



# ĐẶC ĐIỂM QUẶNG HÓA VÀ MẠNG LƯỚI THĂM DÒ URANI KHU VỰC KHE HOA - KHE CAO, TỈNH QUẢNG NAM

Trần Lê Châu, Nguyễn Trường Giang  
Cục Khoáng sản Việt Nam  
Nguyễn Phương, Lê Quyết Tâm  
Tổng hội Địa chất Việt Nam  
Email: lechauh@gmail.com

## TÓM TẮT

Theo kết quả điều tra đánh giá của Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm, khu vực Khe Hoa - Khe Cao là diện tích có triển vọng công nghiệp về quặng urani trong cát kết, cần được đầu tư thăm dò phát triển mở. Vì vậy, việc nghiên cứu nhằm góp phần làm sáng tỏ đặc điểm quặng hóa và định hướng mạng lưới thăm dò urani khu vực Khe Hoa - Khe Cao là cần thiết. Bài báo giới thiệu một số kết quả nghiên cứu mới trên cơ sở áp dụng phối hợp phương pháp địa chất truyền thống với phương pháp toán thống kê, kết hợp phân tích hàm cấu trúc. Kết quả nghiên cứu đạt được như sau:

Các thân quặng urani trong khu vực có cấu trúc tương đối phức tạp, thân quặng dạng vĩa, vĩa thấu kính nằm giả chỉnh hợp với đá vây quanh, góc cắm thoải; quy mô các thân quặng thuộc loại nhỏ đến trung bình.

Hàm lượng urani trung bình trong các thân quặng từ 0,027% đến 0,073%, phân bố không đồng đều đến rất không đồng đều ( $V_c = 86,0\%$  đến  $> 100\%$ ), thuộc loại quặng nghèo.

Dựa vào mức độ gây khó khăn trong công tác thăm dò, thì khu vực nghiên cứu được xếp vào nhóm mỏ thăm dò III, yêu cầu thăm dò phục vụ lập dự án đầu tư khai thác mỏ phải đạt được trữ lượng cấp 122.

Để thăm dò đạt yêu cầu tính trữ lượng ở cấp 122 cho các thân quặng urani khu vực Khe Hoa - Khe Cao, hợp lý nhất là sử dụng mạng lưới dạng tuyến song song, kết hợp dạng lê quạt, với khoảng cách giữa các tuyến khoan 50 - 60 m, công trình khoan trên tuyến 25 - 30 m, các công trình trên mặt (hào, giếng) cách nhau 25 - 30 m.

**Từ khóa:** đặc điểm quặng hóa, mạng lưới thăm dò urani Khe Hoa - Khe Cao.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khu vực Khe Hoa - Khe Cao nói riêng và bồn trũng Nông Sơn, tỉnh Quảng Nam nói chung được hình thành trong lịch sử hoạt động kiến tạo lâu dài và phức tạp. Lịch sử hoạt động kiến tạo địa chất lâu dài đã kéo theo quá trình sinh khoáng trong vùng trũng Nông Sơn khá phong phú, trong đó có khoáng sản urani phân bố trong các đá trầm tích Mesozoi [13]. Trong thời gian qua, công tác nghiên cứu urani ở nước ta chủ yếu tập trung nhằm giải quyết về điều kiện địa chất - kiến tạo, đặc điểm thành phần vật chất, môi trường trầm tích, điều kiện hóa lý thành tạo quặng urani trong cát kết trũng Nông Sơn [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Công tác thăm dò quặng urani của nước ta còn nhiều hạn chế; gây khó khăn trong việc

sử dụng phương pháp đối sánh hoặc phương pháp tương tự để lựa chọn hệ thống thăm dò và phương pháp tính trữ lượng cho loại hình khoáng sản đặc biệt này. Do đó, để góp phần nâng cao hiệu quả và độ tin cậy của công tác thăm dò quặng urani trên lãnh thổ Việt Nam (phần đất liền), thì việc nghiên cứu về đặc điểm quặng hóa, làm cơ sở xác định nhóm mỏ và mạng lưới thăm dò là rất cần thiết. Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu đặc điểm về quặng hóa, xác lập nhóm mỏ và mạng lưới thăm dò quặng urani trong cát kết trên cơ sở tổng hợp, xử lý tài liệu địa chất - khoáng sản thu nhận được trong các giai đoạn điều tra đánh giá quặng urani khu vực Khe Hoa - Khe Cao thuộc vùng trũng Nông Sơn, tỉnh Quảng Nam [17, 18].



## 2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

### 2.1. Khái quát về đối tượng nghiên cứu

#### 2.1.1. Đặc điểm địa chất

Khu vực Khe Hoa - Khe Cao nằm trong bình đồ cấu trúc chung của vùng Nông Sơn, Quảng Nam, thuộc phía Đông khối nâng Thạnh Mỹ và rìa Tây của nếp lồi Thọ Lâm (Hình H.1) [17, 18]. Về tổng thể, khu vực nghiên cứu được cấu thành chủ yếu là các trầm tích hệ tầng An Điền, bao gồm 2 phân hệ tầng: phân hệ tầng dưới ( $T_3n$  ađ1), gồm 03 tập với thành phần chủ yếu là sạn kết đa khoáng acko, cát kết hạt thô chứa sạn, xen các thấu kính acgilit, sét bột kết acko màu tím gụ; phân hệ tầng trên ( $T_3n$  ađ2) với thành phần chủ yếu là cát kết hạt trung đến thô màu xám sáng, xen các lớp cát kết hạt nhỏ, bột kết màu xám đen, các thấu kính sét than [17, 18]. Đá có cấu trúc đơn nghiêng, cắm về Đông - Đông Bắc ( $70 \div 100^\circ$ ), góc cắm thoải ( $7 \div 15^\circ$ ), trên đó phát triển một số nếp uốn nhỏ hoặc nếp oằn. Trong khu vực phát triển 2 hệ thống đứt gãy là hệ thống đứt gãy hướng Tây Bắc - Đông Nam và hệ thống đứt gãy hướng Đông Bắc - Tây Nam, cự ly dịch chuyển 2 bên cánh không lớn.

#### 2.2.2. Đặc điểm địa chất các thân quặng urani

Quặng hoá urani phân bố trong các đá cát kết hạt nhỏ đến trung bình, ít hơn là bột kết, sạn cuội kết màu xám, xám đen và các đá màu tím loang lổ thuộc tập 1 và tập 3 của hệ tầng An Điền ( $T_3n-r$  ađ). Kết quả điều tra đánh giá [17, 18]. đã xác định được 4 thân quặng:

Thân quặng 1, phân bố ở phần trên tập 1 của phân hệ tầng dưới, hệ tầng An Điền ( $T_3n-r$  ađ<sup>1</sup>). Đá chứa quặng là cát kết hạt trung màu xám, xi măng giàu carbonat. Hàm lượng hàm lượng  $U_3O_8$  biến đổi từ 0,01 - 1,14%, chiều dày từ 1,5 - 3 m.

Thân quặng 2, phân bố ở phần dưới của tập 3 thuộc phân hệ tầng dưới, hệ tầng An Điền ( $T_3n-r$  ađ<sup>3</sup>). Đá chứa quặng là cát kết hạt nhỏ màu xám. Hàm lượng  $U_3O_8$  biến đổi từ 0,01 - 0,428%  $U_3O_8$ , chiều dày từ 0,6 - 4,2 m.

Thân quặng 3, trên bình đồ, đường lộ thân quặng gần song song với thân quặng 2. Đá chứa quặng urani chủ yếu là cát kết hạt nhỏ màu xám. Hàm lượng  $U_3O_8$  trung bình thấp, gồm các ổ, thấu

kính từ 0,01 - 1,710%, bề dày thân quặng từ 0,8 - 4,5 m.

Thân quặng 4, là thân quặng urani có triển vọng nhất trong khu vực nghiên cứu, lộ trên mặt ở cả 02 bên cánh của nếp lồi Khe Cao (Hình H.1, H.2). Đá chứa quặng là cát kết hạt nhỏ màu xám, hàm lượng  $U_3O_8$  từ 0,01 - 0,678%, bề dày từ 1,0 - 6,6 m.

Đây là đối tượng nghiên cứu chính giới thiệu trong bài báo này.

#### 2.2.3. Thành phần khoáng vật quặng

Quặng nguyên sinh: lấp đầy các lỗ hổng, khe nứt trong đá, cấu tạo dạng kết hạch xâm tẩm và đôi khi có cấu tạo dạng xtilolit. Kết quả phân tích mẫu thạch học, khoáng tướng [17, 18]. cho thấy các khoáng vật urani nguyên sinh thường gồm nasturan, nasturan ngậm nước và cofinit, có màu đen, đen nâu, thường cộng sinh với chlorit và pyrit vi tinh. Điều đó có thể nhận định sự hình thành các khoáng vật urani xảy ra trong điều kiện môi trường khử.

Quặng thứ sinh: màu nâu phớt vàng, phổ biến cấu tạo xtiloit trên tàn dư của cấu tạo phân tán hoặc kết hạch. Khoáng tướng cho thấy các khoáng vật urani thứ sinh gồm autunit- metaautunit, metauranoxiaxit, uranophane đi cùng goetit, hydrogittit [17, 18]. Các khoáng vật urani thứ sinh là các sản phẩm biến đổi của các khoáng vật urani nguyên sinh.

Các khoáng vật đi cùng là những khoáng vật tại sinh trong đới quặng hoá urani (cả trong quặng phong hoá lẫn quặng chưa bị phong hoá), sự hình thành của chúng liên quan khá chặt chẽ với quá trình thành oxy hoá khử. Các khoáng vật đi cùng có thể được thành tạo trước quặng, cùng tạo quặng và cả sau quặng.

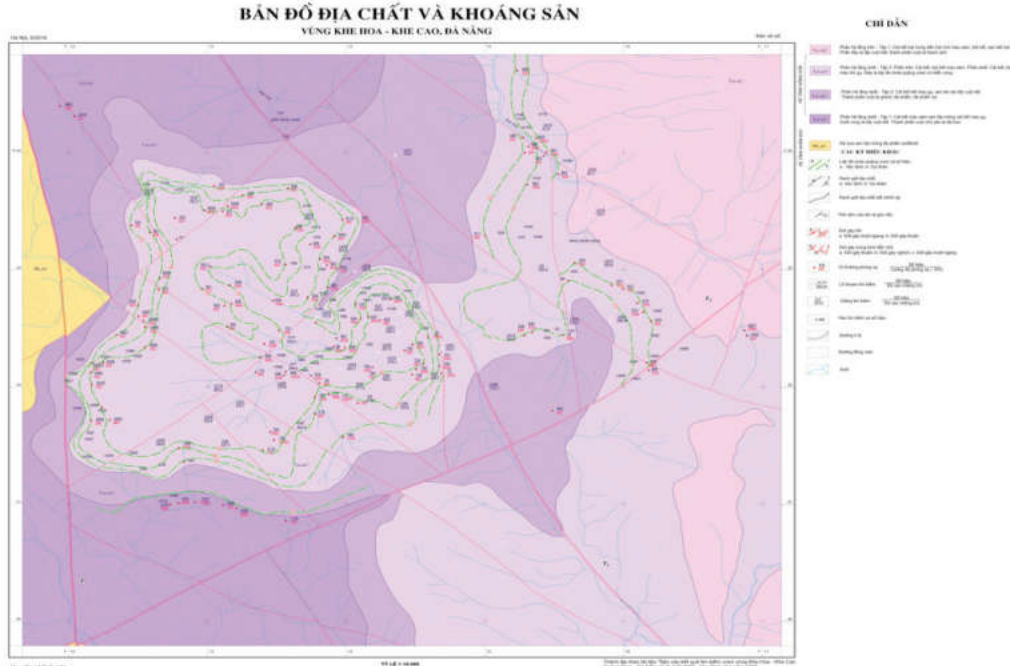
### 2.3. Phương pháp nghiên cứu

Ngày nay, phương pháp mô hình hóa các thông số địa chất thân quặng dưới dạng các mô hình toán ứng dụng trong địa chất (phương pháp toán địa chất) là một phương pháp tiên quyết và không thể thiếu trong xử lý tài liệu, xác lập nhóm mỏ và mạng lưới thăm dò. Trong bài báo, tác giả sử dụng phối hợp phương pháp địa chất truyền thống với phương pháp toán thống kê, kết hợp phân tích hàm cấu trúc (hàm Variogram) để luận giải nhóm mỏ và xác lập mạng lưới thăm dò hợp lý cho kiểu quặng urani trong cát kết trũng Nông Sơn.

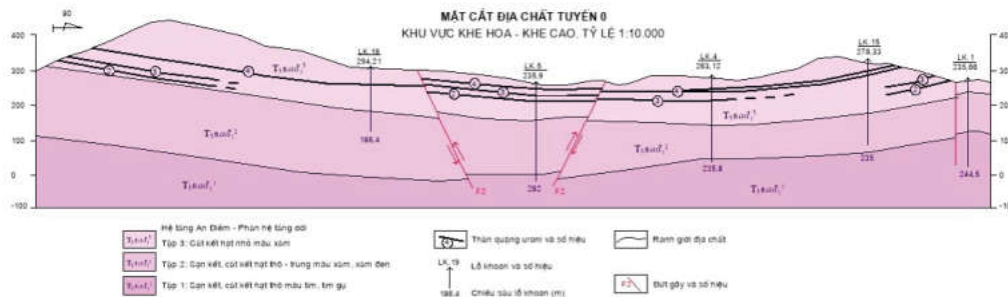
- Phương pháp tổng hợp, xử lý tài liệu: công tác tổng hợp và xử lý tài liệu được áp dụng trước tiên. Thu thập, tham khảo các kết quả nghiên cứu của các nhà địa chất nước ngoài thực hiện trên các mỏ urani ở một số nước trên thế giới, là cơ sở để xác định nội dung nghiên

cứu, từ đó để luận giải kết quả điều tra đánh giá đã thực.

Nội dung gồm thu thập, xử lý, phân tích, tổng hợp các dạng tài liệu về địa chất - khoáng sản urani; đặc điểm thạch học, cấu tạo đá vây quanh và quặng.



H.1. Bản đồ địa chất khoáng sản khu Khe Hoa – Khe Cao, tỉnh Quảng Nam thu từ tỷ lệ 1: 10.000 [17, 18].



H.2. Mặt cắt địa chất khu Khe Hoa – Khe Cao, tỉnh Quảng Nam thu từ tỷ lệ 1:1000 [17, 18].

Đây là cơ sở ban đầu định hướng xây dựng các mặt cắt địa chất và định hướng lựa chọn các phương pháp nghiên cứu, phân tích nhằm giải quyết các nội dung đặt ra.

- Phương pháp thống kê: Phương pháp thống kê một chiều được sử dụng để xử lý tài liệu, tính toán các đặc trưng thống kê của thông số địa chất thân quặng. Dựa vào mô hình phân bố thống kê

để xác định các thông số trung bình, phương sai và hệ số biến thiên ( $\bar{X}$ ,  $\sigma^2$ ,  $V\%$ ) đặc trưng cho tập mẫu nghiên cứu; đây là một trong số tiêu chuẩn cơ bản được sử dụng để xác lập nhóm mỏ thăm dò khoáng sản rắn. Phương pháp thống kê hai chiều được sử dụng để xác định mối quan hệ tương quan giữa các thông số nghiên cứu. Trong bài báo, phương pháp được sử dụng để xác định



mối quan hệ tương quan cặp giữa hàm lượng các nguyên tố theo kết quả phân tích hóa nhóm. Nội dung phương pháp thống kê được đề cập trong các công trình [7, 8, 12, 15, 19, 22].

- Phương pháp phân tích hàm cấu trúc: Được sử dụng để đánh giá đặc tính biến đổi không gian của thông số nghiên cứu; lý thuyết toán cơ bản được sử dụng là "lý thuyết biến số vùng". Biến số đó được xem là biến đổi liên tục, điều hòa từ công trình thăm dò này đến công trình thăm dò khác. Giá trị tại một điểm quan sát nào

$$\text{Var}[Z_{(x_1)} - Z_{(x_2)}] = 2\gamma|Z_{(x_1)} - Z_{(x_2)}| \text{ với mọi } x_1, x_2 \in D \quad (1)$$

đó có liên quan đến giá trị tổng các điểm khác phân bố cách nhau một khoảng cách nhất định (h). Những điểm quan sát ở khoảng cách xa ít ảnh hưởng hơn so với những điểm có khoảng cách gần. Mặt khác, trong thực tế còn xảy ra hiện tượng là mức độ ảnh hưởng của các điểm quan sát phụ thuộc vào hướng quan sát. Như vậy, mức độ phụ thuộc giữa các điểm quan sát phân bố trên một khoảng cách hi và theo một hướng xác định nào đó được phản ánh bằng mô men tương quan theo công thức:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E[Z_{(x)} - Z_{(x+h)}]^2 \quad (2)$$

$$\text{hay } \gamma(h) = \frac{1}{2} D[Z_{(x)} - Z_{(x+h)}] \quad (3)$$

Variogram thực nghiệm được xác định theo công thức [5, 6, 9, 11, 13, 14]:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z_{(x)} - Z_{(x+h)}]^2 \quad (4)$$

Trong đó: N(h) - số lượng cặp điểm tính toán ở mỗi bước;  $Z_{(x)}, Z_{(x+h)}$  là giá trị của thông số nghiên cứu tại điểm x và x + h cách nhau một đoạn h, theo một hướng xác định.

Sau khi xác định được các  $\gamma(h)$  thực nghiệm, tiến hành mô hình hoá về mô hình lý thuyết để khai thác mô hình nhằm đánh giá về tính biến đổi, tính đẳng hướng, dị hướng của quặng hoá, luận giải mạng lưới bố trí công trình thăm dò.

- Tin ứng dụng: Ứng dụng phần mềm Surpac để phân tích, thiết lập các mô hình Variogram trên cơ sở ứng dụng của phần mềm được phát triển bởi tập đoàn Gemcom của Australia, đã và đang sử dụng hơn 20 nước trên thế giới [11, 12]. Trong bài báo, tác giả đã khai thác, sử dụng moduls thiết kế, thành lập và quản trị cơ dữ liệu địa chất - khoáng sản và moduls mô hình hoá địa chất thân quặng để thiết lập các Variogram,

đó có liên quan đến giá trị tổng các điểm khác phân bố cách nhau một khoảng cách nhất định (h). Những điểm quan sát ở khoảng cách xa ít ảnh hưởng hơn so với những điểm có khoảng cách gần. Mặt khác, trong thực tế còn xảy ra hiện tượng là mức độ ảnh hưởng của các điểm quan sát phụ thuộc vào hướng quan sát. Như vậy, mức độ phụ thuộc giữa các điểm quan sát phân bố trên một khoảng cách hi và theo một hướng xác định nào đó được phản ánh bằng mô men tương quan theo công thức:

trúc (structural function) [7, 9, 10, 22, 23, 24]. Variogram  $\gamma(h)$  được định nghĩa như là một nửa kỳ vọng toán của biến ngẫu nhiên và xác định theo công thức:

là cơ sở đánh giá đặc tính biến hóa không gian của các thông số chiều dày, hàm lượng urani trong các thân quặng và lựa chọn mạng lưới bố trí công trình thăm dò.

## 4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 4.1. Đặc điểm quặng hóa

#### 4.1.1. Đặc điểm biến đổi của các thông số địa chất công nghiệp

Kết quả tính toán các tham số đặc trưng thống kê của các thông số địa chất công nghiệp cho các thân quặng urani khu vực Khe Hoa – Khe Cao trình bày trong Bảng 1.

Từ Bảng 1 rút ra một số nhận xét sau:

- Hàm lượng urani trong các thân quặng urani trung bình từ 0,027% đến 0,073% và phân bố thuộc loại không đồng đều đến đặc biệt không đồng đều ( $V_c = 86,3\%$  đến  $> 150\%$ ).



**Bảng 1. Tổng hợp kết quả tính toán các tham số đặc trưng thống kê hàm lượng các thân quặng urani khu mỏ Khe Hoa – Khe Cao**

Thân quặng	Hàm lượng U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)			Hệ số biến thiên (%)
	Min	Max	Trung bình	
2	0,010	0,428	0,073	118,1
3	0,010	1,710	0,027	86,3
4	0,010	0,678	0,060	160,2

Kết quả xác định hệ số tương quan cặp ( $R_{XY}$ ) giữa các nguyên tố theo tài liệu phân tích mẫu hóa nhóm tổng hợp trong Bảng 2 [17].

**Bảng 2. Hàm lượng trung bình các nguyên tố theo tài liệu phân tích hoá nhóm khu mỏ Khe Hoa – Khe Cao**

	U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	V	Mn	Ti	Co	Ni	Cr	Sn	Cu	Ag	Pb	Ga	Be	Y	Yb
U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	1.00	0.657	0.023	-0.132	-0.006	0.020	-0.114	-0.017	-0.010	0.163	0.459	0.025	0.232	-0.019	0.018
V		1.00	-0.003	0.010	-0.037	0.112	0.032	-0.018	-0.007	0.150	0.496	0.011	0.070	-0.010	-0.013
Mn			1.00	0.131	0.692	0.412	0.224	-0.47	-0.002	0.132	0.258	0.210	0.036	0.156	0.206
Ti				1.00	0.145	0.094	0.450	-0.66	0.007	0.007	0.102	0.101	0.117	0.099	-0.016
Co					1.00	0.388	0.246	-0.029	0.002	0.100	0.168	0.214	-0.089	0.209	0.219
Ni						1.00	0.386	0.045	0.097	0.161	0.251	0.487	0.061	0.196	0.174
Cr							1.00	-0.164	-0.010	0.096	0.061	0.645	0.025	0.094	0.085
Sn								1.00	0.049	0.050	0.072	0.050	0.216	0.102	-0.017
Cu									1.00	-0.005	0.013	-0.016	0.016	0.095	0.022
Ag										1.00	0.189	0.204	0.054	0.071	0.086
Pb											1.00	0.174	0.177	0.012	-0.006
Ga												1.00	0.084	0.121	0.164
Be													1.00	0.130	0.163
Y														1.00	0.545
Yb															1.00

Ghi chú: Dấu . trong bảng là dấu thập phân

Từ Bảng 2 cho thấy có 3 tổ hợp các nguyên tố phân bố trong các thân quặng urani có quan hệ khá chặt chẽ với nhau, đó là:

- Tổ hợp các nguyên tố U, V và Pb có quan hệ tương quan thuận khá chặt chẽ với nhau ( $R_{XY}$  từ 0,46 - 0,66). Đây là tổ hợp các nguyên tố có ý nghĩa trong tìm kiếm urani bằng phương pháp địa hóa;

- Tổ hợp các nguyên tố Mn, Co, Ni, Cr, Ti có quan hệ khá chặt chẽ với nhau. Đây là các nguyên tố phân bố chủ yếu trong các đá chứa quặng urani trong khu vực nghiên cứu;

- Y có quan hệ khá chặt chẽ với Yb và hầu như không có mối quan hệ với các nguyên tố khác.

#### 4.1.2. Đặc điểm các thân quặng

Quặng urani thường tập trung trong phần màu xám tiếp giáp với đới màu đỏ tím hoặc nằm ở các ổ, khối màu xám trong đới loang lổ. Trong đới màu tím hầu như không gặp quặng hoặc chỉ tồn tại dạng các ổ khoáng vật thứ sinh. Việc phân định các tương oxy hoá và tương khử chủ yếu dựa trên cơ sở màu sắc của xi măng gắn kết. Màu xám là tương khử, màu nâu, gụ, đỏ là tương oxy hoá.





Trong phần lớn các lỗ khoan, khoáng hoá urani tồn tại với hàm lượng khác nhau ở những độ sâu khác nhau thuộc các đá trầm tích bị khử, gần ranh giới với các đá bị oxy hoá. Kiểu quy luật phân bố khoáng hoá urani như vậy cả trên mặt cắt lẫn trên bình đồ phù hợp với loại khoáng hoá liên quan tới mặt phân giới oxy hoá khử [17, 18]. Quặng urani công nghiệp phân bố tạo thành chuỗi thấu kính và được liên kết với nhau trong một lớp đá chứa quặng nhất định. Đó là các lớp đá cát kết acko hạt nhỏ, trung bình đến thô, màu xám, xám đen giàu vật chất hữu cơ. Các thân quặng urani trong khu vực Khe Hoa - Khe Cao được hình thành do hai quá trình kế thừa nhau, quá trình thứ nhất xảy ra trong giai đoạn thành đá và quá trình thứ hai xảy ra sau quá trình thành đá, nhưng quá trình thứ hai đóng vai trò quan trọng hơn. Quặng urani tập trung chủ yếu tại ranh giới đới oxy hóa khử, nghiêng về phía khử [1]. Chiều dày, hàm lượng urani trong các thân quặng có quy luật chung là biến đổi chiều dày, hàm lượng thân quặng công nghiệp biến đổi nhảy vọt, gián đoạn và không rõ quy luật [19].

Kết quả điều tra đánh giá đã xác định và khoanh nổi được 04 thân quặng, theo thứ tự từ trên xuống là TQ4, TQ3, TQ2 và TQ1.

Trong đó thân quặng 4 có quy mô lớn và chất lượng tốt nhất, đồng thời có nhiều công trình (hào, giếng, khoan) không chế thân quặng. Do đó, thân quặng 04 được lựa chọn nghiên cứu chi tiết, làm cơ sở xác định mạng lưới thăm dò cho các thân quặng urani khu vực Khe Hoa - Khe Cao.

#### 4.2. Xác lập nhóm mỏ và mạng lưới thăm dò quặng urani khu vực Khe Hoa - Khe Cao

##### 4.2.1. Xác lập nhóm mỏ thăm dò

Theo [20] để xác lập nhóm mỏ thăm dò cần dựa vào các yếu tố cơ bản sau:

- Mức độ phức tạp về cấu trúc mỏ;
- Mức độ phức tạp về hình thái - cấu trúc thân quặng;
- Sự phân bố thành phần chính trong thân quặng, chiều dày và mức độ biến đổi về chiều dày thân quặng;
- Quy mô thân quặng, thế nằm và sự biến đổi về thế nằm của các thân quặng.

Tổng hợp tài liệu từ các công trình trước, các yếu tố cơ bản được sử dụng để xác lập nhóm mỏ thăm dò urani trong cát kết Khe Hoa - Khe Cao tổng hợp ở Bảng 3.

**Bảng 3. Các cơ bản sử dụng để xác lập nhóm mỏ thăm dò urani khu vực Khe Hoa - Khe Cao**

Cấu trúc địa chất mỏ và hình thái - Cấu trúc thân quặng	Quy mô mỏ, kích thước thân quặng và mức độ ổn định về hàm lượng quặng
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cấu trúc dạng đơn nghiêng, thế nằm chung của các đá cắm về Đông Nam và chuyển dần sang Đông Bắc- Bắc (<math>70^{\circ}</math>-<math>100^{\circ}</math>), góc cắm thoải (<math>7^{\circ}</math>-<math>15^{\circ}</math>). Cấu trúc chung dạng nếp uốn thứ cấp phát triển trên cánh của lõm Thọ Lâm,. Các thân quặng urani có dạng vĩa (lớp), thấu kính, chuỗi thấu kính nằm giả chỉnh hợp với đá vây quanh.</li> <li>- Ranh giới thân quặng và đá vây quanh không rõ ràng, chỉ xác định bằng kết quả phân tích hoá.</li> <li>- Cấu trúc nội bộ thân quặng khá phức tạp, xen kẽ các lớp đá không quặng.</li> <li>- Các thân quặng phân bố không liên tục, biến đổi không rõ quy luật.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quy mô mỏ thuộc loại nhỏ đến trung bình.</li> <li>- Các thấu kính quặng công nghiệp có kích thước nhỏ, kéo dài theo đường phương từ 30 m đến trên 60 m; bề dày thân quặng thay đổi từ 1,0 m đến 6,6 m.</li> <li>- Hàm lượng urani trong các thân quặng urani trung bình từ 0,027% đến 0,073% và phân bố thuộc loại không đồng đều đến đặc biệt không đồng đều (<math>V_c = 86,0\%</math> đến <math>&gt; 150\%</math>).</li> </ul>

Đối sánh kết quả trong bảng 3 với các tiêu chuẩn phân chia nhóm mỏ thăm dò theo Thông tư số 60/2017/TT-BTNMT ngày 08 tháng 12 năm

2017 của Bộ Tài nguyên và Môi trường [20], khu mỏ urani Pà Lừa - Pà Ròng xếp vào nhóm mỏ thăm dò III là hợp lý nhất.



**4.2.2. Xác lập mạng lưới bố trí công trình thăm dò**

Hiện có nhiều phương pháp toán địa chất khác nhau được các nhà địa chất thăm dò sử dụng để đánh giá, xác định mạng lưới thăm dò khoáng sản. Trong bài báo này, tác giả sử dụng phương pháp hàm cấu trúc Variogram để đánh giá đặc tính hay tính dị hướng của khoáng sản (đặc tính quan trọng trong việc xác định mạng lưới thăm dò khoáng sản). Đây là phương pháp hiện đại để

xác lập mạng lưới bố trí công trình thăm dò và lựa chọn kích thước vi khối tính trữ lượng urani theo phương pháp Kreigin.

*\* Thiết lập cơ sở dữ liệu*

Dữ liệu đầu vào được xây dựng dưới dạng file Excel khai báo các thành phần liên quan tới mỗi giá trị điểm mẫu (tọa độ X,Y,Z), gồm hàm lượng urani và chiều dày vị trí cắt thân quặng tương ứng. Trong Bảng 4, trích dẫn minh họa một đoạn tập dữ liệu đầu vào dưới dạng file Excel.

**Bảng 4. Thiết lập dữ liệu đầu vào dưới dạng file Excel**

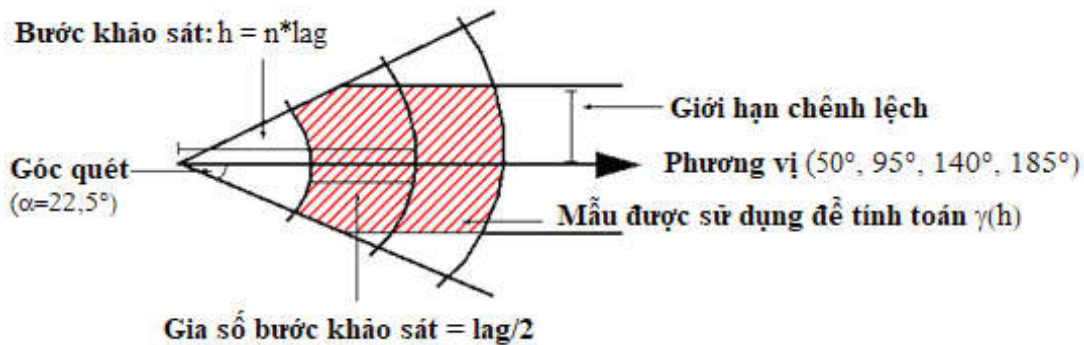
STT	Tên lỗ khoan	X (m)	Y (m)	Chiều dày (m)	Hàm lượng U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)
1	LK4	1743736.611	808658.765	5	0.1921
2	LK5	1743620.934	808154.789	4.9	0.0235
3	LK15	1743821.195	809081.069	4	0.0433
4	LK26	1743261.331	807751.088	4.4	0.0330
5	LK31	1743392.603	807992.609	3	0.0912
6	LK30	1743065.81	807418.318	1.6	0.2085
7	LK29	1743836.81	808806.318	1	0.2300
8	G5	1743636.611	808708.765	1	0.0110
9	G35	1743061.331	807851.088	5.9	0.0503
10	G9	1743220.934	808254.789	7	0.0145

Ghi chú: Dấu . trong bảng là dấu thập phân

*\* Xác lập hàm cấu trúc*

Mô hình Variogram được khảo sát bằng phần mềm Surpac theo các bước sau (Hình H.3):

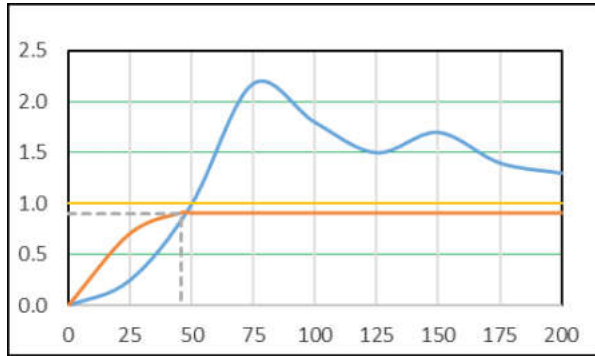
- Xác định phương vị hướng dốc quặng hoá (dip direction);
- Góc dốc thân quặng (plane dip);
- Gia số góc (angular increment);
- Góc quét (spread); bước khảo sát (lag);
- Chiều dài tối thiểu tuyến khảo sát (maximum distance).



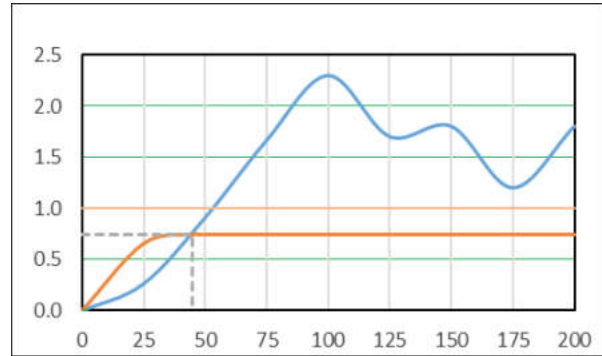
**H.3. Các yếu tố phương vị, góc quét, bước khảo sát, góc giới hạn để khảo sát Variogram**



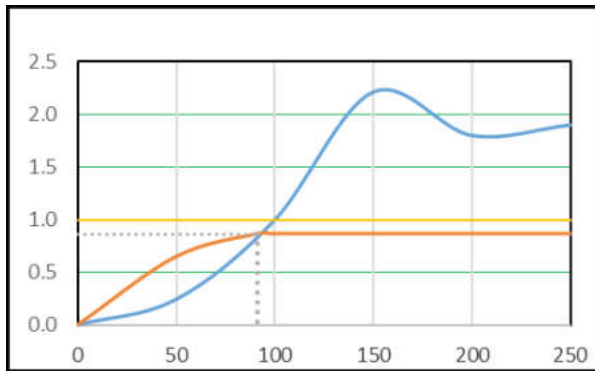
Dưới đây trích dẫn kết quả tính toán  $\gamma(h)$  thực nghiệm và mô hình hóa theo 2 hướng cơ bản ( $10^\circ$ ,  $100^\circ$ ) đối với chiều dày và hàm lượng  $U_3O_8$  của thân quặng 4 (Hình H.4, H.5, H.6, H.7, và Bảng 5, 6)



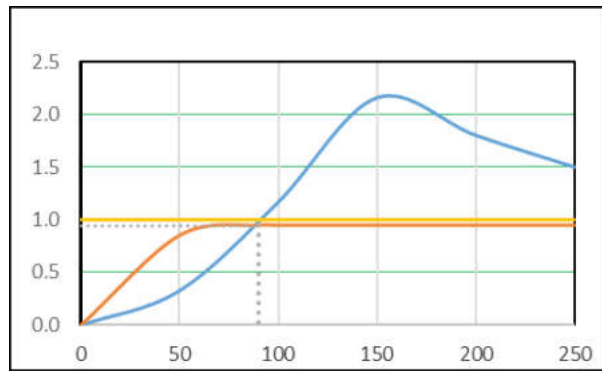
H.4. Variogram chiều dày theo hướng 100



H.5. Variogram hàm lượng  $U_3O_8$  theo hướng 100



H.6. Variogram chiều dày theo hướng  $100^\circ$



H.7. Variogram hàm lượng  $U_3O_8$  theo hướng  $100^\circ$

Ghi chú: Trên các Hình H.4, H.5, H.6 và H.7, đường zigzắc đường Variogram thực nghiệm, đường trơn là đường Variogram mô hình hoá theo mô hình cầu.

Các kết khảo sát  $\gamma(h)$  thực nghiệm và mô hình hóa (lý thuyết) theo hàm lượng của thân quặng 4 tổng hợp trong Bảng 5.

Bảng 5. Bảng tổng hợp kết quả khảo sát Variogram theo chiều dày của thân quặng 4

Hướng khảo sát (độ)	Thông số đặc trưng của $\gamma(h)$			Mô hình
	Hiệu ứng tự sinh	Trần (kể cả hiệu ứng tự sinh)	Kích thước đối ảnh hướng (m)	
10	0.099	0.804	46	Khi $ h  \leq a$ : $Co + C * (1.5 * h/a - 0.5 * (h/a)^3)$ ; khi $ h  > a$ : $Co + C$ $Co = 0.099$ $C = 0.804$ $a = 46.0$
100	0.01	0.858	91.3	Khi $ h  \leq a$ : $Co + C * (1.5 * h/a - 0.5 * (h/a)^3)$ ; khi $ h  > a$ : $Co + C$ $Co = 0.010$ $C = 0.858$ $a = 91.3$





**Bảng 6. Bảng tổng hợp kết quả khảo sát Variogram theo hàm lượng U3O8 của thân quặng 4**

Hướng khảo sát (độ)	Thông số đặc trưng của $\gamma(h)$			Mô hình
	Hiệu ứng tự sinh	Trần (kể cả hiệu ứng tự sinh)	Kích thước đối ảnh hưởng (m)	
10	0.061	0.678	45	Khi $ h  = C_0 + C * (1.5 * h/a - 0.5 * (h/a)^3)$ ; khi $ h $ $C_0 = 0.061$ $C = 0.678$ $a = 45.0$
100	0.066	0.881	90	Khi $ h  = C_0 + C * (1.5 * h/a - 0.5 * (h/a)^3)$ ; khi $ h $ $C_0 = 0.066$ $C = 0.881$ $a = 90.0$

Ghi chú: Dấu . trong bảng là dấu thập phân

Phân tích các đồ thị hàm Variogram  $\gamma(h)$  xác định kích thước đối ảnh hưởng (Bảng 5) thông số chiều dày thân quặng theo hướng dốc (hướng khảo sát 10°) là 45 m, theo đường phương (hướng khảo sát 100°) là 91,3 m, chỉ số dị hướng I = 2,03. Kích thước đối ảnh hưởng của hàm lượng U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> theo hướng dốc dốc là 45 m và theo đường phương là 90 m, với chỉ số dị hướng là 2,00. Kết quả khảo sát cho thấy sự biến đổi của hàm lượng tương đồng với sự biến đổi của chiều dày thân quặng. Với đặc tính dị hướng này, để lựa chọn mạng lưới thăm dò, tốt nhất áp dụng mạng lưới dạng tuyến song song, với phương vị tuyến trùng phương vị hướng dốc

của thân quặng và khoảng cách tuyến gấp 2 lần khoảng cách công trình trên tuyến.

*\* Lựa chọn mạng lưới thăm dò*

Trên cơ sở phân tích đặc điểm địa chất và mức độ biến đổi các thông số địa chất thân quặng khu mỏ Khe Hoa - Khe Cao thuộc nhóm mỏ thăm dò III. Với nhóm mỏ III, yêu cầu thăm dò phục vụ lập dự án đầu tư khai thác mỏ (nghiên cứu khả thi) phải đạt được trữ lượng cấp 122 (trữ lượng tin cậy).

Trên cơ sở khảo sát Variogram theo hàm lượng của thân quặng 4, tác giả đề xuất mạng lưới định hướng bố trí công trình thăm dò quặng urani trong cát kết khu mỏ Khe Hoa - Khe Cao như Bảng 6.

**Bảng 6. Mạng lưới định hướng các công trình thăm dò**

Nhóm mỏ thăm dò	Loại hình công trình thăm dò	Trữ lượng cấp 122		Tài nguyên cấp 333	
		Theo đường phương (m)	Theo hướng dốc (m)	Theo đường phương (m)	Theo hướng dốc (m)
III	Khoan	50 - 60	25 - 30	100 - 120	50 - 60
	Khai đào	25 - 30		50 - 60	

Khi tiến hành công tác thăm dò cần phải có khối lượng công trình dự phòng từ 10 đến 15% tổng khối lượng dự kiến cho toàn đề án thăm dò. Các công trình dự phòng chủ yếu tập trung ở phạm vi thân quặng bị vát nhọn đột ngột, hoặc trong phạm vi thân quặng có hình thái - cấu trúc phức tạp.

**4.2.3. Các yêu cầu cơ bản đối với giai đoạn thăm dò phát triển mỏ**

Đối với công tác thăm dò phục vụ lập dự án đầu tư khai thác mỏ, hay thăm dò phát triển mỏ, cần tập trung giải quyết các nhiệm vụ sau:

- Lựa chọn diện tích thăm dò để tính trữ lượng cấp 122: Cần lựa chọn các diện tích có triển vọng công nghiệp đã được khoanh định qua tài liệu điều tra đánh giá tỷ lệ 1: 10.000 hoặc 1: 5.000, diện tích phân bố các thân quặng có quy mô và chất lượng quặng urani phải đáp ứng yêu cầu chỉ tiêu tính trữ lượng tạm thời;

- Về mạng lưới thăm dò: đối với các khối trữ lượng cấp 122 cần bảo đảm mạng lưới khoan 50 - 60 m theo đường phương và 25 - 30 m theo hướng dốc; các công trình khống chế đầu lộ vỉa trong khoảng 25 - 30 m.



## 5. KẾT LUẬN

➤ Trong khu vực Khe Hoa - Khe Cao, quặng hóa urani phân bố chủ yếu ở phần ven rìa 2 bên cánh nếp lồi, trong các tập, lớp đá cát kết arko, cát kết dạng arko, cát kết grauvac, cát kết dạng grauvac xen lớp mỏng sạn kết và bột kết màu xám, xám tím loang lổ thuộc phân hệ tầng An Điền dưới;

➤ Các thân quặng urani công nghiệp có dạng vĩa (lớp), thấu kính hoặc chuỗi thấu kính nằm giá chỉnh hợp với đá vây quanh. Ranh giới thân quặng và đá vây quanh không rõ ràng. Về cơ bản, quy luật biến đổi chiều dày và hàm lượng quặng urani trong khu nghiên cứu thuộc loại biến đổi nhảy vọt, gián đoạn và không rõ quy luật;

➤ Các thân quặng có quy mô nhỏ đến trung bình; bề dày thân quặng thay đổi từ 1,0m đến 6,6m. Hàm lượng urani trong các thân quặng urani trung

binh từ 0,027% đến 0,073% và phân bố thuộc loại không đồng đều đến đặc biệt không đồng đều ( $V_c = 86,0\%$  đến  $> 150\%$ ). Các thân quặng có hình thái cấu trúc thuộc nhóm tương đối phức tạp, trong thân quặng có xen kẹp các lớp kẹp không quặng làm phức tạp thêm cấu trúc nội bộ thân quặng. Kết quả khảo sát cho thấy sự biến đổi của hàm lượng tương đồng với sự biến đổi của chiều dày thân quặng;

➤ Khu vực nghiên cứu có mức độ phức tạp thuộc nhóm mỏ thăm dò III. Với nhóm mỏ III, yêu cầu thăm dò phục vụ lập dự án đầu tư khai thác mỏ phải đạt được trữ lượng cấp 122. Để thăm dò đạt trữ lượng cấp 122, mạng lưới bố trí tuyến thi công công trình khai đào là 25 m-30 m; đối với công trình khoan, mạng lưới bố trí tuyến cách tuyến là 50 m - 60 m và công trình khoan trên tuyến 25 m-30 m. □

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trịnh Xuân Bền (1995), Đặc điểm địa hóa - khoáng vật quặng phóng xạ khu vực Khe Hoa - Khe Cao, bể than Nông Sơn. Luận án Tiến sĩ Địa lý - Địa chất. Lưu trữ Thư viện quốc gia, Hà Nội.
2. Nguyễn Đắc Đồng, Nguyễn Quang Hưng và nnk (2005), Báo cáo nghiên cứu, khảo sát, đánh giá tổng quan tài nguyên, trữ lượng urani ở Việt Nam. Lưu trữ Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm
3. Nguyễn Trường Giang (2018), Đặc điểm cấu trúc - kiến tạo phần tây bắc bồn trũng Nông Sơn, Quảng Nam và sự tạo khoáng urani trong cát kết. Luận án Tiến sĩ địa chất. Lưu trữ Thư viện quốc gia, Hà Nội.
4. Nguyễn Văn Hoai và nnk (1990), Báo cáo đánh giá tiềm năng urani và một số nguyên liệu khoáng phục vụ cho công nghiệp năng lượng nguyên tử trên lãnh thổ CHXHCN Việt Nam. Lưu trữ Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm, Hà Nội.
5. Nguyễn Văn Hoai và nnk (2002), Báo cáo nghiên cứu đánh giá tiềm năng urani ở khối nhô Kon Tum và Tú Lệ. Lưu trữ Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm.
6. Nguyễn Quang Hưng (2002), Đặc điểm thạch học và quặng hoá urani trong trầm tích Trias muộn vùng Nông Sơn. Luận án Tiến sĩ Địa chất. Lưu trữ Thư viện quốc gia, Hà Nội.
7. Kazodan A. B. (1984), Phương pháp tìm kiếm và thăm dò khoáng sản. Bản tiếng Nga. Matscova "Nhedra".
8. Lương Quang Khang, Nguyễn Phương và nnk (2018), Phương pháp toán xử lý thông tin địa chất. NXB Giao thông vận tải.
9. Kokesz Z. (1991), Hiệu quả áp dụng phương pháp kriging trong đánh giá trữ lượng mỏ. Hội thảo lần thứ VII về Phương pháp thăm dò và thành lập báo cáo tính trữ lượng mỏ. Học viện Mỏ - Luyện kim Krakow, Ba Lan. Bản dịch của Văn phòng Hội đồng đánh giá trữ lượng khoáng sản quốc gia, Hà Nội.
10. Trương Xuân Luận (2010), Địa thống kê. NXB Giao thông vận tải
11. Lê Văn Lượng (2014), Nghiên cứu lựa chọn mô hình đánh giá tài nguyên, trữ lượng vàng gốc vùng Phước Sơn - Quảng Nam. Luận án Tiến sĩ. Lưu trữ thư viện trường Đại học Mỏ- Địa chất.
12. Nguyễn Tiến Phú, Lê Quyết Tâm, Phạm Quang Huy, Nguyễn Đình Thân (2021), Báo cáo kết quả thực hiện nhiệm vụ "Xác lập quy luật biến đổi các thông số tính trữ lượng và xác định trữ lượng quặng urani Pà Lừa - Pà Ròng bằng phần mềm Surpac" thuộc đề án thăm dò quặng urani khu Pà Lừa - Pà Ròng, huyện Nam Giang, tỉnh Quảng Nam. Lưu trữ TT thông tin, lưu trữ và tạp chí Địa chất, Hà Nội.



13. Trịnh Hải Sơn (2020), Báo cáo đề tài “Đánh giá tiềm năng tài nguyên Urani Việt Nam” đến thời điểm năm 2019. Lưu Viện nghiên cứu khoa học Địa chất và Khoáng sản.
14. Nguyễn Đắc Sơn và nnk (2014), Nghiên cứu xây dựng các mô hình kiểu mỏ urani trong cát kết ở Việt Nam. Đề tài KHCN cấp Bộ. Lưu trữ Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm.
15. Lê Quyết Tâm và nnk (2021), Báo cáo thăm dò quặng urani khu Pà Lừa – Pà Rồng, huyện Nam Giang, tỉnh Quảng Nam. Lưu trữ Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm.
16. Nguyễn Đăng Thành và nnk (2001), Báo cáo kết quả tìm kiếm đánh giá urani vùng An Đầm tỉnh Quảng Nam. Lưu trữ Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm.
17. Chu Đình Ứng và nnk (1989), Báo cáo tìm kiếm tỷ mỷ urani trong mỏ than Nông Sơn. Lưu trữ Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm, Hà Nội.
18. Chu Đình Ứng (cb) và nnk (1995), Báo cáo kết quả tìm kiếm urani vùng Khe Hoa - Khe Cao tỉnh Quảng Nam - Đà Nẵng tỷ lệ 1:10.000. Lưu trữ Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm, Hà Nội.
19. Chu Đình Ứng (1989), Báo cáo tìm kiếm tỷ mỷ urani trong mỏ than Nông Sơn. Lưu trữ Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm, Hà Nội.
20. Lê Tuấn Viên (2016), Đặc điểm quặng hóa và định hướng công tác thăm dò urani trong cát kết khu vực Khe Hoa - Khe Cao, Quảng Nam. Luận văn Thạc sĩ, Lưu trữ Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm, Hà Nội.
21. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2017), Thông tư số 60/2017/TT-BTNMT, Quy định về phân cấp trữ lượng và tài nguyên khoáng sản rắn.
22. John C. Davis (2002), Statistics and data analysis in Geology, John Wiley & Sons. New York - Chichester - Brisbane - Toronto - Singapore. ISBN 0-471-17275-8. P.416 – 443.
23. Matheron G. (1963), Traite de geostatistique appliquee, tome ii. Vol. 2, ed. Technip, Paris.
24. Matheron G. (1970), La théorie des variables régionalisées, et ses application, Advances in Applied Probability 5, 439-468. Ecole des Mines de Paris.

### LỜI CẢM ƠN

Nội dung bài báo dựa trên cơ sở tài liệu thu nhận được trong quá trình thực hiện Đề án điều tra, đánh giá quặng urani khu vực Khe Hoa – Khe Cao, tỉnh Quảng Nam do Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm chủ trì.

### MINERALIZATION CHARACTERISTICS AND URANIUM EXPLORATION NETWORK OF KHE HOA - KHE CAO AREA, QUANG NAM PROVINCE

**Tran Le Chau, Nguyen Truong Giang**  
*Department of Mineral Resources of Vietnam*  
**Nguyen Phuong, Le Quyet Tam**  
*Federation of Geological Associations*

### ABSTRACT

*According to the investigation and assessment results of the Federation of Radiation and Rare Geology, the Khe Hoa - Khe Cao area is an area with industrial prospects for uranium ore in sandstones, which needs investment in exploration and mine development. Therefore, research to contribute to clarifying mineralization characteristics and orienting the uranium exploration network in the Khe Hoa - Khe Cao area is necessary. This article introduces some new research results based on the combination of traditional geological methods and statistical methods, combining structural function analysis. The research results achieved are as follows:*

*The uranium ore bodies in the area have a relatively complex structure, the ore bodies are seam-shaped, the lens seams are pseudo-congruent with the surrounding rocks, and the angle of insertion is gentle; The scale of ore bodies is small to medium.*



*The average uranium content in ore bodies ranges from 0.027% to 0.073%, distributed unevenly to very unevenly ( $V_c = 86.0\%$  to  $> 100\%$ ), belonging to the poor ore category.*

*Based on the level of difficulty in exploration work, the research area is classified as exploration mine group III, requiring exploration to establish mining investment projects to reach level 122 reserves.*

*To explore to meet the requirements for calculating reserves at level 122 for uranium ore bodies in the Khe Hoa - Khe Cao area, it is most reasonable to use a network of parallel lines, combined with odd fans, with distances between drilling holes lines drilling: 50 - 60 m, drilling works on the route line: 25 - 30 m, surface works (trenches, wells): 25 - 30 m apart.*

**Keywords:** *mineralization characteristics, exploration network uranium in Khe Hoa - Khe Cao area*

**Ngày nhận bài:** 12/10/2023;

**Ngày gửi phản biện:** 14/10/2023;

**Ngày nhận phản biện:** 18/11/2023;

**Ngày chấp nhận đăng:** 20/11/2023.

**Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo:** *Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam.*