

ẢNH HƯỞNG CỦA SỰ LƯU THÔNG KHÔNG KHÍ THEO NHIỆT ĐỘ ĐẾN NỒNG ĐỘ KHÍ RADON TRONG NHÀ TRÌNH TƯỜNG Ở KHU VỰC CAO NGUYÊN ĐÁ ĐỒNG VĂN

Nguyễn Thùy Dương^{1*}, Nguyễn Ánh Nguyệt¹, Nguyễn Văn Hường¹,
Jan Schimmelmann², Nguyễn Đình Thái¹, Minh Ngọc Schimmelmann³,
Arndt Schimmelmann³

¹Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG, Email: duongnt_minerals@vnu.edu.vn

²Trường Đại học Bremen, CHLB Đức

³Trường Đại học Indiana, Hoa Kỳ

TÓM TẮT

Bài viết trình bày kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của sự lưu thông không khí và nhiệt độ đến nồng độ khí radon (^{222}Rn và ^{220}Rn) bên trong nhà trình tường, một loại nhà truyền thống ở cao nguyên đá Đồng Văn. Nồng độ khí radon được đo trong tháng 1 và tháng 7, tương ứng với mùa ‘nóng’ và mùa ‘lạnh’, bằng thiết bị cầm tay RAD7. Kết quả cho thấy nồng độ khí radon có xu hướng tăng cao vào mùa ‘nóng’ và nồng độ ^{220}Rn luôn cao hơn ^{222}Rn tại cùng thời điểm và vị trí khảo sát bất kể mùa ‘nóng’ hay ‘lạnh’. Radon có chu kỳ bán rã đủ lớn (3,8 ngày) để có thể khuếch tán trong không khí nhờ sự lưu thông không khí, trong khi thoron có chu kỳ bán rã ngắn (55,6 giây) đã vô tình làm tăng cao nồng độ tại gần nguồn phát trước khi có thể được phân bố đều vào môi trường không khí. Nồng độ trung bình của ^{220}Rn trong cả mùa ‘lạnh’ và ‘nóng’ (tương ứng ~500 Bq m⁻³ và ~650 Bq m⁻³) đều cao hơn rất nhiều trung bình nồng độ thoron trong môi trường không khí (~10 Bq m⁻³). Với nồng độ cao như vậy, bức xạ alpha trực tiếp từ ^{220}Rn có thể là mối nguy hiểm đối với người dân sinh sống trong nhà trình tường không thể bỏ qua, đặc biệt là khi người dân có thói quen kê giường ngủ sát góc tường.

Từ khóa: Nhà trình tường, sự lưu thông không khí, nhiệt độ, radon, thoron.

1. MỞ ĐẦU

Radon là khí hiếm phóng xạ, không màu, không mùi, không vị với 3 đồng vị phóng xạ chính gồm ^{222}Rn (radon, chu kỳ bán rã 3,83 ngày), ^{220}Rn (thoron, chu kỳ bán rã 55,6 giây) và ^{219}Rn (actinon, chu kỳ bán rã 3,96 giây) tương ứng là sản phẩm trung gian của các dãy phân rã phóng xạ urani (^{238}U), thori (^{232}Th) và plutoni (^{239}Pu). Chúng có mặt chủ yếu trong thành phần của đá, đất và các loại vật liệu xây dựng. Trong các nghiên cứu về đồng vị phóng xạ radon, actinon (^{219}Rn) thường được bỏ qua do thời gian tồn tại quá ngắn. Nguyên tử radon phát xạ và trú ngụ trong các vật liệu tự nhiên, có thể đi vào không khí, tích lũy với nồng độ cao trong môi trường kín (ví dụ như nhà ở, hầm lò và hang động) và có nguy cơ gây phơi nhiễm phóng xạ đối với con người (Gunn, 2003). Cho đến nay, khí radon trong môi trường nhà ở được ước tính chiếm khoảng trên 50% năng lượng phóng xạ có nguồn gốc tự nhiên và nhân tạo ảnh hưởng đến cơ thể sống (UNSCEAR, 2008; WHO, 2010).

Khí radon trong nhà bắt nguồn chủ yếu từ các khe nứt nền địa chất bên dưới hoặc từ các lỗ rỗng của vật liệu xây dựng, do đó nồng độ radon trong nhà cao nhất có thể tập trung nhiều trong tầng hầm hoặc tầng trệt, nơi ít có sự lưu thông không khí. Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến sự phát xạ và nồng độ khí radon trong nhà như đặc điểm vật liệu xây dựng, đặc điểm thời tiết (độ ẩm, nhiệt độ, áp suất,...) giữa trong môi trường trong nhà và ngoài trời (Gunn, 2003; Balek và Beckman, 2005; Sakoda và nnk, 2011; Schubert và nnk, 2018). Radon có thể tồn tại, phát tán trong không khí và đi vào phổi, máu và bạch huyết qua đường hô hấp. Tại đó, sự phân rã của các đồng vị radon tạo ra sản phẩm trung gian là các đồng vị phóng xạ kim loại như poloni (Po) và bismuth (Bi), cũng có khả năng phát xạ năng lượng alpha. Các sản phẩm kim loại phóng xạ trung gian này được hấp thụ mạnh

mẽ vào các hạt bụi và các sơn khí, có thể tồn tại lâu trong không khí. Trong quá trình hô hấp, chúng có thể đi vào cơ thể con người, lắng đọng trên các biểu mô của phổi, sau đó tiếp tục tác động đến các tế bào phế quản và tế bào bài tiết, đây chính là nguyên nhân gây ra ung thư phổi. Do đó, cơ thể sống bị phơi nhiễm radon ở nồng độ cao có thể phát sinh các bệnh lý nghiêm trọng (UNSCEAR, 2008; WHO, 2010).

Nồng độ radon cao đã được phát hiện tồn tại trong các nhà trình tường ở một số nơi trên Thế giới như Trung Quốc, Ấn Độ, Đức, Nhật (Shang et al., 2005; Gierl et al, 2014). Ở Việt Nam, nồng độ radon cao đã được xác định trong kiểu nhà trình tường truyền thống của đồng bào dân tộc sinh sống ở Cao nguyên đá Đồng Văn (Nguyen-Thuy et al., 2019). Đây là loại nhà có chi phí xây dựng thấp, vật liệu làm nhà chủ yếu từ đất giàu sét tại địa phương. Với đặc điểm là tường và nền nhà đều làm trực tiếp bằng đất, khí radon có thể phát xạ trực tiếp vào môi trường không khí trong nhà thông qua các lỗ hổng và khe nứt xuất hiện trên bề mặt tường và nền nhà đất. Trong nhà trình tường, độ lỗ rỗng của tường đất, sự lưu thông không khí trong nhà là các yếu tố ảnh hưởng lớn đến sự khuếch tán của radon vào không khí. Những cư dân sinh sống trong kiểu nhà trình tường thường không nhận biết và phát hiện được rủi ro phóng xạ này. Nồng độ khí phóng xạ radon trong nhà thường cao đến rất cao, ngay cả khi có sự trao đổi không khí trong nhà và ngoài trời qua hệ thống các cửa sổ, cửa ra vào, các vết nứt giữa mái nhà và tường (Meisenberg et al., 2017). Bài viết được thực hiện nhằm nghiên cứu sự ảnh hưởng của sự lưu thông không khí và nhiệt độ đến nồng độ khí radon trong nhà trình tường, lấy ví dụ một ngôi nhà trình tường điển hình cho khu vực nông thôn ở Cao nguyên đá Đồng Văn, miền Bắc Việt Nam.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP

Nghiên cứu đã lựa chọn một ngôi nhà trình tường truyền thống, tiêu biểu của đồng bào dân tộc sinh sống ở Cao nguyên đá Đồng Văn để thực hiện các thí nghiệm. Ngôi nhà được xây dựng bằng cách đầm và nén đất giàu sét tại địa phương dựng thành các bức tường dày (từ 40 đến 80 cm) và nền nhà (Hình 1). Tùy theo từng địa phương và đồng bào, nhà trình tường có thể to nhỏ khác nhau, nhưng chúng đều có chung kiểu kiến trúc là nhà ba gian, có một cửa chính ở gian giữa và một cửa phụ ở một trong hai gian hai bên, và hai cửa sổ.

Nồng độ khí radon (^{222}Rn và ^{220}Rn) trong môi trường không khí nhà trình tường được đo bằng thiết bị cầm tay RAD7 vào tháng 1 và tháng 7 năm 2017, tương ứng với mùa 'lạnh' và mùa 'nóng' ở khu vực nghiên cứu (Niên giám thống kê tỉnh Hà Giang, 2018). Không khí được hút vào thiết bị RAD7 qua một ống nhựa ở độ cao 40 cm so với mặt sàn, đi qua một màng lọc (kích thước 1,0 μm) và một hộp hút ẩm chứa hạt silica. RAD7 định lượng sự phân rã các hạt alpha trong từng chu kỳ 10 phút, ở chế độ sniff mode. Quy trình khảo sát được thực hiện tại nhiều điểm trong nhà, đặc biệt là khu vực kê giường ngủ, thường được bố trí ở góc tường của hai gian nhà bên, nằm trong khoảng cách tường 2 m. Các phép đo được lặp đi lặp lại nhằm đánh giá khả năng tái lập và giới hạn sự chuyển động của không khí trong nhà. Độ chính xác của số liệu đo RAD7 đã được thiết lập vào năm 2016 bằng cách so sánh số liệu radon và thoron đo được của RAD7 và SARAD[®]RTM2200 đã được hiệu chuẩn ở một số nhà trình tường khu vực miền Bắc Việt Nam.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Nồng độ khí radon (bao gồm ^{222}Rn và ^{220}Rn) nhỏ nhất, lớn nhất và trung bình trong các đợt khảo sát theo tháng trong nhà trình tường được biểu diễn trong Bảng 1. Tại các điểm đo đồng thời, nồng độ ^{220}Rn luôn lớn hơn nồng độ ^{222}Rn . Nguyên nhân là do chu kỳ bán rã của ^{222}Rn dài (3,8 ngày) đã cho phép ^{222}Rn có thể trao đổi với không khí bên ngoài trong quá trình khuếch tán vào



Hình 1. Nhà truyền thống ở một làng của các dân tộc ở Cao nguyên đá Đồng Văn

không khí trong nhà từ nguồn phát (giả định nguồn phát từ tường và nền đất). Đối với ^{222}Rn , sự trao đổi không khí đã tác động đến sự khuếch tán và di chuyển trong môi trường không khí. Ngược lại, chu kỳ bán rã của ^{220}Rn ngắn (55,6 giây) khiến cho chúng bị phân rã ngay sau khi được phát xạ vào không khí trong nhà trước khi có cơ hội trao đổi với không khí bên ngoài. Quá trình diễn ra tương tự nếu cơ thể sống hít thở không khí có tồn tại khí radon (^{222}Rn và ^{220}Rn). ^{222}Rn trong không khí đi vào đường hô hấp vẫn có khả năng thoát ra bên ngoài cơ thể sống qua nhịp thở tiếp theo, trong khi ^{220}Rn gần như bị giữ lại hoàn toàn nếu được hít vào. Có thể thấy tác động của ^{220}Rn đến cư dân sinh sống trong nhà trình tường dường như nghiêm trọng hơn là của ^{222}Rn , ngay cả khi có sự trao đổi không khí tốt.

Bảng 1. Nồng độ khí phóng xạ radon (^{222}Rn và ^{220}Rn) (Bq m^{-3}) trong môi trường không khí nhà trình tường theo mùa ‘lạnh’ (tháng 1) và mùa ‘nóng’ (tháng 7). Dữ liệu khí radon theo mùa gồm giá trị nhỏ nhất (Min), lớn nhất (Max), và trung bình (TB) cho cả hai đồng vị ^{222}Rn và ^{220}Rn theo khu vực đo trong nhà

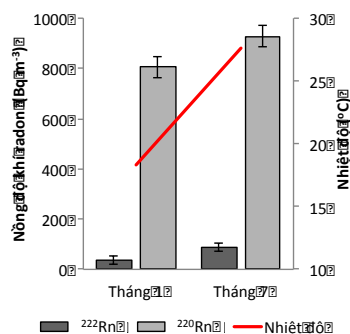
Điểm đo và	Các đồng vị radon	Mùa ‘lạnh’ với nhiệt độ trung bình là $18,3^{\circ}\text{C}$.*			Mùa ‘nóng’ với nhiệt độ trung bình là $27,6^{\circ}\text{C}$.*		
		Min	Max	TB	Min	Max	TB
Phòng khách	^{222}Rn	3	89	30	18	410	92
	^{220}Rn	211	1071	504	106	4030	643
Chỗ ngủ	^{222}Rn	18	55	37	45	116	89
	^{220}Rn	453	1137	806	283	2030	928

*Nhiệt độ trung bình của mùa ‘lạnh’ và mùa ‘nóng’ được xác định theo niên giám thống kê của cục thống kê tỉnh Hà Giang (GSO, 2018).

Nồng độ trung bình của ^{222}Rn và ^{220}Rn trong mùa ‘nóng’ lần lượt là 400 Bq m^{-3} và 4000 Bq m^{-3} , cao hơn nhiều so với mức trung bình của môi trường là 100 Bq m^{-3} đối với ^{222}Rn và 10 Bq m^{-3} đối với ^{220}Rn (UNSCEAR, 2008). Đây là các giá trị được đề xuất như mức tham chiếu của ngưỡng an toàn phóng xạ đối với phơi nhiễm radon trong môi trường kín (WHO, 2010). Nồng độ ^{220}Rn trong nhà trình tường luôn cao hơn ngưỡng rất nhiều bất kể mùa ‘nóng’ hay ‘lạnh’, trong khi nồng độ ^{222}Rn chỉ cao hơn ngưỡng vào mùa ‘nóng’ (hình 2).

Một cách khái quát, nồng độ radon (^{222}Rn và ^{220}Rn) trung bình trong nhà vào mùa ‘nóng’ cao hơn vào mùa ‘lạnh’. Có hai lý do có thể giải thích cho sự khác nhau đó. Thứ nhất, ở Việt Nam điều kiện khí hậu gió mùa mùa hè với lượng mưa lớn tạo độ ẩm khá cao trong không khí, làm tăng độ ẩm trong tường đất và sàn nhà, làm tăng khả năng các nguyên tử radon xâm nhập vào các lỗ hổng của tường và nền đất, từ đó có thể dễ dàng đi vào không khí trong nhà (Faheem and Matiullah, 2008). Thứ hai, động lực khuếch tán khí radon từ các lỗ rỗng trong tường và nền đất có xu hướng diễn ra nhanh hơn ở nhiệt độ cao (Baleck and Backman, 2005).

Nồng độ ^{220}Rn đặc biệt rất cao tại khu vực ngủ trong nhà trình tường. Như đã đề cập ở trên, ^{220}Rn khó có thể di chuyển ra xa nguồn phát (tường đất) do chu kỳ bán rã rất ngắn. Dựa vào thói quen của cư dân sống trong nhà trình tường là kê giường ngủ ở góc nhà và sát tường, có thể thấy cư dân có khả năng bị phơi nhiễm đồng vị ^{220}Rn cao nhất khi ngủ và đây dường như cũng là thời gian dài nhất cư dân ở trong nhà mỗi ngày. Hơn nữa, sự phơi nhiễm khí phóng xạ radon còn nguy hiểm



Hình 2. Nồng độ khí radon (^{222}Rn và ^{220}Rn) trung bình trong phòng khách nhà trình tường theo mùa ‘lạnh’ và ‘nóng’ (tương ứng với tháng 1 và 7)

hơn khi vào thời điểm ban đêm, khi tất cả các cửa ra vào và cửa sổ đều được đóng kín, không khí gần như không có sự lưu thông, trong khi sự phát xạ khí radon vẫn tiếp diễn liên tục từ tường và nền đất qua các khe nứt và lỗ hổng. Như vậy, giảm thiểu sự phơi nhiễm phóng xạ khí radon đối với cư dân cần xuất phát từ việc làm giảm nồng độ radon tích tụ trong nhà, đặc biệt là vào thời điểm ban đêm. Và một trong các biện pháp hữu hiệu là hạn chế sự phát xạ khí radon từ nguồn phát vào không khí trong nhà bằng các biện pháp xử lý bề mặt tường và nền đất.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy khí phóng xạ radon trong môi trường không khí nhà trình tường khu vực Cao nguyên đá Đồng Văn có khả năng ảnh hưởng đến sức khỏe cư dân, đặc biệt trong mùa ‘nóng’, khi mà nồng độ các đồng vị đều cao hơn ngưỡng khuyến cáo. Trong mùa ‘lạnh’, nồng độ ^{222}Rn thấp hơn mức khuyến cáo, nhưng nồng độ ^{220}Rn cao hơn rất nhiều lần ngưỡng an toàn và chu kỳ bán rã rất ngắn, làm cho khả năng bị phơi nhiễm khí phóng xạ của cư dân vẫn rất cao. Thói quen kê giường ngủ sát tường của cư dân dường như kéo gần sự tiếp xúc của cư dân đối với các bức xạ phóng xạ trực tiếp từ ^{220}Rn . Kết quả nghiên cứu cho thấy cư dân sinh sống trong nhà trình tường thường xuyên phải tiếp xúc với khí phóng xạ có nồng độ cao, kể cả có sự trao đổi không khí tốt. Sự phát xạ ^{220}Rn từ tường và nền đất là nguyên nhân chính, do đó cần có biện pháp ngăn ngừa sự phát tán này bằng phương pháp và vật liệu phù hợp. Hiện ở Việt Nam chưa có điều tra dịch tễ học về ảnh hưởng của khí radon tới sức khỏe của người dân sống trong nhà trình tường.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu hoàn thành dưới sự hỗ trợ của Quỹ phát triển Khoa học và Công nghệ Quốc gia (mã đề tài NAFOSTED 105.99-2016.16). Thiết bị đo nồng độ khí radon cầm tay RAD7 được hỗ trợ của Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; thiết bị SARAD[®] RTM2200 được hỗ trợ của Trường Đại học Indiana, Hoa Kỳ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Balek V., Beckman I.N., (2005). Theory of emanation thermal analysis XII. Modelling of radon diffusion release from disordered solids on heating. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 82, 755–759.
- [2]. Cục thống kê tỉnh Hà Giang (GSO), 2018. Niên giám thống kê tỉnh Hà Giang năm 2017, 418 trang, Hà Giang (Việt Nam).
- [3]. Faheem M., Matiullah, 2008. Radon exhalation and its dependence on moisture content from samples of soil and building materials. *Radiation Measurements*, 43, 1458–1462.
- [4]. Gierl S., Meisenberg O., Wielunski M., Tschiersch J., (2014). An unattended device for high-voltage sampling of radon and thoron progeny. *Review of Scientific Instruments*, 85, <https://doi.org/10.1063/1.4865163>.
- [5]. Gunn J., 2003. Radon in caves. In: Gunn J (Ed.): *Encyclopedia of Caves and Karst Science*. Fitzroy Dearborn (Taylor & Francis Books, Inc.), London, UK, 617–619.
- [6]. Meisenberg O., Mishra R., Joshi M., Gierl S., Rout R., Guo L., Agarwal T., Kanse S., Irlinger J., Sapra B.K., Tschiersch J., 2017. Radon and thoron inhalation doses in dwellings with earthen architecture: Comparison of measurement methods. *Science of the Total Environment*, 579, 1855–1862.
- [7]. Nguyễn-Thùy D., Nguyễn-Văn H., Schimmelmann J.P., Nguyễn N.T.Á., Doiron K., Schimmelmann A., 2019. ^{220}Rn (thoron) geohazard in room air of earthen dwellings in Vietnam. *Geofluids*, article ID 7202616, 11 p., <https://doi.org/10.1155/2019/7202616>
- [8]. Sakoda A., Ishimori Y., Yamaoka K., (2011). A comprehensive review of radon emanation measurements for mineral, rock, soil, mill tailing and fly ash. *Applied Radiation and Isotopes*, 69, 1422–1435.
- [9]. Schubert M., Musolff A., Weiss H., (2018). Influences of meteorological parameters on indoor radon concentrations (^{222}Rn) excluding the effects of forced ventilation and radon exhalation from soil and building materials. *Journal of Environmental Radioactivity*, 192, 81–85.
- [10]. Shang B., Chen B., Gao Y., Cui H., Li Z., (2005). Thoron levels in traditional Chinese residential dwellings. *Radiation and Environmental Biophysics*, 44, 193–199.

- [11]. UNSCEAR, (2010). UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. In: Sources and Effects of Ionizing Radiation, vol. I, United Nations, New York.
- [12]. WHO, 2010. WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants *Geneva: World Health Organization*, ISBN-13: 978-92-890-0213-4.

EFFECT OF TEMPERATURE-DRIVEN AIR VENTILATION ON CONCENTRATIONS OF INDOOR RADON ISOTOPES IN MUD-BUILT HOUSES IN DONG VAN KARST PLATEAU GEOPARK

Duong Nguyen-Thuy^{1*}, Nguyet Nguyen-Anh¹, Huong Nguyen-Van¹, Jan Schimmelmann², Thai Nguyen-Dinh¹, Minh Ngoc Schimmelmann³, Arndt Schimmelmann³

¹*VNU University of Science, Hanoi (HUS), Vietnam Email: duongnt_minerals@vnu.edu.vn*

²*University of Bremen, Germany*

³*Department of Earth and Atmospheric Sciences, Indiana University, Bloomington, USA*

ABSTRACT

Measurements of radon (^{222}Rn) and thoron (^{220}Rn) concentrations in room air of a mud-built house in the Dong Van Karst Plateau Geopark were carried out to study the effects of air ventilation and temperature on the inhalation geohazard for residents. Measurements were performed with a RAD7 portable radon and thoron detector in January and July 2017, corresponding to ‘cold’ and ‘warm’ months, respectively. Results showed that ^{222}Rn and ^{220}Rn concentrations were elevated during ‘warm’ months with higher relative humidity. More importantly, the contribution of radiation from the lesser-known ^{220}Rn was consistently higher than that of ^{222}Rn . The longer half-life of ^{222}Rn of ca. 3.8 days leads to efficient dilution and venting from room air, whereas ^{220}Rn ’s short half-life of ca 55.6 seconds inevitably causes a high percentage of ^{220}Rn to decay in room air and exposes residents to radiation and inhalation of radioactive daughter nuclides. Due to the much higher abundances of thoron in room air ($\sim 500 \text{ Bq m}^{-3}$ and $\sim 650 \text{ Bq m}^{-3}$ during ‘cold’ and ‘warm’ seasons, respectively) than the average level of $\sim 10 \text{ Bq m}^{-3}$ in ambient air (UNSCEAR, 2008), the radiation geohazard from ^{220}Rn seems to be more serious than radiation from ^{222}Rn , even in well-ventilated mud houses. Consequently, radiation from ^{220}Rn and its radioactive metallic daughter nuclides in room air appears to represent a significant and underappreciated human health geohazard, especially when residents of mud houses sleep in beds that are often placed adjacent to mud-built walls.

Keywords: Mud-built house, air ventilation, temperature, radon, thoron.