



KHẢO SÁT PHÂN BỐ VÀ SỰ KHUẾCH TÁN RADON TRONG ĐẤT TẠI ĐỊA BÀN THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

Huỳnh Nguyễn Phong Thu^{1*}, Nguyễn Văn Thắng¹,

Vũ Ngọc Ba¹, Lê Công Hào¹, Nguyễn Văn Đông²

¹Phòng Thí nghiệm Kỹ thuật Hạt nhân - Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – ĐHQG TP HCM

²Khoa Hóa học - Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – ĐHQG TP HCM

Ngày Tòa soạn nhận được bài: 17-12-2016; ngày phân biện đánh giá: 03-3-2017; ngày chấp nhận đăng: 19-6-2017

TÓM TẮT

Nồng độ phóng xạ radon theo độ sâu và chiều dài khuếch tán radon trong một số loại đất đã được khảo sát trong nghiên cứu của chúng tôi. Kết quả cho thấy, phân bố nồng độ radon theo độ sâu gần như tuân theo quy luật hàm mũ. Chiều dài khuếch tán radon trong đất cát và đất thịt cao hơn so với đất sét và đất chứa nhiều sỏi đá. Các yếu tố về độ ẩm và mật độ đất ảnh hưởng đến phân bố nồng độ radon cũng được xác định cụ thể.

Từ khóa: radon trong đất, RAD7, sự khuếch tán, sự phát radon.

ABSTRACT

Studying the radon distribution and diffusion in soil in Ho Chi Minh City

Experiments were carried out to determine radon level and diffusion length of radon in different kinds of soil. The results confirm the exponential increase of radon level with depth. Radon diffusion lengths in sandy soil and heavy soil are higher than in clay soil and gravel soil. Besides, moisture and density of the soil samples were concretely analyzed as well.

Keywords: radon in soil, radon diffusion, radon emanation, RAD7.

1. Giới thiệu

Do phân bố rộng rãi trên lớp vỏ Trái Đất, uranium và các đồng vị con cháu có mặt hầu như trong tất cả các loại đất, đá, khoáng vật với hàm lượng khác nhau. Con người sống trên Trái Đất luôn chịu ảnh hưởng bởi bức xạ ion hóa từ các đồng vị phóng xạ này. Khi bị phân tán vào môi trường, các đồng vị phóng xạ có thể thâm nhập vào các tổ chức sống qua thức ăn, nước uống và không khí. Đặc biệt, radon tồn tại ở dạng khí nên khả năng phân tán vào các môi trường khác nhau rất cao. Có thể nói, radon là một trong các tác nhân gây ung thư hàng đầu trong các chất gây ung thư phổi. Khoảng 50% liều bức xạ con người nhận được trong đời sống hằng ngày có nguồn gốc từ radon [1]. Trong đó, ít nhất 80% lượng radon trong không khí được phát tán từ đất [1]. Ở Thụy Điển, người ta đặt ra mức giới hạn nồng độ radon trong nhà ở là 400 Bq/m³, là mức khá cao so với các tiêu chuẩn khác trên thế giới. Tuy nhiên, trong 1,6 triệu nhà dân, ước lượng có khoảng 40.000 nhà ở có nồng độ

* Email: hnpthu@hcmue.edu.vn

radon vượt quá giới hạn [2]. Theo khảo sát, hầu như tất cả các nhà ở này đều được xây dựng trên khu vực có nồng độ radon trong đất cao hơn các khu vực khác.

Trong đất, không khí nằm giữa khoảng không gian của các hạt đất, ta có thể gọi là khí đất. Radium trong hạt đất phân rã cho ra radon. Do phản ứng giật lùi và tồn tại ở dạng khí, các phân tử radon luôn có khuynh hướng đi vào khí đất. Quá trình radon được hình thành từ phân rã của radium và có thể đi vào khí đất gọi là sự phát radon. Khi tồn tại trong khí đất, radon có thể phân tán lên trên bề mặt đất theo nhiều cơ chế khác nhau, trong đó, phổ biến nhất là khuếch tán. Cuối cùng, khi đến bề mặt đất, radon sẽ thoát ra ngoài không khí [3, 4]. Sự phân tán của radon trong đất là một quá trình phức tạp, khó kiểm soát. Quá trình này phụ thuộc vào nhiều yếu tố vật lý, hóa học, địa chất, khí hậu và hàm lượng radium [4, 5].

Chiều dài khuếch tán radon từ đất vào không khí có thể sử dụng để đánh giá rủi ro cho nhà ở được xây dựng trên vùng đất này. Sự phân bố nồng độ radon trong đất có thể giúp dự đoán được các hiện tượng động học của đất như động đất, phun trào [6], v.v. Ngoài ra, khi cần chôn cất chất thải có chứa các đồng vị trước radon trong chuỗi phân rã uranium, việc khảo sát chiều dài khuếch tán của radon trong môi trường chứa hoặc bao phủ chất thải để thực hiện tốt công tác bảo đảm an toàn là điều cần thiết [4].

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Bảng 1. Một số vị trí khảo sát nồng độ radon trong đất

Loại đất	STT	Vị trí (quận, huyện)
Đất thịt	1	Thủ Đức
	2	Củ Chi
	3	Quận 9
	4	Quận 9
Đất cát	1	Quận 9
	2	Quận 2
	3	Cần Giờ
Đất sét	1	Thủ Đức
	2	Củ Chi
	3	Củ Chi
Đất chứa nhiều sỏi đá	1	Thủ Đức
	2	Thủ Đức

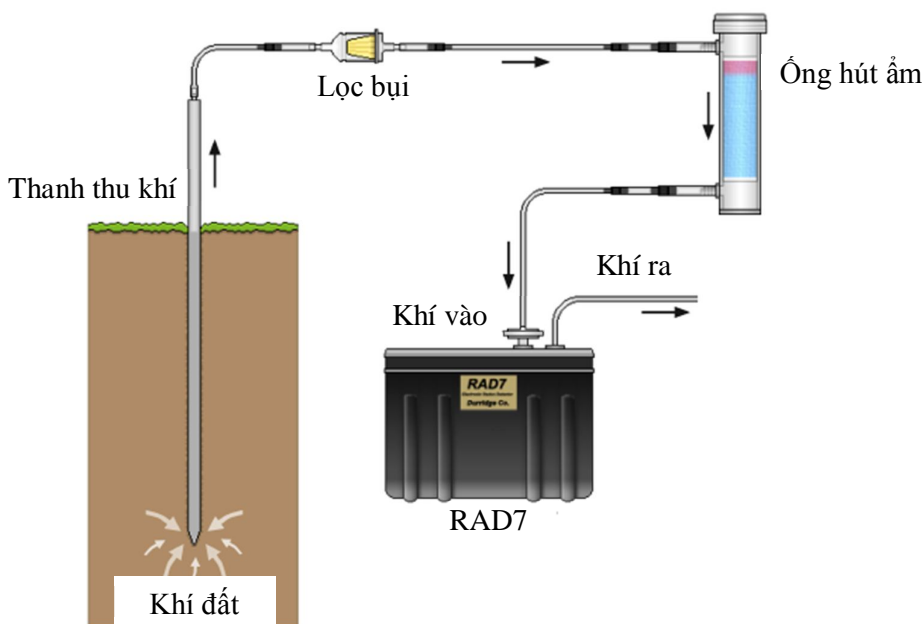
Nồng độ radon theo độ sâu được khảo sát tại 12 vị trí khác nhau thuộc các khu vực ngoại thành, Thành phố Hồ Chí Minh như huyện Củ Chi, Cần Giờ, quận Thủ Đức, Quận 9 và Quận 2. Chúng tôi chọn các vị trí khảo sát có đặc điểm về đất tương đối khác nhau, được chia thành 4 loại đất chính: Đất sét, đất cát, đất thịt và đất chứa nhiều sỏi đá. Các địa

điểm khảo sát được thể hiện trong Bảng 1. Một số đặc trưng của đất được thể hiện trong Bảng 2.

2.1. Xác định phân bố nồng độ radon trong đất

Tại mỗi vị trí, nồng độ radon được xác định lần lượt tại các độ sâu từ 10 đến 100 cm. Các điểm đo cách nhau 50 cm. Thời gian thực hiện mỗi phép đo là 30 phút.

Các phép đo được thực hiện tại hiện trường bằng hệ đo radon chuyên dụng RAD7. Thiết bị gồm một buồng đo hình bán cầu để chứa khí được phủ một lớp dẫn điện. Detector bán dẫn silicon đặt ở tâm bán cầu. Hệ đo gồm bơm khí và được kết nối với thanh thu khí có các lỗ rỗng cho phép lấy khí từ dưới lòng đất. Khi bắt đầu quá trình đo, bơm khí lấy khí có chứa radon tại vị trí được cắm thanh thu khí vào buồng đo RAD7. Radon phân rã cho ra các đồng vị ^{218}Po , ^{214}Po . Dưới tác dụng của điện trường, ^{218}Po và ^{214}Po được dẫn về detector ở tâm bán cầu. RAD7 chuyển năng lượng hạt alpha phát ra từ các đồng vị này thành tín hiệu điện tử [7].



Hình 1. Sơ đồ bố trí hệ đo nồng độ phóng xạ radon trong đất

2.2. Xác định chiều dài khuếch tán radon trong đất

Theo lý thuyết, ứng với một lớp đất, trong điều kiện bình thường, sự phân bố nồng độ radon theo độ sâu tuân theo quy luật hàm mũ [1].

$$C(z) = C_{\infty} + Ae^{-\frac{z}{L}} \quad (1.1)$$

Trong đó, $C(z)$ (Bq/m^3) là nồng độ radon ứng với độ sâu z , C_{∞} (Bq/m^3) là nồng độ radon lớn nhất của mỗi lớp đất, L là chiều dài khuếch tán của radon trong đất, A là một hệ số tỉ lệ.

Ở mỗi vị trí khảo sát, nồng độ radon trong đất được xác định ở các độ sâu khác nhau. Nồng độ radon theo độ sâu được làm khớp theo quy luật hàm mũ (1.1), chiều dài khuếch tán được ước lượng từ phương trình này dựa vào số liệu thực nghiệm.

2.3. Xác định một số đặc trưng của đất

Các mẫu đất tại hiện trường được mang về phòng thí nghiệm để xác định một số đặc trưng của đất như mật độ, lượng nước trong đất và kích thước hạt đất.

Mẫu đất lấy về được cân xác định khối lượng, sau đó sấy khô trong 4 giờ ở nhiệt độ 105°C. Lượng nước trong đất và mật độ của đất (khô) được xác định theo các công thức (1.2) và (1.3).

$$w(\%) = \frac{m_w - m_d}{m_d} \quad (1.2)$$

$$\rho(\text{g/cm}^3) = \frac{m_d}{V} \quad (1.3)$$

Trong đó, $w(\%)$ là lượng nước trong đất, m_w (g) là khối lượng mẫu đất khi vừa lấy xong, m_d (g) là khối lượng mẫu đất sau khi sấy khô, V (cm^3) là thể tích dụng cụ lấy mẫu đất.

Kích thước hạt đất có ảnh hưởng trực tiếp đến sự phát radon và phân bố nồng độ radon trong đất [4]. Nếu hàm lượng radium phân bố đồng đều trong hạt đất, thì kích thước hạt càng nhỏ, sự phát radon càng cao và ngược lại [4]. Tuy nhiên, khi kích thước hạt lớn hơn 0,1 mm, sự phát hần như rất nhỏ và gần tương đương đối với các kích thước hạt khác nhau [4].

Trong nghiên cứu của chúng tôi, kích thước hạt đất được xác định bằng cách cho mẫu đất đã sấy khô qua hai loại rây có kích thước 45 μm và 0,1 mm được trang bị tại phòng thí nghiệm. Lượng đất có kích thước nhỏ hơn 45 μm , từ 45 μm đến 0,1 mm và lớn hơn 0,1 mm được thể hiện ở Bảng 1.

3. Kết quả và thảo luận

Phân bố nồng độ radon theo độ sâu trong các loại đất khảo sát được thể hiện lần lượt trong các Hình 2, 3, 4 và 5. Phương trình làm khớp, chiều dài khuếch tán và một số đặc trưng của đất ảnh hưởng đến phân bố nồng độ radon trong đất được trình bày trong Bảng 2.

Nồng độ radon theo độ sâu ở các vị trí khảo sát không có sự đột biến. Điều đó cho thấy các vị trí khảo sát không có dấu hiệu của sự đứt gãy địa hình và phân tầng địa chất ở các độ sâu khảo sát. Phân bố nồng độ theo độ sâu gần như tuân theo quy luật hàm mũ lí thuyết, R^2 dao động từ 0,76 đến 0,99. Sự sai lệch giữa số liệu thực nghiệm và hàm làm khớp là do hầu như các vị trí khảo sát đã chịu tác động của con người, không còn là đất nguyên thủy. Sai số hệ thống và sai số thống kê cũng góp phần dẫn đến sự sai lệch này.

Chiều dài khuếch tán radon trong đất ở các vị trí khảo sát dao động từ 21 đến 87 cm, chiều dài khuếch tán trung bình 54 cm. Theo F. Jamadi và các cộng sự, với lượng nước từ

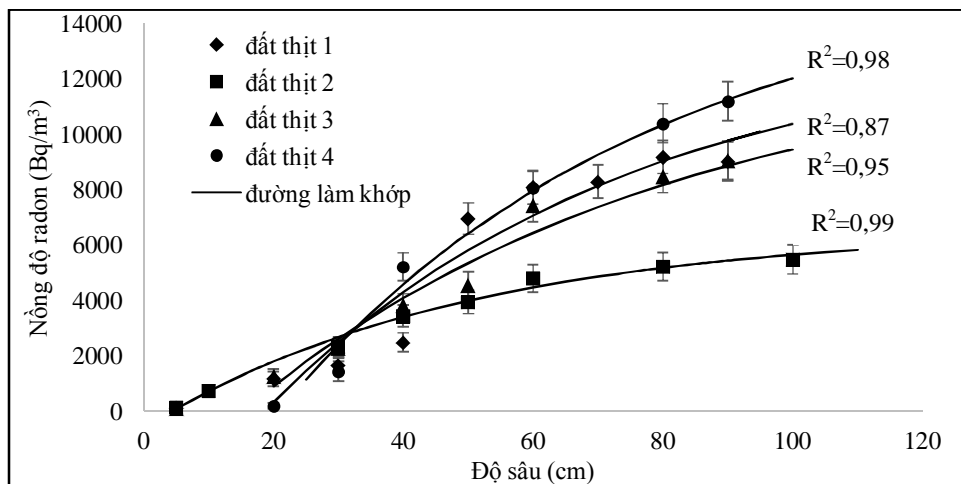
10 đến 20%, chiều dài khuếch tán trong một số loại đất ở Iran dao động từ 44 đến 115 cm, chiều dài khuếch tán trung bình 80 cm [8]. Nghiên cứu của Ganesh Prasad và các cộng sự cho thấy chiều dài khuếch tán radon của một số mẫu đất thịt ở Nhật Bản dao động từ 24 đến 214 cm [9]. Chiều dài khuếch tán của radon trong một số mẫu đất sét ở Nga trong nghiên cứu của Nadezhda K. Ryzhakova dao động từ 25 đến 100 cm, giá trị trung bình đạt 66 cm [10]. Trong nghiên cứu của R.P. Chauhana, chiều dài khuếch tán radon trong một số mẫu đất ở Ấn Độ dao động từ 83 đến 99 cm, chiều dài khuếch tán trung bình 84 cm [11]. Nghiên cứu của L. Oufni cho thấy chiều dài khuếch tán radon trong các mẫu đất dao động từ 77 đến 142 cm, chiều dài khuếch tán trung bình 88 cm [12]. Nhìn chung, chiều dài khuếch tán radon trung bình trong các mẫu đất ở TP Hồ Chí Minh khá nhỏ so với các khảo sát trên thế giới.

Bảng 2. Hàm phân bố nồng độ radon, chiều dài khuếch tán và các yếu tố liên quan

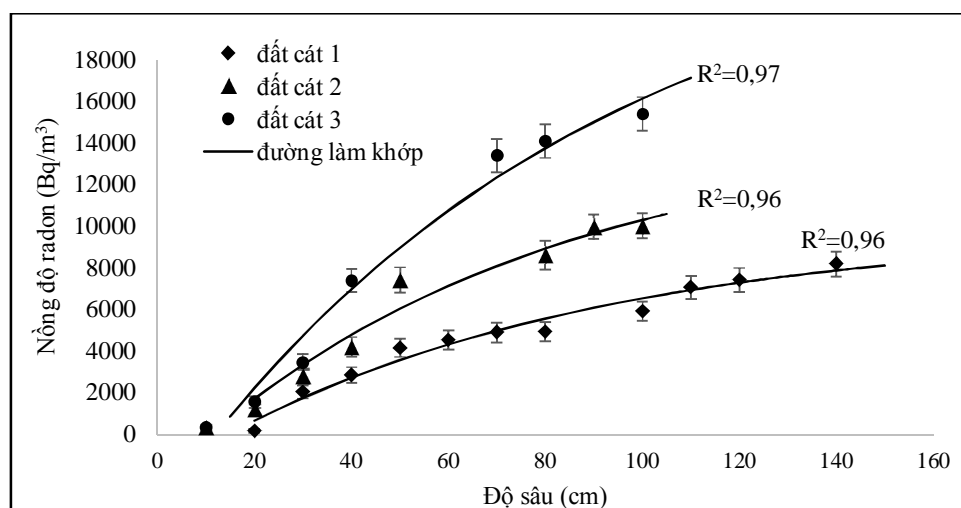
Loại đất	STT	Phương trình làm khớp	L (cm)	ρ (g/cm ³)	w (%)	Lượng đất tương ứng với kích thước hạt đất (%)		
						<45 μ m	0,45 μ m -0,1mm	>0,1mm
Đất thịt	1	$C(z)=13561-18914.e^{-\frac{z}{56}}$	56	1,69	14	18	32	50
	2	$C(z)=6589-7197.e^{-\frac{z}{49}}$	49	1,61	13	13	36	51
	3	$C(z)=13084-16485.e^{-\frac{z}{66}}$	66	1,83	11	13	31	56
	4	$C(z)=16008-23031.e^{-\frac{z}{57}}$	57	1,89	16	15	30	55
Đất cát	1	$C(z)=9958-11944.e^{-\frac{z}{80}}$	80	1,53	11	10	14	76
	2	$C(z)=14728-17081.e^{-\frac{z}{74}}$	74	1,61	14	9	13	78
	3	$C(z)=25370-29132.e^{-\frac{z}{87}}$	87	1,58	9	12	23	65
Đất sét	1	$C(z)=34342-33908.e^{-\frac{z}{21}}$	21	2,08	14	33	30	37
	2	$C(z)=23227-46856.e^{-\frac{z}{28}}$	28	2,10	14	37	33	30
	3	$C(z)=22136-38835.e^{-\frac{z}{34}}$	34	1,91	12	31	31	38

Đất chứa nhiều sỏi đá	1	$C(z)=14583-36253e^{-\frac{z}{38}}$	38	1,82	15	11	26	63
	2	$C(z)=24925-30245e^{-\frac{z}{57}}$	57	1,33	14	9	25	66

Chiều dài khuếch tán radon trong đất cho thấy lượng radon khuếch tán vào không khí gây ảnh hưởng đến con người chủ yếu ở độ sâu nhỏ hơn 100 cm. Nồng độ radon ở độ sâu 100 cm dao động từ 5910 đến 36.200 Bq/m³. Theo tiêu chuẩn của Thụy Điển, nồng độ radon trong đất ở độ sâu gây ảnh hưởng đến sức khỏe con người được xem là rủi ro cao khi vượt giá trị 50.000 Bq/m³ [5]. Kết quả cho thấy các vị trí khảo sát đều nằm trong giới hạn cho phép theo tiêu chuẩn này.

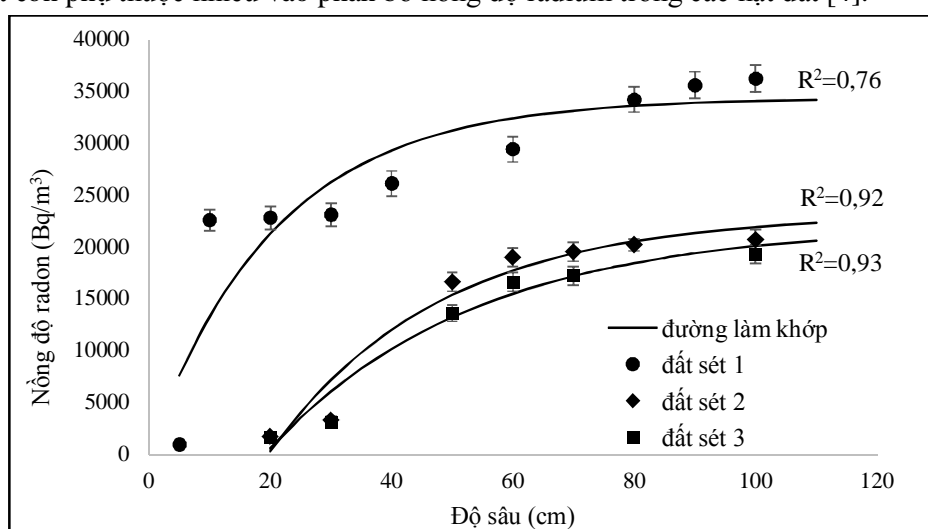


Hình 2. Phân bố nồng độ radon theo độ sâu trong đất thịt

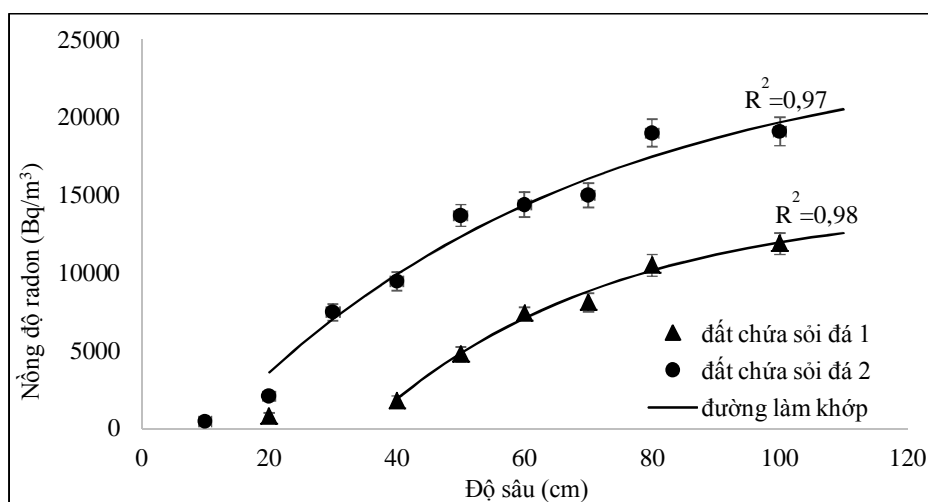


Hình 3. Phân bố nồng độ radon theo độ sâu trong đất cát

Các mẫu đất sét có nồng độ radon khá lớn trong khi các mẫu đất cát có nồng độ khá nhỏ. Nguyên nhân có thể là do đất sét là loại đất bị phong hóa hóa học từ các loại đá trong nhiều năm. Hoạt độ phóng xạ trong đá thường khá cao. Kích thước hạt nhỏ và lượng nước trong đất cao có thể là nguyên nhân làm tăng khả năng phát radon [4]. Các mẫu đất sét có kích thước hạt nhỏ hơn 0,1 mm chiếm khoảng trên 60%, trong khi lượng kích thước hạt này chỉ chiếm gần 50% đối với đất thịt, dưới 30% đối với đất cát và trên 30% đối với đất chứa nhiều sỏi đá. Các mẫu đất sét có chiều dài khuếch tán khá nhỏ, tức khả năng khuếch tán của radon ra ngoài không khí thấp hơn so với các mẫu đất khác. Đây cũng là nguyên nhân làm cho nồng độ radon trong đất sét khá cao. Ngoài ra, phân bố nồng độ radon trong khí đất còn phụ thuộc nhiều vào phân bố nồng độ radium trong các hạt đất [4].



Hình 4. Phân bố nồng độ radon theo độ sâu trong đất sét



Hình 5. Phân bố nồng độ radon theo độ sâu trong đất chứa nhiều sỏi đá

Sự phụ thuộc của chiều dài khuếch tán vào mật độ đất và lượng nước trong đất được thể hiện trong Hình 6. Chiều dài khuếch tán radon trong đất cát và đất thịt lớn hơn khá nhiều so với chiều dài khuếch tán của radon trong đất sét. Hai mẫu đất chứa nhiều sỏi đá có mật độ đất khác nhau rõ rệt, mẫu đất thứ hai có mật độ thấp nên chiều dài khuếch tán khá lớn. Nhìn chung, các mẫu đất có mật độ và lượng nước lớn sẽ có chiều dài khuếch tán nhỏ hơn và ngược lại. Mật độ và lượng nước trong đất cao sẽ cản trở bớt sự khuếch tán của các phân tử khí. Tuy nhiên, sự khuếch tán radon trong đất còn phụ thuộc đồng thời vào một số yếu tố khác như thành phần đất, nhiệt độ, thời tiết, v.v. Vì vậy, sự phụ thuộc của chiều dài khuếch tán radon vào mật độ đất và lượng nước trong đất chưa được thể hiện theo một quy luật rõ ràng.



Hình 6. Sự phụ thuộc của chiều dài khuếch tán radon vào mật độ đất và lượng nước trong đất

4. Kết luận

Sự phân bố nồng độ radon theo độ sâu trong các mẫu đất khảo sát gần như tuân theo quy luật hàm mũ. Điều đó cho thấy các vị trí khảo sát không có nguy cơ về sự biến động địa chất. Nồng độ radon trong các mẫu đất khảo sát đều có giá trị nằm trong giới hạn an toàn theo tiêu chuẩn của Thụy Điển. Chiều dài khuếch tán của radon trong các mẫu đất ở khu vực TP Hồ Chí Minh nhỏ hơn so với một số khu vực trên thế giới. Nhìn chung, các mẫu đất sét có nồng độ radon cao hơn so với các mẫu đất khác. Điều này có thể do nguồn gốc hình thành loại đất. Một phần do kích thước hạt đất nhỏ và lượng nước trong đất cao làm cho khả năng phát radon tăng. Chiều dài khuếch tán của radon trong đất sét khá nhỏ. Các mẫu đất này có mật độ đất và lượng nước trong đất tương đối lớn. Chiều dài khuếch tán radon lớn hơn đối với các mẫu đất có mật độ và lượng nước thấp như đất cát. Đất thịt có chiều dài khuếch tán trung bình. Các mẫu đất khác nhau có sự chênh lệch về nồng độ phóng xạ radon và chiều dài khuếch tán radon. Điều này còn phụ thuộc nhiều vào nguồn gốc hình thành, thành phần, cấu trúc của đất, nhiệt độ, thời tiết, v.v.

Lời cảm ơn: Công trình nghiên cứu được tài trợ bởi Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – ĐHQG TPHCM, mã số đề tài T2016-26.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M. Antonopoulos-Domis, S. Xanthos, A. Clouvas, D. Alifrangis, “Experimental and theoretical study of radon distribution in soil,” *Health physics*, vol. 97, pp. 322-331, 2009.
- [2] G. Akerblom, P. Andersson, B. Clevenso (1984), “Soil Gas Radon - A Source for Indoor Radon Daughters,” *Radiation Protection Dosimetry*, vol. 7, pp. 49-54, 1984.
- [3] G. Imme, R. Catalano, G. Mangano, D. Morelli, “Radon exhalation measurements for environmental and geophysics study,” *Radiation Physics and Chemistry*, vol. 95, pp. 349–351, 2012.
- [4] A. Ishimori, K. Lange, P. Martin, Y.S. Mayya, M. Phaneuf. (2013). Measurement and Calculation of Radon Releases from NORM Residues. *Technical Reports Series*. [Online] No. 474. Available: <https://rowman.com/ISBN/9789201426109/Measurement-And-Calculation-Of-Radon-Releases-From-Norm-Residues-Technical-Report-Series-No.-474>
- [5] E. Lara, Z. Rocha, H.E.L. Palmieri, T.O. Santos, F.J. Rios, A.H. Oliveira, “Radon concentration in soil gas and its correlations with pedologies, permeabilities and ^{226}Ra content in the soil of the Metropolitan Region of Belo Horizonte – RMBH, Brazil,” *Radiation Physics and Chemistry*, vol. 116, pp. 317 – 320, 2015.
- [6] Carmen Andreea Roba, Dan Nita, Constantin Cosma, Vlad Codrea, Stefan Olah, “Correlations between radium and radon occurrence and hydrogeochemical features for various geothermal aquifers in Northwestern Romania,” *Geothermics*, vol. 42, pp. 32–46, 2012.
- [7] DURRIDGE Company, *RAD7 radon detector*, Billerica, 2009.
- [8] F. Jamadi, A. Hosseini Ranjbar, H. Abbaslou, “Radon gas diffusion coefficient in moisturized soil samples,” *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering*, vol. 7, pp. 15 - 20, 2015.
- [9] Ganesh Prasad, Tetsuo Ishikawa, Masahiro Hosoda, Atsuyuki Sorimachi, Miroslaw Janik, Sarata Kumar Sahoo, Shinji Tokonami, Shigeo Uchida, “Estimation of radon diffusion coefficients in soil using an updated experimental system,” *Scientific Instruments*, vol. 83, pp. 93 - 100, 2012.
- [10] Nadezhda K. Ryzhakova, “A new method for estimating the coefficients of diffusion and emanation of radon in the soil,” *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 135, pp. 63 - 66, 2014.
- [11] R.P. Chauhan, S.K. Chakarvarti, “Radon diffusion through soil and fly ash: effect of compaction,” *Short communication*, vol. 35, pp. 143 - 146, 2002.
- [12] L. Oufni, “Determination of the radon diffusion coefficient and radon exhalation rate in Moroccan quaternary samples using the SSNTD technique,” *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, vol. 256, pp. 581 - 586, 2003.