



Original Article

Chemical Characteristics of Industrial Geological Parameters and Their Implications in Uranian Overview of Pa Lua - Pa Rong Area

Tran Le Chau^{1,*}, Nguyen Phuong², Nguyen Truong Giang¹, Le Quyet Tam²,
Trinh Dinh Huan³, Nguyen Tien Phu³, Nguyen Dinh Than³

¹*The Department of Mineral Resources of Vietnam (DMRV),
6 Pham Ngu Lao, Hoan Kiem, Hanoi, Vietnam*

²*Vietnam Union of Geological Sciences, 6 Pham Ngu Lao, Hoan Kiem, Hanoi, Vietnam*

³*Geological Division for Radioactive and Rare Elements,
2 Phuong Canh, Xuan Phuong, Nam Tu Liem, Hanoi, Vietnam*

Received 10 May 2023

Revised 06 July 2023; Accepted 16 August 2023

Abstract: This study investigated the geological properties of the uranium ore found in Pa Lua - Pa Rong area for potential industrial exploitation. A combination of field measurements, modeling and several mathematical approaches were employed to characterize the geological properties of the uranium ore. We found: i) The thickness of the ore bodies ranges from thin to medium, exhibiting varying degrees of instability ($V_m = 83.8 \div 102.8\%$). The average U_3O_8 content indicates that the ore bodies belong to the poor ore type, with an unevenly distribution ($V_c = 57.9 \div 100.9\%$); ii) The morphology and structure of the ore bodies are highly complex, exhibiting irregular variations. The thickness of the ore bodies shows a positive correlation with the uranium content in each body ($R = 0.6-0.7$); and iii) The variograms of the U_3O_8 concentration and the thickness in various directions exhibit a spherical pattern, indicating an autogenous effect. The most significant variation in uranium content aligns with the dip direction ($50^\circ \pm 12.5^\circ$), while the least variation aligns with the strike of the ore body ($140^\circ \pm 12.5^\circ$). The variations in ore body thickness are more straightforward and consistent with those of the uranium content. In summary, these findings provide valuable insights into the characteristics of uranium ore in Pa Lua - Pa Rong area. The results contribute to a better understanding of the geological processes and can inform some effective exploration strategies for uranium resources in this region.

Keywords: Uranium ore variation parameters; Pa Lua - Pa Rong area, Quang Nam Province.

* Corresponding author.

E-mail address: lechauhx@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4952>

Đặc điểm biến hóa của các thông số địa chất công nghiệp và ý nghĩa của chúng trong thăm dò quặng urani khu vực Pà Lừa - Pà Rông

Trần Lê Châu^{1,*}, Nguyễn Phương², Nguyễn Trường Giang¹, Lê Quyết Tâm²,
Trịnh Đình Huân³, Nguyễn Tiên Phú³, Nguyễn Đình Thân³

¹Cục Khoáng sản Việt Nam, 6 Phạm Ngũ Lão, Hoàn Kiếm, Hà Nội, Việt Nam

²Tổng hội Địa chất Việt Nam, 6 Phạm Ngũ Lão, Hoàn Kiếm, Hà Nội, Việt Nam

³Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm, 2 Phương Canh, Xuân Phương, Nam Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 10 tháng 5 năm 2023

Chỉnh sửa ngày 06 tháng 7 năm 2023; Chấp nhận đăng ngày 16 tháng 8 năm 2023

Tóm tắt: Kết quả nghiên cứu địa chất và thăm dò khoáng sản cho thấy khu vực Pà Lừa - Pà Rông có triển vọng quặng urani công nghiệp. Kết hợp công tác thăm dò, phương pháp mô hình hóa và một số phương pháp toán địa chất đã xác định được đặc tính biến hóa các thông số địa chất thân quặng urani. Kết quả nghiên cứu cho thấy: i) Chiều dày các thân quặng mỏng đến trung bình và mức độ biến đổi thuộc loại không ổn định đến rất không ổn định ($V_m = 83,8 \div 102,8\%$). Hàm lượng U_3O_8 trung bình trong các thân quặng thuộc loại quặng nghèo và phân bố trong thuộc loại không đồng đều đến rất không đồng đều ($V_c = 57,9 \div 100,9\%$); ii) Hình thái - cấu trúc tương đối phức tạp, phình thóp không rõ quy luật. Chiều dày và hàm lượng urani trong từng thân quặng có mối quan hệ thuận tương đối chặt chẽ với nhau ($R = 0,6-0,7$); và iii) Các variogram hàm lượng U_3O_8 và chiều dày thân quặng theo các hướng khác nhau đều có dạng mô hình cầu, thể hiện rõ hiệu ứng tự sinh. Hàm lượng biến đổi lớn nhất trùng với hướng dốc ($50^\circ \pm 12,5^\circ$), hướng biến đổi nhỏ nhất trùng đường phương của thân quặng ($140^\circ \pm 12,5^\circ$). Đặc tính biến đổi của chiều dày phù hợp với hàm lượng, nhưng mức độ biến đổi đơn giản hơn. Tóm lại, trên cơ sở phân tích đặc điểm cấu trúc địa chất và kết quả đánh giá về đặc điểm biến hóa của các thông số địa chất công nghiệp thân quặng góp phần xác định phương pháp thăm dò và phương pháp tính trữ lượng quặng urani.

Từ khóa: Đặc điểm biến hóa, quặng urani Pà Lừa - Pà Rông, Quảng Nam.

1. Mở đầu

Lãnh thổ Việt Nam 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, kèm theo quá trình sinh khoáng khá đa dạng và phong phú về chủng loại, trong đó có khoáng sản urani [1]. Khoáng sản urani có mặt trong các đá trầm

tích biến chất từ tuổi tiền Cambri tới các đá trầm tích Mesozoi và đá phun trào hoặc xâm nhập Kainozoi [2]. Trong thời gian qua, công tác nghiên cứu urani ở nước ta chủ yếu tập trung đánh giá triển vọng quặng urani ở từng khu vực, dự báo tiềm năng tài nguyên và tiến hành công tác tìm kiếm, điều tra đánh giá và thăm dò trên một số diện tích có triển vọng nhất. Ở mức độ

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: lechauhx@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4952>

khác nhau, các công trình nghiên cứu trước chủ yếu tập trung giải thích 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 và bước đầu cũng đã phân tích đánh giá về đặc điểm phân bố quặng urani trong cát kết và đặc tính biến hóa của các thông số địa chất thân quặng làm cơ sở khoan định diện tích triển vọng và lựa chọn phương pháp dự báo tài nguyên, định hướng công tác điều tra thăm dò quặng urani trong trũng Nông Sơn như các công trình nghiên cứu trong luận án tiến sĩ của Trịnh Xuân Bền (1995) [3], Nguyễn Quang Hưng (2002) [4], Nguyễn Trường Giang (2018) [5]; các đề tài nghiên cứu của Nguyễn Văn Hoai (1986, 1990, 1993, 2002) [6-9], Nguyễn Đắc Đồng và Nguyễn Quang Hưng (2005) [10], Nguyễn Đắc Sơn (2014) [11]; các đề án điều tra, đánh giá của Nguyễn Quang Hưng (1997, 1999) [12, 13], Lê Quyết Tâm (2004, 2021) [14, 15], Nguyễn Đăng Thành (2001) [16], Chu Đình Ứng (1989, 1998) [17, 18].

Tuy nhiên, việc nghiên cứu về đặc điểm biến hóa của các thông số địa chất thân quặng urani và đánh giá ảnh hưởng của chúng đến công tác thăm dò quặng urani trong cát kết ở trũng Nông Sơn nói chung, khu vực Pà Lừa - Pà Ròng nói riêng chưa được chú ý đúng mức. Do đó, nghiên cứu này là cần thiết.

2. Tổng quan về cấu trúc địa chất và đặc điểm phân bố của các thân quặng urani khu vực Pà Lừa - Pà Ròng (mỏ urani Pà Lừa - Pà Ròng được chia thành các khu thăm dò: khu A, khu B - phía tây; khu C - phía tây bắc; khu D, khu E - trung tâm và G - phía đông)

2.1. Tổng quan về cấu trúc địa chất khu vực nghiên cứu

Cấu trúc địa chất khu vực Pà Lừa - Pà Ròng nằm trong bình đồ cấu trúc chung của vùng Nông Sơn, Quảng Nam [19]. Khu mỏ Pà Lừa - Pà Ròng là diện tích đã được thăm dò giai đoạn 2011-2021; cấu trúc khu vực mỏ được thành tạo bởi tầng móng là các đá granit phức hệ Bến

Giăng - Quế Sơn và tầng phủ là các đá trầm tích cát kết hệ tầng An Điem [20] (Hình 1).

Địa tầng: chủ yếu là các trầm tích hệ tầng An Điem, bao gồm 2 phân hệ tầng: phân hệ tầng dưới ($T_{3n} ad_1$), 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 chuyển lên là sạn kết, cát kết hạt nhỏ, trung đến hạt mịn hơn là bột, sét kết và sét, bột kết. Chiều dày trung bình khoảng 200 m. Phân hệ tầng trên ($T_{3n} ad_2$) với thành phần chủ yếu là cát kết hạt nhỏ màu xám sáng, lộ khá rộng rãi ở phía Bắc và Nam khu A, đông khu G. Chiều dày trung bình trên 20,0 m. Thế nằm từ $80-110^{\circ}$ với góc dốc trung bình $10-12^{\circ}$ [20].

Kết quả nghiên cứu, thăm dò cho thấy: đá chứa quặng chủ yếu là cát kết hạt trung thuộc phân hệ tầng dưới, hệ tầng An Điem; đá màu xám đen, giàu vật chất hữu cơ; xi măng gắn kết chủ yếu là tập hợp vi hạt pyrit - sét; cơ bản phù hợp với kiểu địa hóa pyrit [21]. Kiểu địa hóa này là điều kiện tiên quyết để thành tạo mỏ thăm động theo phương thức oxy hóa - khử có các thân quặng dạng thấu kính xếp chồng lên nhau và cách nhau một khoảng cách nhất định.

Magma: chỉ có mặt các đá magma pha 2, phức hệ Bến Giăng - Quế Sơn ($\delta^{147}_{14}bq$). Ranh giới giữa đá magma với các đá trầm tích trias được xác định khá rõ ràng tại các điểm lộ trên suối và các điểm lộ trên tuyến thăm dò và các lỗ khoan. Thành phần thạch học của phức hệ gồm: đá diorit thạch anh và diorit hocblend [20].

Đặc điểm cấu trúc, kiến tạo: về tổng thể khu vực nghiên cứu có cấu trúc đơn nghiêng, cắm về về phía đông - đông bắc ($40\div 50^{\circ}$), góc cắm thoải ($7\div 15^{\circ}$), trên đó phát triển một số nếp uốn nhỏ hoặc nếp oằn bậc cao. Xác định được 3 hệ thống đứt gãy, với sự có mặt của 7 đứt gãy được ký hiệu là F11, F12; F21, F22; F23, F31, F32. Đặc điểm chung của các hệ thống đứt gãy là loại đứt gãy thuận, cự ly dịch chuyển 2 bên cánh không lớn ($5\div 10$ m), góc dốc $80\div 85^{\circ}$ [20].

2.2. Đặc điểm địa chất các thân quặng

Trong khu vực, quặng urani phân bố tập trung trong các đá cát kết hạt trung, thô dạng lớp (via) hoặc ô, chuổi, thấu kính (tabuler), cắm đơn

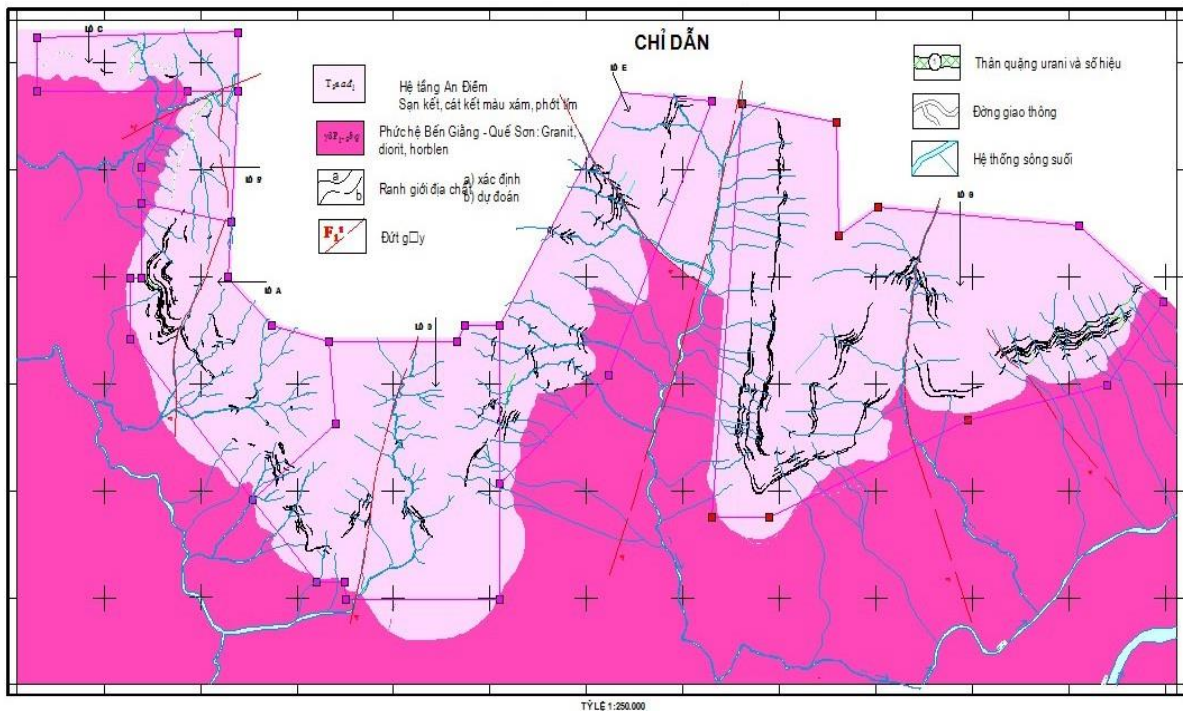
ngiêng với góc dốc từ 7-15°. Ranh giới giữa quặng và đá vây quanh thường không rõ ràng. Thân quặng có cấu trúc tương đối phức tạp. Công tác thăm dò khoáng sản do Lê Quyết Tâm chủ biên, 2021 [20] đã khoan nổi được 9 thân quặng công nghiệp, theo thứ tự từ dưới lên là 1/3, 1/2, 1/1, 1, 1a, 1b (chùm thân 1); 2, 2b (chùm thân 2) và 3a (chùm thân 3) và một số thấu kính nhỏ (Hình 1). Dưới đây trình bày đặc điểm chính của TQ1 và TQ2, TQ3a là 03 thân quặng chiếm trữ lượng chính đặc trưng cho 3 chùm thân quặng, đối tượng được lựa chọn nghiên cứu và giới thiệu trong bài báo này.

- *Thân quặng 1*: thân quặng có quy mô lớn và chiếm trữ lượng chính trong khu vực Pà Lừa - Pà Rồng. Thân quặng có cấu trúc khá phức tạp. Khoáng vật quặng nguyên sinh gồm nasturan, coffinit hoặc tập hợp vi hạt pyrit-sericit-chlorit chứa urani; khoáng vật thứ sinh gồm autunit, uranocircit, uranophan, tobenit. Ở khu B, A, D

và E chiều dày thân quặng thay đổi từ 0,6-19,1 m, trung bình 2,4 m; còn ở khu G từ 0,6 m - 14,5 m, trung bình đạt 2,4 m.

- *Thân quặng 2*: phân bố tập trung phân bố trong lớp đá cát kết hạt nhỏ, trung màu xám xen xám xanh ở khu A và khu G. Thân quặng kéo dài không liên tục theo đường phương từ 220 m-690 m; theo hướng dốc, thân quặng tồn tại và duy trì tương đối ổn định, có nơi tới 435 m. Tại khu A, chiều dày thân quặng từ 0,5-10,0 m, trung bình 2,3 m; ở khu G, chiều dày thân quặng từ 0,6-7,6 m, trung bình 1,7 m.

- *Thân quặng urani số 3a*: phân bố chủ yếu là cát kết nhỏ màu xám, xám xanh, ở chủ yếu một phần khu A với chiều dài theo đường phương gần 150 m, và phân bố dạng thấu kính không liên tục ở phía nam khu vực nghiên cứu. Dưới sâu tồn tại theo đường phương gần 200 m, sau đó duy trì không liên tục. Chiều dày thân quặng thay đổi từ 0,6÷11,5 m, trung bình 1,83 m.



Hình 1. Bản đồ địa chất khoáng sản khu Pà Lừa - Pà Rồng, huyện Nam Giang, tỉnh Quảng Nam thu từ tỷ lệ 1: 250.000 [20].

2.3. Đặc điểm thành phần khoáng vật quặng

- *Quặng nguyên sinh*: có màu xám, xám đen. Các khoáng vật lấp đầy các lỗ hổng, khe nứt trong đá, thường phân bố ở độ là 40-50 m, có chỗ tới 80 m. Kết quả phân tích mẫu thạch học, khoáng tương cho thấy các khoáng vật urani nguyên sinh thường gồm nasturan, nasturan ngậm nước và coffinit, có màu đen, đen nâu, thường cộng sinh với chlorit và pyrit vi tinh. Điều đó chứng tỏ sự hình thành của các khoáng vật urani xảy ra trong điều kiện môi trường khử.

- *Quặng thứ sinh*: thường có màu nâu phớt vàng, phổ biến cấu tạo xtiloit trên tàn dư của cấu tạo phân tán hoặc kết hạch, ở độ sâu khoảng 10 m đến 30-40 m. Kết quả phân tích mẫu thạch học, khoáng tương cho thấy các khoáng vật urani thứ sinh ở các phụ đới phong hoá gồm autunit - metaautunit, metauranoxiakit, uranophan. Đôi khi còn phổ biến bassetit. Chúng đi cùng gotit, hydrogit. Hiếm khi còn gặp nasturan sớm đi cùng hematit, oxyt mangan. 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 (trong thời kỳ thành đá để tạo phong) cùng tạo quặng và cả sau quặng.

3. Cơ sở lý luận và phương pháp nghiên cứu

3.1. Cơ sở lý luận về đặc điểm biến hóa quặng hóa

+ Đặc điểm biến hóa quặng hóa: trong thăm dò địa chất các mỏ khoáng sản rắn, vấn đề hết sức quan trọng và có tính tiên quyết là phải xác định được đặc điểm biến hóa không gian của quặng hóa. Để giải quyết nhiệm vụ này, người ta thường phải làm sáng tỏ 3 phương diện của sự biến hóa của quặng hóa:

- *Quy luật của sự biến hóa*: trong thăm dò khoáng sản, một trong nhiệm vụ quan trọng là

phải làm sáng tỏ được quy luật biến hóa của các thông số địa chất thân quặng.

- *Mức độ biến hóa*: mức độ biến hóa quặng hóa được hiểu là sự dao động, hay biên độ lệch so với giá trị kỳ vọng toán của tính chất (thông số) địa chất nào đó (chiều dày, hàm lượng, trữ lượng điếm,...) cần nghiên cứu. Mức độ biến hóa thường được đo bằng các chỉ số khác nhau, tùy theo mục đích nghiên cứu để lựa chọn. Hiện có rất nhiều chỉ số đo khác nhau; trong thăm dò địa chất, người ta thường sử dụng hệ số biến thiên (V).

- *Cấu trúc của sự biến hóa*: sự biến hóa các thông số trong từng khối đá hay tích tụ khoáng sản riêng lẻ thường có đặc điểm riêng, được thể hiện ở sự biến đổi đặc điểm quặng hóa ở khối khác nhau cả về mức độ lẫn đặc tính của sự biến hóa. Trong thăm dò địa chất các mỏ khoáng, ta thường gặp 02 dạng cấu trúc cơ bản sau: Biến đổi nhảy vọt, gián đoạn và có quy luật; Biến đổi nhảy vọt, gián đoạn và không có quy luật.

Tuỳ thuộc vào điều kiện tạo quặng, sự biến hóa của các tính chất quan trọng của thân quặng có thể biến hóa ngẫu nhiên, biến hóa không ngẫu nhiên hoặc biến hóa không gian hay biến hóa hỗn hợp [22].

+ Đặc tính dị hướng và các kiểu dị hướng của các thành tạo khoáng sản.

- *Đặc tính dị hướng*: đa số các thành tạo khoáng sản tự nhiên đều có tính dị hướng khác nhau. Đặc tính dị hướng của khoáng sản thường liên quan với hình thái, cấu trúc của thân quặng nếu chúng không bị phá vỡ bởi các quá trình kiến tạo, biến chất và quá trình phong hóa về sau. Tính dị hướng cấu trúc của khoáng sản chủ yếu là do quá trình thành tạo chúng tạo nên. Trong nhiều mỏ khoáng, phương biến hóa mạnh nhất của các thông số địa chất công nghiệp thường trùng với phương chiều dày thân quặng. Đối lập với tính dị hướng là tính đẳng hướng về cấu trúc, đó là 2 khái niệm đối lập nhau. Trong thành tạo khoáng sản đẳng hướng thì các yếu tố cấu trúc của chúng không có thứ bậc, ngược lại thì cấu trúc dị hướng có thứ bậc nhất định.

- *Các kiểu dị hướng*: các kiểu dị hướng về cấu trúc của tích tụ khoáng sản phân thành 3 kiểu cơ bản sau:

Kiểu thứ nhất: đặc trưng cho kiểu này thường là thân quặng có dạng vĩa, dạng lớp kéo dài, thấu kính, mạch, hoặc vi mạch. Nếu gọi chỉ số dị hướng là A, hệ số dị hướng là I thì chỉ số dị hướng được xác định theo công thức:

$$A = I_{\max} : I_{tb} : I_{\min} = I_m : I_r : I_a \quad (1)$$

Trong đó: I_m ; I_r ; I_a lần lượt là giá trị dị hướng theo chiều dày, chiều rộng (hướng dốc) và theo chiều dài (đường phương).

Kiểu thứ 2: đặc trưng cho kiểu này là các thân khoáng sản có 2 hướng dị hướng, đặc trưng là các thân quặng dạng ống, dạng thấu kính, hoặc dạng lớp đẳng hướng. Đặc trưng định lượng sự định hướng thể hiện:

$$I_m > I_r \text{ hoặc } I_m > I_a \quad (2)$$

Kiểu thứ 3: đặc trưng cho kiểu thứ 3 thường là các thân quặng tự nhiên chỉ có một hướng dị hướng (I_m) thường là những thân quặng đẳng hướng hoặc dạng lớp mỏng.

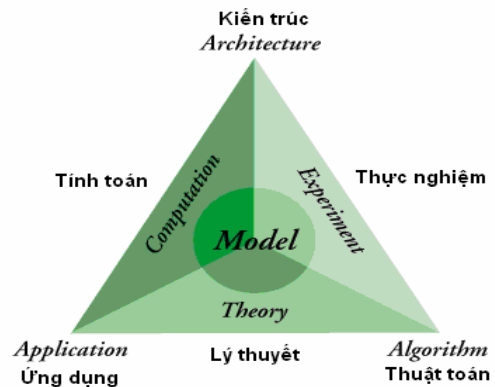
Để đánh giá được đặc điểm biến hóa và tính dị hướng của khoáng sản, các nhà nghiên cứu thường phải sử dụng phương pháp mô hình hóa. Mô hình hoá cho phép nhận thức các đối tượng địa chất khoáng sản, hoặc các quá trình địa chất và được sử dụng khá rộng rãi trong lĩnh vực thăm dò. Sản phẩm của quá trình mô hình hóa có thể là một mô hình cụ thể quan sát được bằng mắt thường (sơ đồ dạng khối, bình đồ, mặt cắt địa chất,...) hoặc mô hình được quy nạp dưới dạng một công thức toán học, còn gọi là mô hình trừu tượng [23].

Một cách tổng quát, tất cả các mô hình phải có 3 thành tố: thông tin đầu vào, tiến trình xử lý thông tin và thông tin đầu ra.

Mô hình kiểu 3A (ứng dụng - Application, thuật toán - Algorithm và kiến trúc - Architecture) theo khoa học tính toán thường được áp dụng trong nghiên cứu các khoa học về trái đất (Hình 2).

Trong thực tế thăm dò địa chất thường sử dụng rộng rãi các mô hình: dạng biểu đồ (graphical), khối lập thể (Market), hình học mô và các phương pháp toán địa chất.

Tư tưởng cơ bản của mô hình hóa là khai thác mô hình để nhận được khái niệm tin cậy về tính chất của đối tượng địa chất cần nghiên cứu.



Hình 2. Mô hình theo khoa học tính toán [23].

3.2. Phương pháp nghiên cứu

3.2.1. Phương pháp khảo sát thực địa

Tiến hành khảo sát thực địa trên một số mặt cắt địa chất tuyến thăm dò, kết hợp xem xét chi tiết một số mẫu lõi khoan để hiệu chỉnh mặt cắt đặc trưng cho khu vực nghiên cứu.

3.2.2. Phương pháp xử lý tài liệu trong phòng

- Thu thập, tổng hợp tài liệu địa chất và các tài liệu phân tích trong báo cáo thăm dò. Trên cơ sở đó, lựa chọn nguồn tài liệu bảo đảm độ tin cậy để tổng hợp, phân tích và xử lý tài liệu nhằm đáp ứng các nội dung nghiên cứu của bài báo.

- Sử dụng phương pháp mô hình cụ thể (sơ đồ khối, bình đồ đồng chiều dày, đồng hàm lượng và hệ thống mặt cắt địa chất tuyến thăm dò) để đánh giá về quy luật của sự biến hóa và cấu trúc của sự biến hóa urani trong khu vực nghiên cứu.

- Phương pháp toán địa chất:

+ *Phương pháp toán thống kê:* phương pháp toán thống kê một chiều để được sử dụng để xử lý tài liệu, tính toán các đặc trưng thống kê của các thông số chiều dày, hàm lượng urani trong thân quặng. Phương pháp cho phép xác định các thông số trung bình, phương sai và hệ số biến thiên (\bar{X} , σ^2 , V%) đặc trưng cho từng thân quặng (tập mẫu) nghiên cứu. Đây là một trong số tiêu chuẩn cơ bản được sử dụng để luận giải về mức độ biến hóa của quặng hóa. Nội dung của phương pháp đề cập chi tiết trong [24].

+ *Phân tích hàm cấu trúc*: trong nghiên cứu đặc tính biến hóa không gian của thông số nghiên cứu (chiều dày, hàm lượng,...) lý thuyết toán cơ bản được sử dụng là "lý thuyết biến số vùng", nghĩa là giá trị của thông số nghiên cứu nào đó tại một điểm quan sát nhất định có liên quan đến giá trị của các điểm khác phân bố cách nhau một khoảng nhất định (h). Các điểm quan sát cách xa thường ít ảnh hưởng hơn so với các điểm gần; mặt khác, trong thực tế địa chất thường xảy ra hiện tượng là mức độ ảnh hưởng của các điểm quan sát phụ thuộc vào hướng quan sát (phương vị không gian), nghĩa là thể hiện tính dị hướng của khoáng sản. Sự phụ thuộc giữa các điểm quan sát phân bố trên một khoảng cách h_i và theo một hướng xác định được xác định theo công thức:

$$\text{Var}\left[Z_{(x_1)} - Z_{(x_2)}\right] = 2\gamma\left[Z_{(x_1)} - Z_{(x_2)}\right] \text{ với mọi } x_1, x_2 \in D \quad (3)$$

Trong đó: D - tập hợp con cố định trong không gian m chiều; $2\gamma[Z(x_1) - Z(x_2)]$ là hàm của số gia $Z(x_1) - Z(x_2)$ và được Matheron gọi là biểu đồ phương sai hay Variogram hoặc hàm cấu trúc (structural function) [25, 26].

Variogram $\gamma(h)$ được định nghĩa như là một nửa kỳ vọng toán của biến ngẫu nhiên và được Matheron gọi là biểu đồ phương sai hay variogram hoặc hàm cấu trúc (structural function) (Matheron, 1963; 1970), xác định theo công thức:

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

Variogram thực nghiệm được xác định theo công thức: [27, 28].

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z_{(x)} - Z_{(x+h)}]^2 \quad (5)$$

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 khoảng h và theo một hướng xác định.

Từ các $\gamma(h)$ thực nghiệm, cần phải mô hình hoá chúng về các mô hình lý thuyết; từ đó khai thác các đặc tính của mô hình để đánh giá về tính biến đổi, tính dị hướng, luận giải mạng thăm dò và lựa chọn kích thước khối tính trữ lượng bằng phương pháp Kriging,...

3.2.3. Ứng dụng phần mềm Surpac để phân tích, thiết lập các mô hình variogram

Bộ phần mềm Surpac là bộ phần mềm toàn diện cho ngành Địa chất - Mỏ, được phát triển bởi tập đoàn Gemcom của Australia, đã và đang sử dụng hơn 20 nước trên thế giới. Trong bài báo, tác giả sử dụng moduls mô hình hoá địa chất thân quặng để thiết lập các variogram, làm cơ sở đánh giá đặc tính biến đổi, tính dị hướng của quặng hoá urani trong khu vực nghiên cứu. Nội dung chi tiết đề cập trong Nguyễn Tiến Phú và nnk, 2021 [29].

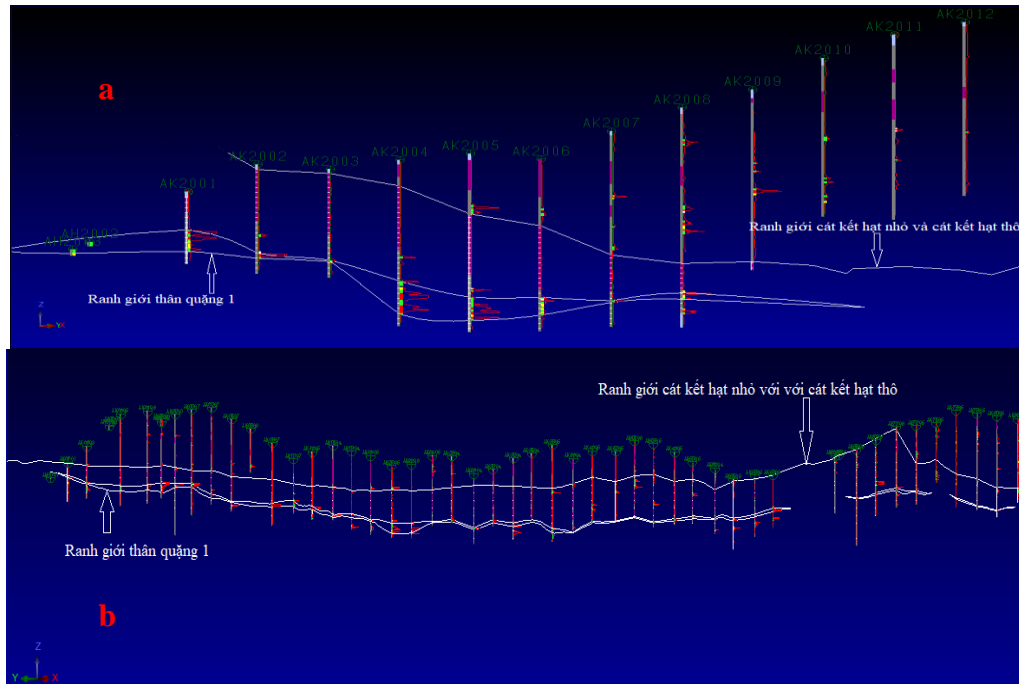
4. Kết quả và thảo luận

4.1. Đặc điểm biến hóa quặng hóa urani khu vực Pà Lừa - Pà Rồng

Quy luật và sự biến hóa quặng hóa urani trong khu vực nghiên cứu: để đánh giá về quy luật và sự biến hóa quặng urani trong khu vực nghiên cứu, tác giả tiến hành mô hình hóa thân quặng theo hệ thống mặt cắt địa chất tuyến thăm dò và thành lập các bản đồ đồng đẳng (đẳng trụ, đồng chiều dày và đồng hàm lượng) cho các thân quặng 1, 2 và 3a bằng phần mềm Surpac [29]. Do khuôn khổ có hạn, nên trong bài báo chỉ trích dẫn tài liệu của thân quặng 1 - khu A (Hình 3a, b). Phân tích tài liệu thu nhận được từ các mô hình cụ thể rút ra một số nhận xét sau:

- Kết quả khảo sát (Hình 3a, b) cho thấy: các thân quặng có xu hướng chung cắm về đông bắc ($45-55^\circ$) với góc dốc $5-15^\circ$, cá biệt đến 20° , có vị trí gần như nằm ngang, về tổng thể các thân quặng có dạng vỉa (tabuler) [29]. Đồng thời từ hệ thống mặt cắt tuyến thăm dò [20] cho phép nhận thức được về đặc điểm biến đổi không gian của thân quặng urani công nghiệp và mối quan hệ giữa chúng với đá vây quanh.

- Phân tích các bình đồ đẳng trụ của các thân quặng 1, 2 và 3a cho thấy xu hướng chung thân quặng dạng đơn nghiêng cắm về đông bắc; trên đó phát triển một số nếp uốn bậc cao. Các trục nếp uốn bậc cao chủ yếu có phương đông bắc - tây nam hoặc á kinh tuyến.



Hình 3. a) Mặt cắt ngang tuyến 20 khu A; b) Mặt cắt dọc tuyến trục khu A.

- Phân tích các bình đồ đồng hàm lượng, đồng chiều dày thân quặng urani và hệ thống mặt cắt tuyến thăm dò cho thấy: hình thái - cấu trúc các thân quặng tương đối phức tạp, thân công nghiệp có dạng chuỗi thấu kính, phình thóp không rõ quy luật. Chiều dày và hàm lượng urani trong các thân quặng biến đổi dạng nhảy vọt, gián đoạn và không có quy luật; cấu trúc nội bộ từ đơn giản đến phức tạp.

- Sự biến đổi chiều dày và hàm lượng urani trong các thân quặng thể hiện khá tương đồng với nhau, nghĩa là trong phạm vi thân quặng có chiều dày lớn, hàm lượng urani giàu hơn so với vị trí thân quặng có chiều dày mỏng. Mặt khác, kết quả xác định hệ số tương quan (R_{xy}) giữa chiều dày và hàm lượng cho hai thân quặng: $R_{xy} = 0,7$ (TQ1) và $R_{xy} = 0,6$ (TQ2) cũng chỉ rõ giữa chiều dày và hàm lượng có mối quan hệ thuận tương đối chặt. Các thấu kính quặng urani tập trung và tương đối ổn định ở khu trung tâm và có xu hướng giảm dần về phía bắc và phía nam khu vực nghiên cứu cả về quy mô và hàm lượng. Đặc điểm chung nhất là các thấu kính 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. Các thấu kính quặng công nghiệp kéo dài theo đường phương từ 35 m đến 250 m, trung bình từ 60-110 m; theo hướng dốc thay đổi từ 25-35 m đến 120-130 m, trung bình từ 50 m đến 100 m. Khoảng cách gián đoạn giữa các thấu kính urani công nghiệp thay đổi từ 20 m đến 100 m.

Đặc điểm biến hóa về chiều dày và hàm lượng U_3O_8 trong các thân quặng urani công nghiệp: kết quả xử lý thống kê chiều dày và hàm lượng U_3O_8 trong thân quặng công nghiệp TQ1 và TQ2 tổng hợp trong Bảng 1 [20].

Từ Bảng 1 rút ra một số nhận xét sau:

- Chiều dày trung bình của 03 thân quặng (TQ1, TQ2, TQ3a) từ 1,7÷2,4 m, thuộc nhóm thân quặng có chiều dày mỏng đến trung bình và mức độ biến đổi thuộc loại không ổn định đến rất không ổn định ($V_m = 83,8\div 102,8\%$).

- Hàm lượng U_3O_8 trung bình trong các thân quặng công nghiệp từ 0,029÷0,054% U_3O_8 , thuộc loại quặng nghèo; hàm lượng phân bố trong các thân quặng từ không đồng đều đến rất không đồng đều ($V_c = 57,9\div 100,9\%$).

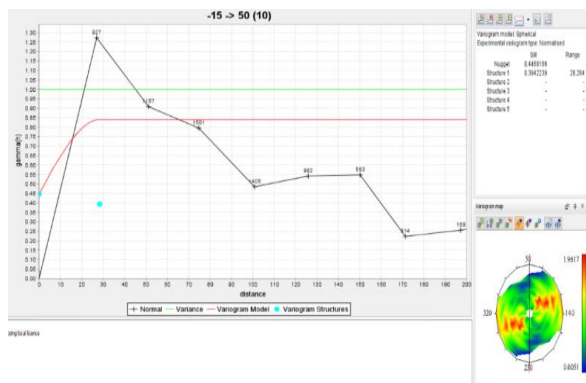
Bảng 1. Kết quả xử lý thống kê hàm lượng U_3O_8 và chiều dày một số thân quặng chính

TT	Số hiệu thân quặng (khu)	Chiều dày (m)				Hàm lượng (U_3O_8) %			
		Min	Max	Trung bình	V_m (%)	Min	Max	Trung bình	V_c (%)
1	TQ1 (B-A-E)	0,6	19,1	2,4	100,8	0,010	0,365	0,050	100,9
2	TQ1(G)	0,6	14,5	2,4	96,1	0,010	0,395	0,049	100,8
3	TQ2 (A)	0,5	10,0	2,3	83,8	0,010	0,240	0,029	70,5
4	TQ2 (G)	0,6	7,6	1,7	85,2	0,010	0,168	0,035	78,6
5	TQ3a (A)	0,6	11,5	1,83	102,8	0,012	0,112	0,029	57,9

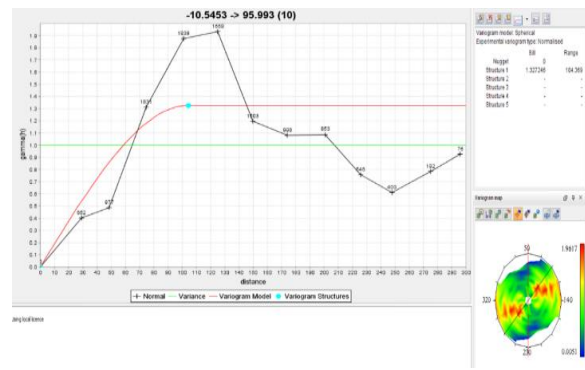
4.2. Đặc tính dị hướng của khoáng sản

Trong phạm vi bài báo, tác giả trích dẫn kết quả mô hình hóa theo 4 hướng cơ bản (50^0 , 95^0 , 140^0 , 185^0), với góc xoay xung quanh mỗi hướng là $\pm 22,5^0$ cho hàm lượng (U_3O_8) và chiều dày của thân quặng 1 [29]. Thân quặng 1 là thân quặng có dữ liệu nhiều nhất trong khu vực Pà Lừa - Pà

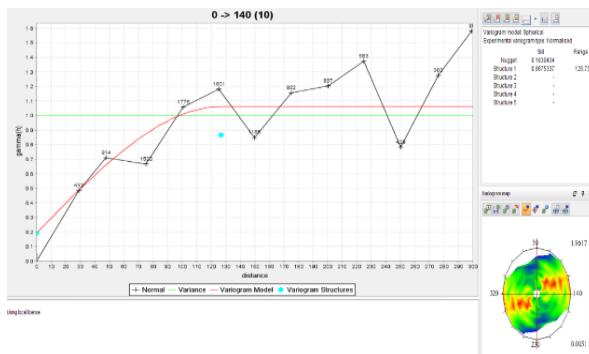
Ròng, được khống chế bởi 380 lỗ khoan, 20 hào và vết lộ, với 1658 mẫu phân tích có hàm lượng $U_3O_8 \geq 0,01\%$. Kết quả khảo sát $\gamma(h)$ thực nghiệm và mô hình hóa lý thuyết theo hàm lượng U_3O_8 bằng phần mềm SURPAC của thân quặng 1 trích dẫn trên Hình 4, 5, 6, 7 và tổng hợp trong Bảng 2.



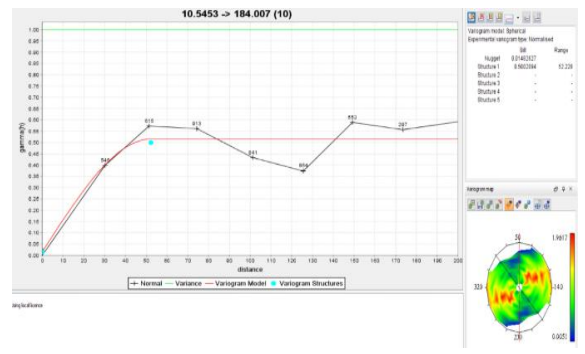
Hình 4. Variogram theo hướng 50^0 .



Hình 5. Variogram hướng 95^0 .



Hình 6. Variogram hướng 140^0 .



Hình 7. Variogram hướng 185^0 .

Ghi chú: trên các Hình 4-7, đường zic-zắc là Variogram thực nghiệm, đường trơn là Variogram mô hình hoá theo mô hình cầu.

Bảng 2. Bảng tổng hợp kết quả khảo sát Variogram theo hàm lượng của TQ1

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)	
50	0,45	0,84	30	$\gamma(h) = 0,45 + 0,39(1,5 \frac{h}{30} - 0,5 \frac{h^3}{30^3}) \text{ khi } h \leq 30$ $= 0,45 + 0,39 = 0,84 \text{ khi } h > 30$
95	0	1,33	105	$\gamma(h) = 1,33(1,5 \frac{h}{105} - 0,5 \frac{h^3}{105^3}) \text{ khi } h \leq 105$ $= 1,33 \text{ khi } h > 105$
140	0,19	1,06	125	$\gamma(h) = 0,19 + 0,87(1,5 \frac{h}{125} - 0,5 \frac{h^3}{125^3}) \text{ khi } h \leq 125$ $= 0,19 + 0,87 = 1,06 \text{ khi } h > 125$
185	0,02	0,52	52	$\gamma(h) = 0,02 + 0,5(1,5 \frac{h}{52} - 0,5 \frac{h^3}{52^3}) \text{ khi } h \leq 52$ $= 0,02 + 0,5 = 0,52 \text{ khi } h > 52$
<p>* Hiệu ứng tự sinh: phản ánh sự biến đổi cục bộ (mẫu đặc cao) về chiều dày cũng như hàm lượng. * Trần: phản ánh kết quả tính toán không vượt qua.</p>				

Từ Hình 4-7 và Bảng 2 rút ra một số kết luận sau:

- Theo cả 4 hướng (50^0 , 95^0 , 140^0 và 185^0), các variogram hàm lượng U_3O_8 và chiều dày thân quặng đều có dạng mô hình cầu, thể hiện rõ hiệu ứng tự sinh (có biểu hiện mẫu đặc cao) với mức độ khác nhau. Kết quả khảo sát cũng cho thấy sự biến đổi của hàm lượng phức tạp hơn chiều dày thân quặng.

- Hàm lượng biến đổi nhỏ nhất trùng hướng dốc thân quặng ($50^0 \pm 12,5^0$), với kích thước đối ảnh hưởng là 30 m; hướng biến đổi lớn nhất trùng với phương kéo dài của thân quặng ($140^0 \pm 12,5^0$), với kích thước đối ảnh hưởng là 125 m; chỉ số dị hướng $A = 4,16$ cho thấy mức độ biến đổi hàm lượng U_3O_8 lớn theo các hướng khác nhau, biến đổi theo đường phương bằng 4 lần theo hướng dốc.

- Đặc tính biến đổi của chiều dày phù hợp với hàm lượng, nhưng mức độ biến đổi đơn giản hơn, với kích thước đối ảnh hưởng theo hướng dốc là 55 m và 125 m theo đường phương, chỉ số dị hướng $A = 2,27$, biến đổi theo đường phương bằng 2 lần theo hướng dốc.

Từ kết quả trên cho thấy: mạng lưới thăm dò urani nêu trên nên sử dụng mạng lưới hình chữ nhật.

4.3. Một số trao đổi và thảo luận

- Kết quả nghiên cứu là cơ sở quan trọng trong việc luận giải nhóm mỏ thăm dò, lựa chọn phương vị và khoảng cách bố trí công trình thăm dò, cũng như phương pháp tính trữ lượng urani trong cát kết khu Pà Lừa - Pà Rông nói riêng, trung Nông Sơn nói chung. Trên cơ sở phân tích đặc điểm cấu trúc địa chất và kết quả đánh giá về đặc điểm biến hóa của các thông số địa chất công nghiệp thân quặng, thì đối tượng nghiên cứu xếp vào nhóm mỏ thăm dò III là hợp lý với lý do đây là loại hình mỏ có cấu trúc địa chất phức tạp, các thân quặng urani có dạng vỉa (lớp), vỉa thấu kính (chuỗi thấu kính), phình thóp không rõ quy luật, mức độ biến đổi chiều dày không ổn định ($V_m = 83,8 \div 102,8\%$), hàm lượng phân bố không đồng đều ($V_c = 57,9 \div 100,9\%$).

- Với đặc tính dị hướng nêu trên, để lựa chọn mạng lưới thăm dò hợp lý nhất là dựa vào đặc tính biến đổi về hàm lượng urani trong các thân

quặng. Hình dạng mạng lưới thăm dò tốt nhất áp dụng mạng lưới dạng tuyến song song, phương vị tuyến thăm dò trùng phương vị hướng dốc của thân quặng và khoảng cách tuyến gấp 2-3 lần khoảng cách công trình trên tuyến (khoảng cách tuyến bố trí không quá 50-60 m, công trình trên tuyến không quá 25-30 m.

- Mô hình hàm cấu trúc không chỉ là cơ sở để đánh giá đặc tính biến hóa của quặng hóa, mà còn là chỉ số để lựa chọn kích thước khối tính trữ lượng, tài nguyên urani trong các thân quặng và xác định sai số ước lượng bằng phương sai Kriging. Vì vậy, mô hình cần được áp dụng rộng rãi trong thăm dò các mỏ khoáng sản; đặc biệt trong công tác tính trữ lượng, tài nguyên urani trong cát kết vùng Nông Sơn.

5. Kết luận

i) Các thân quặng urani công nghiệp tập trung và tương đối ổn định ở trung tâm khu vực nghiên cứu và có xu hướng giảm dần về hai phía cả về quy mô và hàm lượng. Chúng phân bố tạo thành chuỗi thấu kính kéo dài theo phương tây bắc - đông nam và được liên kết với nhau trong một lớp đá chứa quặng nhất định. Đá chứa quặng chủ yếu là cát kết acko hạt thô đến trung; màu xám, xám đen giàu vật chất hữu cơ. Các thân quặng công nghiệp kéo dài theo đường phương từ 35 m đến 250 m, trung bình từ 60-110 m; theo hướng dốc thay đổi từ 25-35 m đến 120-130 m, trung bình từ 50 m đến 100 m. Khoảng cách gián đoạn giữa các thấu kính urani công nghiệp thay đổi từ 20 m đến 100 m;

ii) Các thân quặng urani khu vực nghiên cứu, chủ yếu có dạng lớp (tabular), giả chỉnh hợp với đá vây quanh. Thân quặng có xu hướng chung cắm đơn nghiêng về đông bắc ($45-55^{\circ}$) với góc dốc $5-15^{\circ}$, cá biệt trên 20° , trên đó phát triển một số nếp uốn bậc cao. Như vậy, phương vị hệ thống tuyến thăm dò đã tiến hành trên khu vực nghiên cứu là phù hợp với cấu trúc chung của thân quặng. Các tuyến thăm dò đã bố trí vuông góc hoặc gần vuông góc với phương kéo dài của thân quặng và không chế được các nếp uốn bậc cao;

iii) Chiều dày và hàm lượng urani trong các thân quặng biến đổi dạng nhảy vọt, gián đoạn và

không rõ quy luật; hình thái - cấu trúc tương đối phức tạp, hình thái không có quy luật. Đây là yếu tố gây khó khăn trong công tác thăm dò và ảnh hưởng không nhỏ đến độ tin cậy của công tác tính trữ lượng, tài nguyên urani trong khu vực Pà Lừa - Pà Rông nói riêng, urani trong cát kết vùng Nông Sơn nói chung;

iv) Sự biến đổi chiều dày và hàm lượng urani thể hiện khá tương đồng và giữa chúng có mối quan hệ thuận tương đối chặt. Kết quả thăm dò chỉ rõ phạm vi thân quặng dày, thường có hàm lượng lớn hơn và ngược lại.

Lời cảm ơn

Bài báo giới thiệu trên cơ sở tài liệu thu nhận được trong quá trình thực hiện đề án thăm dò quặng urani khu vực Pà Lừa - Pà Rông, huyện Nam Giang, tỉnh Quảng Nam do Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiểm chủ trì.

Tài liệu tham khảo

- [1] T. V. Tri, V. Khuc (Co-Editor) et al., *Geology and Natural Resources of Vietnam*, Geological Archives, Hanoi, 2009.
- [2] T. H. Son et al., *Report Assessment of Uranium Potential in Vietnam up to the Year 2019*, The Vietnam Institute of Geosciences and Mineral Resources, 2020 (in Vietnamese).
- [3] T. X. Ben, *Geochemical Characteristics - Radioactive ore Minerals in Khe Hoa - Khe Cao Area, Nong Son Coal Basin*, Thesis of Doctor of Geography – Geology, National Library Archives, Hanoi, 1995.
- [4] N. Q. Hung, *Petrological Characteristics and Uranium Ore Mineralization in Late Triassic Sediments of Nong Son Region*, Thesis of Doctor of Geology, National Library Archives, Hanoi, 2002.
- [5] N. T. Giang, *Structural - Tectonic Characteristics of the Northwestern Part of Nong Son Basin, Quang Nam and the Formation of Uranium Minerals in Sandstone*, Thesis of Doctor of Geology. National Library Archives, Hanoi, 2018.
- [6] N. V. Hoai et al., *Establishment of Mineralogy and Radiological Ore Diagnosis in the Territory of the Socialist Republic of Vietnam, Scale 1:500,000*. Archives of the Federation of Radiation Geology - Rare, Hanoi, 1986.

- [7] N. V. Hoai et al., Report on Potential Assessment of Uranium and Some Mineral Materials for the Atomic Energy Industry in the Territory of the Socialist Republic of Vietnam, Archives of the Federation of Radiation Geology - Rare, Hanoi, 1990.
- [8] N. V. Hoai et al., Report on Research Results on the Bottom Surface of Nong Son Basin Mesozoic Sediments at the Scale of 1:200 000 and Evaluate the Prospect of Uranium in the Working Area, Archives of the Federation of Radiation Geology - Rare, Hanoi, 1993.
- [9] N. V. Hoai et al., Research Report on Assessment of Uranium Potential in Kon Tum and Tu Le Outcrops, Archives Federation of Radioactive Geology – Rare, 2002.
- [10] N. D. Dong, N. Q. Hung et al., Report on Research, Survey, Overview Assessment of Uranium Resources and Reserves in Vietnam, Archives Federation of Radioactive Geology – Rare, 2005.
- [11] N. D. Son, N. T. Giang et al., Research on Building Models of Uranium Mines in Sandstone In Vietnam, Science and Technology Topic at Ministerial Level, Archives Federation of Radioactive Geology – Rare, 2014.
- [12] N. Q. Hung et al., Report on the Search for Uranium and Other Minerals in Ta Bhing - Nong Son Valley, Quang Nam Province, Archives Federation of Radioactive Geology – Rare, 1997.
- [13] N. Q. Hung et al., Geological Report on Uranium Assessment Results at Pa Lua Site, Quang Nam Province, Scale 1:2,000, Archives Federation of Radioactive Geology – Rare, 1999.
- [14] L. Q. Tam et al., Report on Assessment of Uranium Ore in the Southeast Ben Giang Area, Quang Nam Province, Archives Federation of Radioactive Geology – Rare, 2004.
- [15] L. Q. Tam et al., Report on Uranium Ore Exploration in Pa Lua - Pa Rong Area, Nam Giang District, Quang Nam Province, Archives Federation of Radioactive Geology – Rare, 2021.
- [16] N. D. Thanh et al., Report on the Results of Uranium Assessment in An Diem Area, Quang Nam Province, Archives Federation of Radioactive Geology – Rare, 2001.
- [17] C. D. Ung et al., Report on the Detailed Search for Uranium in the Nong Son Coal Mine, Archives of the Federation of Radiation Geology - Rare, Hanoi, 1989.
- [18] C. D. Ung et al., Report on Uranium Search Results in Khe Hoa - Khe Cao Area, Quang Nam - Da Nang Province, Scale 1:10,000, Archives of the Federation of Radiation Geology - Rare, Hanoi, 1995.
- [19] C. N. Hung et al., Report on Geology and Minerals of Hoi An - Da Nang Newspaper Group, Together with Geology & KS Map of Nong Son Group at the Scale of 1,50,000, Geological Archives, Hanoi, 1996.
- [20] L. Q. Tam, N. D. Than, N. Phuong, N. T. Phu et al., Report on the Results of Uranium Exploration in the Pa Lua - Pa Rong Area, Nam Giang District, Quang Nam Province, Center for Information & Archives of Geology, Hanoi, 2021 (in Vietnamese).
- [21] М. ф. Каширцева, Методы изучения эпическческих изменений в рыхлых осадочных породах, Изд. Недра, Москва, 1970.
- [22] N. Phuong et al., Research and Apply Scientific and Technological Solutions to Improve the Efficiency of Uranium Search-exploration in the Territory of Vietnam to Serve the Nuclear Power Development Program, Archives Library of the University of Mining and Geology, Hanoi, 2008 (in Vietnamese).
- [23] T. X. Luan, Geostatistics. Publishing House of Transport, 2010.
- [24] L. Q. Khang, N. Phuong, B. H. Bac, N. T. Dung, K. T. Hung, Geological Data Processing Methods, Transport Publishing House, 2018 (in Vietnamese).
- [25] G. Matheron, Traite De Geostatistique Appliquee, Tome Ii, Technip, Paris, Vol. 2, 1963.
- [26] G. Matheron, La Theory Des Variables Régionalisees, Et Ses Application, Advances in Applied Probability, Ecole Des Mines De Paris, Vol. 5, 1970, pp. v439-468.
- [27] Z. Kokesz, Effective Application of Kriging Method in Mine Reserve Assessment, The 7th Workshop on Exploration Methods and Preparation of Mine Reserve Calculation Reports, Academy of Mining and Metallurgy Krakow, Poland, Translation of the Office of the National Mineral Reserve Assessment Council, Hanoi, 1991.
- [28] J. C. Davis, Statistics and Data Analysis in Geology, John Wiley & Sons, New York - Chichester - Brisbane - Tronto - Singapore, ISBN 0-471-17275-8, 2002, pp. 416-443.
- [29] N. T. Phu, L. Q. Tam, P. Q. Huy, N. D. Than et al., Report on Establishing the Law of Variation of Reserve Calculation Parameters and Determining the Uranium ore Reserves of Pa Lua - Pa Rong using Surpac Software under the Uranium Exploration Project of Pa Lua - Pa Rong Area, Nam Giang District, Quang Nam Province, Archive of Rare Earth Geology Association, 2019 (in Vietnamese).