

KHẢO SÁT NỀN PHÒNG PHÓNG XẠ MÔI TRƯỜNG VÙNG VEN BIỂN TỈNH PHÚ YÊN

Đến tòa soạn 24 - 8 - 2015

**Phan Sơn Hải, Nguyễn Ngọc Tuấn, Nguyễn Minh Đạo,
Phan Quang Trung, Lê Xuân Thắng, Nguyễn Thị Mùi**
Viện Nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt

SUMMARY

INVESTIGATION OF ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY IN THE COASTAL ZONE OF PHU YEN PROVINCE

The investigation of environmental radioactivity in the coastal zone of Phu Yen province has been carried out for the period of 2013-2015.

The gamma dose at 1 meter distance above the ground and the radioactivity of radioisotopes such as ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K and ^{137}Cs at 493 sites were determined.

The results obtained from the investigation shown that there are 40 sites, at which the safety radioactivity index I_1 is greater than unit, and of which the external hazard index H_{ex} is greater than unit at 11 sites.

1. MỞ ĐẦU

Phú Yên có đường bờ biển khá dài, khoảng 190 km. Vùng ven biển, trong phạm vi 5 km cách bờ với diện tích khoảng 600 km² có đặc trưng cơ bản là đất cát hoặc pha cát. Trong quá trình kiến tạo hình thành vùng đất ven biển, có thể các khoáng nặng như monazit hoặc titanit sẽ được kết tụ và hình thành mỏ do quá trình tuyển cơ học. Các khoáng này thường có hàm lượng urani

và thori khá cao, gây ra nền phóng xạ cao hơn các vùng khác. Để quy hoạch các vùng dân cư hoặc vùng phát triển kinh tế lâu dài trên các vùng đất này, cần thiết tiến hành điều tra, đánh giá tình trạng nền phóng xạ môi trường. Trên cơ sở đó, phát hiện kịp thời các vùng có nền phóng xạ cao hơn bình thường hoặc các vùng tiềm năng về quặng titan. Việc điều tra, đánh giá phóng xạ vùng ven biển

sẽ là tiền đề để tiến tới xây dựng bản đồ phóng xạ môi trường trên toàn tỉnh. Trên cơ sở đó, có thể đánh giá suất liều hiệu dụng hằng năm đối với dân chúng tại các địa phương trong tỉnh, góp phần thực hiện tốt chương trình bảo vệ sức khỏe cộng đồng và quy hoạch hợp lý các cụm dân cư và các vùng kinh tế bền vững tại địa phương.

Ngoài ra, với chương trình phát triển điện hạt nhân hiện nay của nước ta, nhu cầu có bản đồ nền phóng xạ trên toàn tỉnh là hết sức cần thiết. Nó sẽ là cơ sở để đánh giá khả năng và mức độ tích lũy của các nhân phóng xạ phóng thích từ các cơ sở hạt nhân; là cơ sở để trả lời câu hỏi liệu các nhà máy điện hạt nhân đang hoạt động có an toàn cho dân chúng hay không. Công việc này thường phải được thực hiện trước khi đưa các nhà máy điện hạt nhân vào hoạt động. Trong khuôn khổ nghiên cứu này, vùng đất ven biển (khoảng 5 km từ bờ biển) của tỉnh Phú Yên đã được khảo sát, đánh giá phóng xạ để phục vụ các yêu cầu nêu trên.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Thiết bị, dụng cụ và Hóa chất

- Hệ phổ kế gamma HPGe30/19 dùng detector bán dẫn Germanium siêu tinh khiết của Canberra; độ phân giải 1,87 keV tại đỉnh 1332,5 keV của ^{60}Co ; tỷ số Peak/Compton là 56:1; hiệu suất đếm tương đối 30%;
- Máy đo liều Field SPEC - Đức (sai số 1 nSv/h);

- Máy đo liều Eberline - Đức (sai số 0,01 $\mu\text{Sv/h}$);
- Máy định vị vệ tinh GPS PROMARK-X (cấp chính xác 3m);
- Mẫu chuẩn urani BL-5 của CANMET (Canadian Center for Mineral and Energy Technology);
- Mẫu chuẩn ^{226}Ra được chế tạo từ dung dịch ^{226}Ra tinh khiết (Sản phẩm của Amersham);
- Mẫu chuẩn thori được chế tạo từ nitratthori ($\text{Th}(\text{NO}_3)_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) của hãng Amersham;
- Mẫu chuẩn ^{40}K được chế tạo từ K_2SO_4 tinh khiết;
- Mẫu chuẩn ^{137}Cs và ^7Be được chuẩn bị từ dung dịch chuẩn tinh khiết của Amersham.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1 Đo suất liều gamma môi trường

Mạng lưới các điểm đo suất liều gamma môi trường được thiết kế trước trên cơ sở bản đồ hành chính của tỉnh. Các đường ngang đi từ bờ biển vào đất liền gần song song với nhau, cách nhau khoảng 1 km; các đường dọc cơ bản cũng gần song song với nhau và cách nhau khoảng 1,5 km. Một số vùng có đường bờ biển cong, khoảng cách các điểm lấy mẫu có thể dao động trong khoảng 800 - 1200 m. Một số điểm rơi vào hồ nước hoặc sông được điều chỉnh lại vùng đất sát biên và do đó khoảng cách đến các điểm khác gần đó thay đổi trong khoảng 700 - 900 m. Các điểm

nằm trong vùng núi cao sẽ không được lấy mẫu mà chỉ lấy đến chân núi.

Trên cơ sở toạ độ các điểm đo suất liều thiết kế trước, tại thực địa hệ thống định vị GPS được sử dụng để dẫn đường đi đến vị trí cần khảo sát. Tại các vị trí quan tâm, suất liều gamma cách mặt đất 1 mét được đo bằng các máy đo liều cầm tay Field SPEC - Đức (sai số 1 nSv/h) và máy Eberline - Đức (sai số 0,01 μ Sv/h), thời gian đo tại mỗi vị trí là 15 phút.

3.2 Thu gộp mẫu đất và phân tích đồng vị phóng xạ

Tại các vị trí đo suất liều gamma môi trường, mẫu đất hoặc cát được lấy bằng ống trụ đường kính 10 cm và lấy đến độ sâu 30 cm. Khối lượng mẫu thu gộp tại mỗi vị trí trong khoảng 4 - 5 kg được mang về phòng thí nghiệm để xử lý và phân tích các đồng vị phóng xạ chính là ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{137}Cs và ^{40}K .

Các đồng vị phóng xạ ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{137}Cs và ^{40}K được xác định trên phổ kế gamma phòng thấp bằng phương pháp thu nhận phổ bức xạ gamma phát ra bởi các đồng vị phóng xạ có trong mẫu. Các phương pháp phân tích này đã được ban hành dưới dạng các *tiêu chuẩn cơ sở* của Viện Nghiên cứu hạt nhân và áp dụng tại Trung tâm môi trường (số hiệu phòng thử nghiệm: VILAS 525) theo tiêu chuẩn ISO/IEC 17025:2007.

3.3 Đánh giá suất liều và các chỉ số nguy hiểm phóng xạ [1,2,3,4]

3.3.1 Suất liều gamma gây bởi các đồng vị phóng xạ trong đất

a) Đánh giá suất liều từ hàm lượng uran, thori và kali

Suất liều chiếu gamma X ($\mu\text{R/h}$) gây bởi các đồng vị phóng xạ trong đất tại khoảng cách 1m từ bề mặt được xác định bằng biểu thức sau (Beck et al., 1968, 1980) []:

$$X (\mu\text{R/h}) = K_u \times C_u + K_{th} \times C_{th} + K_k \times C_k \quad (1)$$

trong đó: C_u , C_{th} , C_k là hàm lượng của các nguyên tố uran, thori và kali trong đất được biểu thị bằng đơn vị g/g; K_u , K_{th} , K_k là các hệ số chuyển đổi và bằng:

$$K_u = 7,69 \times 10^5$$

$$K_{th} = 3,60 \times 10^5$$

$$K_k = 1,673 \times 10^2$$

Suất liều tương đương H($\mu\text{Sv/h}$) được tính theo suất liều chiếu X($\mu\text{R/h}$) theo biểu thức [4]:

$$H = \frac{0,87 \times X}{100} \quad (2)$$

b) Đánh giá suất liều từ hoạt độ của ^{226}Ra , ^{232}Th và ^{40}K

Suất liều hấp thụ D(nGy/h) tại khoảng cách 1m từ mặt đất gây bởi các đồng vị phóng xạ dãy uran, thori và ^{40}K được đánh giá theo biểu thức sau (Kocher et al., 1985; Quindos et al., 2004) [5]:

$$D(\text{nGy/h}) = A_{\text{Ra}} \times F_{\text{Ra}} + A_{\text{Th}} \times F_{\text{Th}} + A_{\text{K}} \times F_{\text{K}} \quad (3)$$

Trong đó: A_{Ra} , A_{Th} , A_{K} là hoạt độ phóng xạ của ^{226}Ra , ^{232}Th và ^{40}K được tính theo đơn vị Bq/kg; F_{Ra} , F_{Th} , F_{K} là

các hệ số chuyển đổi và có giá trị như sau:

$$F_{Ra} = 0,4368 \text{ nGyh}^{-1}/\text{Bqkg}^{-1}$$

$$F_{Th} = 0,5993 \text{ nGyh}^{-1}/\text{Bqkg}^{-1}$$

$$F_K = 0,0417 \text{ nGyh}^{-1}/\text{Bqkg}^{-1}$$

Suất liều tương đương $H(\mu\text{Sv/h})$ liên hệ với suất liều hấp thụ $D(\mu\text{Gy/h})$ bằng biểu thức:

$$H = D \times W_R \quad (4)$$

Trong đó W_R là trọng số bức xạ đối với bức xạ loại R; đối với bức xạ gamma $W_R = 1$.

c) *Đánh giá liều hiệu dụng hằng năm đối với dân chúng*

Liều hiệu dụng hằng năm đối với dân chúng được đánh giá trên cơ sở sử dụng các hệ số sau (UNSCEAR, 2000):

- Hệ số chuyển đổi từ liều hấp thụ trong không khí sang liều hiệu dụng: $0,7 \text{ Sv/Gy}$;
- Tỷ số ở trong nhà so với ngoài trời là $1,4$;
- Hệ số tính đến thời gian ở ngoài trời là $0,2$ và thời gian ở trong nhà là $0,8$.

Liều hiệu dụng ngoài trời E_{ng} (mSv) và trong nhà E_{tr} (mSv) được đánh giá từ suất liều hấp thụ $D(\text{nGy/h})$ bằng biểu thức:

$$E_{ng} (\text{mSv}) = D(\text{nGyh}^{-1}) \times 8760 \times 0,7 \times 0,2 \times 10^{-6} \quad (5)$$

$$E_{tr} (\text{mSv}) = D(\text{nGyh}^{-1}) \times 1,4 \times 8760 \times 0,7 \times 0,8 \times 10^{-6} \quad (6)$$

Suất liều hiệu dụng tổng: $E_T = E_{ng} + E_{tr}$.

3.3.2 *Đánh giá các chỉ số nguy hiểm phóng xạ*

+ *Chỉ số hoạt độ phóng xạ an toàn theo TCXDVN 397:2007*

Chỉ số hoạt độ phóng xạ an toàn I_1 được tính theo công thức:

$$I_1 = \frac{C_{Ra}}{300} + \frac{C_{Th}}{200} + \frac{C_K}{3000} \quad (7)$$

Đối với nhà ở thì phải thỏa mãn điều kiện $I_1 < 1$.

+ *Hoạt độ phóng xạ tương đương radi*

Hoạt độ phóng xạ tương đương radi Ra_{eq} được định nghĩa như sau [7]:

$$Ra_{eq} = A_{Ra} + 1.43 A_{Th} + 0.077 A_K \quad (8)$$

trong đó A_{Ra} , A_{Th} và A_K là hoạt độ phóng xạ riêng của ^{226}Ra , ^{232}Th và ^{40}K đối với vật liệu nghiên cứu. Giá trị giới hạn của Ra_{eq} phải nhỏ hơn 370 Bq/kg để cho liều chiếu ngoài nhỏ hơn $1,5 \text{ mGy/năm}$.

+ *Chỉ số nguy hiểm chiếu ngoài*

Chỉ số nguy hiểm chiếu ngoài H_{ex} được định nghĩa (Beretka et al., 1985):

$$H_{ex} = \frac{A_{Ra}}{370} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810} \quad (9)$$

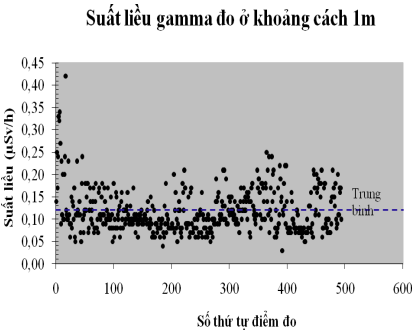
trong đó A_{Ra} , A_{Th} và A_K là hoạt độ phóng xạ riêng của ^{226}Ra , ^{232}Th và ^{40}K . Để đảm bảo an toàn về bức xạ thì giá trị giới hạn của $H_{ex} < 1$.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1 Suất liều gamma môi trường

Suất liều gamma môi trường tại 493 vị trí trong vùng khoảng 600 km^2 ven biển tỉnh Phú Yên đã thay đổi trong một dải rất rộng, từ $0,03 \mu\text{Sv/h}$ đến $0,42 \mu\text{Sv/h}$ (Hình 1). Một số đặc trưng thống kê

chính của bộ số liệu suất liều gamma môi trường được đưa ra trong Bảng 1. Bộ dữ liệu suất liều tại 493 vị trí khảo sát được xây dựng và quản lý trên MapInfor.



Hình 1. Suất liều gamma tại 493 vị trí trong vùng ven biển Phú Yên

Bảng 1. Đặc trưng thống kê của suất liều gamma (đơn vị: $\mu\text{Sv/h}$), trong đó H1 là suất liều đo bằng máy cầm tay, H2 là giá trị tính từ hàm lượng ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K và H3 được tính từ hàm lượng ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K trong đất bề mặt.

Đặc trưng thống kê	H1	H2	H3
Số điểm đo	493	493	493
Giá trị trung bình	0,12	0,08	0,06
Độ lệch chuẩn (1σ)	0,05	0,05	0,04
Giá trị cực đại	0,42	0,40	0,31
Giá trị cực tiểu	0,03	0,01	0,01

4.2 Hàm lượng các đồng vị phóng xạ trong đất bề mặt [5,8]

Hàm lượng các đồng vị phóng xạ ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K và ^{137}Cs trong đất bề mặt tại 493 vị trí lấy mẫu được xác định

và quản lý trên MapInfor theo 5 lớp dữ liệu khác nhau. Các đặc trưng thống kê chính của bộ số liệu thu được như trong Bảng 2.

Bảng 2. Đặc trưng thống kê hàm lượng các đồng vị phóng xạ (đơn vị: Bq/kg)

Đặc trưng thống kê	Giá trị				
	^{238}U	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs
Toàn vùng khảo sát					
Số điểm đo	493	493	493	493	493
Giá trị trung bình	36,9	32,7	41,1	620,7	0,79
Giá trị cực đại	305,5	292,2	260,0	1.815	4,83
Giá trị cực tiểu	3,1	4,5	3,8	19,5	0,10
Độ lệch chuẩn (1σ)	35,1	30,9	35,7	331,6	0,67

Hoạt độ các đồng vị ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K và ^{137}Cs tại 493 vị trí lấy mẫu trong vùng khảo sát thay đổi trong một dải rộng. Mức độ tản mạn của chúng được thể hiện qua độ lớn của độ lệch chuẩn, theo đó độ lệch chuẩn tương đối (độ lệch chuẩn so với giá trị trung bình) tương ứng với ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K và ^{137}Cs là 95%, 95%, 87%, 53% và 85%. Xét trung bình trên toàn bộ vùng khảo sát, giá trị trung bình của ^{238}U là 36,9 Bq/kg, của ^{226}Ra là 32,7 Bq/kg, của ^{232}Th là 41,1 Bq/kg, của ^{40}K là 620,7 Bq/kg và của ^{137}Cs là 0,79 Bq/kg. Hoạt độ phóng xạ vượt quá 70 Bq/kg tại 62 điểm khảo sát (chiếm 12,6%) đối với ^{238}U , tại 42 điểm (chiếm 8,5%) đối với ^{226}Ra và tại 81 điểm khảo sát (chiếm 16,4%) đối với ^{232}Th . Đối với ^{40}K , hoạt độ phóng xạ vượt quá 1.000 Bq/kg tại 75 điểm khảo sát (chiếm 15,2%). Ngoài trừ ^{40}K , hàm lượng phóng xạ trung bình của các đồng vị khác trong vùng khảo sát của tỉnh Phú Yên không cao so với số liệu thống kê dựa trên 524 mẫu lấy tại 63 tỉnh thành trên cả nước (Ngo Quang Huy et al., 2012)[6]. Tuy vậy, khoảng 15% số vị trí khảo sát có hàm lượng urani, thori và kali khá cao như đã đề cập ở trên.

4.3 Suất liều gây bởi các đồng vị phóng xạ trong đất

Suất liều gamma tại khoảng cách 1m từ mặt đất do các đồng vị phóng xạ trong đất tạo ra, trong đó nguồn từ các đồng vị phóng xạ thuộc dãy urani, thori và

^{40}K là chính được đánh giá từ hàm lượng các đồng vị phóng xạ ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K theo biểu thức (1), (2), (3) và (4). Các đặc trưng thống kê chính của số liệu suất liều tính toán được đưa ra trong Bảng 1.

Toàn bộ kết quả suất liều tính toán được từ hàm lượng ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th và ^{40}K đều nhỏ hơn suất liều đo được tại hiện trường bằng máy đo liều Field SPEC và Eberline. Điều này cũng hợp lý và có thể hiểu rằng phần chênh lệch là do bức xạ vũ trụ gây ra. Suất liều tính toán dựa trên hàm lượng ^{226}Ra , ^{232}Th và ^{40}K nhỏ hơn khoảng 18% so với sự tính toán dựa trên hàm lượng ^{238}U , ^{232}Th và ^{40}K . Sự khác biệt này một phần là do các hệ số chuyển đổi gây ra vì chúng được suy ra từ các số liệu thực nghiệm và tính toán lý thuyết nên có những sai số nhất định. Tuy thế, nguyên nhân chính gây nên sự sai khác là do có sự mất cân bằng giữa urani và radi trong dãy phóng xạ. Suất liều trung bình gây bởi các đồng vị phóng xạ dãy urani, thori và ^{40}K có trong lớp đất bề mặt đối với vùng khảo sát là 0,08 $\mu\text{Sv/h}$, trong đó urani đóng góp 22,6%, thori đóng góp 36,8% và ^{40}K đóng góp 40,6%.

4.4 Đánh giá liều hiệu dụng hằng năm

Ở đây suất liều hiệu dụng được đánh giá dựa trên số liệu suất liều hấp thụ tính toán tại các vị trí lấy mẫu. Nếu người dân sống tại các vị trí đó sẽ có khả năng chịu một liều hiệu dụng hằng năm như

số liệu tính toán. Liều hiệu dụng hàng năm đối với dân chúng sống tại vùng khảo sát được đánh giá theo công thức (5) và (6) và các đại lượng thống kê chính của bộ số liệu được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3. Đặc trưng thống kê của số liệu suất liều hiệu dụng (đơn vị: mSv/năm)

Đặc trưng thống kê	Trị số
Số điểm đo	493
Giá trị trung bình	0,525
Giá trị cực đại	2,537
Giá trị cực tiểu	0,055
Độ lệch chuẩn (1σ)	0,340

Người dân sống trong vùng khảo sát nhận được suất liều hiệu dụng hàng năm thay đổi trong một dải rộng tùy thuộc vào vị trí sinh sống, từ 0,055 mSv - 2,537 mSv với giá trị trung bình 0,525 mSv (trong đó suất liều hiệu dụng ngoài

trời là 0,079 mSv và suất liều trong nhà là 0,445 mSv).

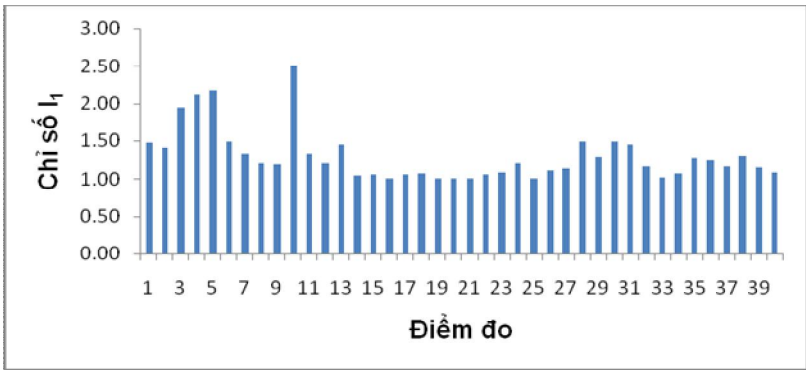
4.5 Đánh giá các chỉ số nguy hiểm phóng xạ

4.5.1 Chỉ số hoạt độ phóng xạ an toàn

Chỉ số hoạt độ phóng xạ an toàn I_1 tại 493 vị trí lấy mẫu được tính toán theo công thức (7). Trong tất cả các vị trí khảo sát thì có 40 vị trí có chỉ số I_1 lớn hơn 1 (Hình 2).

4.5.2 Hoạt độ phóng xạ tương đương radi

Giá trị hoạt độ tương đương radi R_{eq} tại các vị trí lấy mẫu được đánh giá theo công thức (8). Hoạt độ phóng xạ tương đương radi R_{eq} đối với vùng khảo sát thay đổi trong dải rộng (15 Bq/kg - 719 Bq/kg, trung bình 139 Bq/kg). Đối với vùng khảo sát, trong số 493 vị trí, có 11 vị trí $R_{eq} > 370$ Bq/kg (Bảng 4).



Hình 2. Giá trị chỉ số hoạt độ phóng xạ an toàn I_1 đối với 40 vị trí có $I_1 > 1$

4.5.3 Chỉ số nguy hiểm phóng xạ chiếu ngoài

Chỉ số nguy hiểm phóng xạ chiếu ngoài H_{ex} tại các vị trí lấy mẫu được đánh giá

theo công thức (9). Đối với vùng khảo sát, H_{ex} nằm trong khoảng 0,04 - 1,94 (trung bình 0,38), trong đó 11 vị trí có $H_{ex} > 1$ (Bảng 4).

Bảng 4. Các vị trí có hoạt độ phóng xạ tương đương radi $Ra_{eq} > 370 \text{ Bq/kg}$ và Chỉ số nguy hiểm chiếu ngoài $H_{ex} > 1$

TT	Toạ độ		Ra_{eq} (Bq/kg)	H_{ex}
	X	Y		
1	1425443	331237	403	1,09
2	1424686	329394	393	1,06
3	1424202	328245	539	1,46
4	1426762	331697	602	1,62
5	1428020	332036	621	1,68
6	1426762	331697	413	1,12
7	1428763	326133	719	1,94
8	1433672	322426	407	1,10
9	1491735	307647	401	1,08
10	1492043	307559	406	1,10
11	1492784	307083	387	1,05

5. KẾT LUẬN

- Suất liều gamma cách mặt đất 1m, hoạt độ phóng xạ của các đồng vị ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K và ^{137}Cs trong lớp đất bề mặt đã được khảo sát tại 493 vị trí theo ô lưới khoảng 1 km x 1,5 km trong vùng đất liền ven biển tỉnh Phú Yên. Các số liệu khảo sát được quản lý như là các lớp cơ sở dữ liệu trong phần mềm thông tin địa lý MapInfor và được xuất ra dưới dạng bản đồ số tỷ lệ 1:100.000.

- Số liệu đánh giá về suất liều hấp thụ tại điểm cách mặt đất 1m gây bởi các đồng vị phóng xạ trong dãy urani, thori và ^{40}K đối với 493 vị trí trong vùng khảo sát cho thấy: suất liều hấp thụ tại vùng khảo sát của tỉnh Phú Yên (trung bình: 64,8 nGy/h) thấp hơn giá trị trung bình cả nước (71,68 nGy/h). Người dân sống trong vùng khảo sát nhận được

suất liều hiệu dụng hằng năm thay đổi trong một dải rộng tùy thuộc vào vị trí sinh sống, từ 0,055 mSv/năm đến 2,537 mSv/năm với giá trị trung bình 0,525 mSv/năm.

- Mức độ nguy hiểm phóng xạ về mặt chiếu ngoài theo tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam TCXDVN 397 : 2007[9], trong 493 vị trí khảo sát có 40 vị trí có chỉ số I_1 lớn hơn 1. Nếu dùng tham số hoạt độ phóng xạ tương đương radi để đánh giá thì thấy rằng, có 11 vị trí có Ra_{eq} lớn hơn giá trị khuyến cáo của quốc tế ($Ra_{eq} > 370 \text{ Bq/kg}$). Chỉ số nguy hiểm phóng xạ chiếu ngoài H_{ex} đối với 11 vị trí này cũng lớn hơn giá trị khuyến cáo của quốc tế ($H_{ex} > 1$). Đây là dấu hiệu ban đầu về khả năng tồn tại mỏ quặng tại các địa điểm này. Để có kết luận chính xác về tiềm năng mỏ

khoáng sản, cần tiến hành các khảo sát chi tiết tiếp theo.

- Trong trường hợp có mỏ nằm trong vùng quy hoạch dân cư hoặc khu kinh tế, có thể tiến hành khai thác mỏ để tận thu trước khi thực hiện các bước tiếp theo trong đề án quy hoạch.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Beck H.L (1980). Exposure rate factors for radionuclides deposited on the ground. *US Department of Energy, EML-378, New York*.
2. Beck H.L. and Planque G (1968). The radiation field in air due to distributed gamma-ray sources in the ground. *HASL-195*.
3. Beretka, J. and Mathew, P. J (1985). Natural radioactivity of Australian building materials, industrial wastes and by-products. *Health Phys.* 48, 87–95.
4. J.R. Greening (1981), Fundamental of Radiation Dosimetry, Praha.
5. Kocher D.C. and Sjoreen A.L (1985). Dose-rate conversion factors for exposure to photon emitters in soil. *Health Physics*, 48, 193-205.
6. Ngo Quang Huy, P.D. Hien, T.V. Luyen, D.V. Hoang, H.T. Hiep, N.H. Quang, N.Q. Long, D.D. Nhan, N.T. Binh, P.S. Hai and N.T. Ngo (2012). Natural radioactivity and external dose assessment of surface soils in Vietnam. *Journal of Radiation Protection Dosimetry*, doi: 10.1093/rpd/ncs 033.
7. Organization for Economic Cooperation and Development. Exposure to radiation from the natural radioactivity in building materials. *Report by a Group of Experts of the OECD Nuclear Energy Agency (Paris, France: OECD)*, (1979).
8. Quindos, L.S., Fernandez, P.L., Soto, J., Rodenas, C., Gomez, J. and Arteche, C (2004). Conversion factors for gamma dose derived from natural radionuclides in soils. *J. Environ Radioactivity* 71: 139-145.
9. TCXDVN 397 : 2007 - Hoạt độ phóng xạ tự nhiên của vật liệu xây dựng - Mức an toàn trong sử dụng và phương pháp thử.