

Nghiên cứu tính liều bức xạ gia tăng do hoạt động thăm dò đất hiếm mỏ Muồng Hum, tỉnh Lào Cai

Nguyễn Văn Dũng^a, Vũ Thị Lan Anh^b

Tóm tắt:

Bài báo nghiên cứu sự gia tăng liều bức xạ do hoạt động khoáng tại mỏ đất hiếm Muồng Hum chứa hàm lượng cao các nhân phóng xạ tự nhiên (^{238}U , ^{232}Th và ^{40}K). Sử dụng hệ phương pháp đo suất liều gamma, nồng độ khí radon bằng các thiết bị DKS-96, RAD-7 và xác định hoạt độ các nhân phóng xạ tự nhiên (^{238}U , ^{232}Th và ^{40}K) bằng hệ phân tích ICP-MS để xác định liều bức xạ trước (phông bức xạ tự nhiên) và sau khi có hoạt động thăm dò đất hiếm (liều bức xạ hiện thời). Kết quả đã xác định được giá trị liều bức xạ trước thăm dò (phông bức xạ tự nhiên) của khu mỏ là 9,22 mSv/năm và liều bức xạ sau thăm dò là 13,87 mSv/năm. Liều bức xạ gia tăng do hoạt động thăm dò quặng đất hiếm tại khu vực là 4,65 mSv/năm, lớn hơn 4 lần so với tiêu chuẩn giới hạn liều đối với công chúng. Kết quả đạt được là cơ sở để theo dõi tác động của môi trường phóng xạ và đưa ra các giải pháp giảm thiểu ảnh hưởng của nền phông bức xạ ion hóa đến môi trường sinh thái khi mỏ đi vào khai thác, chế biến quặng đất hiếm.

Từ khóa: *liều bức xạ, đất hiếm, phóng xạ, Muồng Hum, Lào Cai*

^a Khoa Môi trường, Trường Đại học Mỏ - Địa chất; Số 18, Phố Viên, Đức Thắng, Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam. e-mail: nguyenvandung@humg.edu.vn

^b Khoa Môi trường, Trường Đại học Mỏ - Địa chất; Số 18, Phố Viên, Đức Thắng, Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam. e-mail: vuthilananh@humg.edu.vn

Study to Calculate Increased Radiation Dose due to Rare Earth Exploration Activities at Muong Hum Mine, Lao Cai Province

Nguyen Van Dung, Vu Thi Lan Anh

Abstract:

The paper studies the increase in radiation dose due to mineral activity at Muong Hum rare earth mine containing high levels of natural radionuclides (^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K). Using the method of measuring gamma dose rate, radon gas concentration by DKS-96, RAD-7 devices and determining the activity of natural radionuclides (^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K) by analysis system ICP-MS to determine radiation dose before (natural radiation background) and after rare earth exploration (current radiation dose). The results have determined that the pre-exploration radiation dose value (natural radiation background) of the mine is 9.22 mSv/year and the post-exploration radiation dose is 13.87 mSv/year. The increased radiation dose due to rare earth ore exploration in the area is 4.65 mSv/year, four times larger than the standard dose limit for the public. The obtained results are the basis for monitoring the impact of the radioactive environment and providing solutions to minimize the impact of the background of ionizing radiation on the ecological environment when the mine goes into mining and processing of rare earth ores.

Key words: *radiation dose, rare earth, radioactive, Muong Hum, Lao Cai*

Received: 21.02.2022; Accepted: 21.5.2022; Published: 29.6.2022

Đặt vấn đề

Bức xạ liều cao gây ra những tác động bất lợi đối với sức khỏe con người. Mức độ nguy hiểm của chiếu xạ tự nhiên được đánh giá thông qua tổng liều hiệu dụng hàng năm mà các nguồn chiếu xạ có thể gây ra (Bộ Công thương, 2011; UNSCEAR, 2000). Tổng liều bức xạ tự nhiên tại mỗi vùng được xác định từ các thành phần liều chủ yếu sau:

- Liều chiếu trong qua đường hô hấp: do hít thở khí radon trong môi trường không khí, qua đường tiêu hóa: ăn lương thực-thực phẩm, uống nước có lẫn các nhân phóng xạ;

- Liều chiếu ngoài gây bởi các nhân phóng xạ có trong thành phần đất-đá trên bề mặt trái đất, chủ yếu là từ bức xạ gamma của các nhân ^{226}Ra , ^{232}Th và ^{40}K , từ bức xạ vũ trụ (do các tia vũ trụ gây ra).

Thành phần liều nghề nghiệp và liều y tế thường là rất nhỏ, có thể bỏ qua trong các phép ước tính liều bức xạ tự nhiên, đặc biệt là đối với những vùng có mức phong phóng xạ tự nhiên cao như các khu khai thác mỏ, vùng sa khoáng ven biển...

Theo đánh giá của Ủy ban Khoa học Liên Hợp Quốc về Tác động Bức xạ Nguyên tử (UNSCEAR, 2000), trong tổng liều bức xạ trung bình toàn cầu là 2,4 mSv/năm, thành phần liều chiếu ngoài từ bức xạ gamma chiếm 20%; thành phần liều chiếu trong do hít khí radon trong không khí chiếm 59%; thành phần liều chiếu do bức xạ vũ trụ gây ra 16%, còn lại là các thành phần liều nghề nghiệp và liều y tế.

Liều bức xạ tự nhiên ở các địa phương khác nhau là khác nhau chủ yếu là do sự biến đổi của các thành phần liều chiếu ngoài từ bức xạ gamma và thành phần liều chiếu trong do nồng độ khí radon của các thành tạo địa chất cấu tạo nên môi trường sống trong khu vực gây nên, còn thành phần liều do bức xạ vũ trụ và liều do ăn uống thường biến đổi không nhiều.

Các hạt nhân phóng xạ tự nhiên có đóng góp phần lớn vào mức liều bức xạ bao gồm các nhân nguyên thủy là ^{238}U , ^{232}Th và ^{40}K , có trong lớp vỏ Trái Đất, chúng tồn tại trong đá quặng, đất, thực vật, nước và không khí. Bức xạ gamma từ các hạt nhân phóng xạ tự nhiên và các tia vũ trụ tạo thành sự phơi nhiễm chiếu xạ ngoài gây tác động đến sức khỏe và môi trường sinh thái (UNSCEAR, 2000). Các hạt nhân phóng xạ tự nhiên ^{226}Ra , ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K và con cháu của chúng trong đất bề mặt gây ra liều bức xạ gamma trên mặt đất và đóng góp khoảng 20% liều hiệu dụng hàng năm tác động đến người dân sinh sống trong khu vực (UNSCEAR, 2000). Các hạt nhân phóng xạ trong đất có thể được di chuyển vào cây cối và tích lũy trong cơ thể con người thông qua chuỗi thức ăn lương thực và rau quả (UNSCEAR, 2000) và xuất hiện ở các mức độ khác nhau trong các loại đất, đá của từng khu vực trên thế giới (UNSCEAR, 2000).

Việt Nam là quốc gia có trữ lượng tài nguyên đất hiếm lớn thứ 3 thế giới với khoảng 20 triệu tấn, tập trung ở các mỏ Mường Hum, Đông Pao, Nậm Xe, Yên Phú... theo kết

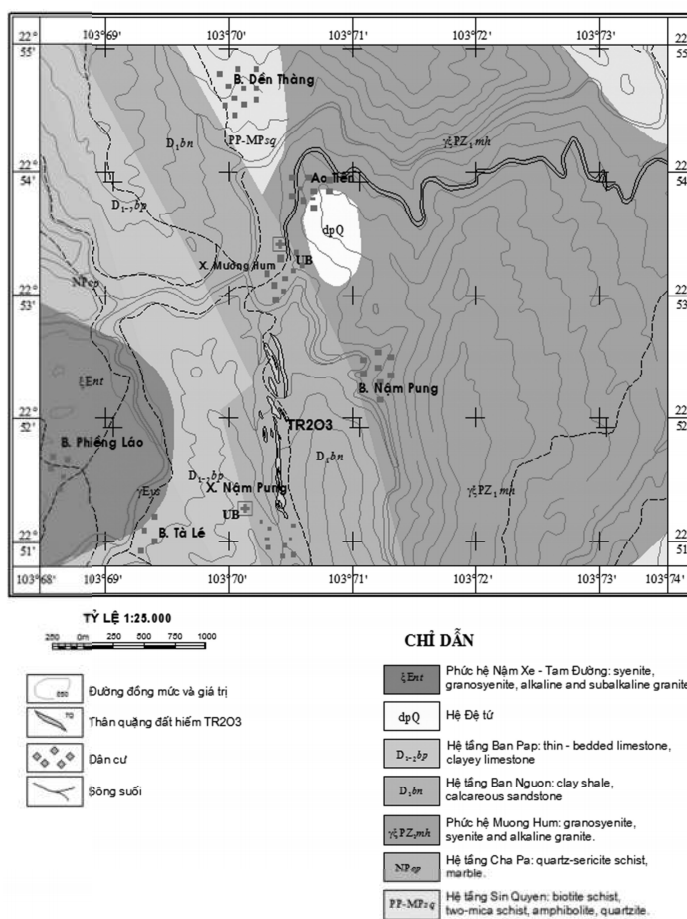
quả phân tích thành phần khoáng vật đất hiếm chứa hàm lượng cao các nhân phóng xạ tự nhiên (^{238}U , ^{232}Th và ^{40}K), các mỏ này đã được khảo sát đánh giá trữ lượng và sẽ được khai thác, chế biến trong thời gian tới (Bộ Công thương, 2011).

Trong nội dung bài báo chúng tôi nghiên cứu liều bức xạ gia tăng do hoạt động thăm dò quặng đất hiếm chứa hàm lượng cao các nhân phóng xạ tự nhiên (^{238}U , ^{232}Th và ^{40}K) mỏ Mường Hum, huyện Bát Xát, tỉnh Lào Cai

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Đối tượng

Mỏ đất hiếm Mường Hum thuộc các xã Nậm Pung và Mường Hum, huyện Bát Xát, tỉnh Lào Cai, được giới hạn bởi tọa độ $22^{\circ}51' \div 22^{\circ}55'$ vĩ độ Bắc và $103^{\circ}68' \div 103^{\circ}74'$ kinh độ Đông (Hình 1), là khu vực thuộc dạng địa hình phức tạp, phần dọc trung tâm theo hướng Tây Bắc - Đông Nam là địa hình đồi núi thấp, bao bọc hai bên sườn là hai dãy núi cao bị phân cắt mạnh. Độ cao thay đổi từ $500 \div 2,000\text{m}$ tạo nên nhiều thành vách, phân cắt bởi các hệ thống sông suối. Đặc điểm địa chất của khu vực gồm các hệ tầng: Hệ tầng Sin Quyền (PP-MP_{sq}), Hệ tầng Bản Nguồn (D_{1bn}), Hệ tầng Cha Pả (NP_{cp}), Hệ tầng Bản Páp (D_{1-2bp}), hệ tầng Nậm Xe - Tam Đường (aG-aSy/E_{nt}), hệ tầng Mường Hum (aG/PZ_{2mh}), hệ đệ tứ (dp_Q). Kết quả điều tra đánh giá của Liên đoàn địa



Hình 1. Sơ đồ địa chất khu vực mỏ đất hiếm Mường Hum (Trần Bình Trọng và cộng sự, 2005)

chất xạ hiếm (Bộ Công thương, 2011; Trần Bình Trọng và cộng sự, 2005; Bùi Tất Hợp và cộng sự, 2010; Nguyễn Văn Dũng và cộng sự, 2020) cho thấy đây là mỏ đất hiếm có trữ

lượng lớn, tài nguyên đất hiếm tại chỗ là 175,000 tấn TR_2O_3 , tài nguyên đất hiếm nhóm nặng là 37,500 tấn.

Thành phần khoáng vật quặng đất hiếm ở mỏ Mường Hum bao gồm chủ yếu là tập hợp các khoáng vật nặng bền vững trong điều kiện ngoại sinh đặc trưng cho loại hình quặng sa khoáng gồm: monazit, thori, oxinit, bastnezit, checchit, smacskit, thạch anh, manhetit, ilmenit, inmenorutin, zircon, octit, sphen, barit. Hàm lượng TR_2O_3 trong mỏ dao động từ $0,78 \div 3,02\%$, trung bình $1,45\%$ TR_2O_3 , thori từ $0,106 \div 0,188\%$ ThO_2 , trung bình $0,157\%$ ThO_2 , urani từ $0,012 \div 0,028\%$ U_3O_8 , trung bình $0,016\%$ U_3O_8 . Kết quả phân tích cho thấy tỷ lệ đất hiếm nhóm nặng trong mỏ dao động từ 16 - 40%, trung bình 22% so với tổng oxit đất hiếm (Bộ Công thương, 2011; Trần Bình Trọng và cộng sự, 2005; Bùi Tất Hợp và cộng sự, 2010; Nguyễn Văn Dũng và cộng sự, 2020).

Phương pháp nghiên cứu

Cơ sở lựa chọn phương pháp

Chúng ta đã biết, trường bức xạ tự nhiên phụ thuộc vào các điều kiện tự nhiên và địa chất khoáng sản mà có sự khác nhau giữa các vùng miền trong mỗi nước và có sự khác nhau giữa các quốc gia. Mặc dù vậy, dựa vào phương pháp điều tra có hệ thống và phương pháp xử lý thống kê, đã xác định được phong bức xạ tự nhiên trên phạm vi toàn cầu là 2,43 mSv/năm (UNSCEAR, 2000).

Đối với công việc bức xạ, giá trị giới hạn liều nghề nghiệp được xác định là 20 mSv/năm, đối với công chúng tiêu chuẩn giới hạn liều là 1mSv/năm (Bộ Khoa học và Công nghệ, 2012; IAEA, 2003; 2014) (không kể phong bức xạ tự nhiên).

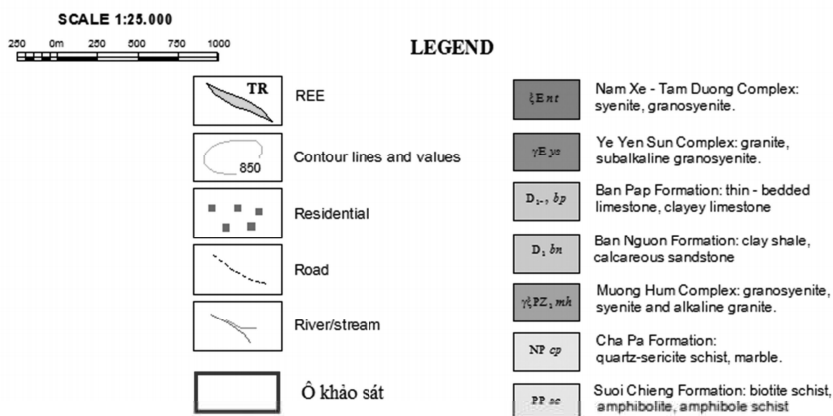
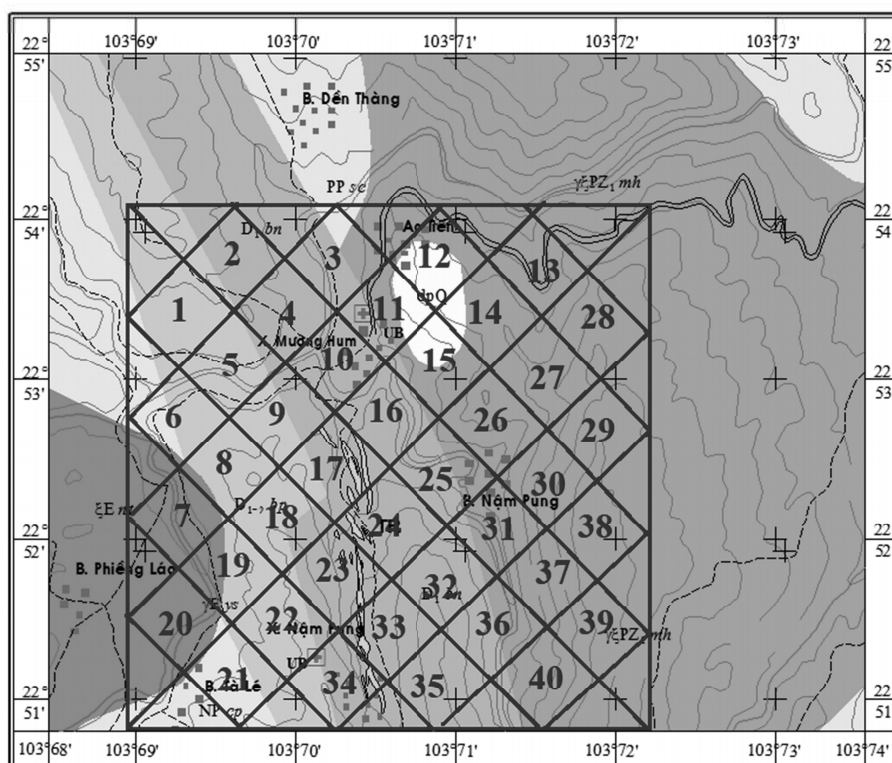
Người dân hoặc cán bộ trong quá trình sinh sống và hoạt động nghề nghiệp có thể có mặt tại bất cứ địa điểm nào trong khu vực mỏ và chịu liều chiếu xạ được trung bình hóa của toàn bộ môi trường mà người ta sinh sống. Xét cho cùng thì mỗi người nói riêng hay toàn bộ cộng đồng người sinh sống và làm việc trong khu vực mỏ nói chung trong một năm sẽ chịu một liều bức xạ xác định (phông địa phương) và giá trị liều gia tăng do các hoạt động khai thác chế biến tại mỏ. Chúng ta chỉ có thể xác định liều chiếu xạ trong một năm đối với cộng đồng người sống và làm việc trong khu vực mỏ theo giá trị liều bức xạ phổ biến nhất, có tần suất lớn nhất đặc trưng cho toàn bộ khu vực mỏ.

Phương pháp xác định biến đổi liều do hoạt động khoáng sản khu vực nghiên cứu

Việc xác định liều chiếu trước thăm dò (phông bức xạ tự nhiên) và liều chiếu sau thăm dò, khai thác phải dựa trên mạng lưới điểm khảo sát phân bố đều trên diện tích và mỗi giá trị điểm đo phải là giá trị đặc trưng của đối tượng đồng nhất trên mỗi diện tích nhỏ mà nó đại diện.

Do mỏ đất hiếm Mường Hum đã tiến hành thăm dò, đá, quặng bị đào bới, lớp phủ bị bóc tách, quặng có chỗ bị phủ ít, phủ nhiều không đều, nên giá trị liều bức xạ của các phân vị địa tầng không còn là giá trị của đối tượng đồng nhất nữa. Như vậy, chỉ có thể sử dụng cách chia ô để tính giá trị liều chiếu trung bình của khu vực khảo sát.

Do đó, tác giả đã chia diện tích khảo sát thành các ô. Để đảm bảo các ô đồng nhất về thành phần đã tiến hành chia khu mỏ thành 40 ô có diện tích bằng nhau theo đương phương của thân quặng đất hiếm, mỗi ô $\sim 1,2 \text{ km}^2$ (hình 2) (Lê Khánh Phồn và cộng sự, 2016).



Hình 2. Sơ đồ phân chia ô khảo sát

Tại mỗi ô tiến hành xác định giá trị đặc trưng suất liều bức xạ gamma và nồng độ radon trong không khí bằng phương pháp xây dựng biểu đồ tần suất (phương pháp đo suất gamma và đo nồng độ khí phóng xạ) (TCVN 9414:2012; 9415:201; 9416:2012). Các biểu đồ tần suất suất liều gamma và nồng độ radon xây dựng cho các ô diện tích đều có dạng phân phối chuẩn. Giá trị đặc trưng suất liều bức xạ gamma và nồng độ radon của các ô được xác định theo giá trị tần suất cực đại của đường cong biến thiên. Giá trị liều chiếu xạ trước thăm dò (phông bức xạ tự nhiên đặc trưng của khu mỏ) và liều chiếu xạ gia tăng sau thăm dò được xác định theo các công thức sau (Bộ Khoa học và Công nghệ, 2012; TCVN 9414:2012; 9415:201; 9416:2012; ICRP, 2019).

$$H_{td}(\text{mSv/năm}) = H_n(\text{mSv/năm}) + H_p(\text{mSv/năm}) + H_i(\text{mSv/năm}) \quad (1)$$

Trong đó:

- H_n là liều chiếu ngoài gây bởi bức xạ gamma, được đo tại vị trí cách mặt đất 1m, xác định theo công thức sau:

$$H_n = 8760 \times H_{SL'} (\text{mSv/năm}) \quad (2)$$

Với $H_{SL'}$ ($\mu\text{Sv/h}$) là suất liều chiếu ngoài trong môi trường xung quanh;

- H_i là liều chiếu trong gồm các thành phần:

+ Liều chiếu trong qua đường hô hấp (H_p) do hít phải khí phóng xạ radon, toron được xác định theo công thức sau:

$$H_p = H_{Rn} + H_{Tn} (\text{mSv/năm}) \quad (3)$$

Ở đây: $H_{Rn} = 0,047C_{Rn}(\text{Bq/m}^3)$, $H_{Tn} = 0,007C_{Tn}(\text{Bq/m}^3)$ với C_{Rn} là nồng độ khí radon (^{222}Rn) trong không khí và C_{Tn} là nồng độ khí toron (^{220}Rn) không khí.

+ Liều chiếu trong qua đường tiêu hóa (H_d) (thức ăn và nước uống), được xác định bởi các công thức sau:

$$H_d(\text{mSv/năm}) = (6,2 \cdot 10^{-6}A_K + 2,8 \cdot 10^{-4}A_{Ra} + 2,3 \cdot 10^{-4}A_{Th} + 4,4 \cdot 10^{-5}A_U) \times m_d \quad (4)$$

Trong đó: A_K , A_{Ra} , A_{Th} , A_U là hoạt độ phóng xạ của kali, radi, thori, urani trong một lít nước hoặc một kg thực phẩm (Bq/kg), tương ứng; m_d là lượng nước hoặc thực phẩm trung bình tiêu thụ một người trong một năm (800 lít nước và 650 kg thức ăn).

Thiết bị sử dụng và chương trình QA/QC số liệu đo

Xác định tổng liều bức xạ bằng các phương pháp sau (TCVN 9414:2012; 9419: 2012; 9415:201; 9416:2012):

- Đo suất liều gamma môi trường. Với thiết bị sử dụng là máy đo suất liều DKS-96 do Nga sản xuất, với độ chính xác 0.01 mSv/h;

- Đo khí phóng xạ trong không khí (Rn, Tn) bằng thiết bị RAD-7 do Mỹ sản xuất, độ nhạy 5 Bq/m³;

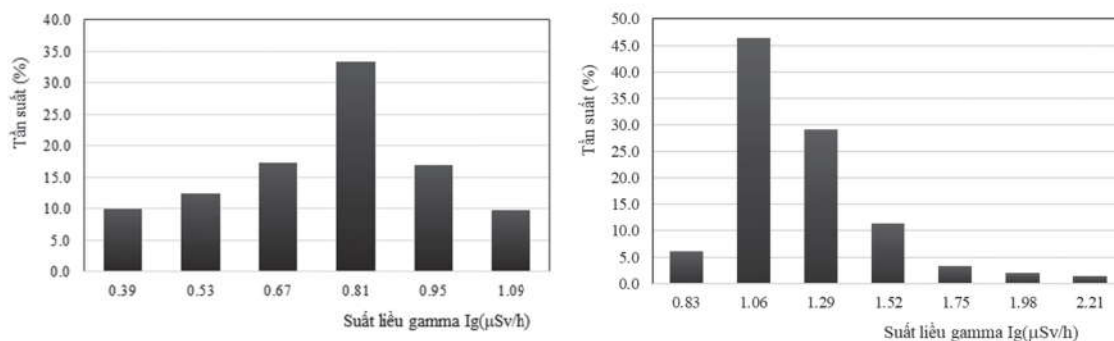
- Phân tích hàm lượng các nhân phóng xạ U, Th, K, Ra bằng phương pháp ICP-MS.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng các quy trình QA/QC sau: số liệu đo hiện trường và lấy mẫu (vị trí lấy mẫu, ngày tháng), vận chuyển mẫu (đảm bảo yêu cầu về lưu trữ và bảo quản mẫu), xử lý và chuẩn bị mẫu trong phòng thí nghiệm, phân tích, kiểm soát và hiệu chuẩn các dụng cụ phân tích và kiểm soát mẫu phân tích. Số liệu đo tại hiện trường và phân tích trong phòng thí nghiệm phải được kiểm tra, tính toán và xử lý đảm bảo chất lượng sử dụng.

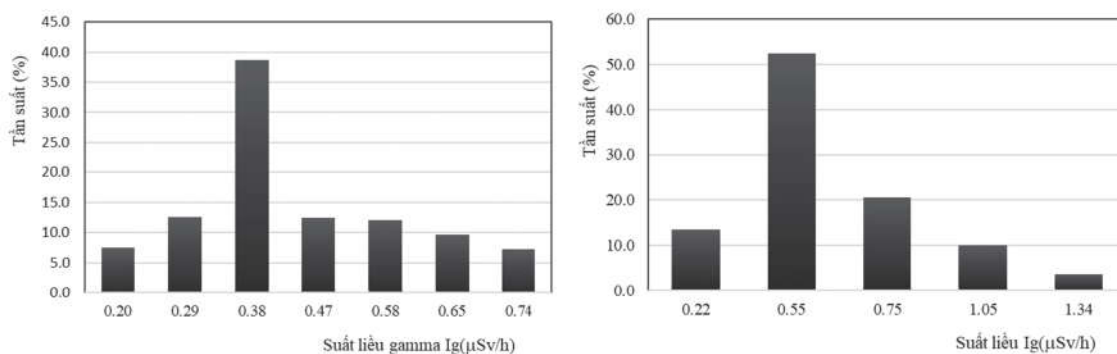
Kết quả và thảo luận

Suất liều bức xạ gamma và nồng độ khí radon tại khu vực khảo sát

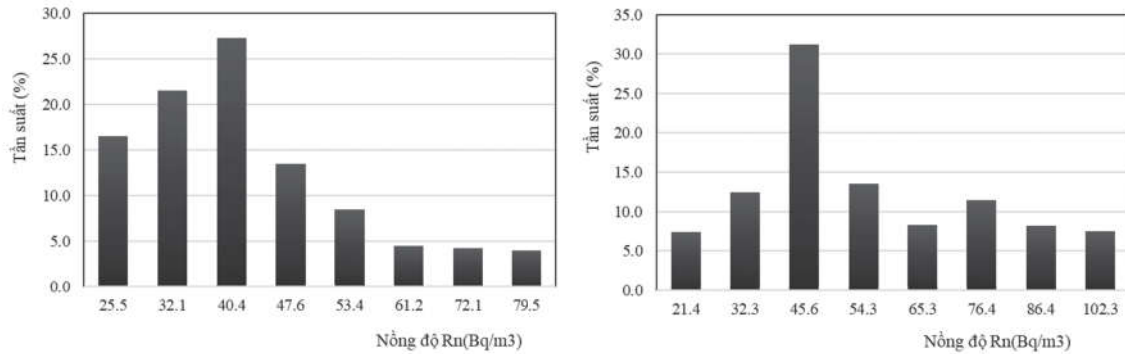
Tại mỗi ô khảo sát tiến hành xây dựng biểu đồ tần suất suất liều bức xạ gamma và nồng độ radon trong không khí. Kết quả xử lý số liệu tại mỗi ô tính được giá trị trung bình suất liều bức xạ gamma, nồng độ khí radon của cả khu mỏ trước và sau thăm dò quặng đất hiếm tại khu mỏ được đưa ra ở Hình 3, 4, 5.



Hình 3. Sơ đồ phân chia ô khảo sát



Hình 4. Biểu đồ tần suất suất liều gamma khu mỏ đất hiếm trước (a) và sau (b) thăm dò



Hình 5. Biểu đồ tần suất nồng độ khí radon khu mỏ trước (a) và sau (b) thăm dò

Liều bức xạ gia tăng do hoạt động khoáng sản tại mỏ đất hiếm Mường Hum

Kết quả tính liều bức xạ trước thăm dò và sau thăm dò quặng đất hiếm Mường Hum được đưa ra trong Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả tính liều bức xạ gia tăng do hoạt động thăm dò khoáng sản

TT	Khu mỏ	Liều bức xạ trước thăm dò (mSv/năm)			Liều bức xạ sau thăm dò (mSv/năm)			Mức gia tăng liều do thăm dò mỏ (mSv/năm)
		H_n	H_p	H_{td}	H_n	H_p	H_{td}	
1	Mường Hum	6,37	2,85	9,22	7,65	6,22	13,87	4,65

Như vậy, liều bức xạ khu vực nghiên cứu trước thăm dò có giá trị là 9,22 mSv/năm, đây gọi là phong bức xạ tự nhiên của khu vực nghiên cứu. Giá trị liều bức xạ sau thăm dò tại khu vực nghiên cứu là 13,87 mSv/năm, đây là giá trị liều hiện thời tại khu vực nghiên cứu. Từ đó xác định được giá trị liều bức xạ gia tăng do hoạt động thăm dò quặng đất hiếm tại khu vực mỏ đất hiếm Mường Hum là 4,65 mSv/năm, lớn hơn 4 lần so với mức giới hạn liều đối với công chúng (Bộ Khoa học và Công nghệ, 2012, ICRP, 1999).

Đánh giá môi trường phóng xạ khu vực nghiên cứu

Theo các công thức (1), (2) và (3) tác giả đã tính được được tổng liều bức xạ hàng năm cho khu vực nghiên cứu. So sánh với các tiêu chuẩn Việt Nam (Bộ Khoa học và Công nghệ, 2012) và quốc tế (UNSCEAR, 2000; ICRP, 1999; 2019), đã xây dựng bản đồ phân vùng ô nhiễm phóng xạ tại khu vực mỏ đất hiếm Mường Hum (Hình 6).

Từ Hình 6, phân chia khu vực mỏ đất hiếm Mường Hum thành các khu vực sau:

- Khu vực có $H_{td} > 3,6$ mSv/năm, chiếm diện tích 10,4 km² bao gồm toàn bộ mỏ đất hiếm Mường Hum, có hộ dân của xã Nậm Pung, Mường Hum đang sinh sống.

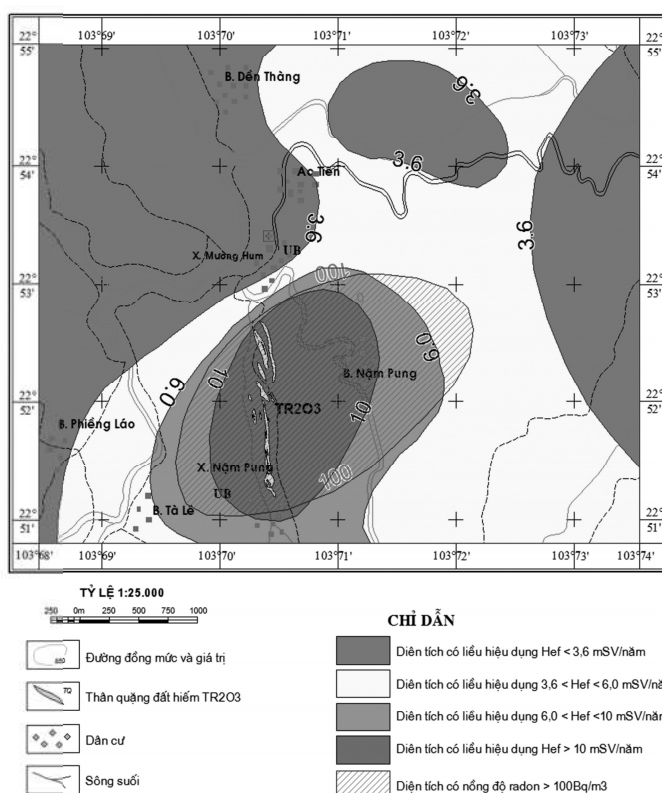
- Khu vực có $H_{td} > 10$ mSv/năm (mức cần có các hành động can thiệp để giảm tổng liều bức xạ xuống < 10 mSv/năm) nằm phủ trên toàn bộ thân quặng khu vực mỏ đất hiếm Mường Hum, chiếm diện tích $> 5,4$ km².

- Khu vực có mức tổng liều bức xạ tiềm tàng cao: > 6 mSv/năm và < 10 mSv/năm, chiếm 6,5 km² (Bộ Khoa học và Công nghệ, 2012; ICRP, 1999; 2019) đây là khu vực cần phải áp dụng các biện pháp bảo vệ và các quy định an toàn nhằm kiểm soát sự chiếu xạ hoặc ngăn ngừa nhiễm bẩn phóng xạ lan rộng trong điều kiện làm việc bình thường, ngăn ngừa hoặc hạn chế mức độ chiếu xạ tiềm tàng cho người dân đang sinh sống và làm việc trong khu vực.

- Khu vực có nồng độ radon trong không khí $N_{Rn} > 100$ Bq/m³, chiếm diện tích 4,5 km². Theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 7889:2008), nồng độ Rn trong không khí nếu > 100 Bq/m³ thì không được phép xây dựng nhà ở mới.

Do hoạt động thăm dò khoáng sản đất hiếm, mức liều tổng hiện thời hằng năm của mỏ đất hiếm Mường Hum $H_{td} > 10$ mSv/năm ($H > 14,65$ mSv/năm) là mức liều bắt đầu phải xem xét các hành động can thiệp. Các hành động can thiệp ở đây được hiểu là các biện pháp làm giảm liều chiếu xạ xuống mức 10 mSv/năm.

Hoạt động thăm dò đã làm tăng liều chiếu xạ của mỏ đất hiếm Mường Hum vượt mức 1 mSv/năm (mức gia tăng liều chiếu xạ mỏ đất hiếm Mường Hum do thăm dò là 4,65 mSv/năm). Trong diện tích khảo sát của khu mỏ có dân sinh sống (Nậm Pung, Mường Hum). Theo tiêu chuẩn an toàn bức xạ đối với “công việc bức xạ” của quốc tế và của Việt Nam (Bộ Khoa học và Công nghệ, 2012; ICRP, 1999; 2019), mức gia tăng liều lớn hơn 1 mSv/năm vượt quá tiêu chuẩn giới hạn liều đối với công chúng.



Hình 6. Bản đồ đánh giá môi trường phóng xạ

Kết luận

Đã áp dụng phương pháp tính liều gia tăng trên cơ sở xác định giá trị đặc trưng liều chiếu xạ trước khai thác, chế biến (phông bức xạ tự nhiên) và hiện thời do hoạt động thăm dò khoáng sản tại mỏ. Phông bức xạ địa phương và giá trị đặc trưng liều bức xạ hiện thời được xác định bằng cách chia diện tích khảo sát thành các ô có diện tích đều nhau, diện tích mỗi ô đảm bảo sự đồng nhất về thành phần, đủ số lượng thống kê tin cậy các điểm khảo sát. Tính giá trị đặc trưng suất liều bức xạ gamma, nồng độ radon trong không khí của từng ô theo giá trị tần suất cực đại của biểu đồ tần suất. Kết quả xác định được giá trị đặc trưng liều chiếu xạ trước thăm dò (phông bức xạ tự nhiên) của khu vực mỏ là 9,22 mSv/năm. Liều bức xạ hiện thời đối với khu vực là 13,87 mSv/năm. Liều bức xạ gia tăng do hoạt động thăm dò quặng đất hiếm tại khu vực là 4,65 mSv/năm, lớn hơn 4 lần so với tiêu chuẩn giới hạn liều đối với công chúng.

Thời gian tới mỏ sẽ được đưa vào khai thác và chế biến quặng đất hiếm, khi đó cường độ bức xạ gamma và nồng độ radon, bụi phóng xạ sẽ tăng lên đáng kể. Khi đó giá trị liều gia tăng đối với nhân viên bức xạ có khả năng tăng lên đáng kể, cần phải có các khảo sát chi tiết đánh giá ảnh hưởng của bức xạ ion hóa đối với nhân viên bức xạ tham gia khai thác, chế biến tại mỏ đất hiếm Mường Hum.

Tài liệu tham khảo

- Bộ Công thương (2011). *Quy hoạch chi tiết thăm dò, khai thác, chế biến và sử dụng quặng phóng xạ giai đoạn đến 2020, có xét đến năm 2030*. Hà Nội.
- Bùi Tất Hợp, Trịnh Đình Huấn, Nguyễn Phương (2010). “Tổng quan về đất hiếm Việt Nam”. *Tạp chí Địa chất*, loạt A 2010, 447-456.
- Duong, N. T., Van Hao, D., Duong, D. T., Phan, T. T., & Le Xuan, H. (2021). “Natural radionuclides and assessment of radiological hazards in Muong Hum, Lao Cai, Vietnam”. *Chemosphere*, 270, 128671.
- Duong, V. H., Nguyen, T. D., Kocsis, E., Csordas, A., Hegedus, M., & Kovacs, T. (2021). Transfer of radionuclides from soil to *Acacia auriculiformis* trees in high radioactive background areas in North Vietnam. *Journal of Environmental Radioactivity*, 229, 106530.
- IAEA (2003). *Extent of environmental contamination by naturally occurring radioactive material (NORM) and technological options for mitigation*. IAEA, Vienna No.419, 208; ISBN 92-0-112503-8.
- IAEA (2014). *Safety Standards for protecting people and the environment. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standard, General Safety Requirements Part 3*, Vienna.

- ICRP (1999). *Protection of the Public in Situations of Prolonged Radiation Exposure*, ICRP Publication 82.
- ICRP (2019). *Radiological protection from naturally occurring radioactive materials (NORM) in industrial processes*, ICRP Publication 142. Ann. ICRP 48(4), 57.
- Lê Khánh Phồn (2016). *Nghiên cứu ảnh hưởng môi trường phóng xạ đối với con người do hoạt động thăm dò, khai thác, chế biến khoáng sản chứa phóng xạ vùng Tây Bắc Việt Nam và đề xuất giải pháp phòng ngừa*. Đề tài Khoa học công nghệ hợp tác quốc tế song phương, lưu trữ tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.
- Nguyễn Văn Dũng, Trịnh Đình Huấn và Phan Văn Tường (2021). “Đánh giá liều chiếu xạ tự nhiên khu vực mỏ đất hiếm Mường Hum, huyện Bát Xát, tỉnh Lào Cai”. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, số 62, kỳ 5, 106-115.
- Nguyễn Văn Dũng, Trịnh Đình Huấn, Đào Đình Thuận (2020). “Đánh giá sự biến đổi thành phần phóng xạ môi trường trong hoạt động khai thác, chế biến quặng đồng khu mỏ Sin Quyền, tỉnh Lào Cai”. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Việt Nam*, tập 62, số 8, 8-12.
- Thông tư 19/2012 của Bộ Khoa học và Công nghệ (2012). *Quy định về kiểm soát và bảo đảm an toàn bức xạ trong chiếu xạ nghề nghiệp và chiếu xạ công chúng*.
- Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7889: 2008: *Về nồng độ khí radon tự nhiên trong nhà - mức quy định và yêu cầu chung về phương pháp đo*.
- Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9414: 2012. *Điều tra đánh giá địa chất môi trường, phương pháp suất liều gamma*.
- Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9419: 2012. *Điều tra địa chất môi trường, phương pháp phổ gamma*.
- Tiêu chuẩn Việt Nam: TCVN 9415: 2012. *Điều tra, đánh giá địa chất môi trường - phương pháp xác định liều tương đương*.
- Tiêu chuẩn Việt Nam: TCVN 9416: 2012. *Điều tra, đánh giá địa chất môi trường - phương pháp khí phóng xạ*.
- Trần Bình Trọng, Nguyễn Phương, Trịnh Đình Huấn (2005). *Báo cáo Điều tra hiện trạng môi trường phóng xạ trên các mỏ Đông Pao, Thèn Sin - Tam Đường - tỉnh Lai Châu, Mường Hum tỉnh Lào Cai, Yên Phú tỉnh Yên Bái, Thanh Sơn tỉnh Phú Thọ, An Điền, Ngọc Kinh - sườn Giũa tỉnh Quảng Nam*, Lưu trữ Liên đoàn địa chất Xạ hiếm.
- UNSCEAR (2000). *Sources and effects of ionizing radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*, New York.
- Van Dung, N., Thuan, D. D., Nhan, D. D., Carvalho, F. P., Van Thang, D., & Quang, N. H. (2022). “Radiation exposure in a region with natural high background radiation originated from rare earth element deposits at Bat Xat district, Vietnam”. *Radiation and Environmental Biophysics*, 61(2), 309-324.