

Hiện trạng môi trường phóng xạ khu vực huyện Đông Văn, tỉnh Hà Giang

Đặng Thị Phương Thảo¹, Nguyễn Thùy Dương^{1,*},
Nguyễn Thị Ánh Nguyệt¹, Nguyễn Văn Hường¹, Arndt Schimmelmann²

¹Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội,
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

²Trường Đại học Indiana, Hoa Kỳ

Nhận ngày 09 tháng 8 năm 2016

Chỉnh sửa ngày 31 tháng 8 năm 2016; chấp nhận đăng ngày 28 tháng 10 năm 2016

Tóm tắt: Nghiên cứu trình bày hiện trạng kiểu phóng xạ tự nhiên môi trường trong nhà và môi trường làm việc của người dân khu vực huyện Đông Văn, tỉnh Hà Giang thông qua nồng độ khí radon (^{222}Rn và ^{220}Rn) trong không khí. Người dân địa phương có tập quán canh tác ngay tại các thung lũng, hồ sụt karst và sống trong các căn nhà trình tường, một kiểu nhà kín, ẩm thấp, ít lưu thông không khí. Kết quả khảo sát cho thấy không khí ở các hồ sụt và lòng chảo karst có nồng độ ^{222}Rn dao động từ 30 - 98 Bq m^{-3} và nồng độ ^{220}Rn dao động 37 - 406 Bq m^{-3} , tương ứng với tổng liều chiếu 0,6 - 4 mSv năm^{-1} , cao hơn 1 - 4 lần giới hạn liều chiếu theo khuyến cáo của IAEA (1996). Môi trường không khí trong nhà trình tường truyền thống có nồng độ ^{222}Rn là 0 - 101 Bq m^{-3} và ^{220}Rn là 86 - 535 Bq m^{-3} , tương ứng với tổng liều chiếu 9,6 - 45,4 mSv năm^{-1} , cao gấp 9 - 45 lần giới hạn liều do IAEA khuyến cáo. Đối sánh nồng độ khí radon trong nhà trình tường với các nhà xây bằng vật liệu hiện đại (gạch nung, sắt thép, bê tông, tường vôi xi măng) cho thấy nồng độ ^{222}Rn (0 - 115 Bq m^{-3}) và ^{220}Rn (0 - 37 Bq m^{-3}) trong các ngôi nhà xây bằng vật liệu hiện đại thuộc ngưỡng an toàn so với quy chuẩn phóng xạ trong nhà 200 Bq m^{-3} (QCVN 7889:2008) và 150 Bq m^{-3} (EPA, 2003) đối với ^{222}Rn ; nồng độ này tương ứng với tổng liều chiếu 0 - 6,2 mSv năm^{-1} , cao có thể tới 6 lần giới hạn liều chiếu (IAEA). Nhìn chung, nồng độ và tổng liều chiếu trong do khí radon (^{222}Rn và ^{220}Rn) với môi trường nhà ở khu vực huyện Đông Văn tương đối cao, đặc biệt trong các nhà trình tường truyền thống.

Từ khóa: Đông Văn, phóng xạ, radon, thoron, liều chiếu.

1. Mở đầu

Theo thống kê của Hiệp hội hạt nhân thế giới năm 2016 [1], 42% năng lượng bức xạ tự nhiên xuất hiện trên bề mặt Trái đất tác động trực tiếp đến con người có nguồn gốc từ khí radon và các sản phẩm phân rã của nó. Khí

radon có mặt ở khắp mọi nơi trong môi trường sống (không khí, nước và đất...), gồm chủ yếu ba đồng vị phóng xạ ^{222}Rn (chu kỳ bán rã 3,83 ngày), ^{220}Rn (chu kỳ bán rã 55,6 giây) và ^{219}Rn (chu kỳ bán rã 3,96 giây). Radon tác động trực tiếp đến sức khỏe con người qua đường hô hấp, phụ thuộc vào chu kỳ bán rã: ^{222}Rn có thể dễ dàng đi vào cơ thể con người và quay ngược lại môi trường không khí qua đường hô hấp; ^{220}Rn rất khó có thể quay ngược trở lại môi trường

* Tác giả liên hệ. ĐT.: 84-912109555
Email: duongnt_minerals@vnu.edu.vn

không khí nếu bị hít vào cơ thể, ^{219}Rn khó có thể tiếp cận được đến con người. Khi vào đến hệ hô hấp, khí radon và các sản phẩm phân rã con ở dạng rắn (như poloni (Po), chì (Pb) và bismuth (Bi) có xu hướng cư trú ở phế quản, phổi và phát ra các hạt alpha mang năng lượng lớn có thể gây tổn hại đến ADN, phá hủy tế bào [1]. Khi nghiên cứu về ảnh hưởng của khí radon trong môi trường không khí, đồng vị ^{219}Rn thường được bỏ qua vì thời gian tồn tại quá ngắn, ít có cơ hội tác động đến con người, trong khi đồng vị ^{222}Rn và ^{220}Rn được xem là nguyên nhân chính gây ra các bức xạ phóng xạ tự nhiên. Trên thế giới và ở Việt Nam, nghiên cứu và đánh giá bức xạ phóng xạ trong môi trường làm việc và nhà ở đã và đang được chú ý thực hiện nhằm bảo vệ con người trước những tác động phóng xạ không cảm nhận được [2-7].

Đồng Văn là một trong bốn huyện thuộc địa bàn Cao nguyên đá Đồng Văn, nằm ở vùng cao phía bắc tỉnh Hà Giang. Nơi đây là địa điểm cư trú của nhiều dân tộc thiểu số với sự đa dạng về phong tục, tập quán như trồng ngô trong hốc đá tai mèo, canh tác dưới thung lũng và làm nhà trình tường [8]. Gần đây, Đồng Văn là địa điểm du lịch hấp dẫn với cảnh quan địa hình karst kỳ vĩ cùng hệ thống các hang động đá vôi. Tuy nhiên địa hình karst hiểm trở, chia cắt mạnh, với nhiều hệ thống đứt gãy và sự xuất hiện của các thung lũng, hồ sụt giữa núi thích hợp cho các loại khí dưới sâu, trong đó có khí radon, di chuyển lên bề mặt Trái đất. Đặc biệt, các hang

động và hồ sụt karst thường là những môi trường kín, ít có sự lưu thông không khí, các khí từ dưới sâu khi khuếch tán lên mặt đất có thể được tập trung với nồng độ cao. Sự phổ biến của địa hình karst ở cao nguyên đá Đồng Văn cộng với kinh tế nông nghiệp chủ đạo với thói quen tập trung sinh sống và canh tác, trồng trọt ở các thung lũng karst (Hình 1) khiến cư dân địa phương có khả năng cao bị ảnh hưởng bởi các khí thoát ra từ dưới sâu.

Một điểm đến không thể thiếu khi đến Cao nguyên đá Đồng Văn là thị trấn Đồng Văn. Thị trấn nằm trong một lòng chảo karst, bao quanh bởi các khối núi đá vôi. Trung tâm thị trấn nổi tiếng với Phố Cổ Đồng Văn, nơi tập trung gần như toàn bộ nét đặc trưng về văn hóa, lối sống và phong tục của cư dân Cao nguyên đá. Đa số các ngôi nhà trong khu vực Phố Cổ là nhà trình tường, có đặc điểm tường nhà rất dày, được làm bằng đất với hàng cột gỗ lớn, có thể có một hoặc hai tầng, mái lợp ngói trên những kết cấu vì kèo bằng gỗ chắc chắn (Hình 2). Tuy nhiên, nhà trình tường thường có mái thấp, cửa ra vào cũng không cao và ít khi có cửa sổ. Đặc điểm này rất thuận lợi cho các khí đất và khí phóng xạ giải phóng, tập trung và gây tác động đến con người.

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá hiện trạng môi trường phóng xạ trong nhà và nơi làm việc ở huyện Đồng Văn bằng nồng độ khí radon trong các kiểu nhà và các hồ sụt karst, nơi người dân sinh sống và sản xuất.



Hình 1. Thung lũng ở xã Lũng Cú (trái) và xã Thài Phìn Tủng (phải) nơi người dân sinh sống và canh tác nông nghiệp.



Hình 2. Nhà trình tường ở xã Sáng Tùng (trái) và xã Sùng Là (phải), huyện Đồng Văn.

2. Vị trí và phương pháp nghiên cứu

a. Vị trí nghiên cứu

Nghiên cứu tiến hành khảo sát nồng độ radon tại 7 hố sụt và 2 cụm dân cư, gồm khu Phố Cổ (thị trấn Đồng Văn) và Làng văn hóa Lũng Cẩm (xã Sùng Là), thuộc địa bàn huyện Đồng Văn. Các hố sụt được kí hiệu từ S1 đến S7 (Hình 3), theo ghi nhận các hố sụt này đều là nơi canh tác một số loại rau, cây hoa màu và một số loại cỏ phục vụ chăn nuôi gia súc của người dân địa phương (Hình 4).

Nhà ở của người dân địa phương được lựa chọn xác định nồng độ khí radon làm từ nhiều loại vật liệu khác nhau và được chia thành 2 nhóm: (1) nhóm công trình truyền thống gồm nhà trình tường truyền thống và nhà xây bằng gạch đất ép hoặc đá vôi ép không nung (N1 - N4); (2) nhóm công trình hiện đại gồm nhà xây bằng gạch nung, bê tông, cốt thép, vôi, vữa, xi măng, tấm lợp tôn... (N5 - N13).

b. Phương pháp đo nồng độ radon

Nồng độ khí phóng xạ radon (^{222}Rn và ^{220}Rn) được xác định bằng thiết bị di động hiện trường quang phổ- α Sarad RTM[®] 2200 (CHLB Đức). Tại các hố sụt, nồng độ khí radon được đo ở vị trí cách mặt đất ~ 1 m, trong môi trường nhà ở, nồng độ khí radon được đo ở vị trí cách mặt đất và tường nhà ~ 0,3 m. Mỗi điểm được đo lặp lại tối thiểu 3 lần. Máy hút khí trực tiếp từ môi trường, đưa dòng khí chạy qua các cảm biến, đo bức xạ hạt alpha và cho ra kết quả hiển thị nồng độ khí phóng xạ trên màn hình. Máy có ưu điểm gọn, nhẹ, dễ di chuyển trong quá trình đo đạc. Máy có độ nhạy lớn và không bị ảnh hưởng bởi độ ẩm của môi trường xung quanh. Thẻ nhớ SD trong máy cho phép lưu trữ một lượng dữ liệu lớn, mỗi dữ liệu được ghi với tọa độ GPS riêng và có cổng USB để kết nối với máy tính khi xuất dữ liệu [10].

Môi trường	Trong nhà		Nơi làm việc				
Kí hiệu	N1-9	N10-13	S1	S2	S3	S4-6	S7
Vị trí	Phố Cổ	Làng văn hóa Lũng Cẩm	Hố sụt đối diện trường DTNT*	Thung lũng cạnh hang Ròng	Hố sụt trước cửa hang Ma Lé	Hố sụt thôn Mỏ Lộng	Thung lũng dọc quốc lộ 4C, xã Thái Phìn Tùng

(* DTNT: Dân tộc nội trú)

3. Hiện trạng môi trường phóng xạ tại huyện Đông Văn

a. Môi trường làm việc tại các hố sụt karst

Nồng độ khí radon (^{222}Rn và ^{220}Rn) tại các hố sụt được trình bày ở Bảng 1.

Hiện nay chưa có tiêu chuẩn chính thức về nồng độ khí phóng xạ ở môi trường ngoài trời, UNSCEAR (1993) [11] công bố nồng độ ^{220}Rn ngoài trời trung bình 10 Bq m^{-3} , tuy nhiên đối với ^{222}Rn có thời gian tồn tại lâu trong không khí thì giá trị này dao động trong khoảng 1 - 100 Bq m^{-3} [11]. Nồng độ ^{222}Rn tại các hố sụt đo được dao động từ 30 Bq m^{-3} đến 100 Bq m^{-3} , các giá trị này không vượt quá giá trị trung bình 100 Bq m^{-3} [11]. Tuy nhiên, nồng độ ^{220}Rn đều có giá trị cao, gấp 4 đến 13 lần nồng độ trung bình 10 Bq m^{-3} [11], thậm chí cao gấp 40 lần, như ở hố sụt S1 (Bảng 1 và Hình 5).

Cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế [12] quy định liều chiếu giới hạn đối với một người là 1 mSv năm^{-1} . Trong các trường hợp đặc biệt, liều hiệu dụng có thể tăng tới 5 mSv cho một năm riêng lẻ, nhưng trung bình 5 năm liên tục không vượt quá 1 mSv trong 1 năm. Tổng liều chiếu do cả ^{220}Rn và ^{222}Rn gây ra là $0,6 - 4 \text{ mSv năm}^{-1}$, cao hơn liều chiếu giới hạn 1 - 4 lần (Hình 6).

b. Môi trường trong nhà

Nồng độ và liều chiếu gây ra do hít khí ^{222}Rn , ^{220}Rn môi trường trong nhà được trình bày ở Bảng 2.

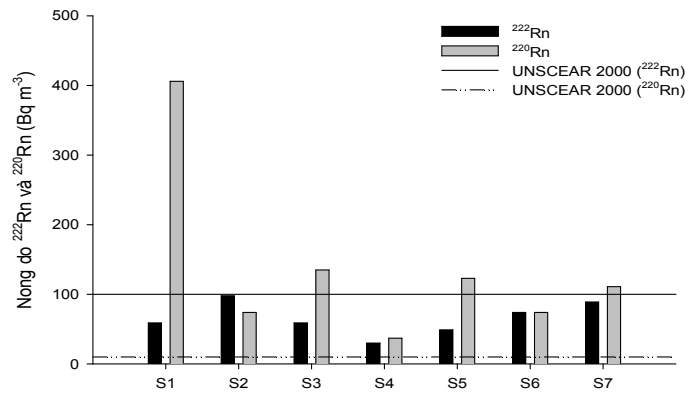
Theo TCVN 7889:2008 [13] mức hành động đối với nồng độ khí ^{222}Rn tự nhiên trong nhà là $>200 \text{ Bq m}^{-3}$, mức khuyến cáo đối với nhà đang sử dụng $<200 \text{ Bq m}^{-3}$ và mức phấn đấu cho các loại nhà $<60 \text{ Bq m}^{-3}$. So sánh với kết quả đo cho thấy nồng độ khí ^{222}Rn trong tất cả các ngôi nhà ở đây đều nằm ở mức khuyến cáo, nơi có nồng độ khí ^{222}Rn cao nhất là 115 Bq m^{-3} (Hình 7). Tuy nhiên, điều đáng chú ý là nồng độ khí ^{220}Rn đo được ở khu vực này rất cao, giá trị cao nhất lên tới 535 Bq m^{-3} , trong khi hiện nay chưa có tiêu chuẩn cụ thể về nồng độ khí ^{220}Rn tự nhiên trong nhà. Vì vậy, để đánh giá được mức độ nguy hiểm của các khí này với sức khỏe con người cần xét đến liều chiếu trong.

Trong các ngôi nhà làm bằng vật liệu hiện đại, tổng liều chiếu gây ra bởi hai khí ^{222}Rn và ^{220}Rn dao động từ 0 đến $6,2 \text{ mSv năm}^{-1}$, trong đó có 2 nhà nằm ở mức 0 mSv năm^{-1} , và còn lại các nhà có giá trị cao gấp 3 - 6 lần liều chiếu giới hạn [12]. Trong các ngôi nhà truyền thống, tổng liều chiếu trong là $9,6 - 45,4 \text{ mSv năm}^{-1}$ cao gấp 9 - 45 lần giới hạn liều chiếu [12] (Hình 8).

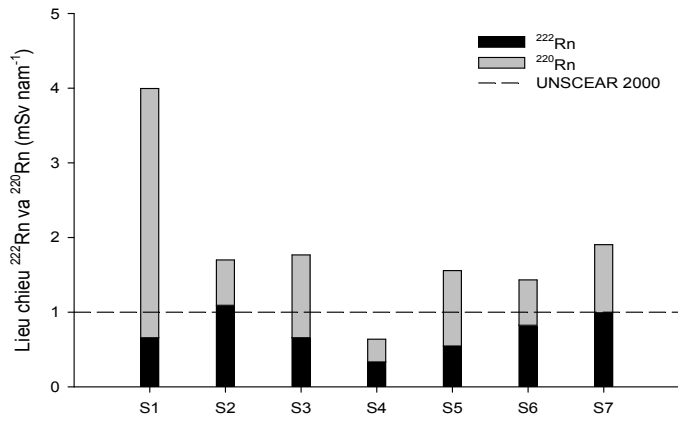
Bảng 1. Nồng độ radon (^{222}Rn và ^{220}Rn) tại các hố sụt karst khu vực huyện Đông Văn

Hố sụt	Tọa độ		Nồng độ radon (Bq m^{-3})		Liều chiếu (mSv năm^{-1})		
	Kinh độ	Vĩ độ	C_{Rn}	C_{Tn}	D_{Rn}	D_{Tn}	$D_{\text{Rn+Tn}}$
S1	23.271	105.319	59	406	0,7	3,3	4,0
S2	23.212	105.236	98	74	1,1	0,6	1,7
S3	23.290	105.313	59	135	0,7	1,1	1,8
S4	23.271	105.335	30	37	0,3	0,3	0,6
S5	23.271	105.335	49	123	0,5	1,0	1,6
S6	23.272	105.337	74	74	0,8	0,6	1,4
S7	23.259	105.302	89	111	1,0	0,9	1,9
IAEA (1996)							1

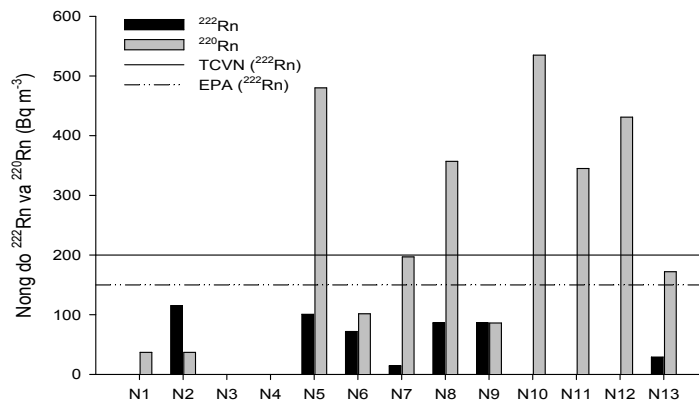
(IAEA là tiêu chuẩn liều chiếu của Cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế)



Hình 4. Nồng độ khí phóng xạ trong môi trường làm việc (các hố sụt được kí hiệu lần lượt từ S1 đến S7 như trong Hình 4).



Hình 5. Liều chiếu trong đo hô hấp môi trường làm việc (các hố sụt được kí hiệu lần lượt từ S1 đến S7 như trong Hình 4).

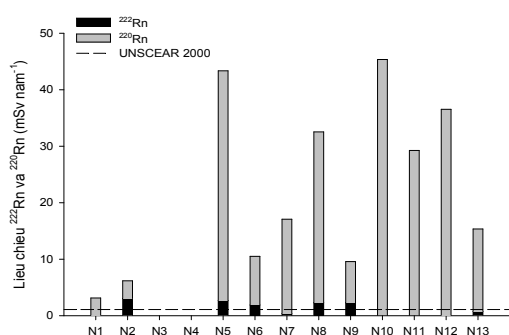


Hình 6. Nồng độ khí radon của môi trường trong nhà (N1-N4: nhà hiện đại, N5-N13: nhà truyền thống).

Bảng 2. Nồng độ radon (^{222}Rn và ^{220}Rn) ở các ngôi nhà khu vực huyện Đông Văn

Nhóm nhà	Tọa độ	Tọa độ		Nồng độ (Bq m^{-3})		Liều chiếu (mSv năm^{-1})		
		Kinh độ	Vĩ độ	C_{Rn}	C_{Tn}	D_{Rn}	D_{Tn}	$D_{\text{Rn+Tn}}$
Nhà hiện đại	N1	23.2785	105.3631	0	37	0	3,1	3,1
	N2	23.2801	105.3629	115	37	3,0	3,1	6,2
	N3	23.2786	105.3609	0	0	0	0	0
	N4	23.2800	105.3600	0	0	0	0	0
Nhà truyền thống	N5	23.2795	105.3607	101	480	2,7	40,7	43,4
	N6	23.2789	105.3610	72	102	1,9	8,6	10,5
	N7	23.2790	105.3610	14	197	0,4	16,7	17,1
	N8	23.2803	105.3631	86	357	2,3	30,3	32,5
	N9	23.2799	105.3603	86	86	2,3	7,3	9,6
	N10	23.2263	105.2023	0	535	0	45,4	45,4
	N11	23.2261	105.2026	0	345	0	29,2	29,2
	N12	23.2260	105.2032	0	431	0	36,5	36,5
	N13	23.2260	105.2031	29	172	0,8	14,6	15,3
EPA (2013)				150				
TCVN (2008)				200				1
IAEA (1996)								1

(EPA: tiêu chuẩn của Ủy ban Bảo vệ môi trường Hoa Kỳ; TCVN: tiêu chuẩn quốc gia của Việt Nam; IAEA: tiêu chuẩn của Cơ quan năng lượng Nguyên tử Quốc tế).



Hình 7. Liều chiếu trong của khí radon đối với môi trường trong nhà (N1-N4: nhà hiện đại, N5-N13: nhà truyền thống).

Nghiên cứu phóng xạ tự nhiên trong các loại vật liệu xây dựng phổ biến ở Việt Nam cho thấy, liều chiếu trong các ngôi nhà làm bằng vật liệu phổ biến như đá granit là $\sim 1,1 \text{ mSv năm}^{-1}$, đá hoa $\sim 0,06 \text{ mSv năm}^{-1}$, đá vôi $\sim 0,12 \text{ mSv năm}^{-1}$, gạch nung $\sim 0,94 \text{ mSv năm}^{-1}$ và xi măng $\sim 0,41 \text{ mSv năm}^{-1}$ [14]. Có thể thấy liều chiếu trong các ngôi nhà ở Đông Văn cao hơn rất nhiều so với nghiên cứu theo [14]. Vì vậy, cần

chú trọng hơn nữa việc nghiên cứu nồng độ phóng xạ tự nhiên trong môi trường karst như ở Đông Văn.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy trong môi trường làm việc, nồng độ ^{222}Rn , ^{220}Rn lần lượt khoảng $30 - 98 \text{ Bq m}^{-3}$ và $37 - 406 \text{ Bq m}^{-3}$, tổng liều chiếu trong do hít thở là $0,6 - 4 \text{ mSv năm}^{-1}$ cao hơn 1 - 4 lần tiêu chuẩn về liều chiếu theo khuyến cáo của IAEA [12]. Đối với môi trường trong nhà, nồng độ của ^{222}Rn , ^{220}Rn lần lượt khoảng $0 - 115 \text{ Bq m}^{-3}$ và $0 - 37 \text{ Bq m}^{-3}$ với nhà hiện đại, nồng độ ^{222}Rn nằm trong giới hạn về nồng độ an toàn của Việt Nam và EPA, tương đương tổng liều chiếu $0 - 6,2 \text{ mSv năm}^{-1}$. Nồng độ ^{222}Rn , ^{220}Rn đối với nhà truyền thống lần lượt khoảng $0 - 101 \text{ Bq m}^{-3}$ và $102 - 535 \text{ Bq m}^{-3}$, tương đương tổng liều chiếu $4,6 - 45,4 \text{ mSv năm}^{-1}$, cao hơn rất nhiều so với tiêu chuẩn về tổng liều chiếu theo khuyến cáo của IAEA [12]. Do vậy, cần thiết tiếp tục nghiên cứu về nồng

độ khí phóng xạ trong nhà và môi trường làm việc tại khu vực huyện Đông Văn và toàn Cao nguyên đá Đông Văn nhằm đề xuất các giải pháp khắc phục.

Tài liệu tham khảo

- [1] World nuclear association, Nuclear radiation and health effects, <http://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/radiation-and-health/nuclear-radiation-and-health-effects.aspx>, 2016.
- [2] Guo Q., Shimo M., Ikebe Y., Minato S., The study of thoron progeny and radon progeny concentrations in different kinds of dwellings in Japan, Rad Prot Dosim 45 357 (1992).
- [3] Popit A., Vaupotic J., Indoor radon concentrations in relation to geology in Slovenia, Environmental Geology 42 330 (2002).
- [4] Bossew P., The radon emanation power of building materials, soils and rocks, Applied Radiation and Isotopes 59 389 (2003).
- [5] Dang Duc Nhan, Fernando C.P., Nguyen Thi Thu Ha, Nguyen Quang Long, Dao Dinh Thuan, Fonseca H., Radon (^{222}Rn) concentration in indoor air near the coal mining area of Nui Beo, North of Vietnam, Journal of Environmental Radioactivity 110 98 (2012).
- [6] Dung B.D., Giap T.V., Kovács T., Cuong L.D., Quyet N.H., Indoor radon concentration measurements at the locations of the first nuclear power plants of Vietnam, Romanian Journal of Physics 58 108 (2013).
- [7] Gabdo H. T., Ramli A. T., Saleh M. A., Garba N. N. and Sanusi M., Natural radioactivity measurements in Pahang State, Malaysia, Isotopes in Environmental and Health Studies 52 298 (2016).
- [8] Nguyễn Xuân Trường, Đặc điểm địa chất và địa lí tự nhiên công viên địa chất Cao nguyên đá Đông Văn, tỉnh Hà Giang, Tạp chí khoa học Đại học sư phạm thành phố Hồ Chí Minh, số 29 115 (2011).
- [9] Hoàng Xuân Tinh (chủ biên). Bản đồ địa chất và khoáng sản tờ Bảo Lạc, (F-48-X). Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, 2000.
- [10] Baskaran M., Radon: A tracer for geological, geophysical and geochemical studies. Springer 260 p. ISBN: 978-3-319-21328-6 (2016).
- [11] UNSCEAR, Exposures from natural radiation sources, United Nations, New York, 2000.
- [12] IAEA, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, 1996.
- [13] Tiêu chuẩn Quốc gia (Việt Nam), TCVN 9413:2008, Điều tra, đánh giá Địa chất Môi trường - An toàn phóng xạ, Bộ khoa học và công nghệ, 2012.
- [14] Lê Như Siêu & nnk, Natrural radioactivity in commonly building materials used in Vietnam - 11255, WM2011 conference, 2011.

Preliminary Investigation Into Radiological Environment in Dong Van District, Ha Giang Province

Dang Thi Phuong Thao¹, Nguyen Thuy Duong¹, Nguyen Thi Anh Nguyet¹,
Nguyen Van Huong¹, Arndt Schimmelmann²

¹Faculty of Geology, VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam

²Indiana University, USA

Abstract: This research portrays the level of natural indoor and outdoor radioactivity in Dong Van district, Ha Giang province, via measuring the abundances of radon (^{222}Rn and ^{220}Rn) in air. The local population engages in agriculture in valleys and karst sinkholes. Home are often built with compacted soil and feature small rooms that can be humid and poorly ventilated. Our results indicate that the air in karst sinkholes has ^{222}Rn and ^{220}Rn activities ranging from 30 Bq m^{-3} to 98 Bq m^{-3} and from 37 Bq m^{-3} to

406 $Bq m^{-3}$, respectively, which is equivalent to a total inhalation dose from 0.6 to 4 $mSv y^{-1}$ and is up to four times higher than the inhalation dose threshold of 1 $mSv y^{-1}$ recommended by the IAEA (1996) for working environments. The air in soil-built houses feature ^{222}Rn and ^{220}Rn activities from 0 $Bq m^{-3}$ to 101 $Bq m^{-3}$ and from 86 $Bq m^{-3}$ to 535 $Bq m^{-3}$, respectively. The total indoor inhalation dose is estimated to range from 9.6 $mSv y^{-1}$ to 45.4 $mSv y^{-1}$ and is 9 to 45 times higher than the IAEA's (1996) recommended indoor inhalation dose threshold of 1 $mSv y^{-1}$. In comparison to soil-built houses, the concentrations of ^{222}Rn and ^{220}Rn in modern houses built with brick, steel, concrete and lime cement walls ranged from 0 $Bq m^{-3}$ to 115 $Bq m^{-3}$ and from 0 $Bq m^{-3}$ to 37 $Bq m^{-3}$, respectively. These values fall below the recommended thresholds of 200 $Bq m^{-3}$ (TCVN 7889: 2008) and 150 $Bq m^{-3}$ (EPA, 2003) for indoor ^{222}Rn . Overall, the observed radon concentrations in outdoor and indoor environments on the Dong Van Karst Plateau demand attention to assess and mitigate the risk for human health, especially with regard to the air in traditional soil-built houses.

Keywords: Dong Van, radiation, radon, thoron, inhalation dose.