

TCVN 10759-2:2016

ISO 11665-2:2012

Xuất bản lần 1

**ĐO HOẠT ĐỘ PHÓNG XẠ TRONG MÔI TRƯỜNG -
KHÔNG KHÍ: RADON-222 - PHẦN 2: PHƯƠNG PHÁP ĐO
TÍCH HỢP ĐỂ XÁC ĐỊNH NỒNG ĐỘ NĂNG LƯỢNG ALPHA
TIỀM TÀNG TRUNG BÌNH CỦA SẢN PHẨM PHÂN RÃ
SÓNG NGẮN**

*Measurement of radioactivity in the environment - Air: radon-222 -
Part 2: Integrated measurement method for determining average potential alpha energy
concentration of its short-lived decay products*

HÀ NỘI - 2016

Lời nói đầu

TCVN 10759-2:2016 hoàn toàn tương đương với ISO 11665-2:2012

TCVN 10759-2:2016 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 85/SC 2 Bảo vệ bức xạ biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Bộ tiêu chuẩn **TCVN 10759 (ISO 11665)**, Đo hoạt độ phóng xạ trong môi trường - Không khí: radon-222 gồm các tiêu chuẩn sau:

- **TCVN 10759-1:2016 (ISO 11665-1:2012)**, Phần 1: Nguồn gốc, các sản phẩm phân rã sống ngắn và các phương pháp đo.
- **TCVN 10759-2:2016 (ISO 11665-2:2012)**, Phần 2: Phương pháp đo tích hợp để xác định nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng trung bình của sản phẩm phân rã sống ngắn.
- **TCVN 10759-3:2016 (ISO 11665-3:2012)**, Phần 3: Phương pháp đo điểm để xác định nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng của sản phẩm phân rã sống ngắn.
- **TCVN 10759-4:2016 (ISO 11665-4:2012)**, Phần 4: Phương pháp đo tích hợp để xác định nồng độ hoạt độ trung bình với việc lấy mẫu thụ động và phân tích trễ.
- **TCVN 10759-5:2016 (ISO 11665-5:2012)**, Phần 5: Phương pháp đo liên tục để xác định nồng độ hoạt độ.
- **TCVN 10759-6:2016 (ISO 11665-6:2012)**, Phần 6: Phương pháp đo điểm để xác định nồng độ hoạt độ.
- **TCVN 10759-7:2016 (ISO 11665-7:2012)**, Phần 7: Phương pháp tích lũy để ước lượng tốc độ xả bề mặt.
- **TCVN 10759-8:2016 (ISO 11665-8:2012)**, Phần 8: Phương pháp luận về khảo sát sơ bộ và khảo sát bổ sung trong các tòa nhà.

Bộ tiêu chuẩn ISO 11665 còn có các tiêu chuẩn sau:

- **ISO 11665-9, Part 9: Method for determining exhalation rate of dense building materials.**

Lời giới thiệu

Đồng vị radon 222, 220 và 219 là các khí phóng xạ được tạo ra do sự phân rã đồng vị radi 226, 224 và 223, là các sản phẩm phân rã của urani-238, thori-232 và urani-235, và đều được tìm thấy trong lớp vỏ trái đất (xem Phụ lục A). Các nguyên tố thể rắn, cũng có tính phóng xạ, và được tiếp theo bởi nguyên tố chì bền là được tạo ra bởi sự phân rã radon^[1].

Khi phân rã, radon phát xạ hạt alpha và tạo ra các sản phẩm phân rã thể rắn, và có tính phóng xạ (poloni, bitmut, chì,...). Ảnh hưởng tiềm ẩn lên sức khỏe con người của radon nằm ở các sản phẩm phân rã của nó hơn là do bản thân khí radon. Dù khí radon có gắn với sol khí hay không, sản phẩm phân rã radon có thể được hít vào và lắng đọng trong phế quản phổi tại độ sâu khác nhau tùy theo kích thước của chúng.

Radon ngày nay được xem là nguồn phơi nhiễm chính của con người với bức xạ tự nhiên. Báo cáo của UNSCEAR (2006)^[2] cho rằng, tại mức độ trên toàn thế giới, radon đại diện cho khoảng 52 % mức phơi nhiễm trung bình với bức xạ tự nhiên. Tác động bức xạ của đồng vị radon 222 (48 %) là đáng kể hơn so với đồng vị radon 220 (4 %), trong khi đồng vị radon 219 được xem là không đáng kể (xem Phụ lục A). Tham khảo TCVN 10759-1 (ISO 11665-1) về radon-222.

Nồng độ hoạt độ radon có thể thay đổi một đến nhiều bậc về độ lớn tùy theo thời gian và không gian. Phơi nhiễm với radon và các sản phẩm phân rã của nó thay đổi nhiều từ địa điểm này đến địa điểm khác, vì nó phụ thuộc trước tiên vào lượng radon phát xạ do đất và vật liệu xây dựng trong từng địa điểm, thứ hai phụ thuộc vào mức độ nhiễm xạ và điều kiện thời tiết tại các địa điểm nơi các cá thể bị phơi nhiễm.

Sự thay đổi từ vài nanojun trên mét khối đến vài nghìn nanojun trên mét khối được quan sát trong nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng của các sản phẩm phân rã radon sống ngắn.

Nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng của sản phẩm phân rã radon-222 sống ngắn trong không khí có thể được đo bằng phương pháp đo điểm và phương pháp đo tích hợp [xem TCVN 10759-1 (ISO 11665-1)]. Tiêu chuẩn này đề cập đến phương pháp đo tích hợp. Các phương pháp đo tích hợp được áp dụng trong đánh giá sự phơi nhiễm của con người với bức xạ^[3].

CHÚ THÍCH Nguồn gốc radon-222 và các sản phẩm phân rã sống ngắn của nó trong môi trường không khí và các phương pháp đo khác được mô tả khái quát tại TCVN 10759-1 (ISO 11665-1).

Đo hoạt độ phóng xạ trong môi trường - Không khí: radon-222 -

Phần 2: Phương pháp đo tích hợp để xác định nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng trung bình của sản phẩm phân rã sống ngắn

Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222 –

Part 2: Integrated measurement method for determining average potential alpha energy concentration of its short-lived decay products

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này mô tả phương pháp đo tích hợp đối với sản phẩm phân rã sống ngắn của radon-222. Tiêu chuẩn này đưa ra các chỉ dẫn để đo nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng trung bình của sản phẩm phân rã sống ngắn của radon-222 trong không khí và điều kiện sử dụng thiết bị đo.

Tiêu chuẩn này áp dụng đối với các mẫu được lấy trong các khoảng thời gian khác nhau, từ vài tuần đến một năm. Tiêu chuẩn này không áp dụng đối với các hệ thống có khoảng thời gian lấy mẫu tối đa ít hơn một tuần.

Phương pháp đo được mô tả có thể áp dụng đối với các mẫu không khí có nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng của sản phẩm phân rã sống ngắn của radon-222 lớn hơn 10 nJ/m^3 và thấp hơn 1000 nJ/m^3 .

CHÚ THÍCH: Cho mục đích tham khảo, Tiêu chuẩn này áp dụng cho cả trường hợp sản phẩm phân rã của radon-220 do sự tương đồng về trạng thái hoạt động của các đồng vị radon-222 và radon-220.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau là cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất bao gồm cả các bản sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 10759-1 (ISO 11665-1), *Đo hoạt độ phóng xạ trong môi trường – Không khí: radon-222 – Phần 1: Nguồn gốc, các sản phẩm phân rã sống ngắn và các phương pháp đo.*

TCVN ISO/IEC 17025, *Yêu cầu chung về năng lực của phòng thử nghiệm và hiệu chuẩn.*

TCVN 10759-2:2016

IEC 61577-1, *Radiation protection instrumentation – Radon and radon decay product measuring instruments – Part 1: General principles* (Dụng cụ bảo vệ bức xạ – Thiết bị đo radon và các sản phẩm phân rã của radon – Phần 1: Nguyên tắc chung).

IEC 61577-3, *Radiation protection instrumentation – Radon and radon decay product measuring instruments – Part 3: Specific requirements for radon decay product measuring instruments* (Dụng cụ bảo vệ bức xạ – Thiết bị đo radon và các sản phẩm phân rã của radon – Phần 3: Yêu cầu riêng cho các thiết bị đo sản phẩm phân rã của radon).

3 Thuật ngữ, định nghĩa và ký hiệu

3.1 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa trong TCVN 10759-1 (ISO 11665-1).

3.2 Ký hiệu

Tiêu chuẩn này sử dụng các ký hiệu trong TCVN 10759-1 (ISO 11665-1) và các ký hiệu sau.

a hệ số suy giảm của ^{222}Ra tìm thấy trong ống chuẩn trực tương ứng với dài P_1 (được thiết lập bằng lý thuyết và được cung cấp bởi nhà sản xuất).

b hệ số suy giảm của ^{222}Ra tìm thấy trong ống chuẩn trực tương ứng với dài P_2 (được thiết lập bằng lý thuyết và được cung cấp bởi nhà sản xuất).

$E_{\text{AE},i}$ năng lượng hạt alpha được sinh ra bởi sự phân rã hạt nhân i , tính bằng jun.

$\bar{E}_{\text{PAEC},i}$ nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng trung bình của hạt nhân i , có đơn vị là jun trên mét khối.

$\bar{E}^*_{\text{PAEC},i}$ ngưỡng quyết định của nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng trung bình của hạt nhân i , có đơn vị là jun trên mét khối.

$\bar{E}^{\#}_{\text{PAEC},i}$ giới hạn phát hiện của nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng trung bình của hạt nhân i , có đơn vị là jun trên mét khối.

$\bar{E}^{\circ}_{\text{PAEC},i}$ giới hạn dưới của khoảng tin cậy của nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng trung bình của hạt nhân i , có đơn vị là jun trên mét khối.

$\bar{E}^{\text{p}}_{\text{PAEC},i}$ giới hạn trên của khoảng tin cậy của nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng trung bình của hạt nhân i , có đơn vị là jun trên mét khối.

n số đếm của mỗi dài P_i .

P_i dài ghi các hạt alpha với $i = 1, 2, 3, 4$.

$R_{P,j}$ số thứ j trong tổng số đếm thực của dài P_i đã trừ phòng nền được suy ra cho $i = 1, 2, 3, 4$.

- $\overline{R}_i$ giá trị trung bình của tổng số đếm thực của dải P_i đã trừ phòng nền được suy ra cho $i = 1, 2, 3, 4$.
- $\overline{R}_0$ số đếm trung bình của phòng nền.
- r tỷ lệ giữa số hạt alpha do ^{212}Bi phát ra (nguồn phát α với xác suất 36 %) và số hạt alpha do ^{212}Po phát ra (sinh ra bởi sự phân rã β với xác suất 64% của ^{212}Bi); $r = 0,56$.
- U độ không đảm bảo mở rộng được tính bằng $U = k \cdot u$ () với $k = 2$.
- $u()$ độ không đảm bảo tiêu chuẩn của kết quả đo.
- $u_{\text{rel}}()$ độ không đảm bảo tiêu chuẩn tương đối.
- V thể tích được lấy mẫu, tính bằng mét khối.
- ε_{gd} hiệu suất phát hiện hình học (được thiết lập bằng lý thuyết), tức là tỷ lệ giữa số vết đếm được và số hạt alpha được phát ra bởi vật chất lắng đọng thu thập được trên cái lọc.
- ε_{bc} hiệu suất thu thập (được thiết lập bằng thí nghiệm), tức là tỷ lệ giữa số nguyên tử của sản phẩm sống ngắn thu thập được trên một đơn vị thể tích khí được lấy mẫu và số nguyên tử trên một đơn vị thể tích khí tồn tại trong môi trường của hệ thống phát hiện.

4 Nguyên lý của phương pháp đo

Đo tích hợp nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng của sản phẩm phân rã sống ngắn của radon dựa trên các yếu tố sau:

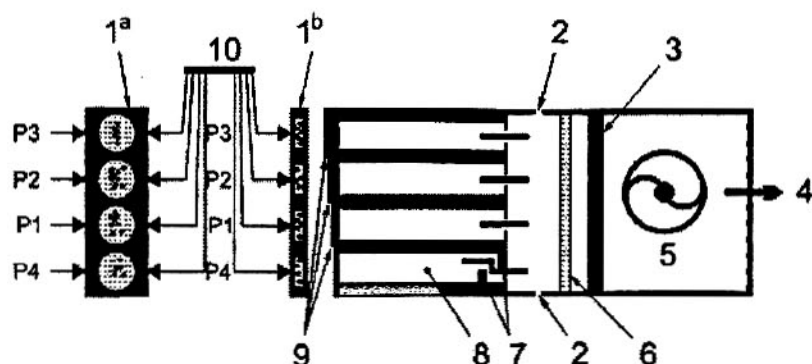
- Sử dụng màng lọc có hiệu suất cao để liên tục lấy mẫu sản phẩm phân rã sống ngắn của radon trong một thể tích khí đại diện cho không khí đang được điều tra;
- Sử dụng detector vết hạt nhân trạng thái rắn để đếm và phân biệt theo bốn dải năng lượng, đối với các hạt alpha được phát ra bởi các sản phẩm phân rã sống ngắn của radon-222 thu thập được (hạt alpha có năng lượng $E_{\text{AE},218\text{Bi}}$ và $E_{\text{AE},214\text{Po}}$ được sinh ra bởi sự phân rã ^{218}Po và ^{214}Po , và sự phân rã ^{214}Pb và ^{214}Bi ghi lại các nguồn phát hạt alpha thuộc loại này);
- Tính nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng của sản phẩm phân rã sống ngắn của radon.

CHÚ THÍCH: Đối với sản phẩm phân rã của radon-220, phương pháp đo này liên quan tới việc phân biệt, và đếm các hạt alpha có năng lượng $E_{\text{AE},212\text{Bi}}$ và $E_{\text{AE},212\text{Po}}$, được phát ra sự phân rã ^{212}Po và ^{212}Po , và sự phân rã ^{212}Pb và ^{212}Bi của các nguồn phát alpha thuộc loại này).

5 Thiết bị

5.1 Khái quát

Hệ thiết bị gồm một thiết bị đo, trong đó có hệ thống lấy mẫu, hệ thống phát hiện (xem Hình 1), và một hệ thống đếm. Thiết bị đo phải phù hợp với IEC 61577-1 và IEC 61577-3.



CHÚ DẪN

- 1 detector vết hạt nhân trạng thái rắn (SSNTD)
- 2 khe hút khí
- 3 lưu lượng kế
- 4 lối ra khí
- 5 bơm chân không
- 6 cái lọc hiệu suất cao
- 7 màng ngăn (rào ngăn khuếch tán)
- 8 ống chuẩn trực
- 9 màng boPET (biaxially oriented polyethylen teraphthalate)
- 10 dải quét
- ^a mặt trước
- ^b mặt bên

Hình 1 – Ví dụ bố trí của một thiết bị đo dùng để xác định nồng độ năng lượng hạt alpha tiềm tàng trung bình của sản phẩm phân rã sống ngắn của radon-222 theo bốn dải năng lượng

5.2 Thiết bị đo

5.2.1 Hệ thống lấy mẫu

Hệ thống lấy mẫu gồm các bộ phận sau:

- a) Một màng lọc hiệu suất cao trong axetat xeluloza để thu thập sản phẩm phân rã của radon,
- b) Một bơm lấy mẫu có tốc độ lấy mẫu phù hợp với khí và các đặc điểm giữ lại của hệ thống phát hiện.
- c) Một lưu lượng kế để đo lưu lượng dòng của khí được lấy mẫu trong suốt khoảng thời gian lấy mẫu.

Hệ thống lấy mẫu được đặt đối diện hệ thống phát hiện.

5.2.2 Hệ thống phát hiện

Hệ thống phát hiện gồm các bộ phận sau:

- a) Ba màng boPET có độ dày khác nhau đặt tại một đầu của ống chuẩn trực được sử dụng để phân tách các hạt thuộc ba dải năng lượng. Bố trí hình học này được sử dụng để giảm thiểu năng lượng ban đầu của các hạt alpha được phát ra bởi các hạt nhân phóng xạ thu thập được trong một dải năng lượng tương thích với đặc điểm của cảm biến (SSNTD) được sử dụng.
- b) Detector vết hạt nhân trạng thái rắn (SSNTD).

5.3 Hệ thống đếm

Hệ thống đếm gồm các bộ phận sau:

- a) Thiết bị và thuốc thử hóa học thích hợp để tạo vết lên detector (SSNTD);
- b) Kính hiển vi quang học và thiết bị đi kèm để quét và đếm các tạo vết.

6 Lấy mẫu

6.1 Mục tiêu lấy mẫu

Mục tiêu lấy mẫu là thu thập liên tục tất cả các sol khí mang sản phẩm phân rã sống ngắn của radon, bất kể kích thước như thế nào (các phân dính kèm và không dính kèm), có trong không khí xung quanh trong suốt một khoảng thời gian lấy mẫu xác định (ít nhất một tuần).

6.2 Đặc điểm lấy mẫu

Việc lấy mẫu được thực hiện trong các điều kiện như quy định trong TCVN 10759-1 (ISO 11665-1).

Các sản phẩm phân rã sống ngắn của radon được lấy mẫu liên tục và trực tiếp từ không khí đang được điều tra bằng cách bơm và lọc một thể tích khí biết trước qua một màng thu có hiệu suất cao. Mẫu khí phải lấy từ nhiều hướng.

Màng lọc phải đặt càng gần khe hút khí khi lấy mẫu càng tốt để thu thập sản phẩm phân rã từ môi trường xung quanh với hiệu suất cao nhất.

Để đếm được chính xác số hạt alpha phát ra, hệ thống lấy mẫu phải hướng tới hạt nhân phóng xạ lắng đọng bề mặt của các đồng vị phóng xạ trên cái lọc và phải ngăn ngừa khả năng sol khí bị che lấp.

Hệ thống lấy mẫu phải được sử dụng trong điều kiện ngăn ngừa sự bít kín màng lọc, nguyên nhân gây ra tình trạng tự hấp thụ alpha phát ra từ các hạt thu thập được trên cái lọc hoặc làm giảm lưu lượng dòng lấy mẫu theo thời gian.

Lưu lượng dòng lấy mẫu phải ổn định (mức độ biến đổi không lớn hơn 10 % so với giá trị trung bình) để việc lấy mẫu thu được mẫu đại diện trong suốt quá trình lấy mẫu. Điều này có thể đạt được bằng cách sử dụng thiết bị kiểm soát lưu lượng (khe phễu âm thanh, van điều khiển tự động, v.v...).

6.3 Điều kiện lấy mẫu

6.3.1 Khái quát

Việc lấy mẫu phải được thực hiện theo quy định trong TCVN 10759-1 (ISO 11665-1).

TCVN 10759-2:2016

6.3.2 Lắp đặt hệ thống lấy mẫu

Việc lắp đặt hệ thống lấy mẫu phải được thực hiện như quy định trong TCVN 10759-1 (ISO 11665-1).

Trường hợp cụ thể đo trong nhà, hệ thống lấy mẫu được lắp đặt như sau:

- a) Trong khu vực không trực tiếp nhận bức xạ mặt trời;
- b) Cách xa nguồn nhiệt (lò sưởi, cửa sổ lớn, thiết bị điện, v.v...);
- c) Cách xa khu vực đi lại, cửa ra vào và cửa sổ, tường và nơi thông gió (ví dụ, có thể đặt trên một đồ nội thất như giá kệ hoặc tủ).

6.3.3 Khoảng thời gian lấy mẫu

Khoảng thời gian lấy mẫu bằng với thời gian từ khi lắp đặt đến khi tháo hệ thống lấy mẫu tại một điểm xác định.

Thời điểm (ngày và giờ) lắp đặt và thời điểm tháo hệ thống lấy mẫu phải được ghi lại.

Khoảng thời gian lấy mẫu phải được xác định dựa theo mục đích sử dụng kết quả đo và hiện tượng được điều tra.

Khoảng thời gian lấy mẫu tối thiểu là một tuần để thu được kết quả đo nằm trên giới hạn phát hiện.

Khi đánh giá sự phơi nhiễm hàng năm đối với người, phép đo nên được thực hiện với khoảng thời gian lấy mẫu vài tháng.

Người sử dụng cần hiểu rõ đặc điểm bão hòa của cảm biến (SSNTD) và nên thực hiện cơ chế lấy mẫu sao cho không xảy ra trạng thái bão hòa.

6.3.4 Thể tích khí được lấy mẫu

Thể tích khí được lấy mẫu phải được xác định rõ cách đo lưu lượng dòng hoặc thể tích trong suốt khoảng thời gian lấy mẫu với một hệ thống lấy mẫu đã được hiệu chuẩn (ví dụ ống âm thanh).

Tổng thể tích khí được lấy mẫu trong suốt khoảng thời gian lấy mẫu phải được ghi lại.

7 Phương pháp phát hiện

Việc phát hiện được thực hiện bằng cách sử dụng detector vết hạt nhân trạng thái rắn như được mô tả trong TCVN 10759-1 (ISO 11665-1).

8 Đo

8.1 Quy trình

Phép đo phải được thực hiện như sau:

- a) Lựa chọn và đặt điểm đo.
- b) Lắp đặt thiết bị đo (hệ thống lấy mẫu và hệ thống phát hiện).

- c) Ghi lại địa điểm và thời điểm (ngày và giờ) lắp đặt thiết bị đo.
- d) Thực hiện việc lấy mẫu khí được điều tra.
- e) Tháo bộ thiết bị lấy mẫu sau khi kết thúc đo.
- f) Ghi lại thời điểm (ngày và giờ) tháo thiết bị đo.
- g) Tháo hệ thống phát hiện khỏi thiết bị đo.
- h) Tháo detector (SSNTD) khỏi hệ thống phát hiện.
- i) Hiển thị kết quả phát hiện trên detector bằng cách tạo vết có sử dụng phương pháp hóa học thích hợp trong phòng thử nghiệm. Các vết ын gây ra bởi hạt alpha sinh ra từ sự phân rã radon và các sản phẩm phân rã sống ngắn của radon được chuyển thành các "vết nhìn thấy được".
- j) Quét hệ thống phát hiện dưới kính hiển vi quang học. Các dải quét trên detector được đánh dấu như trong Hình 1:
 - 1) dải P₁ ghi lại các hạt alpha sinh ra từ ²¹⁸Po, ²¹²Bi và ²²²Rn;
 - 2) dải P₂ ghi lại các hạt alpha sinh ra từ ²¹⁴Po và ²²²Rn;
 - 3) dải P₃ ghi lại các hạt alpha sinh ra từ ²¹²Po;
 - 4) dải P₄ ghi lại các hạt alpha sinh ra từ ²²²Rn.
- k) Xác định mức phông nền của detector: lấy mười detector cùng lô có trong hệ thống phát hiện và đặt trong môi trường khí không có radon trong một khoảng thời gian bằng với khoảng thời gian lấy mẫu. Lặp lại các bước từ h) đến j) để xác định mức phông nền.
- l) Tính toán để xác định nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng.

CHÚ THÍCH: Phương pháp này dùng để xác định nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng trung bình của sản phẩm phân rã sống ngắn của radon, cũng như sản phẩm phân rã của đồng vị radon-220, bằng cách xem xét số hạt alpha có năng lượng $E_{AE,212Bi}$ và $E_{AE,212Po}$ sinh ra bởi sự phân rã ²¹⁶Po, ²¹²Pb, ²¹²Bi và ²¹²Po, là các chất phát ra hạt alpha thuộc loại này.

8.2 Đại lượng ảnh hưởng

Các đại lượng khác nhau có thể dẫn tới phép đo bị sai lệch và cho ra kết quả không mang tính đại diện. Tùy thuộc vào phương pháp đo và việc kiểm soát các đại lượng ảnh hưởng thông thường như được nêu trong IEC 61577-1 và TCVN 10759-1 (ISO 11665-1), các đại lượng sau phải được xem xét cụ thể:

- a) Sự tồn tại ²²⁶Ra và bất kỳ chất phát alpha nào khác thu được trên màng lọc: Tình trạng này có thể tạo ra kết quả sai nếu không thực hiện việc hiệu chỉnh thích hợp. Phải đếm tổng lượng alpha của màng lọc. Nếu kết quả đếm là cao thì có thể sử dụng phép đo phổ alpha để xác định và tính lượng hạt nhân phóng xạ phát alpha tồn tại.

TCVN 10759-2:2016

b) Nhiệt độ (ảnh hưởng quá trình lấy mẫu) và độ ẩm (ảnh hưởng hiệu suất của thiết bị lấy mẫu): Sự ảnh hưởng của các biến số này có thể được hạn chế bằng cách tạm dừng lấy mẫu nếu các giá trị khuyến cáo bị vượt quá.

Phải tuân theo các khuyến nghị của nhà sản xuất trong bản hướng dẫn vận hành thiết bị đo.

8.3 Hiệu chuẩn

Thiết bị đo (hệ thống lấy mẫu và hệ thống phát hiện) phải được hiệu chuẩn như quy định trong TCVN 10759-1 (ISO 11665-1).

Sử dụng lưu lượng kế chuẩn để hiệu chuẩn lưu lượng của hệ thống lấy mẫu.

Mỗi quan hệ giữa các biến số đo được bởi hệ thống phát hiện và nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng trung bình của các sản phẩm phân rã radon trong không khí phải được thiết lập bằng cách sử dụng các nguồn phóng xạ chuẩn hoặc chuẩn khác (ví dụ như môi trường không khí quy chiếu) được thừa nhận thông qua các chương trình so sánh chéo trên thế giới.

Để hiệu chuẩn hệ thống phát hiện, một thiết bị lấy ra từ một lỗ được đặt trong một môi trường không khí quy chiếu với nồng độ radon và sản phẩm phân hạch của radon đã được biết, và sử dụng một nguồn ^{226}Ra ở trạng thái cân bằng phòng xạ với các sản phẩm phân rã của nó.

9 Biểu thị kết quả

9.1 Nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng trung bình

Nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng trung bình của sản phẩm phân rã sống ngắn của radon-222 được tính theo Công thức (1) (xem thêm TCVN 10759-1 (ISO 11665-1)):

$$\bar{E}_{\text{PAEC},222_{\text{Rn}}} = \frac{[E_{\text{AE},218\text{Po}} \cdot N_{218\text{Po}} + E_{\text{AE},214\text{Po}} \cdot (N_{218\text{Po}} + N_{214\text{Bi}} + N_{214\text{Po}} + N_{214\text{Pb}})]}{V} \quad (1)$$

Công thức (2) đạt được bằng cách xem xét các dải hạt alpha khác nhau mà thiết bị ghi nhận được và tính hiệu quả của việc thu thập và phát hiện.

$$E_{\text{PAEC},222_{\text{Rn}}} = \frac{[E_{\text{AE},218\text{Po}} \cdot (\bar{R}_{P_1} - r \cdot \bar{R}_{P_3} - a \cdot \bar{R}_{P_4}) + E_{\text{AE},214\text{Po}} \cdot (\bar{R}_{P_2} - b \cdot \bar{R}_{P_4})]}{V \cdot \varepsilon_{\text{hc}} \cdot \varepsilon_{\text{gd}}} \quad (2)$$

Trong đó:

$$\bar{R}_{P_i} = \frac{\sum_{j=1}^n R_{P_i,j}}{n} \quad \text{với } i = 1, 2, 3, 4 \quad (3)$$

CHÚ THÍCH: Phương pháp này được sử dụng để xác định nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng trung bình của các sản phẩm phân rã sống ngắn của radon cũng như của các sản phẩm phân rã của đồng vị radon-220 dựa trên việc đếm vết thuộc dải P_3 .

Nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng trung bình của sản phẩm phân rã radon-220 có thể được tính theo Công thức (4)

$$\bar{E}_{\text{PAEC},220_{\text{Ra}}} = \frac{(E_{\text{AE},212_{\text{Bi}}} \cdot r \cdot \bar{R}_{\text{P}_3} + E_{\text{AE},212_{\text{Po}}} \cdot \bar{R}_{\text{P}_3})}{V \cdot \varepsilon_{\text{hc}} \cdot \varepsilon_{\text{gd}}} = \frac{(E_{\text{AE},212_{\text{Bi}}} \cdot r + E_{\text{AE},212_{\text{Po}}}) \cdot \bar{R}_{\text{P}_3}}{V \cdot \varepsilon_{\text{hc}} \cdot \varepsilon_{\text{gd}}} \quad (4)$$

9.2 Độ không đảm bảo tiêu chuẩn

Theo TCVN 9595-3 (ISO/IEC 98-3), độ không đảm bảo tiêu chuẩn của $E_{\text{PAEC},220_{\text{Ra}}}$ được tính như trong Công thức (5):

$$u(\bar{E}_{\text{PAEC},220_{\text{Ra}}}) = \sqrt{\frac{E_{\text{AE},218_{\text{Po}}}^2 \cdot (\bar{R}_{\text{P}_1} + r^2 \cdot \bar{R}_{\text{P}_3}) + E_{\text{AE},214_{\text{Po}}}^2 \cdot \bar{R}_{\text{P}_2} + (a \cdot E_{\text{AE},218_{\text{Po}}}^2 + b \cdot E_{\text{AE},214_{\text{Po}}}^2) \cdot \bar{R}_{\text{P}_4}}{(V \cdot \varepsilon_{\text{hc}} \cdot \varepsilon_{\text{gd}})^2 \cdot n}} + (\bar{E}_{\text{PAEC},220_{\text{Ra}}})^2 \cdot [u_{\text{rel}}^2(V) + u_{\text{rel}}^2(\varepsilon_{\text{hc}}) + u_{\text{rel}}^2(\varepsilon_{\text{gd}})] \quad (5)$$

Trong đó:

$$u^2(\bar{R}_{\text{P}_i}) = \frac{\bar{R}_{\text{P}_i}}{n} \text{ với } i = 1, 2, 3, 4 \quad (6)$$

Ngoài ra, các yếu tố sau được áp dụng khi sử dụng Công thức (5):

- Độ không đảm bảo tiêu chuẩn của $E_{\text{AE},218_{\text{Po}}}$ và $E_{\text{AE},214_{\text{Po}}}$ được coi như không đáng kể;
- Độ không đảm bảo tiêu chuẩn của a và b được coi như không đáng kể;
- Độ không đảm bảo tiêu chuẩn của tính hiệu suất phát hiện, ε_{hc} , được tính toán bằng cách sử dụng phương pháp MONTE-CARLO và thường được cung cấp bởi nhà sản xuất;
- Độ không đảm bảo tiêu chuẩn của tính hiệu suất thu thập, ε_{gd} , đạt được bằng phép đo và thường được cung cấp bởi nhà sản xuất.

CHÚ THÍCH 1: Độ không đảm bảo tiêu chuẩn của số đếm đối với phòng nền, $u(\bar{R}_0)$, có được từ một mẫu của 10 detector lắp trong hệ thống phát hiện đặt trong môi trường khí không có radon trong vòng hai tháng là không đáng kể so với độ thay đổi gây ra bởi việc tạo ra và đếm các vết.

CHÚ THÍCH 2: Theo TCVN 9595-3 (ISO/IEC 98-3) độ không đảm bảo tiêu chuẩn của nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng trung bình của sản phẩm phân rã của radon-220, $u(\bar{E}_{\text{PAEC},220_{\text{Ra}}})$, được tính theo Công thức (7):

$$u(\bar{E}_{\text{PAEC},220_{\text{Ra}}}) = \bar{E}_{\text{PAEC},220_{\text{Ra}}} \sqrt{\left(\frac{1}{n \cdot \bar{R}_{\text{P}_3}} + u_{\text{rel}}^2(V) + u_{\text{rel}}^2(\varepsilon_{\text{hc}}) + u_{\text{rel}}^2(\varepsilon_{\text{gd}}) \right)} \quad (7)$$

Trong đó:

$$u^2(\bar{R}_{\text{P}_3}) = \frac{\bar{R}_{\text{P}_3}}{n} \quad (8)$$

9.3 Ngưỡng quyết định và giới hạn phát hiện

Trong đo thực tế nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng, việc tính ngưỡng quyết định và giới hạn phát hiện là không cần thiết vì cả hai giá trị này đều thấp hơn nhiều so với bất kỳ giá trị nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng nào trong môi trường thực tế. Chỉ cần cung cấp độ không đảm bảo tiêu chuẩn của kết quả đo và nếu được yêu cầu thì cùng khoảng phủ.

CHÚ THÍCH: Các kết quả mẫu trắng thu được từ việc đánh giá hệ thống phát hiện được lưu giữ trong 6 tháng mà không bị phơi nhiễm radon-222 và radon-220 đã cho các giá trị trung bình 3 nJ, với độ không đảm bảo tiêu chuẩn 5 nJ, cho phép tính ra ngưỡng quyết định để xác định năng lượng alpha tiềm tàng thực là 12 nJ và giới hạn phát hiện của năng lượng alpha tiềm tàng thực là khoảng 24nJ.

Giả định thể tích được lấy mẫu là 40 m³ (giá trị điển hình cho khoảng thời gian phơi nhiễm trong một tháng), ngưỡng quyết định nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng thực là 0,3 nJ/m³ và giới hạn phát hiện nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng thực là khoảng 0,6 nJ/m³, thấp hơn nhiều so với nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng trong môi trường thực tế.

9.4 Giới hạn khoảng tin cậy

Giới hạn dưới, $\bar{E}_{PAEC,222,Ra}^a$, và giới hạn trên, $\bar{E}_{PAEC,222,Ra}^p$, là các giới hạn khoảng tin cậy được tính theo các Công thức (9) và (10) (xem ISO 11929):

$$\bar{E}_{PAEC,222,Ra}^a = \bar{E}_{PAEC,222,Ra} - k_p \cdot u(\bar{E}_{PAEC,222,Ra}); p = \omega \cdot (1 - \gamma/2) \quad (9)$$

$$\bar{E}_{PAEC,222,Ra}^p = \bar{E}_{PAEC,222,Ra} - k_q \cdot u(\bar{E}_{PAEC,222,Ra}); q = 1 - \omega \cdot \gamma/2 \quad (10)$$

Trong đó:

$\omega = \phi[y/u(y)]$, ϕ là hàm phân bố của phân bố chuẩn đã được chuẩn hóa;

$\omega = 1$ có thể được xác lập nếu $\bar{E}_{PAEC,222,Ra} \geq 4 \cdot u(\bar{E}_{PAEC,222,Ra})$, trong trường hợp này:

$$\bar{E}_{PAEC,222,Ra}^{\omega} = \bar{E}_{PAEC,222,Ra} \pm k_{1-\gamma/2} \cdot u(\bar{E}_{PAEC,222,Ra}) \quad (11)$$

$\gamma = 0,05$ và $k_{1-\gamma/2} = 1,96$ thường được chọn theo mặc định,

10 Báo cáo thử nghiệm

10.1 Báo cáo thử nghiệm phải tuân theo các quy định của TCVN ISO/IEC 17025 và phải bao gồm các thông tin sau:

- Viện dẫn tiêu chuẩn này;
- Phương pháp đo (tích hợp);
- Nhận dạng mẫu;

- d) Đặc điểm lấy mẫu (chủ động);
- e) Thời gian (ngày và giờ) lắp đặt và tháo thiết bị đo;
- f) Khoảng thời gian lấy mẫu;
- g) Vị trí lấy mẫu;
- h) Các đơn vị biểu thị kết quả đo;
- i) Kết quả thử nghiệm, $\bar{E}_{PAEC,222_{Ra}} \pm u(\bar{E}_{PAEC,222_{Ra}})$ hoặc $\bar{E}_{PAEC,222_{Ra}} \pm U$, với giá trị k liên đới.

10.2 Có thể đưa các thông tin bổ sung như:

- a) Mục đích đo;
- b) Xác suất α , β và $(1-\gamma)$;
- c) Ngưỡng quyết định và giới hạn phát hiện; tùy thuộc vào yêu cầu của khách hàng mà có các cách thể hiện kết quả:
 - 1) Nếu nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng trung bình của sản phẩm phân rã sống ngắn của radon-222 được so sánh với ngưỡng quyết định (xem ISO 11929) thì kết quả của phép đo cần phải thể hiện là $\leq \bar{E}_{PAEC,222_{Ra}}^*$ nếu kết quả thấp hơn ngưỡng quyết định;
 - 2) Nếu nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng trung bình của sản phẩm phân rã sống ngắn của radon-222 được so sánh với giới hạn phát hiện thì kết quả đo sẽ được thể hiện là $\leq \bar{E}_{PAEC,222_{Ra}}^{\#}$ nếu kết quả thấp hơn giới hạn phát hiện. Nếu giới hạn phát hiện vượt quá giá trị hướng dẫn thì phải lập thành tài liệu về phương pháp đo không phù hợp cho mục đích của phép đo.
- d) Tất cả các thông tin liên quan có thể ảnh hưởng đến kết quả:
 - 1) Điều kiện thời tiết vào thời điểm lấy mẫu;
 - 2) Điều kiện thông gió đối với việc đo trong nhà (hệ thống thông gió cơ học, cửa ra vào và cửa sổ được mở hay đóng, v.v...).

10.3 Kết quả có thể được thể hiện theo mẫu tương tự như được chỉ ra trong TCVN 10759-1 (ISO 11665-1), Phụ lục C.

Phụ lục A
(Tham khảo)

Ví dụ một phương pháp đáp ứng các yêu cầu trong TCVN 10759-2 (ISO 11665-2)

A.1 Thiết bị

Bộ đo bao gồm một hệ thống phát hiện và một hệ thống lấy mẫu (xem Hình 1).

Một màng lọc bằng axetat xeluloza hiệu suất cao (kích thước lỗ $1,2\text{ }\mu\text{m}$) được dùng để thu thập sản phẩm phân rã radon.

Hệ thống phát hiện bao gồm các bộ phận sau:

- a) Một bộ phân biệt năng lượng cơ học được đánh dấu bởi ba màn boPET có độ dày khác nhau từ $8\text{ }\mu\text{m}$ đến $40\text{ }\mu\text{m}$ và nối với ống chuẩn trực (cơ cấu hình học này được sử dụng để làm giảm năng lượng ban đầu của mỗi hạt alpha phát ra bởi hạt nhân phóng xạ thu thập được trong dải năng lượng phù hợp với đặc điểm của detector được sử dụng);
- b) Một detector vết hạt nhân trạng thái rắn bao gồm một đế polyethylene terephthalate có độ dày $100\text{ }\mu\text{m}$, được phủ bởi một lớp nitrat xeluloza có màu đỏ, dày từ $11,5\text{ }\mu\text{m}$ đến $12\text{ }\mu\text{m}$ và nhạy với hạt alpha.

Detector được sử dụng không được lưu trữ ở nhiệt độ lớn hơn $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A.2 Lấy mẫu

Lưu lượng dòng danh định của bơm lấy mẫu là $0,08\text{ m}^3/\text{h}$ trong điều kiện vận hành bình thường.

Lấy mẫu khí và ghi lại các vết trên detector được thực hiện đồng thời.

Thiết bị đo được đặt trong một tháng (ngày 1 đến ngày 30 tháng mười một năm 2000) tại ba vùng của Pháp.

Thể tích khí lấy mẫu được tính toán dựa trên kết quả ghi lại khoảng thời gian lấy mẫu và lưu lượng dòng đo được.

A.3 Quy trình đo

Việc đo được thực hiện như tại Điều 8.

Detector được tạo vết rõ trong phòng thử nghiệm sau giai đoạn phơi nhiều để làm lộ các vết gây ra bởi sự đi qua của các hạt alpha.

Bước 8.1 i) được thực hiện bằng cách làm hiển thị vết trên detector bằng phương pháp xử lý hóa học thích hợp. Thuốc thử là dung dịch natri hydroxit có nồng độ $(2,50 \pm 0,05)\text{ mol/l}$. Việc tạo vết rõ hơn diễn ra trong $(90 \pm 1)\text{ min}$ với nhiệt độ bếp cách thủy $(60,0 \pm 0,5)\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A.4 Ví dụ

Kết quả đo $\bar{E}_{PAEC,222_{Ra}}$ và $\bar{E}_{PAEC,220_{Ra}}$ của khoảng thời gian một tháng (ngày 1 đến ngày 30 tháng mười một năm 2000) tại ba vùng của Pháp được trình bày trong Bảng A.1.

Bảng A.1 – Kết quả đo nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng

Vị trí lấy mẫu	V	$\bar{R}_{P_1}$	$\bar{R}_{P_2}$	$\bar{R}_{P_3}$	$\bar{R}_{P_4}$	$\bar{E}_{PAEC,222_{Ra}} \pm u(\bar{E}_{PAEC,222_{Ra}})$ nJ/m ³	$\bar{E}_{PAEC,220_{Ra}} \pm u(\bar{E}_{PAEC,220_{Ra}})$ nJ/m
Parisian Basin	42,3	385	1133	498	16	42 ± 5	28 ± 4
Massif Central	55,9	321	1600	117	2	48 ± 6	5 ± 1
Vendée	45,7	263	1270	217	16	44 ± 5	11 ± 2

Các giá trị sau áp dụng cho kết quả trong Bảng A.1:

- $\bar{E}_{AE,218_{Po}} = 9,615 \times 10^{-13} \text{ J}$
- $\bar{E}_{AE,214_{Po}} = 1,23 \times 10^{-12} \text{ J}$
- $\bar{E}_{AE,212_{Bi}} = 9,772 \times 10^{-13} \text{ J}$
- $\bar{E}_{AE,212_{Po}} = 1,434 \times 10^{-12} \text{ J}$
- $r = 0,56$
- $a = 1,099$
- $b = 0,045$
- $n = 2$
- $\varepsilon_{bc} = 0,8$
- $\varepsilon_{gd} = 1,037 \times 10^{-3}$
- $u_{rel}(\varepsilon_{bc}) = 0,025$
- $u_{rel}(\varepsilon_{gd}) = 0,015$
- $u_{rel}(V) = 0,05$

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] Nuclear Data base issued from the Decay Data Evaluation Project. Available at: http://www.nucleide.org/DDEP_WG/DDEPdata.htm.
 - [2] UNSCEAR 2006 Report: *Effects of ionizing radiation* (Vol. 1, report to the General Assembly and two scientific annexes). United Nations Publication, New York, 2008.
 - [3] ICRP Publication 65. Protection against radon-222 at home and at work. In: *Annals of the ICRP*, 23 (2), 1993.
 - [4] Decree 90-222 of 9 March 1990 completing the general regulations for extraction industries instigated by Decree 80-331 of 7 May 1980. Journal Officiel de la Republique Francaise, pp. 3067-3071, 13 March 1990.
 - [5] TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3), *Độ không đảm bảo đo – Phần 3: Hướng dẫn biểu thị độ không đảm bảo đo (GUM:1995)*.
 - [6] ISO 11929:2010, *Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation – Fundamentals and application*.
 - [7] IEC 61577-4, *Radiation protection instrumentation – Radon and radon decay product measuring instruments – Part 4: Equipment for the production of reference atmospheres containing radon isotopes and their decay products (STAR)*.
-