

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 12260-1:2018

ISO 13164-1:2013

Xuất bản lần 1

**CHẤT LƯỢNG NƯỚC – RADON 222 –
PHẦN 1: NGUYÊN TẮC CHUNG**

Water quality – Radon-222 – Part 1: General principles

HÀ NỘI - 2018

Lời nói đầu

TCVN 12260-1:2018 hoàn toàn tương đương với ISO 13164-1:2013.

TCVN 12260-1:2018 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC147 *Chất lượng nước* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Bộ TCVN 12260 (ISO 13164) *Chất lượng nước – Radon-222* gồm có các tiêu chuẩn sau:

- TCVN 12260-1:2018 (ISO 13164-1:2013), Phần 1: Nguyên tắc chung.
- TCVN 12260-2:2018 (ISO 13164-2:2013), Phần 2: Phương pháp thử sử dụng phổ tia gamma.
- TCVN 12260-3:2018 (ISO 13164-3:2013), Phần 3: Phương pháp thử sử dụng đo xạ khí.
- TCVN 12260-4:2018 (ISO 13164-4:2015), Phần 4: Phương pháp thử sử dụng đếm nhấp nháy lỏng hai pha.

Lời giới thiệu

Hoạt độ phóng xạ từ một số nguồn tự nhiên và nhân tạo có trong khắp môi trường. Vì vậy, các thủy vực (nước mặt, nước dưới đất, nước biển) có thể chứa các nuclit phóng xạ có nguồn gốc tự nhiên và nhân tạo.

- Các nuclit phóng xạ tự nhiên, bao gồm cả kali-40, và các nuclit phóng xạ có nguồn gốc khác từ dãy phân rã thori và urani, cụ thể như radi-226, radi-228, urani-234, urani-238 và chì-210 có thể được tìm thấy trong nước với các nguyên nhân tự nhiên (ví dụ, sự giải hấp từ đất và sự rửa trôi do nước mưa) hoặc có thể được sinh ra từ các quá trình công nghệ liên quan đến các vật liệu phóng xạ tồn tại tự nhiên (ví dụ khai thác mỏ và quá trình chế biến sa khoáng hoặc quá trình sản xuất và sử dụng phân bón phốt phát).
- Các nuclit phóng xạ nhân tạo như các nguyên tố siêu urani (americium, plutonium, neptunium, curium), tritium, cacbon-14, stronti-90 và một số nuclit phóng xạ phát tia gamma cũng có thể tìm thấy trong nước tự nhiên vì các nguyên tố này được cho phép phát thải hàng ngày vào trong môi trường với số lượng nhỏ trong dòng thải từ các cơ sở chu trình nhiên liệu hạt nhân và việc sử dụng chúng ở dạng hồ trong y học hoặc công nghiệp. Những nguyên tố này cũng có thể được tìm thấy trong nước do bụi phóng xạ trong quá khứ từ các vụ nổ trong khí quyển của các vũ khí hạt nhân hoặc từ các sự cố hạt nhân tại Chernobyl và Fukushima.

Do vậy, nước uống có thể chứa các nuclit phóng xạ ở nồng độ hoạt độ có thể gây rủi ro tới sức khỏe của con người. Để đánh giá chất lượng của nước uống (bao gồm cả nước khoáng và nước suối) về hàm lượng nuclit phóng xạ của nước và để đưa ra hướng dẫn về việc giảm thiểu các rủi ro sức khỏe bằng việc tiến hành biện pháp giảm các nồng độ hoạt độ nuclit phóng xạ, các nguồn nước (nước dưới đất, nước sông, nước hồ, nước biển, v.v..) và nước uống cần được kiểm tra về mức hoạt độ phóng xạ của chúng do Tổ chức Sức khỏe Thế giới (WHO) khuyến nghị.

Các phương pháp thử tiêu chuẩn về nồng độ hoạt độ radon-222 trong các mẫu nước là cần thiết cho các phòng thử nghiệm tiến hành các phép đo này để đảm bảo tuân thủ các yêu cầu theo quy định. Các phòng thử nghiệm có thể phải xin cấp phép để được phép đo nuclit phóng xạ trong các mẫu nước uống.

Nồng độ hoạt độ radon trong nước mặt là rất thấp, thường dưới 1 Bq L^{-1} . Trong nước dưới đất, nồng độ hoạt độ thay đổi từ 1 Bq L^{-1} đến 50 Bq L^{-1} trong các tầng đá trầm tích, từ 10 Bq L^{-1} đến 300 Bq L^{-1} trong các giếng khoan, và từ 100 Bq L^{-1} đến 1000 Bq L^{-1} trong đá tinh thể. Các nồng độ hoạt độ cao nhất thường đo được trong đá với nồng độ uran cao (xem Tài liệu tham khảo [30]).

Sự thay đổi lớn về nồng độ hoạt độ của radon trong các tầng chứa nước đã được quan sát. Thậm chí trong một vùng có các loại đá tương đối đồng nhất, một số nước giếng khoan có thể có nồng độ hoạt độ radon cao hơn nhiều so với giá trị trung bình đối với vùng đó. Ghi lại những biến động đáng kể theo mùa (xem Phụ lục A).

Nước có thể hòa tan các hóa chất khi di chuyển trên bề mặt đất tới các tầng chứa nước hoặc nước suối. Nước có thể di chuyển qua hoặc lưu lại một thời gian trong đá, một số địa tầng có thể chứa nồng độ cao các nuclit phóng xạ tự nhiên. Trong các điều kiện địa hóa thuận lợi, nước có thể hòa tan một cách có chọn lọc một số nuclit phóng xạ tự nhiên này.

Hướng dẫn về radon trong nguồn cấp nước uống của WHO năm 2008 đề xuất cần thực hiện kiểm soát nếu nồng độ radon trong nước uống đối với nguồn cấp nước công cộng vượt quá 100 Bq L^{-1} . Hướng dẫn này của WHO cũng được khuyến nghị rằng bất cứ nguồn cấp nước mới nào, đặc biệt là nguồn cấp nước công cộng, sử dụng nước dưới đất làm nguồn cấp nước uống cần được thử nghiệm trước khi đưa vào sử dụng cho tiêu dùng chung và nếu nồng độ radon vượt quá 100 Bq L^{-1} , cần thực hiện việc xử lý nguồn nước để giảm các mức radon xuống dưới mức cho phép (Tài liệu tham khảo [41]).

Tiêu chuẩn này thuộc bộ tiêu chuẩn đề cập đến phép đo nồng độ hoạt độ của các nuclit phóng xạ trong các mẫu nước.

Chất lượng nước – Radon-222 – Phần 1: Nguyên tắc chung

Water quality – Radon-222 –

Part 1: General principles

CẢNH BÁO – Người sử dụng tiêu chuẩn này phải thành thạo với các thực hành phòng thử nghiệm thông thường. Tiêu chuẩn này không đề cập tới mọi vấn đề an toàn, liên quan đến việc sử dụng, nếu cần. Trách nhiệm của người sử dụng là thiết lập thực hành thích hợp về an toàn và bảo vệ sức khỏe bảo đảm tuân thủ theo quy định.

QUAN TRỌNG – Tiêu chuẩn này phải được thực hiện bởi nhân viên có trình độ phù hợp.

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này đưa ra các hướng dẫn chung cho việc lấy mẫu, bao gói và vận chuyển tất cả các loại mẫu nước, để đo nồng độ hoạt độ của radon-222.

Các phương pháp thử được chia thành hai loại sau:

- a) Đo trực tiếp mẫu nước mà không chuyển bất cứ pha nào (xem TCVN 12260-2 (ISO 13164-2)).
- b) Đo gián tiếp liên quan đến việc chuyển radon-222 từ pha lỏng sang pha khác (xem TCVN 12260-3 (ISO 13164-3)).

Các phương pháp thử này có thể áp dụng được cho cả trong phòng thử nghiệm hoặc tại hiện trường.

Phòng thử nghiệm có trách nhiệm trong việc đảm bảo tính phù hợp của phương pháp thử đối với các mẫu nước được thử.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau rất 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 sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 12260-1:2018

TCVN 6663-1 (ISO 5667-1), *Chất lượng nước – Lấy mẫu – Phần 1: Hướng dẫn thiết kế các chương trình lấy mẫu và kỹ thuật lấy mẫu.*

TCVN 6663-3 (ISO 5667-3), *Chất lượng nước – Lấy mẫu – Phần 3: Bảo quản và xử lý các mẫu nước.*

TCVN 7175 (ISO 10703), *Chất lượng nước – Xác định nồng độ hoạt độ các hạt nhân phóng xạ - Phương pháp dùng phổ kế tia gamma độ phân giải cao.*

TCVN 12260-2 (ISO 13164-2), *Chất lượng nước – Radon-222 – Phần 2: Phương pháp thử sử dụng phổ tia gamma.*

TCVN 12260-3 (ISO 13164-3), *Chất lượng nước – Radon-222 – Phần 3: Phương pháp thử sử dụng đo xạ khí.*

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

TCVN 7870-10 (ISO 80000-10), *Đại lượng và đơn vị – Phần 10: Vật lý nguyên tử và hạt nhân.*

3 Thuật ngữ, định nghĩa và các ký hiệu

3.1 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa trong TCVN 7870-10 (ISO 80000-10) và các thuật ngữ định nghĩa sau.

3.1.1

Hoạt độ (activity)

Số phân rã hạt nhân tự phát xảy ra trong một lượng vật chất xác định trong suốt một khoảng thời gian ngắn thích hợp chia cho khoảng thời gian đó.

[ISO 921:1997¹⁾, 23]

3.1.2

Nồng độ hoạt độ trong nước (activity concentration on water)

Hoạt độ trong một thể tích nước.

CHÚ THÍCH: Nồng độ hoạt độ trong nước được tính bằng becquerel trên lít.

3.1.3

Nồng độ hoạt độ trong không khí (activity concentration in air)

Hoạt độ trong một thể tích không khí sau pha tách khí.

CHÚ THÍCH: Nồng độ hoạt độ của không khí được tính bằng becquerel trên mét khối.

3.1.4

Mẫu thử (test sample)

Phần của mẫu tổng được lấy ra để phân tích.

¹⁾ ISO 921:1997 đã được ISO hủy năm 2014.

3.1.5**Hệ số Bunsen** (Bunsen coefficient)

Thể tích của khí hòa tan ở nhiệt độ tiêu chuẩn (273,15 K) và áp suất riêng phần tiêu chuẩn (0,1 MPa) chia cho thể tích của dung môi ở nhiệt độ, T , và áp suất tiêu chuẩn (0,1 MPa).

CHÚ THÍCH 1: Theo Tài liệu tham khảo [10], trang 239.

CHÚ THÍCH 2: Nên biểu thị độ hòa tan của khí theo nồng độ mol, tỷ lệ phần trăm mol hoặc tỷ lệ mol (xem Tài liệu tham khảo [10]). Tuy nhiên, trong nhiều nghiên đề cập đến phép đo radon trong nước thường sử dụng hệ số Bunsen.

CHÚ THÍCH 3: Độ hòa tan của radon trong nước tăng lên khi nhiệt độ nước giảm xuống (xem Phụ lục A).

3.1.6**Phép đo liên tục radon trong nước** (continuous measurement of radon in water)

Phép đo nồng độ hoạt độ radon của các mẫu liên tục ở điểm lấy mẫu đã cho trong môi trường nước.

CHÚ THÍCH 1: Dạng phân tích này được sử dụng để theo dõi sự biến thiên theo thời gian của nồng độ hoạt độ radon trong nước ở điểm lấy mẫu.

3.1.7**Lấy mẫu liên tục** (continuous sampling)

Quá trình trong đó mẫu được lấy liên tục từ một thủy vực.

[TCVN 8184-2 (ISO 6107-2),^[3] 32, sửa đổi]

3.1.8**Tách khí** (degassing)

Việc chuyển radon hòa tan từ nước vào không khí bằng các quá trình vật lý.

3.1.9**Đo tại chỗ trực tiếp** (direct in-situ measurement)

Hệ thống phân tích tự động mà trong đó ít nhất đầu đo được nhấn chìm trong thủy vực.

3.1.10**Mẫu rời rạc** (discrete sample)**Mẫu rời rạc đã định vị** (localized discrete sample)

Mẫu đơn được lấy ngẫu nhiên từ một thủy vực theo thời gian hoặc theo vị trí.

3.1.11**Hòa tan** (dissolution)

Việc trộn hai pha và tạo ra một pha đồng nhất mới.

3.1.12**Nước uống** (drinking water)/(potable water)

Nước có chất lượng phù hợp cho mục đích uống.

[TCVN 8184-1:2009 (ISO 6107-1:2004),^[2] 30]

TCVN 12260-1:2018

3.1.13

Nước dưới đất (groundwater)

Nước chứa trong một kiến tạo dưới đất và có thể khai thác được.

[TCVN 8184-1:2009 (ISO 6107-1:2004),^[2] 41, sửa đổi]

3.1.14

Lấy mẫu gián đoạn (intermittent sampling)

Quá trình mà các mẫu nước rời rạc được lấy từ thủy vực.

3.1.15

Nước cấp (mains water)

Nước được cung cấp từ trạm xử lý nước sạch, nước suối hoặc nước giếng khoan vào trong hệ thống phân phối hoặc bể chứa.

3.1.16

Hệ số Ostwald (Ostwald coefficient)

Thể tích của khí hòa tan ở nhiệt độ và áp suất đã cho chia cho thể tích của dung môi ở cùng nhiệt độ và áp suất đó.

CHÚ THÍCH 1: Theo Tài liệu tham khảo [10], trang 1147.

CHÚ THÍCH 2: Nên biểu thị độ hòa tan của khí theo nồng độ mol, tỷ lệ phần trăm mol hoặc tỷ lệ mol (xem Tài liệu tham khảo [10]). Tuy nhiên, trong nhiều nghiên cứu đề cập đến phép đo radon trong nước thường sử dụng hệ số Ostwald.

CHÚ THÍCH 3: Độ hòa tan của radon trong nước tăng lên khi nhiệt độ nước giảm xuống (xem Phụ lục A).

3.1.17

Vận chuyển radon bằng sự thấm (radon transport by permeation)

Việc chuyển radon từ một môi trường này sang một môi trường khác qua môi trường đồng nhất thứ ba (màng lọc).

3.1.18

Nước thô (raw water)

Nước chưa qua bất cứ xử lý nào, hoặc nước được đưa vào nhà máy xử lý hoặc phải xử lý thêm.

[TCVN 8184-1:2009 (ISO 6107-1:2004),^[2] 59]

3.1.19

Bể chứa (reservoir)

Công trình nhân tạo một phần hoặc toàn bộ để lưu trữ và/hoặc để điều tiết và kiểm soát nước.

[TCVN 8184-2:2009 (ISO 6107-2:2006),^[3] 107, sửa đổi]

3.1.20

Nước mặt (surface water)

Nước chảy qua hoặc đọng lại trên bề mặt của một khu vực đất đai rộng lớn.

[TCVN 8184-1:2009 (ISO 6107-1:2004),^[2] 74]

3.1.21**Mẫu (sample)**

Phần đại diện lý tưởng cho một thủy vực nhất định, hoặc lấy rời rạc hoặc liên tục, nhằm cho mục đích kiểm tra các tính năng khác nhau đã định.

[TCVN 8184-2:2009 (ISO 6107-2:2006),^[3] 111]

3.1.22**Lấy mẫu (sampling)**

Quá trình lấy một phần đại diện từ một thủy vực nhằm mục đích để kiểm tra các tính năng khác nhau đã định.

[TCVN 8184-2:2009 (ISO 6107-2:2006),^[3] 114]

3.1.23**Điểm lấy mẫu (sampling point)**

Vị trí chính xác của một địa điểm lấy mẫu, tại đó các mẫu được lấy.

[TCVN 8184-2:2009 (ISO 6107-2:2006),^[3] 117]

3.1.24**Vùng lấy mẫu (sampling zone)**

Phạm vi của thủy vực, tại đó các mẫu được lấy.

3.1.25**Các sản phẩm phân rã ^{222}Rn sống ngắn (short-lived ^{222}Rn decay products)**

Các nuclit phóng xạ có chu kỳ bán rã < 1 h được sinh ra từ sự phân rã radon-222 (^{222}Rn), gồm poloni-218 (^{218}Po), chì-214 (^{214}Pb), bismut-214 (^{214}Bi) và poloni-214 (^{214}Po).

CHÚ THÍCH 1: Xem Hình 1.

3.1.26**Đo điểm của radon trong nước (spot measurement of radon in water)**

Phép đo nồng độ hoạt độ radon trong mẫu nước rời rạc được tiến hành ngay hoặc sau khoảng thời gian chậm trễ đã biết.

CHÚ THÍCH 1: Kết quả đã thu được chỉ đại diện cho thời gian mà mẫu được lấy.

3.1.27**Chuyển pha (transfer)**

Sự dịch chuyển hoặc vận chuyển radon từ pha này sang pha khác.

3.2 Ký hiệu

Tiêu chuẩn này áp dụng các ký hiệu trong TCVN 7870-10 (ISO 80000-10) và các ký hiệu sau:

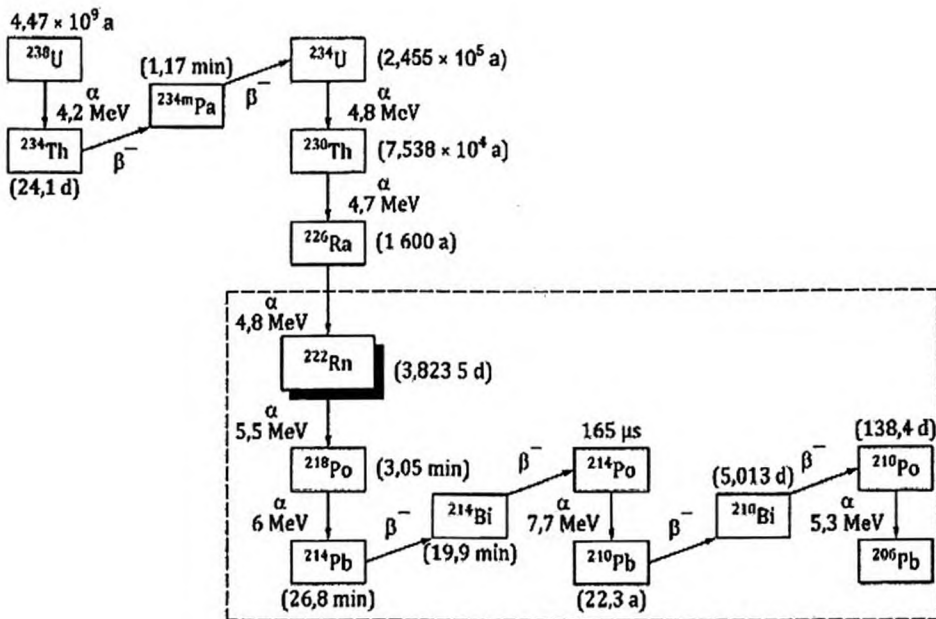
c Nồng độ hoạt độ radon trong không khí sau khi tách khí, tính bằng becquerel trên mét khối

c_A Nồng độ hoạt độ của radon trong nước, tính bằng becquerel trên lít

- c_A^* Ngưỡng quyết định, tính bằng becquerel trên lít
- $c_A^{\#}$ Giới hạn phát hiện, tính bằng becquerel trên lít
- $c_A^<, c_A^>$ Các giới hạn dưới và giới hạn trên của khoảng tin cậy, tính bằng becquerel trên lít
- c_1 Nồng độ hoạt độ trong lưu chất, tính bằng becquerel trên lít
- L Hệ số Ostwald
- T_{H_2O} Nhiệt độ của mẫu nước, tính bằng độ Celsius
- U Độ không đảm bảo mở rộng tính được tính bằng $U = ku(c_A)$ với $k = 2$
- $u(c_A)$ Độ không đảm bảo chuẩn liên quan đến kết quả đo
- V Thể tích mẫu thử, tính bằng lít
- α Hệ số Bunsen

4 Nguyên tắc của phương pháp đo

Radon-222 (^{222}Rn) là khí hoạt độ phóng xạ được sinh ra từ phân rã radi-226 (^{226}Ra) và ^{226}Ra là một sản phẩm phân rã của urani-238 (^{238}U) có tự nhiên trong lớp vỏ trái đất (xem Phụ lục A). Phân rã radon-222 xảy ra theo một chuỗi các nguyên tố hoạt độ phóng xạ không bay hơi và kết thúc ở nguyên tố chì-206 bền (xem Hình 1) (Tài liệu tham khảo [9]).



Hình 1 – Urani-238 và các sản phẩm phân rã của Urani

Có nhiều phương pháp để đo nồng độ hoạt độ của radon-222 trong nước.

Đo nồng độ hoạt độ của radon-222 trong nước liên quan đến các hoạt động sau:

- Lấy mẫu nước đại diện ở thời gian t trong vật chứa thích hợp;

- Bảo quản và vận chuyển mẫu, khi tiến hành phép đo trong phòng thử nghiệm;
- Chuẩn bị mẫu thử bằng cách chuyển radon hòa tan trong nước sang pha khác, khi cần bằng các kỹ thuật phát hiện (đo xạ khí hoặc đếm nhấp nháy lỏng);
- Xác định nồng độ hoạt độ radon trong nước sử dụng một số kỹ thuật phát hiện trực tiếp hoặc qua các sản phẩm phân rã của radon (xem Hình 2).

Kết quả của phép đo được tính theo becquerel trên lít.

Có thể ứng dụng các phương pháp đã quy định trong bộ tiêu chuẩn này cho tất cả các loại nước (xem Bảng 2), và phương pháp được chọn theo mục đích của phép đo, quan sát hiện tượng hoặc đánh giá tác động phóng xạ có tính đến mức nồng độ hoạt độ radon đã dự kiến trong mẫu thử.

5 Lấy mẫu

Việc lấy mẫu phải được tiến hành theo TCVN 6663-1 (ISO 5667-1) và TCVN 6663-3 (ISO 5667-3).

Các điều kiện lấy mẫu phải tuân theo TCVN 6663-1 (ISO 5667-1), và cũng phải đáp ứng các quy định trong Bảng 1 để giảm tối đa bất cứ sự trao đổi nào với không khí và để duy trì radon ở dạng dung dịch trong mẫu nước.

Vật chứa mẫu phải được dán nhãn.

Phải ghi lại vị trí, ngày và giờ lấy mẫu.

Khi việc đo các nồng độ hoạt độ radon ở mức rất thấp ($< 10 \text{ Bq L}^{-1}$), phải tránh mọi sự tiếp xúc giữa mẫu và khí quyển khi lấy mẫu.

Khi các phương pháp đo yêu cầu các lưu ý cụ thể, liệt kê các lưu ý này trong các phần liên quan của bộ TCVN 12260 (ISO 13164) (ví dụ khi sử dụng các kỹ thuật tách khí, phải ghi lại nhiệt độ của nước).

6 Vận chuyển và bảo quản mẫu

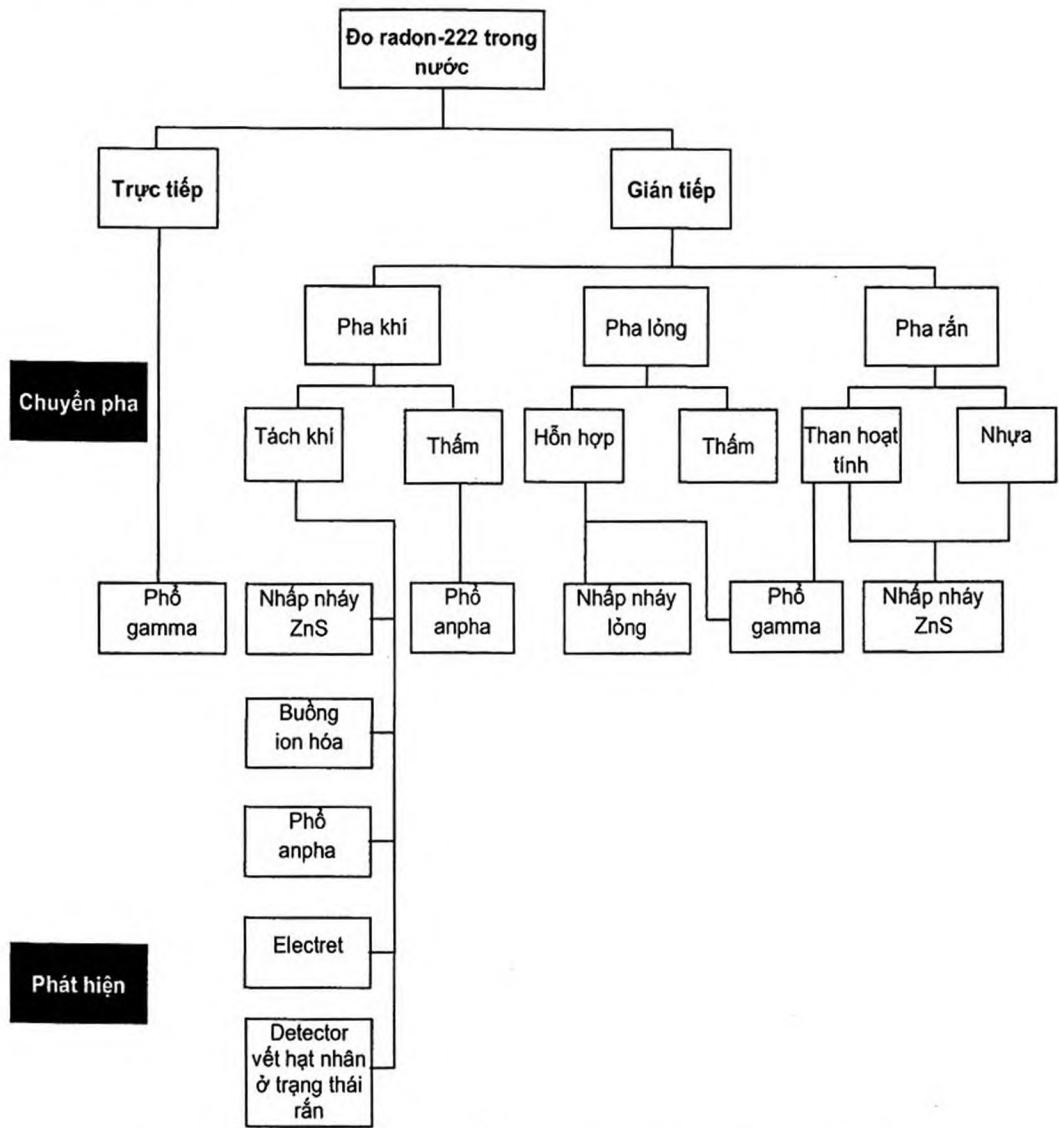
Phải tuân theo các điều kiện vận chuyển và bảo quản để giữ tính toàn vẹn của mẫu.

Nhiệt độ vận chuyển và bảo quản mẫu phải dưới nhiệt độ vận chuyển và bảo quản của nước ban đầu (nhưng trên $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Phải bảo vệ và làm kín vật chứa để tránh bị hở trong suốt quá trình vận chuyển. Vật chứa mẫu phải được đóng gói theo cách thích hợp, đặc biệt xung quanh nắp, để ngăn chặn mọi rò rỉ.

Phải đo mẫu càng sớm càng tốt sau khi lấy mẫu. Khi cần bảo quản mẫu để kéo dài khoảng thời gian trước khi đo, phải bảo quản mẫu ở nhiệt độ thấp trong tủ lạnh hoặc phương tiện bảo quản tương tự theo TCVN 6663-1 (ISO 5667-1) và TCVN 6663-3 (ISO 5667-3).

Khoảng thời gian vận chuyển và bảo quản trước khi phân tích phải càng ngắn càng tốt với chu kỳ bán rã nhất định của radon-222, nồng độ hoạt độ dự kiến, và giới hạn phát hiện của phương pháp đo được sử dụng.

Kinh nghiệm cho thấy khoảng thời gian cần thiết giữa lấy mẫu và phân tích không được quá 48 h.



Hình 2 – Sơ đồ minh họa các kỹ thuật sử dụng để đo radon trong nước

Bảng 1 – Các điều kiện lấy mẫu

| Kiểu lấy mẫu | Vật chứa | Các bước lấy mẫu |
|--|--|--|
| Lấy mẫu từ đầu ra (vòi, vòi sen, v.v..) | <ul style="list-style-type: none"> – Vật chứa phải được làm từ vật liệu mà radon không thể đi qua được (ví dụ nhôm). Tránh sử dụng các vật liệu có tính kỵ nước cao để hạn chế sự có mặt của bọt khí lên thành của vật chứa. Tránh sử dụng dầu và mỡ vì radon có tính hòa tan cao trong các chất này. – Thể tích của vật chứa phải phù hợp với kích thước mẫu thử cần cho phương pháp đo đã chọn (tham khảo các tiêu chuẩn khác liên quan của bộ tiêu chuẩn này). – Nắp đậy vật chứa phải kín khí (ví dụ nắp có phủ nhôm). – Vật chứa phải chống sốc và áp suất. | <ul style="list-style-type: none"> – Chuẩn bị thiết bị, dụng cụ – Mở vòi để thu được dòng chảy liên tục để tránh sự xáo trộn ở đầu ra của vòi và trên thành vật chứa. – Lấy mẫu một cách cẩn thận, cho dòng nước chảy vào thành vật chứa. – Làm đầy hoàn toàn vật chứa để tránh sự có mặt của không khí trong vật chứa, nhưng không cho phép vật chứa chảy tràn với sự xáo trộn. – Đóng nắp vật chứa. <p>CHÚ THÍCH: Trong một số trường hợp, có thể cần xúc xả hệ thống cung cấp trước khi lấy mẫu.</p> |
| Lấy mẫu bằng cách nhấn chìm vật chứa trong nước tĩnh | <ul style="list-style-type: none"> – Kích thước và kiểu vật chứa, xem ở trên. – Nếu cần, vật chứa phải được đóng nắp dưới nước. | <ul style="list-style-type: none"> – Chuẩn bị thiết bị, dụng cụ – Đảm bảo rằng điểm lấy mẫu là đại diện cho thủy vực quan tâm. Do sự phân tầng nên cần lấy một số mẫu ở độ sâu và vị trí khác nhau. – Lấy mẫu một cách cẩn thận, hạn chế mọi sự xáo trộn – Làm đầy hoàn toàn vật chứa để tránh sự có mặt của không khí. – Đóng nắp vật chứa. |
| Lấy mẫu bằng cách nhấn chìm vật chứa trong nước chảy | <ul style="list-style-type: none"> – Kích thước và kiểu vật chứa, xem ở trên. – Nếu cần, vật chứa phải được đóng nắp dưới nước. | <ul style="list-style-type: none"> – Chuẩn bị thiết bị, dụng cụ. – Đảm bảo rằng điểm lấy mẫu là đại diện cho thủy vực quan tâm. Do sự phân tầng nên cần lấy một số mẫu ở độ sâu và vị trí khác nhau. – Quay mặt ngược với hướng dòng chảy. – Lấy mẫu một cách cẩn thận. – Làm đầy hoàn toàn vật chứa để tránh sự có mặt của không khí. – Đóng nắp vật chứa. |

7 Chuẩn bị mẫu thử

7.1 Kỹ thuật tách khí

Các kỹ thuật tách khí được sử dụng để chuyển radon hòa tan trong pha nước sang pha khí sao cho có thể phát hiện và đo được radon bằng cách sử dụng thiết bị đo radon trong không khí.

Vì hệ số Ostwald của radon trong nước là tương đối thấp, nên radon hòa tan sẽ tách pha tự nhiên vào không khí với động lực học tương đối chậm (khoảng vài giờ).

Để thúc đẩy quá trình tách khí, có thể sử dụng một số biện pháp sau:

TCVN 12260-1:2018

- Lắc mẫu;
- Sục khí mẫu nước sử dụng bọt khí nhỏ để làm tăng bề mặt trao đổi khí;
- Giảm áp suất trong pha khí.

7.2 Kỹ thuật thẩm

Kỹ thuật thẩm sử dụng rào chắn vật lý như màng ngăn có các tính chất vật lý và hóa học cho phép chuyển radon từ pha nước sang pha khí ở mặt bên kia của màng (xem Tài liệu tham khảo [11]).

Việc radon thẩm qua các màng lọc liên quan tới một quá trình phức tạp bao gồm một số giai đoạn liên tiếp:

- Sự hấp phụ của radon lên một mặt của màng lọc;
- Sự hòa tan của radon trong màng lọc;
- Sự khuếch tán của radon trong màng lọc do ảnh hưởng của gradien nồng độ;
- Sự giải phóng của radon ở bề mặt bên kia của màng lọc.

7.3 Kỹ thuật chiết lỏng

Radon hòa tan trong các dung môi hữu cơ nhiều hơn trong nước (xem Phụ lục A). Để thuận tiện cho việc chiết radon từ nước và để làm giàu radon trong pha hữu cơ, có thể sử dụng các dung môi hữu cơ như toluen hoặc hexan (xem Tài liệu tham khảo [12]).

8 Kỹ thuật phát hiện

8.1 Đo phổ gamma

Nồng độ hoạt độ của ^{222}Rn được suy ra từ các vạch tia gamma của ^{214}Bi hoặc ^{214}Pb được đo bằng cách sử dụng detector NaI (natri iodua) hoặc detector Ge (gemanium).

Detector NaI được sử dụng để sàng lọc, xác định bán định tính và xác định bán định lượng.

Detector Ge được sử dụng để xác định định tính và xác định định lượng.

8.2 Môi trường nhấp nháy sunfua kẽm hoạt hóa bằng bạc (ZnS(Ag))

Một số electron trong môi trường nhấp nháy, như ZnS(Ag), có đặc tính phát photon đặc trưng do sự trở lại trạng thái cơ bản của chúng sau khi bị kích thích bởi hạt alpha. Các photon này có thể được phát hiện bằng sử dụng bộ nhân quang.

Đây là nguyên lý được áp dụng cho các cuvet nhấp nháy, như các cuvet Lucas (xem Tài liệu tham khảo [13]), được sử dụng để đo điểm radon (xem TCVN 10759-6 (ISO 11665-6)⁽⁵⁾).

8.3 Ion hóa không khí

Khi di chuyển trong không khí, mỗi hạt alpha tạo ra vài chục nghìn cặp ion, trong một số điều kiện thực nghiệm, các ion này tạo ra dòng ion hóa. Mặc dù dòng ion hóa này rất nhỏ, nhưng chúng có thể đo được

bằng cách sử dụng buồng ion hóa mà đưa ra thông tin về nồng độ hoạt độ của radon và các sản phẩm phân rã của radon. Khi thực hiện việc lấy mẫu qua môi trường lọc, chỉ có radon khuếch tán vào buồng ion hóa và tín hiệu là tỷ lệ với nồng độ hoạt độ radon (xem Tài liệu tham khảo [14], [15]) và TCVN 10759-5 (ISO 11665-5)⁽⁴⁾).

8.4 Bộ bán dẫn (phát hiện anpha)

Detector bán dẫn, ví dụ được làm bằng silic, sẽ chuyển đổi năng lượng từ hạt anpha thành hạt tích điện. Các hạt tích điện này được chuyển thành xung có biên độ tỷ lệ với năng lượng của các hạt anpha do radon và các sản phẩm phân rã sống ngắn của radon phát ra (xem Tài liệu tham khảo [16]).

CHÚ THÍCH: Nguyên tắc phát hiện này đôi khi có liên quan với sự kết tủa tinh điện của các đồng vị phát anpha.

8.5 Nhấp nháy lỏng

Kỹ thuật này sử dụng hỗn hợp nhấp nháy đồng nhất bằng cách thêm hỗn hợp nhấp nháy lỏng vào mẫu nước. Các hạt anpha sinh ra từ phân rã radon giải phóng năng lượng của chúng vào chất nhấp nháy, thông qua việc kích thích các phân tử. Khi bị kích thích các phân tử sẽ trở lại trạng thái cơ bản, chúng phát ra các photon mà có thể được phát hiện bằng detector quang (xem Tài liệu tham khảo [17]).

9 Phương pháp đo

9.1 Khái quát

Phương pháp đo gồm hai loại:

- Đo mẫu nước trực tiếp mà không chuẩn bị mẫu thử;
- Đo mẫu gián tiếp liên quan tới việc chuyển radon-222 từ pha lỏng sang pha khác, trước khi thực hiện phép đo.

Tóm tắt các phương pháp đo thực hiện trong thời gian nhỏ hơn 24 h, cùng với lĩnh vực ứng dụng của các phương pháp, đã nêu trong Bảng 2.

Sự lựa chọn phương pháp đo phụ thuộc vào mục tiêu của yêu cầu (xem Bảng 2).

9.2 Phương pháp đo phổ gamma

Xác định nồng độ hoạt độ của radon-222 trong nước bằng cách phân tích gamma trực tiếp của mẫu trong vật chứa thích hợp với dung tích đã biết. Khoảng thời gian đếm bắt đầu sau một vài giờ khi ^{222}Rn đạt tới trạng thái cân bằng phóng xạ với các sản phẩm phân rã sống ngắn của nó như ^{214}Bi hoặc ^{214}Pb (xem Tài liệu tham khảo từ [18] đến [20]).

Phương pháp này được mô tả chi tiết trong TCVN 12260-2 (ISO 13164-2).

Bảng 2 – Tóm tắt các kỹ thuật được sử dụng để đo radon trong nước và phạm vi áp dụng của chúng

| Phương pháp phát hiện | Chuyên radon | Thể tích lấy mẫu thông thường | Khoảng đo | Điều liên quan | Khoảng thời gian đo | Các ứng dụng | |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|---|---------------------------------------|---------------------------|---|------------------|
| | | | | | | Hiện trường | Phòng thử nghiệm |
| Đo phổ gamma | Không | L từ 0,5 đến 2 | Bq L ⁻¹ từ 1 đến > 100000 | Xem 9.2 và TCVN 12260-2 (ISO 13164-2) | Vài giờ | Phép đo hàng ngày của nồng độ hoạt độ radon trong nước | ? ? |
| Nhấp nháy alpha | Tách khí | từ 0,01 đến 0,75 | từ 0,1 đến > 100000 | Xem 9.3 và TCVN 12260-3 (ISO 13164-3) | Thấp hơn 1 h ^a | Thử nghiệm ngay lập tức và nhanh cho sự có mặt của radon trong nước | ? ? |
| Buồng ion hóa | | 0,1 | từ 5 đến 20000 | | Thấp hơn 1 h | Phép đo ngay và nhanh của nồng độ hoạt độ radon trong nước | ? ? |
| Detector silic | | từ 0,1 đến 0,4 | từ 1 đến 37000 | | Thấp hơn 1 h | Đo ngay và nhanh nồng độ hoạt độ của radon trong nước | ? ? |
| Nhấp nháy lỏng | Có/không ^b | từ 1 đến 2 | từ 0,1 đến 100000 | Xem 9.4 | Vài giờ | Đo hàng ngày của nồng độ hoạt độ radon trong nước | ? ? |
| Detector silic | Thấm ^c | Từ vài lít đến lấy mẫu liên tục | từ 0,5 đến 100000 | Xem 9.5 | Vài giờ | Đo liên tục hoặc rời rạc nồng độ hoạt độ của radon trong nước | ? ? |

^a Phương pháp này được sử dụng để phân tích tại chỗ liên tục của nồng độ hoạt độ của radon trong nước bằng thăm.

^b Phụ thuộc vào kiểu hỗn hợp nhấp nháy được sử dụng.

^c Sau khi đạt tới sự cân bằng radon-222 với các sản phẩm phân rã của radon

9.3 Phương pháp đo xạ khí

Xác định nồng độ hoạt độ radon-222 trong nước sau khi tách khí radon từ pha lỏng sang pha khí. Khi tách khí hoàn thành, có thể sử dụng một số kỹ thuật phát hiện để định lượng nồng độ hoạt độ radon trong pha khí, bao gồm cả nhấp nháy ZnS(Ag) (Tài liệu tham khảo [21], [22]), buồng ion hóa khí (Tài liệu tham khảo [23]) hoặc detector bán dẫn (phát hiện anpha) (Tài liệu tham khảo [24], [25]).

Phương pháp này được mô tả chi tiết trong TCVN 12260-3 (ISO 13164-3).

9.4 Phương pháp đếm nhấp nháy lỏng (LSC)

Nồng độ hoạt độ radon-222 trong nước được xác định bằng cách thêm hỗn hợp nhấp nháy lỏng vào mẫu nước.

Khi sử dụng một hỗn hợp kỵ nước, thì tạo ra mẫu hai pha. Radon-222 được chuyển từ nước vào hỗn hợp bằng cách lắc mạnh vì radon có tính hòa tan cao trong các dung môi hữu cơ. Các đồng vị nuclit phóng xạ khác, như các sản phẩm phân rã của radon phần lớn là ưa nước nên sẽ duy trì trong nước. Trước khi đo, mẫu phải được bảo quản khoảng 3 h cho đến khi đạt tới cân bằng giữa radon-222 và các sản phẩm phân rã phát tia anpha của radon.

Trong phương pháp trực tiếp khác, nước được trộn với hỗn hợp để có được thành phần mẫu thử đồng nhất (Tài liệu tham khảo [26]). Nhược điểm của phương pháp này là cũng có thể đo được các nuclit phóng xạ khác có trong nước.

Có thể đếm các hạt anpha (5,49 MeV của ^{222}Rn , 6,0 MeV của ^{218}Po và 7,69 MeV của ^{214}Po) và beta (mức năng lượng cực đại khoảng từ 0,65 MeV của ^{214}Pb tới 3,26 MeV của ^{214}Bi) sinh ra từ phân rã radon bằng LSC với hiệu suất gần 100 % (Tài liệu tham khảo [27]).

9.5 Phương pháp thấm

Xác định nồng độ hoạt độ radon-222 trong nước sau khi chuyển radon từ pha lỏng sang pha khí qua một màng ngăn. Khi việc chuyển hoàn thành, có thể sử dụng một số kỹ thuật phát hiện để định lượng radon trong pha khí, bao gồm cả detector bán dẫn (phát hiện anpha) (Tài liệu tham khảo [28]).

Có thể sử dụng kỹ thuật thấm để đo trực tiếp trong nước tại chỗ hoặc để thực hiện phép đo liên tục nồng độ hoạt độ của radon hòa tan (Tài liệu tham khảo [29]).

Phương pháp này không được mô tả trong tiêu chuẩn này.

10 Hiệu chuẩn

Nên thiết lập mối tương quan giữa biến số vật lý đo được bằng hệ thống phát hiện (dòng, số đếm, v.v...) và nồng độ hoạt độ radon và các sản phẩm phân rã của radon trong nước bằng cách sử dụng nguồn hoạt độ phóng xạ chuẩn thích hợp.

Các điều kiện hiệu chuẩn có thể áp dụng cho từng phương pháp đo đã quy định trong TCVN 12260-2 (ISO 13164-2) và TCVN 12260-3 (ISO 13164-3).

11 Chương trình kiểm soát chất lượng và đảm bảo chất lượng

11.1 Khái quát

Các hoạt động kiểm soát chất lượng phải đáp ứng các yêu cầu của TCVN ISO/IEC 17025.

11.2 Đại lượng ảnh hưởng

Một số đại lượng có thể dẫn đến độ chệch của phép đo và gây ra các kết quả không có tính đại diện. Tùy theo phương pháp đo, các đại lượng ảnh hưởng có thể tác động đến các giai đoạn sau trong quá trình đo thử nghiệm: việc lấy mẫu; vận chuyển và bảo quản mẫu; chuyển radon từ pha lỏng sang pha khác; và phép đo nồng độ hoạt độ của radon.

Các đại lượng ảnh hưởng có tác động tới từng phương pháp đo được đề cập trong TCVN 12260-2 (ISO 13164-2) và TCVN 12260-3 (ISO 13164-3).

11.3 Kiểm định thiết bị

Các thông số thiết bị chính (hiệu suất, chảy tràn, phong nền) phải được kiểm tra định kỳ trong chương trình đảm bảo chất lượng được phòng thử nghiệm thiết lập và theo hướng dẫn của nhà sản xuất.

11.4 Kiểm định phương pháp

Kiểm tra định kỳ độ chính xác của phương pháp bằng cách:

- Tham gia thực hiện liên phòng thử nghiệm;
- Phân tích các mẫu chuẩn.

Phương pháp lặp lại cũng cần được kiểm tra, ví dụ bằng các phép đo lặp.

Cần xác định các giới hạn chấp nhận của các phép thử được đề cập trong phần trước đó.

11.5 Chứng minh năng lực của người phân tích

Nếu trước đây người phân tích chưa từng sử dụng quy trình này, thì phép thử độ chệch và độ chụm phải được thực hiện bằng việc lặp lại các phép thử của chất chuẩn. Các giới hạn chấp nhận cho các kết quả thử phải được phòng thử nghiệm xác định.

Người phân tích phải thực hiện các phép thử tương tự hàng ngày bằng quy trình này với việc xác định định kỳ bởi phòng thử nghiệm. Phải xác định các giới hạn chấp nhận đối với các kết quả thử.

12 Biểu thị kết quả

Mô hình đánh giá nồng độ hoạt độ và độ không đảm bảo chuẩn và các giới hạn đặc tính liên quan tới nồng độ hoạt độ được tính theo TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3)^[7] và ISO 11929^[6] và được nêu chi tiết trong bộ tiêu chuẩn này đối với từng phương pháp đo được mô tả.

Đối với phương pháp đo phổ gamma (TCVN 12260-2 (ISO 13164-2), tính nồng độ hoạt độ và độ không đảm bảo chuẩn và các giới hạn đặc tính liên quan tới nồng độ hoạt độ theo TCVN 7175 (ISO 10703).

Ngày tham chiếu để biểu thị các kết quả đo là ngày và giờ lấy mẫu.

13 Báo cáo thử nghiệm

Báo cáo thử nghiệm phải phù hợp với TCVN ISO/IEC 17025 và phải bao gồm ít nhất các thông tin sau:

- a) Phương pháp thử được sử dụng, viện dẫn tiêu chuẩn này (TCVN 12260-1:2018 (ISO 13164-1:2013));
- b) Phương pháp đo;
- c) Nhận dạng mẫu;
- d) Ngày và giờ đo;
- e) Đơn vị biểu thị các kết quả;
- f) Kết quả thử, $c_A \pm u(c_A)$ hoặc $c_A \pm U$, với giá trị k liên quan.

Thông tin bổ sung có thể được cung cấp như sau:

- g) Ngày và giờ lấy mẫu;
- h) Vị trí lấy mẫu;
- i) Các xác suất α, β và $(1 - \gamma)$;
- j) Ngưỡng quyết định và giới hạn phát hiện – tùy thuộc vào yêu cầu của khách hàng, có nhiều cách khác nhau để biểu thị kết quả:
 - Khi so sánh nồng độ hoạt độ với ngưỡng quyết định (xem ISO 11929^[6]), kết quả của phép đo phải được biểu thị bằng $\leq c_A^*$ nếu kết quả nằm dưới ngưỡng quyết định.
 - Khi so sánh nồng độ hoạt độ với giới hạn phát hiện, kết quả của phép đo có thể được biểu thị bằng $\leq c_A^{\#}$ nếu kết quả nằm dưới giới hạn phát hiện – nếu giới hạn phát hiện vượt quá giá trị hướng dẫn, thì phải ghi vào hồ sơ rằng phương pháp là không phù hợp với mục đích của phép đo.
- k) Đề cập tới mọi thông tin liên quan có ảnh hưởng đến kết quả.

Các kết quả được biểu thị theo biểu mẫu tương tự với biểu mẫu được chỉ ra trong Phụ lục B.

Phụ lục A
(Tham khảo)

Radon và các sản phẩm phân rã của radon trong nước

A.1 Khí radon

Radon-222, radon-220 và radon-219 là các khí hoạt độ phóng xạ được sinh ra bởi phân rã của các đồng vị radi-226, radi-224 và radi-223, các đồng vị này là các sản phẩm tự phân rã của urani-238, thori-232 và uran-235 tương ứng, tất cả các đồng vị này được tìm thấy trong vỏ trái đất. Radon phân rã qua chuỗi các đồng vị phóng xạ thể rắn tới đồng vị chì bền.

Radon là khí trơ trong bảng tuần hoàn các nguyên tố, cùng chu kỳ với neon, argon, krypton và xeton.

Radon thường là nguồn phơi nhiễm chính của con người về bức xạ tự nhiên. Tài liệu tham khảo [30] cho rằng, ở phạm vi lớn, radon chiếm 54 % mức chiếu xạ trung bình đối với phơi nhiễm tổng từ bức xạ tự nhiên. Radon-222 (50 %) đóng góp nhiều hơn radon-220 (4 %), trong khi radon-219 đóng góp không đáng kể.

Radon phát ra các hạt alpha và sinh ra các sản phẩm phân rã không bay hơi, các sản phẩm này cũng có tính phóng xạ (poloni, bismut, chì, v.v..). Phơi nhiễm phóng xạ tiềm ẩn của con người đối với radon chủ yếu là do các sản phẩm phân rã thể rắn của radon. Dù có hay không các sản phẩm phân rã radon đã tham gia vào các sol khí trong khí quyển, chúng có thể bị hít vào và tích tụ ở các độ sâu khác nhau trong đường phế quản tùy theo kích thước của chúng.

A.2 Radon trong nước

Radon có mặt trong tất cả nước mặt và nước dưới đất với nồng độ hoạt độ trong khoảng từ vài becquerel trên lít (nước mặt) tới vài nghìn becquerel trên lít (tầng chứa nước sâu, nước giếng khoan, nước địa nhiệt, v.v..).

Radon có nguồn gốc chủ yếu do sự khuếch tán radon từ đá vào nước và tới mức độ thấp hơn từ phân rã phóng xạ của radi-226 hòa tan trong nước. Các yếu tố chính ảnh hưởng đến giá trị của nồng độ hoạt độ radon trong nước dưới đất là hệ số xạ khí của các đá hồ chứa và hàm lượng của radi-226 mẹ trong các đá này (Tài liệu tham khảo [31]).

Sự có mặt của radon trong nước được biểu thị qua nồng độ hoạt độ, c_A (xem 3.1.2), tính theo becquerel trên lít.

Hiểu biết về lượng radon trong nước là yếu tố quan trọng trong các chính sách an toàn liên quan đến các rủi ro sức khỏe gây ra bởi khí này.

Đặc biệt, trong một số trung tâm trị liệu spa, lượng xạ khí radon từ các lượng lớn nước suối khoáng được sử dụng trong trị liệu có thể gây ra các nồng độ hoạt độ radon trong nhà cao hơn vài nghìn becquerel trên mét khối (Tài liệu tham khảo [32]).

Việc sử dụng nước trong sinh hoạt tại nhà, các khu công cộng, các khách sạn, bể bơi, v.v.. có thể gây ra sự phát sinh radon vào khí quyển trong tòa nhà. Trong các ngôi nhà thông thường, 10 Bq L^{-1} radon trong nước được ước tính là đóng góp 1 Bq L^{-3} radon trong không khí trong nhà (Tài liệu tham khảo từ [33] đến [35]).

Các phép đo nồng độ hoạt độ radon trong nước cũng làm tăng sự quan tâm của các nhà địa chất thủy văn. Sự hiểu biết về các nồng độ hoạt độ radon trong tầng chứa nước sâu sẽ cung cấp thông tin quan trọng về cấu trúc của các tầng chứa nước này, trên bề mặt của trái đất nói chung, và sự tồn tại của các quặng urani trong đá xung quanh. Chúng cũng có thể được sử dụng để phân biệt giữa nước dưới đất và nước mặt vì nước mặt là chịu ảnh hưởng bởi nước mưa.

Vì radon là khí phóng xạ trơ với chu kỳ bán rã 3,82 ngày nên radon có thể di chuyển tự do qua môi trường xốp như cát hoặc đá vụn. Khi các lỗ rỗng bị bão hòa bằng nước, như trường hợp trong các lớp đất và lớp đá dưới mức tầng chứa nước, radon hòa tan trong nước và nước mang theo radon. Đất bão hòa nước với độ xốp 20 % và nồng độ radi 40 Bq kg^{-1} (giá trị trung bình đối với vỏ trái đất) tạo ra nồng độ hoạt độ của radon trong nước dưới đất ở trạng thái cân bằng khoảng 50 Bq L^{-1} (Tài liệu tham khảo [36]).

Một số nghiên cứu được tiến hành ở các quốc gia thành viên của Hội đồng Châu Âu EU (Tài liệu tham khảo [27]) đã chỉ ra rằng các nồng độ hoạt độ của radon trong nước mặt là rất thấp, thường nước giếng khoan dưới giá trị 1 Bq L^{-1} . Trong nước dưới đất, trong các tầng chứa nước đá trầm tích nồng độ có thể trong khoảng từ 1 Bq L^{-1} đến 50 Bq L^{-1} , trong nước giếng khoan từ 10 Bq L^{-1} đến 300 Bq L^{-1} , và trong đá tinh thể từ 100 Bq L^{-1} đến 1000 Bq L^{-1} . Nồng độ hoạt độ cao nhất thường tìm thấy trong các đá giàu urani. Có sự biến động lớn về nồng độ hoạt độ trong các tầng đá ngầm nước. Thậm chí trong vùng có các kiểu đá tương đối đồng nhất, một số giếng khoan có thể biểu hiện nồng độ hoạt độ lớn hơn trung bình so với vùng. Sự biến động đáng kể theo mùa cũng được quan sát.

A.3 Độ hòa tan của radon trong nước

A.3.1 Khái quát

Độ hòa tan của radon trong nước là một trong các yếu tố quan trọng nhất để tiến hành khi đo radon trong nước. Một trong những hạn chế chủ yếu trong suốt quá trình lấy mẫu là ngăn radon khỏi sự tách khí từ mẫu trước khi đo mẫu.

A.3.2 Hệ số Ostwald

Khi một chất lỏng tiếp xúc với không khí trong một không gian kín, tỉ số radon trong hai pha được cho bởi hệ số Ostwald, L .

Hệ số Ostwald được xác định như sau (xem 3.1.16):

$$L = \frac{V_g(p, T_{H_2O})}{V_l(T_{H_2O})} \quad (\text{A.1})$$

Trong đó:

V_g là thể tích của khí ở áp suất riêng phần của nó, p , và nhiệt độ, T_{H_2O} ;

V_l là thể tích của dung môi được sử dụng để hấp thụ khí ở nhiệt độ, T_{H_2O} .

Giả định rằng thể tích của dung môi không thay đổi sau sự hấp thụ của khí, có thể tính hệ số Ostwald ở nhiệt độ đã cho theo Công thức (A.2) (Tài liệu tham khảo [37]):

$$L = \frac{c_1}{c} \quad (A.2)$$

Tỉ số của hệ số Ostwald cho radon giữa hợp chất hữu cơ và nước thường được gọi là hệ số riêng phần. Việc sử dụng hệ số này chỉ ra rằng các nồng độ hoạt độ radon trong nhiều hợp chất hữu cơ là cao hơn trong nước. Bảng 1 đưa ra các giá trị của các hệ số này đối với các hợp chất hữu cơ khác nhau. Hệ số riêng phần có xu hướng tăng theo chiều dài của chuỗi cacbon. Giá trị của hệ số Ostwald đối với nước thấp thì khẳng định tính bay hơi của radon cao.

Bảng A.1 – Độ tan của radon trong các hợp chất hữu cơ (Tài liệu tham khảo từ [37] đến [39]).

| Hợp chất hữu cơ | | Hệ số Ostwald | Nhiệt độ °C | Hệ số riêng phần |
|-----------------|--|---------------|----------------|------------------|
| Tên | Công thức | | | |
| Nước | H ₂ O | 0,245 | 20 | 1 |
| Etanon | C ₂ H ₆ O | 6,03 | 20 | 24,61 |
| Axeton | C ₃ H ₆ O | 6,1 | 20 | 24,89 |
| Etyl axetat | C ₄ H ₈ O ₂ | 7,16 | 18 | 29,20 |
| Benzen | C ₆ H ₆ | 12,82 | 18 | 52,32 |
| Toluen | C ₇ H ₈ | 13,24 | 20 | 54,04 |
| Etyl ete | C ₄ H ₁₀ O | 14,8 | 20 | 60,40 |
| Clorofom | CHCl ₃ | 14,6 | 20 | 59,59 |
| | | 15,1 | 18 | 61,63 |
| Hexan | C ₆ H ₁₄ | 14,7 | 20 | 60,00 |
| | | 16,56 | 18 | 67,59 |

A.3.3 Hệ số Bunsen

Độ hòa tan của radon trong nước đôi khi được biểu thị bằng hệ số Bunsen.

Hệ số Bunsen được liên kết với hệ số Ostwald bằng Công thức (A.3):

$$\alpha = L \cdot \frac{273,15}{T_{H_2O}} \quad (A.3)$$

Trong đó nhiệt độ T_{H_2O} được tính bằng độ kenvin (°K).

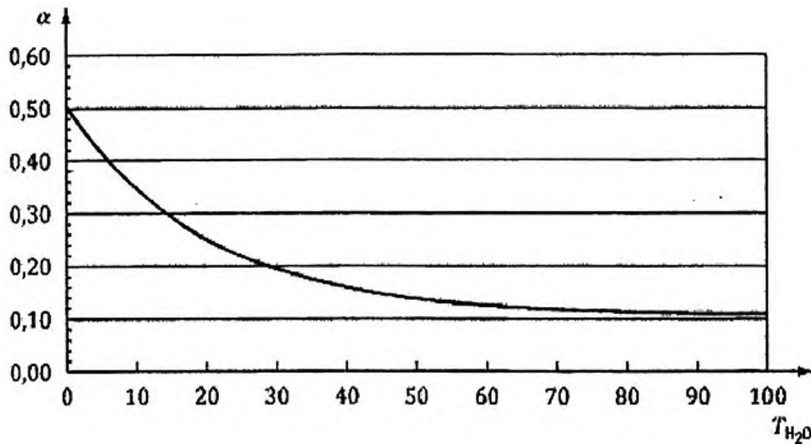
A.3.4 Các thông số ảnh hưởng độ hòa tan của radon

Một trong những thông số có ảnh hưởng nhất là nhiệt độ của chất lỏng. Độ tan của radon trong chất lỏng giảm khi nhiệt độ của chất lỏng tăng như đã chỉ ra đối với clorofom và hexan trong Bảng A.1.

Trong trường hợp của nước, việc giảm của hệ số Ostwald với việc tăng trong nhiệt độ nước (xem Hình A.1) có thể được biểu thị bằng Công thức (A.4) (Tài liệu tham khảo [37]):

$$L = 0,105 + 0,403 \exp(-0,050 2 T_{H_2O}) \quad (A.4)$$

CHÚ THÍCH: Biểu hiện giống như Công thức (A.4) được nêu trong Tài liệu tham khảo [40] để tính hệ số Bunsen.



CHÚ DẪN:

α Hệ số Bunsen

T_{H_2O} Nhiệt độ nước

Hình A.1 – Biến đổi trong hệ số Bunsen đối với nước như một hàm của nhiệt độ nước sử dụng Công thức (A.4)

Thành phần khoáng của nước cũng là đại lượng ảnh hưởng lên nồng độ hoạt độ radon. Ví dụ, radon hòa tan ít trong nước biển hơn là trong nước ngọt.

Phụ lục B

(Tham khảo)

Ví dụ về biểu mẫu ghi số liệu**B.1 Lấy mẫu**

| | |
|-------------------------------------|---|
| • Nhận dạng | |
| Phiếu lấy mẫu số | Người tiến hành |
| • Vị trí điểm lấy mẫu | |
| Quốc gia | Trụ sở hoặc quận huyện |
| Mã quốc gia | Thành phố hoặc làng |
| Địa điểm | |
| Địa điểm chính xác lấy mẫu | |
| • Nguồn gốc của nước | |
| <input type="checkbox"/> Nước mặt | <input type="checkbox"/> Nước dưới đất |
| <input type="checkbox"/> Nước máy | <input type="checkbox"/> Loại khác (nếu rõ) |
| • Nhận dạng thiết bị lấy mẫu | |
| Tên, ký hiệu vật chứa | Loại vật chứa |
| Khối lượng vật chứa (rỗng) G | Thể tích bên trong vật chứa L |
| • Các điều kiện lấy mẫu | |
| Phương pháp lấy mẫu | <input type="checkbox"/> Vòi |
| | <input type="checkbox"/> Nhấn chìm |
| | Cơ khí (bơm, ống hút lõi vào, v.v..) |
| Phương pháp khác (nếu rõ) | |
| Ngày lấy mẫu | Độ sâu m |
| Thời gian bắt đầu nạp mẫu | Thời gian kết thúc nạp mẫu |
| Nhiệt độ của mẫu °C | Khối lượng vật chứa (đầy) g |
| • Các điều kiện khí hậu | |
| • Nhận xét | |
| Tên của người lấy mẫu | Chữ ký |

B.2 Đóng gói, bảo quản và vận chuyển

| | | | |
|---------------------------------|---------------|--------------------|------------------|
| • Thông số đo | | | |
| • Phương pháp sử dụng | | | |
| Tên gọi của kỹ thuật đo | | | |
| Tiêu chuẩn viện dẫn | | | |
| Khác (nếu rõ) | | | |
| • Mẫu thử/ước số | | | |
| Thể tích | | HOẶC | Khối lượng |
| Bắt đầu phép đo lúc | .../.../.... | | ...h.... |
| Kết thúc phép đo | .../.../.... | | ...h.... |
| Nồng độ hoạt độ radon | | | |
| Ngày đối chiếu | | Bq L ⁻¹ | Độ không đảm bảo |
| Nhiệt độ | | °C | Điều kiện |
| Các yếu tố cản trở (nếu có) | | | |
| Nhận xét | | | |
| Người phụ trách kỹ thuật | Chữ ký | | |
| | | | |

B.3 Phép đo nồng độ hoạt độ của radon trong nước

| | |
|--|----------------------------------|
| • <u>Đóng gói</u> | Gói cách ly |
| • <u>Bảo quản</u> | Nhiệt độ <input type="text"/> °C |
| • <u>Sự tiếp nhận tại phòng thí nghiệm phân tích</u> | |
| Ngày <input type="text"/> | Thời gian <input type="text"/> |
| Nhiệt độ <input type="text"/> °C | Điều kiện <input type="text"/> |
| Chữ ký | |
| <input type="text"/> | |

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] ISO 921:1997, *Nuclear energy — Vocabulary*
- [2] TCVN 8184-1:2009 (ISO 6107-1:2004), *Chất lượng nước – Thuật ngữ – Phần 1.*
- [3] TCVN 8184-2:2009 (ISO 6107-2:2006), *Chất lượng nước – Thuật ngữ – Phần 2.*
- [4] TCVN 10759-5 (ISO 11665-5), *Đo hoạt độ phóng xạ trong môi trường – Không khí: Radon-222 – Phần 5: Phương pháp đo liên tục để xác định nồng độ hoạt độ.*
- [5] TCVN 10759-6 (ISO 11665-6), *Đo hoạt độ phóng xạ trong môi trường – Không khí: Radon-222 – Phần 6: Phương pháp đo điểm để xác định nồng độ hoạt độ.*
- [6] ISO 11929, *Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation — Fundamentals and application.*
- [7] TCVN 9595-3:2013 (ISO/IEC Guide 98-3:2008), *Độ không đảm bảo đo – Phần 3: Hướng dẫn trình bày độ không đảm bảo đo (GUM:1995).*
- [8] IEC 61577 (all parts), *Radiological protection instrumentation — Radon and radon decay product measuring instruments.*
- [9] Laboratoire National Henri Becquerel Nuclear Data Base. Decay Data Evaluation Project. http://www.nucleide.org/DDEP_WG/DDEPdata.htm
- [10] H. Gamsjäger, J.W. Lorimer, P. Scharlin, D.G. Shaw Glossary of terms related to solubility (IUPAC Recommendations 2008). *Pure Appl. Chem.* 2008, **80**, pp. 233–276. Available (viewed 2013-03-05) at: <http://www.iupac.org/publications/pac/pdf/2008/pdf/8002x0233.pdf>.
- [11] V. Labeled Étude de la perméation du radon 222 à travers les membranes plastiques. Application à une méthode de mesure du radon dans l'eau et les sols saturés [Study of radon 222 permeation through plastic membranes. Application to continuous measurement of radon in water and saturated soils]. Report CEA-R-5580, Vol. 1, 1991.
- [12] P. Doremus, Y. Quinifs, J.M. Charlet Mise au point d'un détecteur passif du radon 222 en milieu saturé: Premiers résultats [Development of a passive detector of radon 222 in saturated media: First results]. *Ann. Soc. Géol. Nord.* 1988, **107** pp. 211–219.
- [13] Lucas H.F. Improved low level alpha-scintillation counter for radon. *Rev. Sci. Instrum.* 1957, **28** pp. 680–683.
- [14] Knoll G.F. *Radiation detection and measurement.* Hoboken, NJ: Wiley, Fourth Edition, 2010, 830 p.
- [15] Rottger S., A. Paul, A., Honig U. Keyser On-line low- and medium-level measurements of the radon activity concentration. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A.* 2001, **466** pp. 475–481.
- [16] Papastefanou C. An overview of instrumentation for measuring radon in soil gas and groundwaters. *J. Environ. Radioact.* 2002, **63** pp. 271–283

- [17] Salonen L. Simultaneous determination of gross alpha and beta in water by low level liquid scintillation counting. Second Karlsruhe International Conference on Analytical Chemistry in Nuclear Technology, Karlsruhe, 1989-06-05/09
- [18] Asikainen M., Kahlos H. Natural radioactivity of drinking water in Finland. *Health Phys.* 1980, **39** pp. 77–83
- [19] Hamanaka S., Shizuma K., Wen X. IWATANI, K. Radioactive disequilibrium between ^{222}Rn and its daughter nuclides in ground water. *Radioisotopes.* 1998, **47** pp. 686–690.
- [20] Michihiro K., Sugiyama H., Kataoka T., Simizu M., Yunoki E. MORI, T. Direct measurement of ^{222}Rn in natural water by a gamma ray spectrometer with a Ge detector. *Radioisotopes.* 1991, **40** pp. 38–41.
- [21] Sansoni B., Heger W. Universal radonmeter for balneology: Field measurements of radon in water and air as well as radon decay products in air with the alpha-scintillometer AlphaSziint GBH 2002. *Int. Environ. Consult. Newsl.* 1997, **3** pp. 6–18.
- [22] Machaj B., Bartak J. Fast measurement of radon concentration in water with Lucas cell. *Nukleonika* 1994, **49**, pp. 29–31. Available (viewed 2013-03-05) at: http://www.ichtj.waw.pl/ichtj/nukleon/back/full/vol49_2004/v49n1p029f.pdf.
- [23] Przylibski T.A., Mamont-Ciesla K., Kusyk M., Dorda J., Kozłowska B Radon concentrations in groundwaters of the Polish part of the Sudety Mountains (SW Poland). *J. Environ. Radioact.* 2004, **75** pp. 193–209.
- [24] Lee J.M., Kim G. A simple and rapid method for analyzing radon in coastal and groundwaters using a radon-in-air monitor. *J. Environ. Radioact.* 2006, **89** pp. 219–228.
- [25] Burnett W.C., Kim G., Lane-Smith D. A continuous monitor for assessment of ^{222}Rn in the coastal ocean. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 2001, **249** pp. 167–172
- [26] Salonen L. A rapid method for monitoring of uranium and radium in drinking water. *Sci. Total Environ.* 1993, **130–131** pp. 23–35
- [27] Salonen L. HUKKANEN, H. Advantages of low-background liquid scintillation alpha-spectrometry and pulse shape analysis in measuring Rn-222, uranium and Ra-226 in groundwater samples. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 1997, **226** pp. 67–74.
- [28] Labed V., Rannou A., Tymen G. Study of ^{222}Rn permeation through polymer membranes: Application to continuous measurement of ^{222}Rn in water. *Health Phys.* 1992, **63** pp. 172–178.
- [29] Panne M.B., Seidel J.L., Monnin M., Morin J.P. Radon as a tracer of fluid motion in fractured aquifers. In: C. Dubois ed. *Gas geochemistry*, pp 325–334. Science Reviews, 1995.
- [30] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION *Sources and effects of ionizing radiation*, 2 Vols. UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly, with scientific annexes. New York, NY: United Nations, 2010.

- [31] Przylibski T.A. Shallow circulation groundwater: The main type of water containing hazardous radon concentration. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 2011, **11** pp. 1695–1703.
- [32] Améon R. Le radon dans les stations thermales: Une source d'exposition aux rayonnements ionisants [Radon in thermal spas: A source of exposure to natural radiation]. *Radioprotection*. 2003, **38** pp. 201–215.
- [33] Gesell T.F., Prichard H.M. The contribution of radon in tap water to indoor concentrations. In: *Natural radiation environment III*, (T.F. Gesell, W.M. Lowder eds.). Oak Ridge, TN: Technical Information Center, US Department of Energy, 1980, pp. 1347–63.
- [34] Nazaroff W.W., Doyle S.M., Nero A.V., Sextro R.G. Potable water as a source of airborne ^{222}Rn in US dwellings: A review and assessment. *Health Phys.* 1987, **52** pp. 281–295.
- [35] Hess C.T., Michel J., Horton T.R., Prichard H.M., Coniglio W.A. The occurrence of radioactivity in public water supplies in the United States. *Health Phys.* 1985, **48** pp. 553–586.
- [36] Commission Recommendation of 20 December 2001 on the protection of the public against exposure to radon in drinking water supplies [notified under document number C(2001) 4580]. *Off. J. Eur. Commun.* 2011-12-28, **L344**, pp. 85–88. Available (viewed 2013-03-05) at: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32001H0928:EN:HTML>.
- [37] Clever H.L.ed. *Krypton, xenon and radon: Gas solubilities*. Oxford: Pergamon, 1979. 357 p. (*Solubility data series*, International Union of Pure and Applied Chemistry, Vol.2.).
- [38] Swinne R. Examination of Dolezalek's gas solubility theory with radium emanation. *Z. Phys. Chem.* 1913, **84** pp. 348–352.
- [39] Ramstedt E. Sur la solubilité du radium dans les liquides organiques [On the solubility of radium in organic liquids]. *Radium*. 1911, **8** pp. 253–256.
- [40] Meyer S. Bemerkungen über die Löslichkeit von Radiumemanation und anderen Gasen in Flüssigkeiten [Observations on the solubility of radium and other gases in liquids]. *Wien. Sitz Ber.* 1913, **122** pp. 1281–1294.
- [41] WHO *Guidelines for drinking-water quality*, 3rd edition. Geneva: World Health Organization, 2008. Available (viewed 2013-03-06) at: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/.
-