chứa biotit, nền kiến trúc dạng porphyr, dạng mọc xen giữa thạch anh và feldspar (trung tâm ảnh) (KR10, 2Ni+)

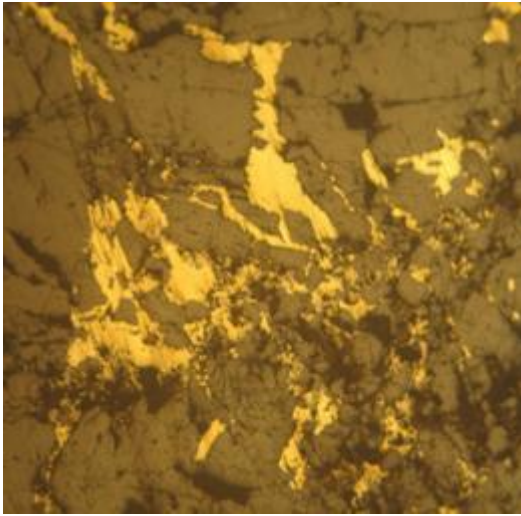
- Melnicovit ($Fe_2+Fe_3+S_4$) phổ biến nhất, chúng có dạng keo, đới keo, tạo thành các đám ổ lớn, bao quanh, gắn kết các hạt phi quặng.

- Chalcopyrit ($CuFeS_2$) có dạng hạt nhỏ tha hình, kích thước hạt từ $0,01\div 0,5$ mm, thường phân bố xen kẽ trong đám melnicovit. Ngoài ra còn có dạng các hạt nhỏ, vi mạch ngắn do xen lấp vào ranh giới khe nứt, khe cát khai của các hạt phi quặng.

- Molybdenit (MoS_2) bắt gặp ở dạng tấm nhỏ xen vào trong nền melnicovit. Kích thước tấm khoảng $(0,1\div 0,15) \times (0,4\div 0,7)$ mm. Molybdenit xuất hiện khá nhiều ở độ sâu từ $6\div 20$ m (Ảnh 7), mẫu khoáng tương kiểm tra $2\div 3\%$ gần trên mặt địa hình, $5\div 15\%$ dạng nửa tự hình - tha hình (độ sâu $13,5 \div 14,5$ m) đi kèm ít uraninit. Kích thước khoáng vật $0,1\div 1,5$ mm theo chiều ngang. Molybdenit thành tạo trước pyrit.

- Nằm trong chalcopyrit có một số hạt pyrotin ($Fe_{1-x}S_n$) kích thước nhỏ (0,01 mm). Tuy nhiên, một số mẫu pyrotin đạt đến $60\div 65\%$ (KR.01), sinh sớm hơn chalcopyrit, hạt nhỏ tha hình, phân bố thành các ổ nhỏ xen lấp trong các khe nứt phi quặng.

Ccp



Ảnh 5: Chalcopyrit (Ccp) thường có dạng hạt nửa tự hình đến tha hình tập trung thành các dải, đám, ổ nhỏ xen lấp trong các khe nứt hoặc xâm tán trên nền phi quặng



Ảnh 6: Quặng đồng lộ trên bề mặt địa hình ở Kon Rá VLKRI



Ảnh 7: Đới khoáng hóa urani chứa molybden, LK3 khu vực Kon Rá, độ sâu 14,0-14,5 m



Ảnh 8. Tinh thể khoáng vật uraninit (?) khu vực Kon Rá (Trần Duân)

Các thân quặng urani có hàm lượng U_3O_8 trung bình 0,6%. Chiều dày trung bình khoảng 1,0 m; kéo dài từ 5 m đến 30 m, trung bình 20 m, trong đó có một số nơi hàm lượng U đạt trên 2%. Trong đới dăm kết bị chlorit hóa mạnh đã phát hiện khoáng vật uraninit dạng tinh thể, kích thước khoảng 4 x 5 mm (Ảnh 8). Đi kèm với quặng hóa urani còn có molybdenit. Trong lỗ khoan LK3, đới quặng hóa sulphur chứa uraninit và molipdenit dày hàng chục mét (Ảnh 7). Ngoài ra, còn có lớp quặng sắt dày hàng chục mét, thành phần chủ yếu là magnetit (sắt từ) cùng các vi mạch thạch anh, phân bố phía dưới đới molybden.

Kết quả phân tích bao thể cho thấy, quặng được thành tạo trong khoảng nhiệt độ $205 \div 297^\circ C$ (Bảng 1). Một số đới quặng xâm nhiễm trong đới nội tiếp xúc hoặc ngoại tiếp xúc có pha khí - lỏng, nhiệt độ cao ($357 \div 425^\circ C$) nhưng chỉ đới nội tiếp xúc có mật độ cao còn đới ngoại tiếp xúc mật độ thấp.

3.3. Hành vi địa hóa của Cu, U, Mo theo độ sâu

Theo kết quả phân tích một loạt mẫu đá và quặng dọc theo mẫu lõi khoan, có sự khác biệt tương đối về sự thay đổi về sự phân bố của Cu, U, Mo và các nguyên tố vi lượng khác. Hàm lượng Cu thường cao (đạt mức quặng hoặc khoáng hóa) và có xu hướng giảm dần từ bề mặt xuống đáy lỗ khoan. Về hàm lượng của U, hiện nay mới nghiên cứu được một số mẫu từ độ sâu 0÷60 m. Hàm lượng Mo biến thiên không đều.

Trong khoảng độ sâu 0÷60 m cũng gặp một số đoạn chứa khoáng hóa hoặc hàm lượng tăng cao. Khoảng độ sâu từ 61÷291,3 m, đặc trưng cho chủ yếu là khoáng hóa đồng, một số nơi có biểu hiện cao của molybden, đôi khi đạt vài trăm ppm.

Bảng 1: Nhiệt độ thành tạo quặng đồng - urani - molybdenit khu vực Kon Rá

Số hiệu mẫu	Loại bao thể	Hình dạng	Độ mẫu điểm mẫu (m)	Thành phần pha	Nhiệt độ đồng hóa (°C)	Ghi chú
KR.109/2	Lông khí	oval, tròn cạnh, nhiều cạnh	Khoảng 2	80-90% lỏng, 10-20% khí	210-278	Đới quặng Urani-molipden nội tiếp xúc
KR.140/1	Lông khí	oval, ống kéo dài, nhiều cạnh	5	80-90% lỏng, 10-20% khí	220-297	Mạch thạch anh - sulfua
KR.150/7	Lông khí	oval, tròn cạnh, nhiều cạnh	7	80-90% lỏng, 10-20% khí	225-295	Mạch thạch anh - sulfua
KR.127	Lông - khí	oval, tròn cạnh	1	80-90% lỏng, 10-20% khí	215-265	Đới sulfua chứa Cu xâm nhiễm trong granit
	Khí – lỏng	chủ yếu tròn cạnh, ovan	1	70-80% khí, 20-30% lỏng	365-425	
KR.129	Lông - khí	oval, tròn cạnh, nhiều cạnh	10	80-90% lỏng, 10-20% khí	205-283	Đới đồng cao xạ trong đá phiến (Đới ngoại tiếp xúc)
	Khí – lỏng	chủ yếu tròn cạnh, ovan	10	70-80% khí, 20-30% lỏng	357-410	

Tập thể tác giả nghiên cứu hành vi của Cu, Mo, U và các nguyên tố khác chung cho toàn bộ trường quặng đồng theo độ sâu từ 0÷291,3 m (9 lỗ khoan). Đồng thời, tách riêng một số độ sâu theo mức độ đặc trưng của ba loại hình khoáng sản này để nghiên cứu: 0÷21 m (Chuyển tiếp khoáng hóa nguyên sinh-thứ sinh của quặng đồng, molybden, urani), 40÷46 m (Quặng đồng, chứa Mo hàm lượng vài ppm đến hàng nghìn ppm - hàm lượng quặng, chứa uraninit), 50÷60 m (quặng đồng chứa hàm lượng Mo từ vài ppm đến vài trăm ppm); 61÷291,3 m (quặng đồng có xu hướng giảm hàm lượng Mo - đa phần vài ppm đến vài chục ppm).

+ Độ sâu từ 0÷291,3 m của trường tạo quặng hóa đồng - urani-(molybden) đặc trưng bởi mối tương quan chặt chẽ của tổ hợp nguyên tố Cu-Co-Ni (Bảng 2), điển hình cho đá có thành phần siêu mafic. Nguyên tố Mo không biểu hiện quan hệ rõ ràng với nguyên tố quặng khác. Đặc điểm này khá giống với độ sâu từ 61÷291,3m (Bảng 3). Tuy nhiên, cũng theo độ sâu này nhưng chỉ xét riêng cho các đới quặng chính của đồng (gồm cả quặng molybden và urani kèm theo), lược bỏ các đới liên quan (đá biến đổi vây quanh giàu Cu), tổ hợp nguyên tố đặc trưng: Cu-Co-Ni, Cu có xu hướng tách biệt với As, còn Mo không có quan hệ hoặc yếu - rất yếu với các nguyên tố khác (Bảng 4).

Đối với khoảng độ sâu bắt gặp quặng hóa urani (độ sâu từ 45÷54 m), khoáng vật phóng xạ chủ đạo là uraninit, quặng hóa phân bố trong đới dăm kết bị chlorit hóa mạnh. Tổ hợp nguyên tố đặc trưng trong đới này là: U-Ni-Pb, Mo-Ni, Au-Zn (Cu); các tổ hợp này có hành vi ngược với As (Bảng 5).

3.4. Trạng thái oxy hóa -khử của magma và hành vi địa hóa của Cu, U, Mo trong granit liên quan với quá trình tạo khoáng

Trạng thái oxy hóa - khử của magma: Magma chính trong trường quặng đồng - urani Kon Rá là granit hạt nhỏ - vừa và vùng lân cận (Đăk Ne, Đăk Ruồng, Đăk Pô Ne) là granit hạt vừa - nhỏ đều thể hiện tính oxy hóa vừa - mạnh (Hình 2). Các đá granit hạt nhỏ - vừa trong trường quặng đồng - urani được lấy cả trên bề mặt và phần sâu khoảng 52÷63 m (phía trên là đá hoa cổ hơn bị biến đổi, dập vỡ) và 190÷210 m (bên trên là đá felsit trẻ hơn và đá hoa cổ hơn). Loại granit hạt nhỏ, sáng màu nhất (Ảnh 1) thuộc ranh giới oxy hóa vừa - mạnh.

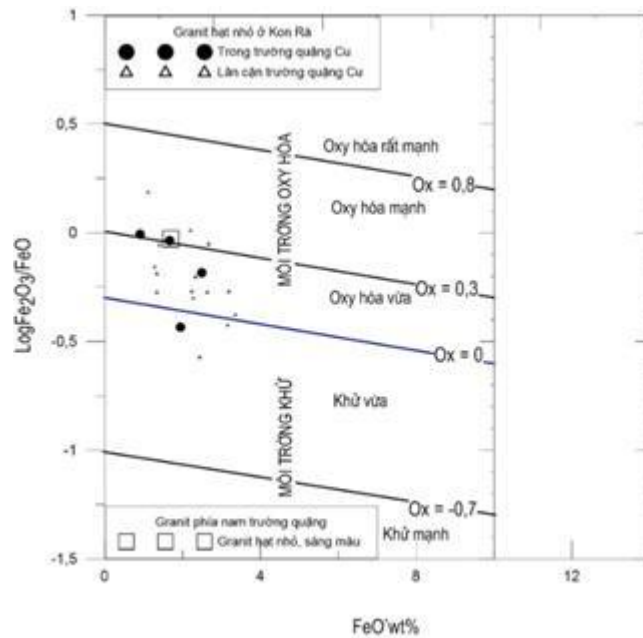
Au	-0,19	1							
Cu	-0,19	0,34	1						
Pb	0,93	-0,01	0,00	1					
Zn	-0,24	0,91	0,44	-0,06	1				
As	-0,46	0,36	-0,26	-0,54	0,40	1			
Mo	0,03	-0,14	0,01	0,10	-0,17	-0,38	1		
Co	-0,25	0,26	0,42	0,00	0,29	-0,13	0,21	1	
Ni	0,61	-0,04	0,07	0,71	-0,09	-0,71	0,70	0,10	1

Chú ý: r thực sự có nghĩa > 0,55

Bảng 6: Hệ số tương quan các nguyên tố trong granit hạt vừa - nhỏ liên quan trường quặng đồng Kon Rá (16 mẫu)

	Cu	Pb	Zn	As	Mo	Co	Ni
Cu	1						
Pb	0,21	1					
Zn	0,12	0,79	1				
As	0,34	-0,09	0,13	1			
Mo	-0,21	0,06	-0,17	0,08	1		
Co	0,18	0,32	0,52	0,13	-0,34	1	
Ni	-0,29	-0,09	0,14	-0,01	-0,28	0,64	1

Ghi chú: r thực sự có nghĩa > 0,48



Hình 2: Trạng thái oxy hóa -khử của magma granit trong trường quặng đồng - urani Kon Rá và vùng lân cận (Blevin, P.L, 2004)

Bảng 7: Đặc điểm phân bố hàm lượng và tính chuyên hóa của các nguyên tố trong granit hạt vừa - nhỏ trong trường quặng đồng - urani (molybden)

SHM	Từ (m)	Đến (m)	Chiều dài mẫu (m)	Đặc điểm thạch học	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)	Mo (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)

SHM	Từ (m)	Đến (m)	Chiều dài mẫu (m)	Đặc điểm thạch học	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)	Mo (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)
KR.LK2/21	52	53	1	Granit hạt vừa-nhỏ	533	10	18	10	3	3	3
KR.LK2/22	55,3	56,3	1	Granit hạt vừa-nhỏ	349	14	34	10	3	4	3
KR.LK2/30	62,4	63	0,6	Granit hạt vừa-nhỏ	648	11	24	10	3	5	6
KR.LK2/38	76,3	77,3	1	Granit hạt vừa-nhỏ	556	46	195	10	3	11	7
KR.LK3/44	12,5	13,5	1	Granit	281	18	5	5	3	4	6
KR.LK5/43	105	105,6	1	Granit dạng gneis	528	5	10	10	3	3	4
KR.LK5/85	151	152,7	1,5	Granit biotit hạt vừa (chứa thể tù)	693	16	5	10	3	6	4
KR.LK5/91	158	158,8	1	Granit hạt nhỏ	585	22	15	10	3	8	3
KR.LK5/104	213	214,4	1	Granit hạt nhỏ	311	16	15	10	3	4	12
KR.LK7/33	59,3	60,3	1	Granit hạt vừa-nhỏ	346	5	23	10	3	4	4
KR.LK7/36	62,5	63,6	1,1	Granit hạt vừa-nhỏ	326	13	48	10	3	7	11
KR.LK8/41	52	53	1	Granit biotit hạt vừa	485	5	5	10	3	3	3
KR.LK9/23	41	42	1	Granit hạt vừa	644	18	9	10	11	5	5
Max	-	-	-	-	693,00	46,00	195,00	10,00	24,00	11,00	12,00
Min	-	-	-	-	281,00	5,00	5,00	5,00	2,50	2,50	2,50
TB	-	-	-	-	474,31	16,69	38,56	9,38	5,75	5,19	5,41
Ktt	-	-	-	-	19	1	1	6	4	1	1
			Clark		25	20	58	1,6	1,5	10	8

Bảng 8: Đặc điểm phân bố hàm lượng và tính chuyên hóa của các nguyên tố trong granit hạt sáng màu trong trường quặng đồng - urani (molybden)

SHM	Từ (m)	Đến (m)	Chiều dài mẫu	Đặc điểm thạch học	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)	Mo (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)
LK2/53	99,3	100,3	1	Granit sáng màu	51	12	115	10	3	3	3
LK5/12	43,4	45,3	1,9	Granit sáng màu	57	14	5	10	4	3	4
LK5/130	252,9	254,5	1,6	Granit hạt nhỏ sáng màu	88	57	7	10	3	3	4
Max					88,00	57,00	115,00	10,00	4,00	2,50	4,00
Min					51,00	12,00	5,00	10,00	2,50	2,50	2,50
TB					67,00	30,40	49,40	10,00	3,20	2,50	3,40
Ktt					3	2	1	6	2	0,3	0,4
			Clark		25	20	58	1,6	1,5	10	8

Bảng 9: Đặc điểm phân bố hàm lượng và tính chuyên hóa của các nguyên tố trong granit hạt vừa - nhỏ dập vỡ và biến đổi mạnh trong trường quặng đồng - urani (molybden)

SHM	Từ (m)	Đến (m)	Chiều dài mẫu	Đặc điểm thạch học	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)	Mo (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)
LK2/39	85,2	86,2	1	Granit hạt vừa-nhỏ bị biến đổi	1.388	70	43	10	3	4	3
LK5/45	107	107,6	1	Granit biotit xâm tán ít sulfur	3.215	5	20	10	3	5	5
LK5/59	124	124,8	1	Granit biotit bị cataclisit xâm tán ít sulfur	1.263	18	16	10	3	12	5
LK5/60	125	125,5	0,7	Granit biotit bị cataclisit xâm tán ít sulfur	1.040	21	16	10	3	13	8
LK5/33	77	78,4	1,4	Granit biotit hạt vừa-nhỏ xâm tán sulfur	2.290	5	28	10	3	7	3
LK5/57	122	122,8	1	Granit biotit bị cataclisit xâm tán ít sulfur	2.218	20	13	10	7	3	4

LK5/58	123	123,8	1	Granit biotit bị cataclasis xâm tán ít sulfur	1.172	105	11	10	6	3	3
LK5/86	153	154,3	1,6	Granit biotit hạt vừa (chứa thể tù đá biến đổi xâm nhiễm sulfua)	1.210	19	12	10	10	15	13
LK7/32	58,3	59,3	1	Granit hạt vừa-nhỏ bị cà nát chứa ít sulfur	1.201	10	16	10	3	6	5
LK9/22	40	41	1	Granit hạt vừa bị cà nát chứa ít sulfur	5.503	13	13	10	4	10	7
LK9/24	44	45	1	Granit hạt vừa bị cà nát chứa ít sulfur	6.868	12	32	10	81	9	9
LK9/25	45	46	1	Granit hạt vừa bị cà nát chứa ít sulfur	22.008	16	102	10	80	24	14
LK9/30	61,5	62,9	1,4	Granit hạt vừa bị cà nát chứa ít sulfur	3.047	10	9	10	4	5	16
Max					22.008	105	102	10	81	24	16
Min					1.040,0	5,0	9,0	10,0	2,5	2,5	2,5
TB					5.031,40	28,93	29,47	10,00	19,37	9,47	7,53
Ktt					201	1	1	6	13	1	1
			Clark		25	20	58	1,6	1,5	10	8

Ghi chú: Clark trong bảng 7, 8 & 9 lấy theo đá axit của A.A. Golovin, 2000 (Riêng Clark của Au theo Vinogradov, 1962)

Tính chuyên hóa địa hóa của granit thay đổi theo các biểu đồ granit như sau: Đối với granit chứa biotit, granit biotit hạt vừa - nhỏ ít biến đổi có tính chuyên hóa khoáng vật phụ của Cu (Ktt = 19), chuyên hóa địa hóa của Mo (Ktt = 4), và As (Ktt = 6) (Bảng 7). Trong khi đó, trong granit hạt nhỏ sáng màu hơn, hàm lượng các nguyên tố này suy giảm đáng kể, chỉ có chuyên hóa địa hóa ở mức trung bình - Cu (Ktt = 3), As (Ktt = 6), Mo - Pb (Ktt = 2) (Bảng 8). Riêng các đá granit biotit hạt vừa - nhỏ nhưng bị đập vỡ và biến đổi mạnh có tính chuyên hóa sinh khoáng của Cu (Ktt = 201), chuyên hóa khoáng vật phụ của Mo (Ktt = 13), chuyên hóa địa hóa As (Ktt = 6) (Bảng 9).

4. Thảo luận kết quả

Trong diện tích trường quặng Kon Rá có mặt 2 loại đá granit, gồm: granit biotit và granit chứa biotit hạt vừa - nhỏ khá sáng màu, phân bố thành nhiều khối nhỏ trên mặt và và dưới sâu. Đá granit hạt nhỏ và sáng màu hơn (ít khoáng vật màu) hiếm gặp. Hai loại này chưa có cơ sở chắc chắn để phân ra các pha nên có thể nó là loại chuyển tiếp (chuyển tướng). Hiện tượng này khá giống và có thể liên hệ cách tiếp cận với sự tồn tại các kiểu granitoid ở nhiều khu vực khác như khối Ngọc Tú, Bến Tuần (Nguyễn Văn Niệm và nnk, 2019).

Môi trường địa hóa của magma granit với quặng thể hiện tính oxy hóa vừa - mạnh, thuận lợi cho tiềm năng sinh khoáng Cu, Mo, U (Blevin, Pl, 2004; Tran Duan & nnk, 2015; I.K Kigai, 2011; Tetsuichi Takagi và Katsuhiko Tsukimura, 1997). Trong đó, giai đoạn oxy hóa cao thường thuận lợi nhất cho tiềm năng sinh khoáng Cu hoặc Cu-Mo (Blevin, Pl, 2004). Sự thay đổi từ kiểu đá granit khá sáng màu, chứa nhiều biotit hơn granit hạt nhỏ sáng màu (ít bitoit) cũng là yếu tố đáng quan tâm, chưa hẳn là các pha, đôi khi chỉ là sự chuyển tướng và liên quan đến tiến hóa địa hóa trong hệ magma - quặng. Điều này cần tiếp tục nghiên cứu địa hóa nguyên tố hiếm vết, địa hóa đồng vị và địa hóa nhiệt áp sẽ định lượng hóa tốt hơn.

Magma granit có tính oxy hóa, khi kết tinh phân dị có thể tạo điều kiện thuận lợi cho sự di chuyển của Cu, Mo, U vào dung dịch tạo quặng. Nhưng magma ở đây không phải là một thể đồng nhất. Các magma có tính phân dị cao (sáng màu hơn, hạt nhỏ) biểu hiện sự suy giảm hàm lượng hay mức độ chuyên hóa địa hóa. Điều này có thể liên hệ khi granit chứa biotit hạt - vừa ít biến đổi (phổ biến trong khu vực nghiên cứu) có mức độ chuyên hóa Cu cao hơn rất nhiều so với granit hạt nhỏ sáng màu hơn (hiếm gặp); xu hướng chuyên hóa kiểu này còn thấy ở Mo, As. Đồng thời quá trình magma đi lên và xuyên cắt còn gây biến đổi đá vây quanh, đặc biệt các tập đá metacarbonat, quá trình trao đổi vật chất cùng phản ứng làm thay đổi môi trường địa hóa tạo điều kiện thuận lợi để tích tụ quặng đồng, molybden, urani (vàng) trong đới dăm kết biến đổi và các đới đập vỡ nội khối granit chứa biotit hạt vừa - nhỏ nêu trên.

Quá trình tiến hóa magma và sinh khoáng được hành vi địa hóa các nguyên tố tạo quặng thể hiện qua tổ hợp cộng sinh các nguyên tố: Đối quặng đồng - urani - molybden, Cu đi với U-Ni (Co) nhưng không đi cùng Mo; đới quặng đồng giàu - rất giàu Mo chứa khoáng hóa urani (uraninit) có tổ hợp cộng sinh nguyên tố là Cu-Co-Ni, U-Mo-Ni, U-Co-Ni, các tổ hợp nguyên tố này có quan hệ nghịch với As; đới quặng đồng giàu Mo, U (uraninit), Cu đi với Co-Ni và tương quan nghịch với As. Nếu xét riêng cho đới quặng đồng có

Mo đi kèm, Cu cộng sinh cùng Co-Ni và hành vi ngược với As. Theo phạm vi toàn bộ đới quặng đồng (cả ba đới nêu trên), Cu luôn đi cùng Co-Ni, U đi cùng với Ni, Pb; mặt khác Cu có xu hướng tách biệt với Au, U, As nhưng không rõ ràng, U tách biệt với Co; Pb và Zn không có quan hệ với nhau. Điều này chỉ thị nguồn khoáng hóa ở phần sâu (nhiệt dịch magma), giai đoạn tạo khoáng khác nhau cùng môi trường tương tác magma - đá vây quanh tạo nên các tổ hợp nguyên tố kiểu chuyên tiếp như trên (có sự tham gia của nhiệt dịch hậu magma và magma muộn).

Do đó, magma granit có thể vừa là nguồn sinh quặng đồng (vàng) và urani-molybden, vừa là nguồn gây biến đổi đá vây quanh - cung cấp năng lượng tái lắng đọng Cu-U-Mo nhưng các giai đoạn khoáng hóa của đồng, urani và molybden có khác nhau, do sự di chuyển của các nguyên tố này phụ thuộc vào quá trình phân dị magma và điều kiện môi trường tích tụ quặng

Quá trình khoáng hóa đồng, urani (molybden) khu vực Kon Rá, Kon Tum được thể hiện bởi hành vi địa hóa một số nguyên tố tạo quặng chính và một số thành phần chỉ thị môi trường địa hóa theo hệ magma - quặng. Các đới khoáng hóa/quặng đồng có liên quan đến urani và molybden tạm thời phân theo độ sâu: 0÷21 m, 40÷46 m và 50÷60 m. Đới 0 ÷21 m, Cu đi với U-Ni (Co) nhưng không đi cùng Mo; đới 40 ÷ 46 m với tổ hợp cộng sinh nguyên tố là Cu-Co-Ni, U-Mo-Ni, U-Co-Ni, các tổ hợp nguyên tố này có quan hệ nghịch với As; đới 50÷60 m, Cu đi với Co-Ni và tương quan nghịch với As. Quặng hóa đồng, urani, molybden được thành tạo ở nhiệt độ cao - trung bình.

Phần sâu từ dưới 60m đến 291,3 m xuất hiện khoáng hóa Cu, còn Mo là nguyên tố đi kèm. Cu cộng sinh cùng Co-Ni và có hành vi ngược với As. Đặc điểm này tương tự hành vi của Cu từ độ sâu 0÷291,3 m.

Theo phạm vi các đới quặng đồng, Cu luôn đi cùng Co-Ni, U cũng đi cùng với Ni, Pb. Mặt khác Cu có xu hướng tách biệt với Au, U, As nhưng không rõ ràng, U tách biệt với Co; Pb và Zn không có quan hệ với nhau

5. Kết luận

Quá trình tiến hóa magma từ loại granit biotit, chứa biotit hạt vừa - nhỏ đến granit hạt nhỏ sáng màu hơn trong khu vực nghiên cứu có liên quan đến mức chuyên hóa địa hóa của Cu, Mo, As, Pb. Cùng với quá trình này là trạng thái oxy hóa vừa - cao của magma granit phù hợp cho việc tách dẫn các nguyên tố đi vào dung dịch tạo quặng (xu hướng giảm tính chuyên hóa địa hóa của magma ở giai đoạn tiến hóa cao hơn).

Lời cảm ơn: Bài báo được hoàn thành trên cơ sở dữ liệu của đề tài: “Nghiên cứu kiểu quặng đồng - urani trường quặng Kon Rá, Kon Tum để định hướng công tác đánh giá tiếp theo”, mã: TNMT. 2018.03.11 và Đề án: “Đo vẽ bản đồ địa chất và điều tra khoáng sản tỷ lệ 1:50.000, nhóm tờ Kon Plong”. Nhân dịp này tập thể tác giả xin được bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc

Văn liệu

- Blevin, PL, 2004.** Metallogeny of granites. Ishihara Symposium. Geoscien Australia. *WWW.ga.gov.au*
- Tran Duan và nnk, 2015.** Discovery ultramafic rocks and copper mineral through geological mapping and surveying at scale 1:50.000 in sheet-group Kon Plong. *Journal of Geology Series A. No.352-354.*
- I. N. Kigai, 2011.** Redox problems in the “Metallogenic Specialization” of magmatic rocks and the genesis of hydrothermal ore mineralization. *Petrologiya, Vol.19, No.3. pp 316-334. Russia.*
- Moussallam, Yves & nnk, 2016.** The impact odd degassing on oxidation state of basaltic magmas: A case study of Kilauea vocano. *Earth and Planetary Science letters 450 (2016) 317 - 325. Elsevier*
- Nguyễn V. Niệm (Chủ nhiệm) và nnk, 2019.** Nghiên cứu chuyên hóa địa hóa molybden các thành tạo granitoid kiểu Bà Nà và tiềm năng sinh khoáng Mo của chúng. *Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản. Hà Nội.*
- Nguyen V. Niem, Do D. Nguyen, Vera Pakhomova, Gvozdev Vitalii, Maksim Blokhin, Mai T. Tu, Nguyen M. Long, Doan T. Ng. Huyen, Bui M. Tam, Bui H. Viet, Pham H. Thanh, Pham T. N. Ly, 2019.** The component of primary inclusions in Ngoc Tu granite block and implications for metallogenic hydrothermal systems. International Symposium on the 35th anniversary of collaboration between the Institute of Geological Sciences, VAST and the Istitute of Geology and Mineralogy, SB-RAS.
- Tetsuichi Takagi và Katsuhiko Tsukimura, 1997.** Genesis of Oxidized- and Reduced-Type Granites. *Economigc eology. Vol 92, 1997, pp. 81-86.*
- Mai T. Tu và nnk, 2016.** Discovery of uranium mineralization in Kon Ra by combination of georadioactive and geophysical methods. Workshop on capacity buiding on geophysical tecnology in mineral exploration and assessment on land, sea and island. Proceedings. Hanoi, Vietnam.

