

Xây dựng quy trình xác định nồng độ khí radon trong nhà

- Tô Thị Hiền
- Nguyễn Thảo Nguyễn
- Dương Hữu Huy

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG- TP.HCM

(Bài nhận ngày 20 tháng 03 năm 2013, nhận đăng ngày 20 tháng 1 năm 2014)

TÓM TẮT

Radon là loại khí có tính phóng xạ tự nhiên, tuy nhiên đây là một trong những nguyên nhân gây ung thư phổi cho con người. Nguy cơ ung thư phổi phát triển do sự chiếu xạ của radon tùy thuộc vào lượng radon hít phải và thời gian phơi nhiễm do radon tích tụ trong không khí trong nhà. Tại Việt Nam, nồng độ radon thường được xác định bằng máy RAD7, tuy nhiên máy đo chỉ cho các giá trị radon tức thời, và phải thường xuyên hiệu chỉnh máy. Việc xây dựng quy trình xác định nồng độ khí radon tích lũy trong nhà bằng detector CR-39 để có thể ứng dụng rộng rãi trong các nghiên cứu về ô nhiễm môi trường, đặc biệt là nghiên cứu rủi ro sức khỏe của khí radon đối với con người và lập bản đồ ô nhiễm radon trong nhà.

Detector CR – 39 được đặt trong một holder trụ cao 7 cm, và trong quá trình phơi

Từ khóa: khí radon trong nhà, detector vết CR-39, quy trình.

nhiễm, để tránh sự tiếp xúc của bụi vào detector thì đầu dưới của holder được che lại bằng giấy lọc sợi thủy tinh $\varnothing 47\text{mm}$. Sau đó tiến hành treo holder ở các vị trí trong nhà theo yêu cầu của TCVN 7889:2008. Holder sau khi được treo 3 tháng tại các hộ gia đình sẽ được ngâm trong dung dịch NaOH 6M trong 70°C để hiện rõ vết khắc. Kết quả nồng độ radon trong nhà tỷ lệ thuận với mật độ vết thu được trên CR-39.

Nghiên cứu cũng sử dụng nguồn chuẩn radium 226 của NIST (National Institute for Standards and Technology), với hệ số phát radon của nguồn: $f = 0,891 \pm 0,015$. Kết quả nghiên cứu đưa ra được hệ số hiệu chuẩn K thu được là $4,533 \pm 0,218$ [(vết/tám CR-39)/(Bq.m⁻³.ngày)]. Từ hệ số K, ta có thể xác định được nồng độ radon tích lũy trong nhà nhờ số vết trên tám CR-39.

MỞ ĐẦU

Theo cơ quan bảo vệ môi trường Mỹ (EPA), radon là nguyên nhân gây ung thư phổi thứ hai sau thuốc lá; ung thư phổi do khí radon gây chết người đứng hàng thứ sáu trong số các bệnh ung thư nói chung, mỗi năm có khoảng 21.000 người Mỹ chết vì ung thư phổi do khí Radon gây ra. Trong thời đại văn minh hiện nay, nhu cầu về chất lượng cuộc sống đang rất được quan tâm, xã hội càng phát triển thì việc quan tâm đến khí

radon trong nhà cần được chú trọng nhiều hơn nữa.

Radon xuất hiện trong không khí trong nhà từ hai nguyên nhân chính: (1) Radon từ mặt đất, từ không khí xung quanh theo theo các dòng không khí vào nhà qua các con đường như: các lỗ hổng và vết nứt trên sàn nhà, tường nhà, các cửa chính, cửa sổ, hệ thống thông gió, các vòi nước sinh hoạt trong nhà..., (2) Radon phát ra từ vật

liệu xây dựng có chứa radium, uranium, thorium [3]. Việc xác định radon bằng phương pháp thụ động được dựa trên nguyên tắc xác định các vết do radon để lại trên bề mặt tấm CR-39. Các hạt alpha được giải phóng từ radon sẽ tiếp xúc với CR-39. Chúng phá hủy các electron trên vật liệu, và để lại các vết (khoảng trống) trên bề mặt tấm plastic này. Thời gian phơi nhiễm được quyết định phụ thuộc vào điều kiện môi trường cần xác định. Sau khoảng thời gian đó, các đầu dò CR-39 được mang về phòng thí nghiệm để phát triển các vết lên thông qua các quá trình ăn mòn hóa học.

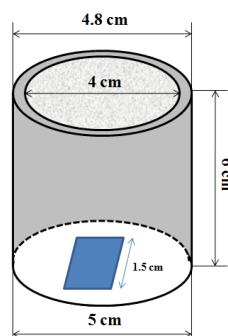
Hiện nay, trên thế giới, nghiên cứu về xây dựng quy trình đo nồng độ khí radon trong nhà bằng đầu dò CR-39 không phải là một vấn đề mới trên thế giới. Gil Hoon Ahn tiến hành nghiên cứu, khảo sát điều kiện ngâm mẫu CR-39 tối ưu nhằm làm CR-39 hiện rõ vết khắc. Với sự thay đổi về nồng độ dung dịch NaOH, nhiệt độ và thời gian ngâm mẫu, xem xét mối liên quan giữa 3 yếu tố này thì các nhà khoa học đã đạt được điều kiện ngâm mẫu CR-39 tối ưu là ngâm trong dung dịch NaOH 6M, tại 70°C trong thời gian là 7 giờ [2]. Việt Nam mới chỉ có các khuyến cáo mức nồng độ khí radon tự nhiên trong nhà theo TCVN 7889-2008: “*Nồng độ khí Radon tự nhiên trong nhà – Mức quy định và yêu cầu chung về phương pháp đo*”, trong khi các khảo sát, đo lường khí radon ở Việt Nam chủ yếu dừng lại bằng các thiết bị đo tức thời như máy RAD7..., mà chưa có nhiều nghiên cứu xác định nồng độ radon trong nhà bằng phương pháp thụ động. Do đó, việc nghiên cứu xây dựng quy trình xác định nồng độ khí radon trong nhà bằng detector CR-39 được

đặt ra để khảo sát các nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng và xây dựng quy trình xác định nồng độ khí radon trong nhà tại Việt Nam. Đây là một bước quan trọng trong việc xác định nồng độ radon trong nhà, để từ đó xây dựng những tiêu chuẩn an toàn, phù hợp cho sức khỏe người dân Việt Nam.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Holder chứa CR – 39

Holder chứa CR-39 có nhiệm vụ giữ detector CR-39 cố định trong một khoảng thời gian phơi nhiễm nhất định. Holder chứa CR-39 có chiều cao 7cm, đường kính đáy lớn là 5cm, đường kính đáy nhỏ là 4,8cm (Hình 2.1). CR-39 được gắn vào đáy lớn của holder. Đáy nhỏ được gắn giấy lọc sợi thủy tinh (Whatman GF/C đường kính 47mm) để hạn chế khí thoron vào trong holder, tránh những ảnh hưởng của bụi cũng như là độ ẩm lên CR-39. Nếu holder hở, hơi nước sẽ tạo thành một màng mỏng bám lên bề mặt CR-39, và làm giảm năng lượng bắn phá của alpha, do đó làm giảm sự tạo vết. Sau khi thiết lập holder, tiến hành cho phơi nhiễm các holder này ở các nơi cần xác định nồng độ khí radon như trong buồng chuẩn hay trong các hộ gia đình. Khí radon có thời gian phân hủy 3,82 ngày, nên khoảng thời gian này đủ cho radon theo không khí khuếch tán vào holder. Từ đó, các hạt alpha từ sự phân rã radon sẽ được bắn vào CR-39 và tạo vết trên bề mặt CR-39. Holder này có đặc điểm là nhỏ gọn, bằng nhựa PP, giá thành thấp, dễ vận chuyển nên rất thuận lợi cho việc đo đạc nồng độ khí radon trong thời gian dài trên phạm vi rộng lớn.



Hình 2.1. Holder chứa CR-39 thu mẫu khí radon

Nguồn chuẩn

Nguồn chuẩn là nguồn phóng xạ radium-226 của NIST (National Institute for Standards and Technology) với các thông số chuẩn được cho bởi nhà sản xuất:

Thời gian tạo nguồn chuẩn: 09/01/2003, 12:00 EST

Hoạt độ nguồn radium lúc chế tạo: $(A_{Ra})_0 = 5,177209 \text{ Bq}$

Hệ số phát radon của nguồn: $f = 0,891 \pm 0,015$

Hệ số tạo thành radon sẵn bên trong nguồn: $\alpha = 0,064 \pm 0,024$.

Chu trình bán rã của Radon: $T = 3,8235 \pm 0,0003 \text{ (ngày)}$

Nguồn này có hệ số phát khí radon cao với hoạt độ được tính theo công thức:

$$\frac{A_{Rn}}{A_{Ra}} = f_0 \left[(1 - e^{-\lambda_{Rn} \cdot t}) + \alpha \cdot e^{-\lambda_{Rn} \cdot t} \right] \quad (1)$$

Xây dựng buồng chuẩn

Buồng chuẩn khí phóng xạ radon là buồng đã kiểm soát được nồng độ radon bên trong, dùng để quan sát các yếu tố ảnh hưởng sự tạo vết trên các tấm CR-39. Trong buồng chuẩn, ta đặt các holder có chứa CR-39 phơi nhiễm dưới nguồn chuẩn radium (Hình 2.2). Thiết kế buồng chuẩn bằng mica có kích thước là $40\text{cm} \times 40\text{cm} \times 30\text{cm}$

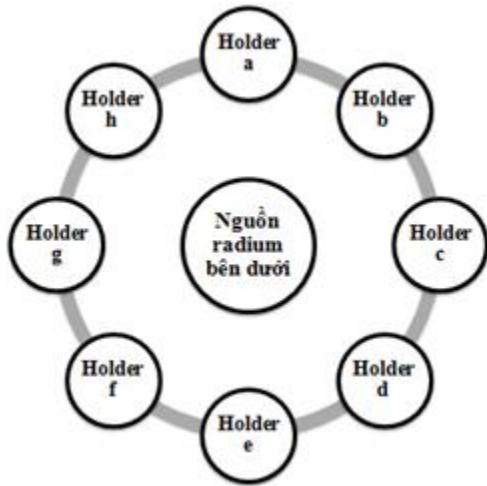
($V_{\text{buồng}} = 48.000 \text{ cm}^3$). Vật liệu làm buồng chuẩn là mica vừa nhẹ, vừa trong suốt và khó vỡ nên rất thích hợp để xây dựng buồng chuẩn. Phần nắp buồng được tách rời nhằm tạo sự thuận tiện trong khi lấy các holder sau quá trình phơi nhiễm.

Nhiệt độ buồng chuẩn luôn được ổn định từ $20 - 25^\circ\text{C}$.



Hình 2.2. Buồng chuẩn chứa CR-39 phơi nhiễm radon

Trong quá trình thí nghiệm, nguồn radium được đặt ở vị trí trung tâm ở đáy buồng chuẩn, các holder được bố trí ở phần nắp trên theo các ký hiệu như Hình 2.3. Mục đích của việc bố trí như vậy để cho các holder đều nhận được các tín hiệu từ nguồn radium như nhau. Khoảng cách từ nguồn đến holder là 30 cm nên chỉ có các hạt alpha do radon tạo ra từ nguồn mới tạo được vết trên bề mặt CR-39, các tia alpha do các phân rã khác từ nguồn radium có năng lượng từ 5 đến 7 MeV có quãng đường chạy nhỏ hơn 10 cm nên không thể tới được holder để tạo vết alpha.



Hình 2.3. Bố trí các holder trong buồng chuẩn



Hình 2.4. Đặt mẫu đúp tại các hộ gia đình

Điều kiện tối ưu quy trình phân tích radon

Xác định hệ số hiệu chuẩn K

Đặt các holder chứa CR-39 cho phơi nhiễm dưới nguồn chuẩn radium trong buồng chuẩn, mỗi đợt đặt 8 mẫu. Khoảng thời gian mỗi lần đặt mẫu là 10 ngày. Lặp lại nhiều lần việc đặt mẫu để xác định hệ số hiệu chuẩn K - xây dựng đường chuẩn nồng độ radon (Bq/m^3) theo số vết/ngày/detector CR-39.

Khảo sát độ lặp lại của phương pháp

Đặt một số mẫu đúp (2 holder chứa CR-39 tại cùng một vị trí, có ngày đặt và ngày thu mẫu cùng nhau, CR-39 được bảo quản, vận chuyển cùng nhau và được phân tích ở cùng một điều kiện như nhau) ở một số hộ gia đình trong khu vực thành phố Hồ Chí Minh tối thiểu 90 ngày. Sau đó, CR-39 được đem về phòng thí nghiệm phân tích với điều kiện ngâm mẫu và hệ số hiệu chuẩn K để ra được kết quả nồng độ radon.

Tính sai số phần trăm tương đối (Relative Percent Difference – RPD) ($RPD = [100|x_1 - x_2|]/[(x_1 + x_2)/2]$) (2) theo số vết của mỗi mẫu đúp rồi đối chiếu các mức RPD chuẩn để xác định độ lặp lại của phương pháp đo nồng độ radon trong nhà bằng đầu dò CR-39. Có 3 mức đối chiếu RPD: mức kiểm soát, mức cảnh báo và mức giới hạn. Tùy vào nồng độ radon tại vị trí đặt mẫu đúp mà sẽ có bảng đối chiếu của mỗi mức cho thích hợp [3].

Nếu nồng độ radon tại vị trí đặt mẫu đúp $\geq 148 Bq/m^3$ thì đối chiếu theo Hình 2.5.



Hình 2.5. Các mức đối chiếu RPD nếu nồng độ radon $\geq 148 Bq/m^3$ [3].

Nếu nồng độ radon tại vị trí đặt mẫu đúp $< 148 Bq/m^3$ thì đối chiếu theo Hình 2.6.



Hình 2.6. Các mức đối chiếu RPD nếu nồng độ radon <math>< 148 \text{ Bq/m}^3</math> [3]

KẾT QUẢ - THẢO LUẬN

Kết quả độ lặp lại của phương pháp và hệ số hiệu chuẩn K

Kết quả số vết alpha nền trong buồng chuẩn trước khi đặt chuẩn radium

Số vết alpha của 8 holder chứa CR-39 đặt trong buồng chuẩn mà không có nguồn chuẩn được thể hiện trong bảng 3.1 sau:

Bảng 3.1. Số vết alpha của các mẫu CR-39 khảo sát môi trường nền

Mẫu CR-39	Số vết alpha
1	6
2	9
3	7
4	8
5	12
6	9
7	8
8	9
Số vết trung bình	9

Xác định hệ số hiệu chuẩn K

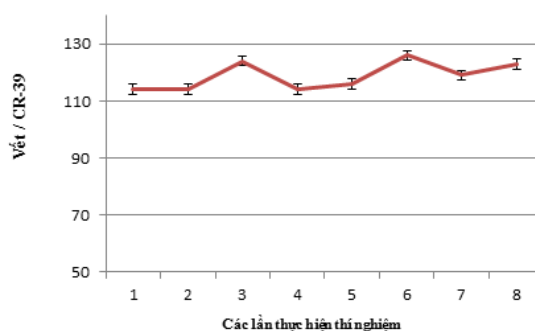
Nguồn chuẩn radium được đặt giữa đáy buồng chuẩn, các holder chứa CR-39 được bố trí theo hình tròn sao cho khoảng cách từ holder đến nguồn chuẩn là bằng nhau. Khoảng thời gian đặt nguồn trong buồng chuẩn là 10 ngày. Nồng độ radon trong buồng chuẩn được xác định theo công thức:

$$C_{Rn} = \frac{f \cdot A_{Ra}}{V_A} \left(1 - \frac{1 - e^{-\lambda_{Rn} T_A}}{\lambda_{Rn} T_A} \right) \quad (3)$$

Trong đó:

- C_{Radon} : nồng độ radon trung bình trong buồng chuẩn sau thời gian T_A
- Hoạt độ nguồn radium: $A_{\text{Ra}} = 5,177209 \text{ Bq}$
- Hằng số phân rã của Radon: $\lambda_{\text{Radon}} = 0,1812$
- Hệ số phát radon: $f = 0,888$
- Thời gian đo: $T_A = 10$ ngày
- Thể tích buồng chuẩn: $V = 0,048 \text{ m}^3$

Kết quả giữa các lần thực hiện như sau:



Hình 3.1. Sự ổn định vết trên CR-39 giữa các lần thí nghiệm

Từ giá trị nồng độ tính được theo công thức (2), nghiên cứu tính toán hệ số hiệu chuẩn K theo công thức:

$$K = \frac{C_{\text{chuẩn}} \cdot \text{thời gian đặt nguồn}}{\text{số vết trên CR-39}} \quad (4)$$

Hệ số hiệu chuẩn K thu được là:

$K = 4,533 \pm 0,218 \text{ [(Bq.m}^{-3} \cdot \text{ngày)]/(vết/CR-39)}$. Sai số 4,8%

K là hệ số của phương trình đường chuẩn

$$y = \frac{K \cdot x}{T} = \frac{4.533 \cdot x}{T} \quad (5)$$

trong đó y: giá trị nồng độ radon trong nhà (Bq/m^3);

x: số vết trên tám CR-39 (vết/CR-39)

T: thời gian phơi nhiễm (ngày)

Xác định độ lặp lại của phương pháp

Nghiên cứu đặt 6 mẫu đúp tại 6 hộ (mỗi hộ đặt một mẫu đúp). 6 hộ được chọn đặt mẫu đúp có các yếu tố ảnh hưởng đến nồng độ radon khác

nhau nhằm tăng mức khảo sát độ lặp lại của phương pháp đo. Đặc điểm các hộ được nêu ở Bảng 3.2.

Bảng 3.2. Đặc điểm yếu tố ảnh hưởng đến nồng độ radon của 6 hộ đặt mẫu đúp

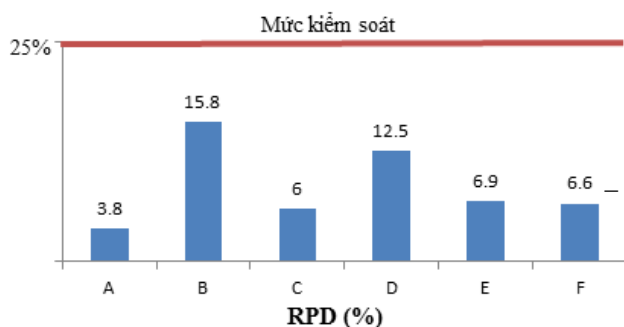
Hộ	Thời gian đặt mẫu	Đặc điểm vị trí đặt mẫu
A	21/4 – 30/7	Nhà gần sông, thông thoáng, trệt
B	23/4 – 30/7	Phòng đóng kín cửa trên lầu 1
C	27/4 – 30/7	Tầng trệt nhà mới xây
D	28/4 – 30/7	Tầng trệt nhà xây lâu năm
E	25/4 – 1/8	Phòng nằm trên lầu 1, có hệ thống máy điều hoà
F	23/4 – 30/7	Tầng hầm

Kết quả RPD được tính theo công thức (2) của 6 mẫu đúp được trình bày trong bảng 3.3 sau:

Bảng 3.3. RPD của 6 mẫu đúp

Mẫu đúp	Số vết mẫu 1	Số vết mẫu 2	RPD (%)
A	336	349	3,8
B	245	287	15,8
C	549	517	6
D	297	262	12,5
E	250	268	6,9
F	883	826	6,6

Nồng độ radon tại 6 vị trí đặt mẫu đúp (11,93 - 33,8 Bq/m³) đều nhỏ hơn 148 Bq/m³ nên RPD của 6 mẫu đúp này sẽ được đối chiếu với mức kiểm soát trong Hình 3.2.



Hình 3.2. RPD so với mức kiểm soát

Vì RPD của 6 mẫu đúp đều nhỏ hơn 25% (mức kiểm soát) nên nghiên cứu kết luận: Phương pháp đo nồng độ radon trong nhà bằng đầu dò CR-39 của nghiên cứu là đáng tin cậy.

Quy trình xác định nồng độ khí radon trong nhà

Sau khi nghiên cứu các điều kiện tối ưu của việc phân tích mẫu, nghiên cứu đưa ra quy trình xác định nồng độ khí radon trong nhà như sau:

Thu mẫu radon trong nhà ở các hộ gia đình

Nghiên cứu đã đặt các mẫu thu radon tại các hộ gia đình trong 3 tháng (90 ngày) để có kết quả nồng độ radon trung bình trong thời gian dài và đánh giá rủi ro cho người dân.

Vị trí đặt holder thu mẫu radon trong nhà (Hình 3.3) phải phù hợp với TCVN 7889:2008/BTNMT:

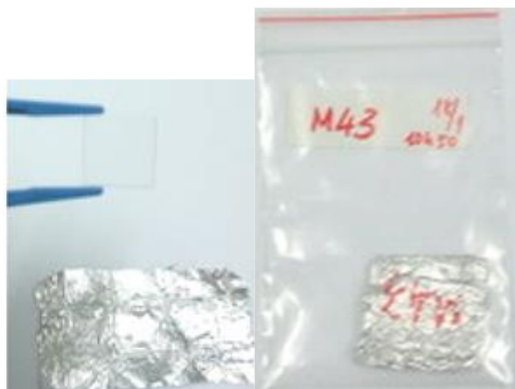
- Phải cố định trong suốt quá trình đo.
 - Không gần các dòng không khí trong nhà gây ra do thiết bị sinh nhiệt, quạt, thiết bị điều hòa không khí, cửa...Tránh gần các vị trí phát nhiệt như bếp, ánh nắng mặt trời chiếu trực tiếp, các vị trí có độ ẩm cao.
 - Không đo ở bếp, khu vệ sinh hay phòng tắm.
 - Cách cửa sổ, cửa ra vào ít nhất 50cm, cách tường ít nhất 30cm.
 - Đầu đo phải đặt cách sàn ít nhất 50cm và cách các vật khác ít nhất 10cm. Với các thiết bị đo treo (thiết bị đo vết alpha hay theo dõi liên tục nồng độ khí radon) độ cao tối ưu là 2 – 2,5m cách sàn.
- Diện tích đo tối đa là 200m² sàn nhà/ điểm đo [1].



Hình 3.3. Treo holder thu mẫu khí Radon trong nhà người dân

Lấy mẫu và xử lý mẫu

Sau thời gian 3 tháng phơi nhiễm tại các hộ gia đình, mẫu sẽ được lấy về phòng thí nghiệm để phân tích. Mẫu được lấy xuống sẽ được bảo quản trong giấy nhôm để tránh sự phơi nhiễm tiếp tục trong quá trình vận chuyển (Hình 3.4).



Hình 3.4. Detector CR – 39 được bảo quản bằng giấy nhôm sau khi xử lý.

Detector CR – 39 sẽ được ngâm trong dung dịch NaOH 6M trong 24 giờ ở nhiệt độ 70°C trong tủ sấy để làm rõ vết bắn của các tia alpha lên mẫu. Sau đó, detector sẽ được rửa lại bằng nước cất và acid CH₃COOH 2% để làm sạch NaOH.

Phân tích nồng độ khí radon trong nhà

Mẫu CR-39 sau khi xử lý sẽ được soi trên kính hiển vi với độ phóng đại 100 lần để đếm số vết alpha trên bề mặt. Từ số lượng vết có được, dựa vào phương trình đường chuẩn

$$y = \frac{4.533 \cdot x}{T},$$

ta có được kết quả nồng độ khí radon trong nhà.

KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng quy trình đo nồng độ radon trong nhà bằng detector CR – 39 phù hợp với điều kiện của Việt Nam như sau: Các mẫu có detector CR-39 thu radon được đặt tại các hộ gia đình trong 3 tháng (90 ngày). Sau thời gian phơi nhiễm tại các hộ gia đình, mẫu sẽ được lấy về phòng thí nghiệm để phân tích. Detector CR – 39 sẽ được ngâm tại điều kiện dung dịch NaOH 6M trong 24 giờ ở nhiệt độ 70°C trong tủ sấy để làm rõ vết bắn của các tia alpha lên mẫu. Sau đó, detector sẽ được rửa lại bằng nước cất và acid CH₃COOH 2% để làm sạch NaOH. Mẫu CR-39 sau khi xử lý sẽ được soi trên kính hiển vi với độ phóng đại 100 lần để đếm số vết alpha trên bề mặt. Từ số lượng vết có được, dựa vào phương trình đường chuẩn

$$y = \frac{4.533 \cdot x}{T},$$

ta có được kết quả nồng độ khí radon trong nhà.

LỜI CẢM ƠN

Tác giả xin gửi lời cảm ơn trân trọng đến PGS.TS Hà Quang Hải, Khoa Môi trường, trường Đại học Khoa học Tự nhiên đã giúp đỡ trong quá trình nghiên cứu.

Construction a process to measurement the indoor radon concentration

- To Thi Hien
 - Nguyen Thao Nguyen
 - Duong Huu Huy
- University of Science, VNU-HCM

ABSTRACTS

Radon is a naturally radioactive gas , but it causes lung cancer to humans. The risk of lung cancer due to radiation depends on the amount of radon inhalation and radon exposure time. In Vietnam, radon concentrations are usually determined by RAD7, however RAD7 just showed the immediate values of radon, and have to regularly calibrate it. The construction process to determine the accumulates indoor radon concentration by detector CR-39 in order to be widely used in the study of environmental pollution, especially the study of health risks of radon for humans and mapping radon pollution.

Detector CR - 39 is placed in a 7 cm - plastic holder, and in exposure time, the holders were covered with glass fiber filter

Keywords: indoor radon, detector CR-39, a process.

paper \varnothing 47mm on the bottom of the detector to avoid the exposure of dust. Then it is hung in the indoor location as Vietnam Standard 7889:2008. After 3 months, holders are returned to a laboratory, and CR - 39 will be soaked in 6M NaOH at 70°C. Indoor radon concentrations will be proportional to the density traces obtained on CR-39.

The study uses an radium 226 source of the NIST (National Institute for Standards and Technology) with the released radon coefficient : $f = 0.891 \pm 0.015$. Results show the calibration factor K is 4.533 ± 0.218 [(Bq.m⁻³. day)]/(tracks / CR-39)]. Using K factor, we can determine the cumulative indoor radon concentration.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. TCVN 7889:2008, Nồng độ khí Radon tự nhiên trong nhà-mức qui định và yêu cầu chung về phương pháp đo.
- [2]. G.H. Ahn, J.K. Lee, Construction of an environmental radon monitoring system using CR-39 nuclear track detectors, *Nuclear Engineering and Technology*, 37, 4 (2005).
- [3]. EPA, Protocols for radon and radon decay product measurements in homes (2003).
- [4]. ICRP Publication 65, Protection Against Radon at Home and at Work, Elsevier (1993).
- [5]. M.P. de Campos, E.W. Martins, Calibration of the SSNTD CR39 for Radon measurement, 2007 International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2007, 4 pages (2007).