

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

---

Nguyễn Thị Ánh Nguyệt

NGHIÊN CỨU SỰ THOÁT KHÍ RADON TRONG  
NHÀ TRÌNH TƯỜNG: LẤY VÍ DỤ Ở XÃ BẠCH ĐÍCH,  
HUYỆN YÊN MINH, TỈNH HÀ GIANG

Chuyên ngành: Địa chất học

Mã số: 9440201.01

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ ĐỊA CHẤT HỌC

Hà Nội – 2025

Công trình được hoàn thành tại: Khoa Địa chất, Trường Đại học  
Khoa học Tự nhiên – ĐHQGHN

Người hướng dẫn khoa học:

1. Người hướng dẫn khoa học 1: PGS. TS. Nguyễn Thùy Dương
2. Người hướng dẫn khoa học 2: TS. Nguyễn Văn Hường

Phản biện: GS. TS. Phan Trọng Trịnh

Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ,  
Viện HLKH&CNVN

Phản biện: PGS. TS. Nghiêm Trung Dũng

Trường Hóa và Khoa học sự sống – Đại học Bách Khoa HN

Phản biện: PGS. TS. Khương Thế Hùng

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ họp  
tại Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – ĐHQGHN  
vào hồi        giờ        ngày        tháng        năm 2025.

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Quốc gia Việt Nam;
- Trung tâm Thư viện và Tri thức số, Đại học Quốc gia Hà Nội.

## Mở đầu

### 1. Tính cấp thiết của đề tài luận án

Khí radon tồn tại khắp nơi trên Trái đất, đóng góp > 50% năng lượng phóng xạ có nguồn gốc tự nhiên ảnh hưởng đến con người [UNSCEAR, 2000] và là nguyên nhân thứ hai gây ung thư phổi ở con người [WHO, 2009]. Khí radon tích tụ nồng độ cao trong các môi trường kín (như nhà ở, hầm lò, hang động, ...), có thể gây ảnh hưởng đến sức khỏe đến người tiếp xúc. Các nghiên cứu trên thế giới đã ghi nhận nồng độ khí radon cao trong các kiểu nhà được xây dựng từ bùn, đất [Chege và cs., 2019; Sivakumar, 2016; Anil và Alok, 2016] trong đó nhà trình tường ở cao nguyên đá Đồng Văn, tỉnh Hà Giang, Việt Nam cũng là trường hợp tương tự [Đặng Thị Phương Thảo và cs., 2016].

Ở Việt Nam, nhà trình tường là kiểu nhà được xây dựng trực tiếp từ đất địa phương (không phối trộn với bất kỳ phụ gia nào) và là ngôi nhà truyền thống phổ biến của một số cộng đồng dân tộc thiểu số ở khu vực miền núi phía Bắc. Nhà trình tường có nhiều ưu điểm phù hợp với điều kiện địa hình, khí hậu và kinh tế của người dân địa phương. Tuy nhiên, đến nay chưa có nghiên cứu cụ thể nào đánh giá chi tiết mức độ khí radon trong môi trường không khí trong nhà cũng như các giải pháp giảm thiểu rủi ro phơi nhiễm. Vì vậy, luận án ***“Nghiên cứu sự thoát khí radon trong nhà trình tường: lấy ví dụ ở xã Bạch Đích, huyện Yên Minh, tỉnh Hà Giang”*** là cần thiết thực hiện nhằm xác định nguồn gốc và mức độ tồn tại khí radon trong nhà trình tường. Kết quả của luận án là cơ sở khoa học để đánh giá tác động của khí radon đến sức khỏe của người dân sinh sống trong nhà trình tường, đồng thời đưa ra các đề xuất giảm thiểu, góp phần bảo tồn và phát triển bền vững nhà trình tường.

## **2. Mục tiêu của luận án**

Làm sáng tỏ sự thoát khí radon trong nhà trình tường nhằm xác định nguồn gốc và nguyên nhân khí radon (Rn-222 và Rn-220) tích tụ nồng độ cao trong môi trường không khí trong nhà trình tường, các yếu tố ảnh hưởng đến sự giải phóng các đồng vị khí radon. Từ đó, đánh giá nguy cơ rủi ro sức khỏe cho người dân sinh sống trong nhà trình tường cũng như các biện pháp giảm thiểu phơi nhiễm.

## **3. Nội dung nghiên cứu**

- Xác định nguồn gốc và nguyên nhân dẫn đến tồn tại nồng độ khí radon (Rn-222 và Rn-220) cao trong môi trường không khí trong nhà trình tường;
- Phân tích các yếu tố có thể ảnh hưởng đến khả năng giải phóng khí radon (Rn-222 và Rn-220) vào môi trường không khí trong nhà trình tường;
- Đánh giá nguy cơ rủi ro sức khỏe cho người dân sinh sống trong nhà trình tường và đưa ra các biện pháp giảm thiểu phơi nhiễm khí radon (Rn-222 và Rn-220).

## **4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu**

- Đối tượng nghiên cứu: các đồng vị khí radon (Rn-222 và Rn-220) trong môi trường không khí trong nhà trình tường.
- Phạm vi nghiên cứu: môi trường không khí ngoài trời và trong nhà trình tường ở xã Bạch Đích, huyện Yên Minh, tỉnh Hà Giang.

## **5. Những luận điểm bảo vệ**

- **Luận điểm 1:** Khí radon trong môi trường không khí trong nhà trình tường cao tương đối so với môi trường không khí bên ngoài, (1) có nguồn gốc từ các thành tạo địa chất dưới sâu di chuyển lên trên bề mặt đất qua hệ thống kênh dẫn là các đứt gãy, khe nứt và thành phần đất tự nhiên xây dựng nhà trình tường; và (2) phụ thuộc vào đặc điểm cấu trúc nhà trình tường và điều kiện thời tiết.

- **Luận điểm 2:** Nồng độ khí radon trong môi trường không khí nhà trình tường cao gây nên liều chiếu phóng xạ đối với người dân sinh sống ở đây cao hơn quy chuẩn an toàn phóng xạ cho phép đối với cơ thể người, vì vậy tiềm tàng nguy cơ rủi ro nhiễm bệnh phổi đối với cư dân, đặc biệt là đối với những người có thói quen hút thuốc lá. Để giảm thiểu nồng độ khí radon và tác hại của chúng đối với cư dân, cần áp dụng các giải pháp tăng sự lưu thông không khí và/hoặc che phủ bề mặt tường, nền nhà bằng các vật liệu phù hợp có thể ngăn sự thoát khí radon vào môi trường không khí trong nhà.

## **6. Những điểm mới của luận án**

Luận án có những điểm mới quan trọng sau:

- 1) Luận án nghiên cứu và giải thích được nguồn gốc và nguyên nhân dẫn đến nồng độ khí radon ( $Rn-222$  và  $Rn-220$ ) cao trong môi trường không khí trong nhà trình tường.
- 2) Luận án phân tích làm rõ các yếu tố chính ảnh hưởng đến sự thoát khí radon vào môi trường không khí trong nhà trình tường bao gồm các thành tạo địa chất, các yếu tố khí hậu và thành phần vật liệu đất làm nhà.
- 3) Nội dung luận án đã tính toán được liều chiếu trung bình năm, đồng thời ước tính được nguy cơ rủi ro bị bệnh và đưa ra một số biện pháp giảm thiểu phơi nhiễm cho người dân sinh sống trong nhà trình tường tại xã Bạch Đích, huyện Yên Minh, tỉnh Hà Giang.

## **7. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn**

- *Ý nghĩa khoa học:* góp phần hoàn thiện cơ sở lý luận của nguồn gốc và nguyên nhân tồn tại nồng độ khí radon cao trong môi trường không khí trong nhà trình tường. Phân tích, đánh giá được sự ảnh hưởng của các yếu tố chính tác động đến sự phân bố và tích lũy khí radon trong môi trường nhà ở.

- *Ý nghĩa thực tiễn*: kết quả của luận án là cơ sở để đưa ra đánh giá, cảnh báo khả năng phơi nhiễm khí radon cho người dân sinh sống trong nhà trình tường; cơ sở để nghiên cứu các giải pháp giảm thiểu nồng độ khí radon trong nhà mà vẫn bảo tồn được kiến trúc của kiểu nhà trình tường.

## **8. Cơ sở tài liệu**

Luận án được xây dựng trên cơ sở nghiên cứu sinh khảo sát (268 điểm đo ngoài trời, 165 điểm đo trong nhà, 2 điểm đo khí đất) và thu thập (03 mẫu đất, 4 mẫu vật liệu xây dựng) và trực tiếp tham gia thực hiện các đề tài và các công trình công bố. Kết quả của các công trình, bài báo đã đăng trong các tạp chí quốc tế, quốc gia, hội thảo trong và ngoài nước. Các tài liệu tham khảo trong và ngoài nước liên quan đến nội dung luận án.

## **9. Cấu trúc luận án**

Luận án được trình bày trong 4 chương, không bao gồm mở đầu, kết luận, tài liệu tham khảo và phụ lục:

Chương 1: Tổng quan khu vực và vấn đề nghiên cứu

Chương 2: Cơ sở tài liệu và hệ phương pháp nghiên cứu

Chương 3: Khí radon trong tự nhiên và trong nhà trình tường

Chương 4: Ảnh hưởng khí radon đến sức khỏe con người và giải pháp giảm thiểu

## **CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN KHU VỰC NGHIÊN CỨU**

### **1.1. Vị trí khu vực nghiên cứu**

Bạch Đích là xã biên giới nằm ở phía Bắc của huyện Yên Minh, tỉnh Hà Giang, có đường biên giới quốc gia dài 7,32 km với tổng diện tích đất 2.898,66 ha.

### **1.2. Đặc điểm điều kiện tự nhiên và kinh tế - xã hội**

#### **1.2.1. Đặc điểm địa chất**

Xã Bạch Đích nằm trong khối cấu trúc Đông Bắc Bộ, có lịch sử phát triển kiến tạo từ giữa Paleozoi đến Kainozoi. Xã Bạch Đích có địa hình chia cắt phức tạp, núi đá xen lẫn thung lũng, nhiều hệ thống đứt gãy lớn nhỏ đan xen nhau. Đứt gãy Yên Minh – Ngân Sơn – Phú Lương là đứt gãy phân chia các kiến trúc uốn nếp. Xã Bạch Đích có thành tạo chủ yếu là lục nguyên xen carbonat thuộc hệ tầng Sông Hiến (**T<sub>1 sh</sub>**) và hệ tầng Bắc Sơn (**C-P<sub>2 bs</sub>**). Sản phẩm phong hóa của đá vôi và các đá carbonat được gọi là terra rossa lấp đầy các hố sụt và phếu karst. Nhóm đá lục nguyên thành tạo nên vỏ phong hóa ferrosiallit.

#### **1.2.2. Đặc điểm địa hình – địa mạo**

Xã Bạch Đích thuộc ba 3 nhóm địa hình cụ thể: nhóm địa hình kiến tạo và cấu trúc bóc mòn; nhóm địa hình bóc mòn tổng hợp chủ yếu là các dạng địa hình bề mặt san bằng, bề mặt san bậc địa hình 400 – 950 m, các sườn bóc mòn và bóc mòn – xâm thực trên đá trầm tích lục nguyên; và nhóm địa hình karst.

#### **1.2.3. Đặc điểm thủy văn**

Xã Bạch Đích có 3 nhánh suối chính chảy qua, theo hướng từ các xã Phú Lũng, Thắng Mố và Đông Sao, tập trung về trung tâm xã và đổ ra sông Miện.

#### **1.2.4. Đặc điểm khí hậu**

Khí hậu khu vực có thể chia thành hai mùa là mùa mưa nóng (từ tháng 5 –10) và mùa khô lạnh (từ tháng 11 – tháng 4 năm sau).

### **1.2.5 Đặc điểm kinh tế - xã hội**

Theo niên giám thống kê huyện Yên Minh, tính đến 31/12/2021, dân số xã Bạch Đích có 3.772 người trên tổng 814 hộ, mật độ dân số 130 người/km<sup>2</sup>, số người trong độ tuổi lao động là 2.325. Xã Bạch Đích, gồm 19 thôn, là nơi sinh sống của 12 dân tộc trong đó dân tộc Nùng chiếm ~ 63%, dân tộc Dao chiếm ~ 23%. Độ tuổi lao động của người dân khu vực nghiên cứu thường từ 15 – 60 tuổi. Tính đến 31/12/2021, tỷ lệ hộ nghèo của xã Bạch Đích là 45,97%, số hộ cận nghèo là 76 hộ, số hộ thoát nghèo là 65 hộ. Nông nghiệp và lâm nghiệp là ngành kinh tế phát triển chính của xã Bạch Đích.

### **1.2.6. Nhà trình tường**

Nhà trình tường là kiểu nhà truyền thống phổ biến của cộng đồng người dân tộc thiểu số ở vùng núi phía Bắc Việt Nam, trong đó có Cao nguyên đá Đồng Văn. Nhà được xây dựng hoàn toàn từ đất thô tại chỗ, với bề dày tường đất 40 – 60 cm, lợp mái ngói âm dương (hoặc tấm lợp fibro xi măng), tạo thành không gian liên thông với nhau cho tất cả các hoạt động (sinh hoạt chung, ngủ, ...).

## **1.3. Lịch sử nghiên cứu**

### **1.3.1. Trên thế giới**

Radon là khí phóng xạ có mức bức xạ chiếm ~ 50% tổng năng lượng phóng xạ có nguồn gốc từ tự nhiên có ảnh hưởng đến cơ thể sống. Nghiên cứu về khí radon được nhiều nhà khoa học trong các lĩnh vực khác nhau tiếp cận nghiên cứu theo các cách khác nhau. Đặc điểm, hành vi và ảnh hưởng của khí radon và các sản phẩm phân rã của chúng đến các kiểu môi trường đã được thực hiện nghiên cứu trên thế giới. Khí radon có đặc tính tích lũy, ở trong các môi trường kín (như hầm lò, hang động, nhà ở) sẽ tích tụ với nồng độ cao và có thể gây nguy cơ phơi nhiễm cho người tiếp xúc. Con người khi tiếp xúc khí radon ở nồng độ cao trong thời gian dài có thể ảnh hưởng đến sức khỏe, đặc biệt là cơ quan hô hấp [WHO, 2009]. Các nghiên cứu

trên thế giới cho thấy kiểu nhà được xây dựng trực tiếp từ đất, bùn cho thấy có nồng độ khí radon trong môi trường không khí nhà ở lớn hơn so với các ngôi nhà được xây dựng bằng vật liệu gạch nung, sét, thép,... Sự thoát và phân bố khí radon vào môi trường không khí nhà ở bị tác động bởi nhiều yếu tố như thành tạo địa chất, thành phần và tính chất vật liệu xây dựng, khí hậu, ...

### ***1.3.2. Ở Việt Nam***

Khí radon không còn là đối tượng nghiên cứu mới ở Việt Nam. Khí radon được nghiên cứu trong môi trường khí đất, nước, không khí ngoài trời và môi trường không khí trong nhà ở.

Hiện trạng khí radon trong các kiểu môi trường (không khí ngoài trời, khí đất, không khí trong hang động, không khí trong nhà) ở khu vực cao nguyên đá Đồng Văn, tỉnh Hà Giang cũng đã được nhiều nhà khoa học Việt Nam nghiên cứu. Huyện Yên Minh, nơi có mỏ khai thác antimon Mậu Duệ, huyện Đồng Văn, là hai huyện có nồng độ khí radon trong môi trường không khí cao. Các hang động khu vực cao nguyên đá Đồng Văn đưa vào khai thác du lịch cũng tìm thấy có nồng độ khí radon cao.

### ***1.3.3. Những tồn tại cần giải quyết***

Xã Bạch Đích, huyện Yên Minh nằm ở khu vực biên giới và người dân sử dụng nhà trình tường để ở và sinh hoạt cộng đồng từ lâu đời. Cho đến nay, ở Việt Nam chưa có nghiên cứu và thống kê cụ thể về các ca bệnh phát sinh do khí radon trong môi trường không khí trong nhà, bao gồm cả nhà trình tường. Nhà trình tường thường được sử dụng ở những vùng núi cao, nơi có điều kiện kinh tế và cơ sở vật chất khó khăn, các dữ liệu thống kê về sức khỏe người dân (tỷ lệ sinh và tử, các ca bệnh lý) còn hạn chế, và do đó xác định bệnh lý dẫn đến tử vong cũng rất khó khăn. Do đó, hướng nghiên cứu của luận án nhằm góp phần hoàn thiện cơ sở lý luận của việc nghiên cứu khí radon trong môi trường không khí trong nhà nói chung và nhà trình

tường nói riêng, đóng góp bộ dữ liệu về nồng độ khí radon khu vực cao nguyên đá Đồi Văn và tỉnh Hà Giang.

## **CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ LUẬN VÀ HỆ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **2.1. Hướng tiếp cận**

Nhà trình tường sử dụng vật liệu xây dựng chính là đất thổ nhưỡng và lớp trầm tích deluvi tại chỗ, là các sản phẩm phong hóa của đá gốc ở khu vực. Do đó, đặc điểm các thành tạo địa chất đóng vai trò quan trọng quyết định đến sự phân bố nồng độ khí radon trong môi trường không khí ngoài trời và trong nhà khu vực nghiên cứu. Quy luật phân tán và tập trung khí phóng xạ radon được chi phối bởi quy luật di chuyển, phân tán và tập trung của các nguyên tố phóng xạ mẹ urani và thori. Hành vi địa hóa của nguyên tố phóng xạ (urani, thori và khí radon) tuân theo (1) quy luật chu kỳ bán rã phóng xạ và (2) phương thức hòa tan.

(1) Theo quy luật chu kỳ bán rã phóng xạ: sau mỗi chu kỳ bán rã, các đồng vị urani và thori trong đá và các thành tạo địa chất phân rã, tạo thành khí phóng xạ radon tồn tại trong các khe nứt, lỗ hổng và có thể thoát lên trên bề mặt vỏ Trái đất theo các đứt gãy và khe nứt. Sau khi thành tạo, các đồng vị khí radon lưu trú và/hoặc di chuyển trong các lỗ hổng, khe nứt của vật liệu hoặc có thể hòa tan trong nước ngầm, và phát tán vào trong môi trường không khí.

(2) Theo phương thức hòa tan: các đồng vị phóng xạ urani và thori có thể được hòa tan dưới dạng dung dịch và keo mang điện tích dương, di chuyển theo các dòng nước mặt và nước ngầm. Vào mùa mưa, khi mực nước mặt và nước ngầm dâng cao, keo urani và thori mang điện tích dương hấp phụ vào các keo sét mang điện tích âm. Theo thời gian, urani và thori được làm giàu trong các sản phẩm

phong hoá, và do đó tương ứng với khả năng nồng độ khí radon tăng cao trong các lớp đất.

## **2.2. Cơ sở lý luận**

### **2.2.1. Nguồn gốc và hành vi địa hóa của urani và thori**

Nhiều nghiên cứu trên thế giới cũng chỉ ra rằng hàm lượng urani được hòa tan trong nước chảy qua các đá carbonat cao hơn trong nước chảy qua đá granit, gneiss và đá phiến sét. Khác với urani, thori ít bị hòa tan trong nước và dễ dàng tạo phức trong môi trường kiềm giàu carbonat. Thori thường được tìm thấy trong khoáng vật monazit, zicon, là các khoáng vật có thể tích tụ cùng và/hoặc trong đá carbonat trong quá trình phong hóa. Thori rất khó hòa tan trong nước, có xu hướng liên kết với các vật liệu rắn, thori có thể tạo phức với ion carbonat và giữ nó trong đá.

Urani và thori trong đá gốc, trải qua quá trình phong hóa một phần bị hòa tan và rửa trôi, và một phần nhỏ không bị hòa tan. Phần bị hòa tan chủ yếu được hấp phụ trên bề mặt tinh thể của khoáng vật carbonat và xi măng trong môi trường kiềm giàu carbonat. Quá trình hòa tan đá carbonat giải phóng hoàn toàn urani và thori. Quá trình này urani bị rửa trôi hoàn toàn và thori có xu hướng ở lại trong sản phẩm phong hóa (đất thổ nhượng và trầm tích deluvi). Do đó, urani và thori được làm giàu trong lớp đất thổ nhượng.

### **2.2.2. Nguồn gốc và hành vi địa hóa của khí radon**

Radon là nguyên tử khí hiếm nặng có số hiệu nguyên tử là 86, là sản phẩm dạng khí duy nhất trong chuỗi phân rã phóng xạ của các đồng vị U và Th. Radon thuộc nhóm nguyên tố hóa học trơ, hầu như không tạo liên kết với nguyên tử khác. Radon có ~ 40 đồng vị nhưng phổ biến và chiếm tỷ lệ lớn trong tự nhiên là 3 đồng vị Rn-222, Rn-220 và Rn-219. Do chu kỳ bán rã của Rn-219 ngắn (~ 4 giây) nên gần như khó gây ảnh hưởng đến cơ thể sống. Do đó, các nghiên cứu tập trung nghiên cứu hai đồng vị Rn-222 và Rn-220. Trong quá trình

phân rã, khí radon phân rã và phát xạ các hạt mang năng lượng  $\alpha$ ,  $\beta$ , tia  $\gamma$  và các kim loại nặng có tính ổn định, bền vững.

Đất là nơi khí radon thường tập trung hàm lượng cao và dễ dàng trao đổi khí radon với môi trường nước và không khí. Khi được hình thành, các đồng vị khí radon sẽ đi vào các khoảng trống giữa các hạt vật chất trong chất rắn và tiếp tục di chuyển giữa các lỗ hổng hoặc khe nứt. Các chất khí nói chung và khí radon nói riêng đều diễn ra quá trình khuếch tán trong các môi trường, hoặc giữa các môi trường khác nhau khi có sự thay đổi về áp suất. Trong môi trường không khí, do đặc tính nặng, khí radon thường có xu hướng lắng đọng và tích tụ trong không gian dưới thấp và gần nguồn thoát khí (bề mặt đất, đá), tích lũy trong không gian kín.

### ***2.2.3. Ứng dụng và ảnh hưởng của khí radon đến con người***

Radon được ứng dụng trong cả lĩnh vực khoa học và y tế. Tuy nhiên, do sự nguy hiểm của radon đến sức khỏe con người, nên hiện nay ứng dụng này đã bị ngừng thực hiện tại các bệnh viện. Trong lĩnh vực khoa học, radon được ứng dụng trong dự báo động đất, định vị và đo lưu lượng nước ngầm trong nghiên cứu thủy văn, tìm kiếm và phát hiện các đứt gãy trong nghiên cứu địa chất.

WHO, IAEA, ICRP, và MOST (Việt Nam) đã đưa ra các khuyến cáo về an toàn phóng xạ của khí radon trong môi trường nhà ở và nơi làm việc, trong đó khuyến cáo về an toàn đối với khí radon chủ yếu tập trung vào nồng độ của đồng vị khí Rn-222 ( $100 \text{ Bq/m}^3$ ), chưa có khuyến cáo an toàn nồng độ đồng vị khí Rn-220 (chỉ có giá trị trung bình môi trường không khí  $\sim 10 \text{ Bq/m}^3$ ). Tuy nhiên, về tổng thể ảnh hưởng của khí radon đến sức khỏe con người được khuyến cáo dựa trên liều chiếu hiệu dụng an toàn, cho đồng vị khí Rn-220 là  $0,09 \text{ mSv/năm}$  và  $1,1 \text{ mSv/năm}$  cho đồng vị khí Rn-222.

#### **2.2.4. Tính chất của vật liệu xây dựng chứa radon**

Khí radon thoát ra từ vật liệu xây dựng bị chi phối bởi hai yếu tố (i) hàm lượng nguyên tố mẹ U và Th trong vật liệu; và (ii) đặc tính cấu trúc của vật liệu (độ rỗng và tính thấm).

### **2.3. Các phương pháp nghiên cứu**

#### **2.3.1. Khảo sát thực địa**

Nghiên cứu sử dụng ba thiết bị khảo sát khí radon vào các mục đích khác nhau phụ thuộc vào điều kiện môi trường và đặc tính của từng thiết bị (SARAD<sup>®</sup> RTM 2200, RAD7, Thoron Scout). Trong quá trình thực hiện khảo sát, nghiên cứu tuân thủ nghiêm ngặt các tiêu chuẩn đo quốc gia TCVN 10759-1:2016 ISO 11665 1:2012 và TCVN 7889:2008.

#### **2.3.2. Phương pháp nghiên cứu thành phần vật chất của đất làm nhà trình tường và các vật liệu xây dựng**

- a. Phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD): xác định thành phần khoáng vật.
- b. Phương pháp huỳnh quang tia X (XRF): xác định thành phần hóa học
- c. Phương pháp quang phổ gamma phòng nền thấp (detector HPGe): xác định hoạt độ phóng xạ.
- d. Phương pháp quang phổ khối (ICP\_MS): xác định thành phần các nguyên tố urani và thori.
- e. Phương pháp phân tích cấp hạt bằng laser: xác định thành phần cấp hạt

#### **2.3.3. Phương pháp tính toán tốc độ thoát khí, liều chiếu hiệu dụng và đánh giá nguy cơ rủi ro**

Tốc độ thoát khí radon được tính toán dựa trên công thức của Kanse và cộng sự [2021]. Liều chiếu hiệu dụng hàng năm (bao gồm liều chiếu trong và liều chiếu ngoài) được tính toán trên công thức

của UNSCEAR [2000], ước tính rủi ro được tính toán dựa trên công thức của EPA [2003].

### **CHƯƠNG 3. KHÍ RADON TRONG TỰ NHIÊN VÀ TRONG NHÀ TRÌNH TƯỜNG**

#### **3.1. Nguồn gốc khí radon**

##### **3.1.1. Từ vỏ phong hóa được làm giàu**

Luận án thực hiện khảo sát khí đất trong vỏ phong hóa bằng thiết bị SARAD® RTM 2200 và được thể hiện kết quả trong bảng 3.1.

Bảng 3. 1 Nồng độ các đồng vị khí radon (Rn-222 và Rn-220, Bq/m<sup>3</sup>) trong vỏ phong hóa khu vực xã Bạch Đích, huyện Yên Minh, tỉnh Hà Giang.

Điểm đo	Tọa độ		Rn-222		Rn-220	
	Vĩ độ	Kinh độ	TB	STDEV	TB	STDEV
BĐ 60	23,2161	105,0497	773,72	±168,22	19.719,72	±4.860,13
BĐ 61	23,2163	105,0408	10.792,43	±2.573,24	26.717,14	±725,90

Hai điểm khảo sát khí đất BĐ 60, BĐ 61 đều nằm trong khu vực nhà trình tường được khảo sát chi tiết. Nồng độ đồng vị khí Rn-222 trong khí đất ở khu vực nghiên cứu có xu hướng cao hơn so với một số nghiên cứu ở khu vực khác ở Việt Nam. Tuy nhiên, trong nghiên cứu của Trần Trọng Huệ và cộng sự [2004], khí đất ở khu vực huyện Yên Minh (điểm khảo sát tại khu vực dân cư Mậu Duệ và thị trấn Yên Minh) cho kết quả khảo sát nồng độ trung bình đồng vị khí Rn-222 trong khí đất lên đến ~ 36.000 Bq/m<sup>3</sup>. Không chỉ có đồng vị khí Rn-222, kết quả nồng độ đồng vị khí Rn-220 trong khí đất ở luận án này lên đến > 26.000 Bq/m<sup>3</sup>. Điều này cho thấy, nguồn khí radon trong lớp vỏ phong hóa ở khu vực nghiên cứu là khá lớn.

Nguồn khí radon trong khí đất đến từ quá trình phân rã urani và thori trong vỏ phong hóa. Phân tích thành phần urani và thori trong vỏ phong hóa (đất thổ nhưỡng và trầm tích deluvi) cho kết quả như trong Bảng 3.2.

Bảng 3. 2 Hoạt độ phóng xạ (quang phổ gamma phòng nền thấp – detector HPGe) và hàm lượng các nguyên tố phóng xạ (ICP\_MS) trong mẫu đất làm nhà.

	<b>U-238</b>	<b>Ra-226</b>	<b>Th-232</b>	<b>Ra-224</b>
Hoạt độ (Bq/kg)	63,6 ± 3,9	38,9 ± 0,9	112,2 ± 2,4	108,5 ± 2,2
Hàm lượng (ppm)	4,2 ± 0	-	16,9 ± 0,6	-

Lớp vỏ phong hóa của khu vực nghiên cứu có thể được làm giàu và tích tụ nguyên tố mẹ urani và thori theo sơ đồ Hình 3.1. Hàm lượng các nguyên tố phóng xạ trong vỏ phong hoá, đặc biệt, thori (16,9 ppm) cao hơn trung bình trong đá trầm tích (~ 12 ppm) và trong đá carbonat (~ 2 ppm). Hoạt độ các đồng vị phóng xạ của vỏ phong hóa trong nghiên cứu, Ra-226 ~38,9 Bq/kg và Th-232 ~112,2 Bq/kg, cũng cao hơn trung bình hoạt độ các đồng vị phóng xạ tương ứng trong đất tự nhiên trên thế giới (Ra-226 ~35 Bq/kg và Th-232 ~30 Bq/kg).

### **3.1.2. Từ vật liệu xây dựng**

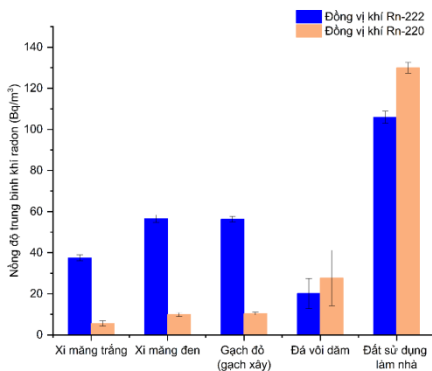
Nồng độ các đồng vị khí radon trong thí nghiệm thoát các đồng vị khí radon từ loại vật liệu xây dựng được thể hiện trong Hình 3.2. Kết quả cho thấy đất làm nhà trình tường là vật liệu xây dựng có khả năng giải phóng khí radon vào môi trường không khí cao nhất trong các loại vật liệu (Hình 3.2).

Trong nhóm nhà xây dựng bằng vật liệu thông thường, nồng độ đồng vị khí Rn-222 ~ 0 Bq/m<sup>3</sup> được hiểu rằng do nồng độ khí radon trong môi trường nằm ngoài khoảng đo mà thiết bị đo có thể ghi nhận (Hình 3.3).

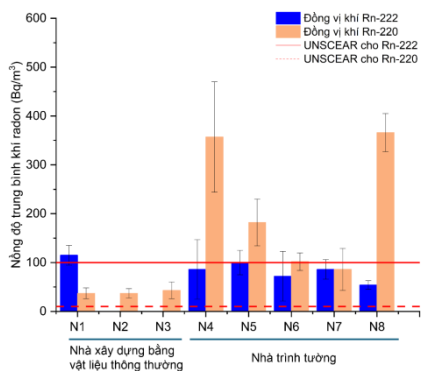
Trong nhóm nhà trình tường và nhà được xây dựng bằng vật liệu thông thường, nồng độ đồng vị khí Rn-222 đều có xu hướng chung < 100 Bq/m<sup>3</sup>. UNSCEAR là tổ chức duy nhất đưa ra mức khuyến nghị cho nồng độ đồng vị khí Rn-220 trong môi trường không khí nói chung là 10 Bq/m<sup>3</sup>. Đối chiếu kết quả khảo sát khí Rn-220 trong môi trường không khí trong nhà, các kiểu nhà đều có kết quả nồng độ trung bình khí Rn-220 cao hơn mức khuyến nghị mà UNSCEAR đưa ra, đặc biệt trong nhà trình tường.

### 3.1.3. Từ môi trường không khí ngoài trời khu vực nghiên cứu

Nồng độ các đồng vị khí radon ở môi trường không khí ngoài trời được xác định bằng phương pháp đo nhanh của thiết bị SARAD<sup>®</sup> RTM 2200 dọc theo các tuyến đường chính và một số điểm khu vực người dân lựa chọn canh tác và sinh sống. Tuyến huyện Yên Minh là khu vực có nồng độ đồng vị khí Rn-220 cao nhất và nồng độ đồng vị khí Rn-222 cao thứ hai trong khu vực nghiên cứu. Khu vực xã Bạch Đích tại một số điểm khảo sát xuất hiện dị thường nồng độ đồng vị khí Rn-220, các điểm dị thường này đa phần nằm ở khu vực trên đứt gãy và ranh giới giữa các lớp đá trong các hệ tầng. Khu vực không



Hình 3.2 Nồng độ khí radon trong các loại vật liệu



Hình 3.3. Nồng độ khí radon trong các kiểu nhà

khí ngoài trời có nồng độ đồng vị khí Rn-222 trung bình  $\sim 28 \text{ Bq/m}^3$ ; và nồng độ đồng vị khí Rn-220 trung bình  $\sim 293 \text{ Bq/m}^3$ . Vị trí địa lý xã Bạch Đích nằm ngay trên đứt gãy chính Yên Minh – Phú Lương và nằm hoàn toàn trong hệ tầng Sông Hiến. Đặc điểm đá của hệ tầng Sông Hiến là đá phiến sét màu sẫm và có chứa thành phần đá phun trào axit, đây là hai loại đá có chứa hàm lượng nguyên tố mẹ urani và thori cao trong các đá tự nhiên [Đặng Trần Huyền, 2009]. Các nguyên tố urani và thori tạo thành khí radon trong quá trình phân rã phóng xạ trong đá gốc và đứt gãy Yên Minh – Phú Lương cắt qua đá gốc mở đường dẫn cho khí radon đi lên trên bề mặt trái đất. Một phần khí radon sẽ đi vào các lỗ hổng trong lớp vỏ phong hóa (đất thô nhưỡng và trầm tích deluvi), lưu trú hoặc hòa tan trong nước ngầm chứa trong các thấu kính cát sạn. Một phần khí radon phát tán vào môi trường không khí. Điều này giải thích nguyên nhân vì sao nồng độ khí radon trong môi trường không khí ngoài trời và vỏ phong hóa khu vực xã Bạch Đích cao hơn các khu vực khác.

### 3.2. Quá trình thoát khí radon trong nhà trình tường

#### 3.2.1. Sự phân bố nồng độ khí radon trong nhà trình tường

Nghiên cứu thực hiện khảo sát chi tiết ngôi nhà trình tường của người dân tộc Nùng tại xã Bạch Đích, huyện Yên Minh, tỉnh Hà Giang vào hai mùa (mùa mưa – tháng 7 và mùa khô – tháng 1), bằng hai thiết bị RAD7 và SARAD<sup>®</sup> RTM 2200 (Bảng 3.7).

Bảng 3.7. Nồng độ trung bình các đồng vị khí radon (Rn-222 và Rn-220,  $\text{Bq/m}^3$ ) trong nhà trình tường

		Mùa khô		Mùa mưa	
Nhiệt độ TB ( $^{\circ}\text{C}$ )		19 ( $\pm 3$ )		28 ( $\pm 4$ )	
		<i>TB</i>	<i>STDEV</i>	<i>TB</i>	<i>STDEV</i>
RAD7	Rn-222	42,52	$\pm 16,03$	93,66	$\pm 46,22$
	Rn-220	455,73	$\pm 77,21$	478,64	$\pm 78,46$
SARAD	Rn-222	78,14	$\pm 6,31$	NA	NA
	Rn-220	744,95	$\pm 128,81$	NA	NA

Trung bình khí radon trong môi trường không khí nhà trình tường mùa mưa cao hơn mùa khô. Nghiên cứu chi tiết các kết quả khảo sát nồng độ khí radon trong nhà trình tường theo từng mặt cắt khác nhau (Hình 3.8).

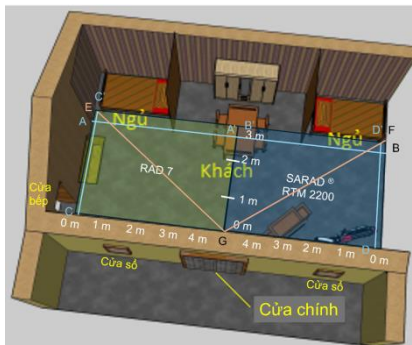
Trung bình nồng độ khí radon theo các mặt cắt khác nhau trong nhà trình tường cho thấy khí radon có xu hướng tập trung cao ở gần vị trí tường đất

và/hoặc nền đất và cao hơn trung bình nồng độ khí radon không khí ngoài trời. Sự phân bố đồng vị khí Rn-220 trong không khí trong nhà thể hiện rõ nguồn thoát khí radon trong nhà đến từ tường đất và/hoặc nền đất. Bên cạnh đó, vị trí nhà trình tường nghiên cứu nằm trong khu vực có đứt gãy và có chứa thành tạo đá có chứa hàm lượng nguyên tố mẹ lớn như đã phân tích ở mục 3.1. Có thể thấy, khí radon tập trung trong nhà trình tường cao hơn các kiểu nhà khác và có nguồn từ (1) môi trường không khí ngoài trời, và (2) đất sử dụng xây dựng nhà trình tường.

### 3.2.2. Tốc độ thoát khí radon trong nhà trình tường

Tốc độ thoát khí radon trong nhà trình tường sử dụng kết quả khảo sát nồng độ khí radon trên tường đất và nền đất bằng thiết bị SARAD® RTM 2200 vào tháng 1 (mùa khô) được thể hiện dưới Bảng 3.8.

Tốc độ thoát khí radon từ tường đất cao hơn nền đất, đồng nghĩa nguồn thoát khí radon trong môi trường không khí trong nhà chủ yếu đến từ tường đất.



Hình 3.8 Mô hình nhà trình tường và các mặt cắt khảo sát

Bảng 3.8. Tốc độ thoát khí radon (Bq/m<sup>2</sup>s) trong tường và nền nhà trình tường

	<b>Rn-222</b>		<b>Rn-220</b>	
	<b>TB</b>	<b>STDEV</b>	<b>TB</b>	<b>STDEV</b>
Tường đất	6,14*10 <sup>-5</sup>	±8,52*10 <sup>-6</sup>	4,48	±0,96
Nền đất	3,28*10 <sup>-5</sup>	±7,51*10 <sup>-6</sup>	0,54	±0,31

### 3.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến sự thoát khí radon trong nhà trình tường

#### 3.1.1. Thành phần vật chất của đất làm nhà trình tường

Sự phân bố khí radon trong môi trường không khí nhà trình tường không chỉ đến từ không khí ngoài trời mà còn đến từ vật liệu sử dụng làm nhà. Thành phần khoáng vật và hoá học của đất làm nhà trình tường trong nghiên cứu được phân tích tương ứng bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD) và huỳnh quang tia X (XRF) (Bảng 3.9 và Bảng 3.10).

Các thành tạo ở khu vực xã Bạch Đích chủ yếu là lục nguyên và carbonat, địa hình dốc nên trong quá trình rửa trôi và hòa tan các chất bazơ dẫn đến tích lũy sắt oxit và nhôm oxit. Urani trong kim loại bị khử từ U<sup>6+</sup> tạo phức thành U<sup>4+</sup> hấp phụ lên khoáng vật ferrihydrit, goethit, hematit và smectit bằng các liên kết với oxit sắt, góp phần làm tăng hàm lượng nguyên tố mẹ - urani có trong đất. Ferrihydrit là nhóm oxit sắt có độ trật tự thấp, cấu trúc còn nhiều khuyết tật mặt và khuyết tật cạnh. Các ion sắt trong ferrihydrit được phân bố ngẫu nhiên, khiến chúng dễ dàng hấp thụ, và/hoặc hấp phụ các ion OH<sup>-</sup> và phân tử nước. Quá trình chuyển hóa ferrihydrit thành goethit có thể xảy ra trong mẫu đất ở khu vực có áp lực của CO<sub>2</sub> cao, sự xuất hiện của HCO<sub>3</sub><sup>3-</sup> hoặc CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> làm tăng quá trình oxi hóa, tương ứng môi trường karst ở khu vực nghiên cứu.

Bảng 3.9. Thành phần hóa học (% tl) có trong đất sử dụng làm nhà  
trình tường (xác định bằng phương pháp XRF)

SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>x</sub> O <sub>y</sub>	MnO	MgO
62,27	0,46	24,21	4,09	0,02	1,16
CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	OM
0,03	0,05	4,24	0,11	0,04	4,86

Bảng 3.10. Thành phần khoáng vật (% tl) trong đất sử dụng làm  
nhà trình tường (xác định bằng phương pháp XRD)

Thạch anh	Muscovit	Microclin	Graphit	
36,29	18,47	8,04	5,04	
Dickit	Kaolinit	Chlorit	Illit	Smectit
1,1	4,64	2,90	1,15	17,15
Goethit	Gibbsit	Hematit	Ferrihydrit	
2,46	1,1	0,15	1,51	

Trong các khoáng vật sét có trong thành phần đất sử dụng làm nhà trình tường, khoáng vật smectit chiếm tỷ lệ lớn (~ 17,15%) và đóng vai trò chủ đạo. Các khoáng vật sét thường có cấu trúc dạng lớp xen kẽ nhau. Illit và smectit thường xếp lớp xen kẽ nhau, giàu nhôm. Smectit có thể liên kết với kaolinite để hình thành sản phẩm xếp lớp kaolinit-smectit, ưu tiên hấp phụ các nhóm hydroxit nhôm vào lỗ hổng của chúng. Điều này

### 3.5.2. Các yếu tố khí hậu

Nồng độ trung bình khí radon trong nhà trình tường có xu hướng tỷ lệ thuận với nhiệt độ không khí ngoài trời. Khi nhiệt độ không khí ngoài trời tăng, nồng độ trung bình khí radon trong nhà cũng có xu hướng tăng và ngược lại. Tương tự, độ ẩm môi trường không khí ngoài trời cũng tỷ lệ thuận với khả năng thoát khí radon trong môi trường không khí trong nhà trình tường. Khả năng thoát khí radon diễn ra nhanh và dễ dàng ở trong khoảng độ ẩm 7 – 17%.

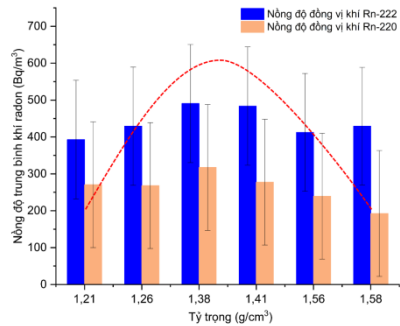
### 3.5.3. Độ hạt và tỷ trọng

Đất làm nhà trình tường có thành phần cấp hạt > 63  $\mu\text{m}$  (cát), 4 – 63  $\mu\text{m}$  (bột), và < 4  $\mu\text{m}$  (sét) lần lượt là 12,8 %, 36,9 % và 50,2 %. Trong đó, tổng cấp hạt bột và sét > 87 %. Khoảng cách giạt lùi của các đồng vị khí radon trong hạt vật liệu rắn dao động trong khoảng 20  $\mu\text{m}$  – 70  $\mu\text{m}$ , tương ứng với cấp hạt bột.

Luận án sử dụng mẫu vật liệu sử dụng làm nhà làm các mô hình gạch có cùng kích thước nhưng tỷ trọng khác nhau. Sự thay đổi tỷ trọng ảnh hưởng đến độ lỗ hổng trong mẫu gạch đất. Nồng độ khí radon thoát ra trong các mẫu gạch đất được thể hiện trong Hình 3.20.

Tỷ trọng của mỗi viên gạch tăng dần tương ứng với độ lỗ hổng trong mỗi viên gạch giảm dần. Theo chiều tăng của tỷ trọng, độ lỗ hổng giữa các hạt sẽ giảm dần, mật độ giữa các hạt tăng dần làm thay đổi khả năng di chuyển và thoát khí radon ra ngoài môi trường không khí.

Điều này tương ứng với việc mật độ radon thoát ra có xu hướng tăng dần khi tăng tỷ trọng trong các mẫu gạch từ ~ 1,21  $\text{g}/\text{cm}^3$  – 1,41  $\text{g}/\text{cm}^3$ . Tuy nhiên, khi tỷ trọng mẫu gạch > 1,41  $\text{g}/\text{cm}^3$ , lúc này độ chặt sít của viên gạch lớn, lỗ hổng giảm tạo thành khối chất rắn, khí radon sinh ra sẽ bị giữ lại bên trong viên gạch và tiếp tục phân rã. Nồng độ khí radon từ các viên gạch có xu hướng giảm.



Hình 3.20. Nồng độ khí radon theo tỷ trọng

## CHƯƠNG 4. ẢNH HƯỞNG KHÍ RADON ĐẾN SỨC KHỎE CON NGƯỜI VÀ GIẢI PHÁP GIẢM THIỂU

### 4.1. Ảnh hưởng của khí radon đến sức khỏe con người

#### 4.1.1. Liều chiếu cho từng đối tượng sinh sống trong nhà trình tường

Ở khu vực nghiên cứu, điều kiện kinh tế, thói quen, và các hoạt động sinh hoạt thường ngày của người dân (như nấu ăn, ăn uống, ngủ nghỉ) đều diễn ra trong nhà trình tường. Người dân sinh sống trong khu vực có thể chia thành hai nhóm đối tượng theo thời gian lưu trú trong nhà: nhóm 1 (gồm trẻ em < 6 tuổi, người già > 60 tuổi, 18 giờ/ngày) và nhóm 2 (từ 6 đến 60 tuổi, 12 giờ/ngày). Như vậy, tổng thời gian lưu trú trong nhà theo năm đối với các nhóm lần lượt là 6.570 giờ và 4.380 giờ, tổng thời gian sinh hoạt ngoài trời lần lượt là 2.190 giờ và 4.380 giờ.

##### a. Liều chiếu hiệu dụng từ môi trường không khí ngoài trời

Do chu kỳ bán rã của đồng vị khí Rn-220 ngắn nên chúng ít có thời gian di chuyển đi xa nguồn thoát khí và khó có thể ảnh hưởng đến môi trường không khí ngoài trời. Vì vậy, kết quả tính toán liều hiệu dụng cho môi trường ngoài trời chỉ áp dụng cho đồng vị khí Rn-222. Liều chiếu môi trường ngoài trời hàng năm cho các nhóm đối tượng <1 mSv/năm (nhóm 1 là 0,43 mSv/năm và nhóm 2 là 0,87 mSv/năm).

##### b. Liều chiếu hiệu dụng từ môi trường không khí trong nhà

Nhà trình tường được xây dựng trực tiếp từ đất địa phương, do đó liều chiếu ngoài được tính toán dựa trên kết quả phân tích hoạt độ phóng xạ của đất sử dụng làm nhà trình tường, liều chiếu trong được tính toán dựa trên kết quả khảo sát nồng độ trung bình khí radon trong nhà. Kết quả tính toán được thể hiện trong Bảng 4.3.

Bảng 4.3. Liều chiếu hiệu dụng (mSv/năm) từ môi trường không khí nhà trình tường (t: thời gian (giờ), ERR: liều chiếu trong; AEDR: liều chiếu ngoài; TD: tổng liều chiếu)

Đối tượng	t	ERR		AEDR	TD
		Rn-222	Rn-220		
Nhóm 1	6.570	1,05	2,72	0,26	4,04
Nhóm 2	4.380	0,70	1,82	0,12	2,63

Tổng liều chiếu trong cho nhóm 1 là 4,04 mSv/năm và cho nhóm 2 là 2,63 mSv/năm. Tổng liều chiếu trong trong nghiên cứu cao hơn tổng liều chiếu đến từ hô hấp (1,26 mSv/năm), và cao hơn tổng liều chiếu hiệu dụng trung bình (2,4 mSv/năm) của UNSCEAR [2000].

*c. Đánh giá nguy cơ phơi nhiễm*

Tổng liều chiếu hiệu dụng một năm trong các môi trường cho nhóm 1 là 4,47 mSv/năm và nhóm 2 là 3,50 mSv/năm. Liều chiếu hiệu dụng ở môi trường không khí ngoài trời chiếm ~ 26% tổng liều chiếu hiệu dụng một năm. Liều chiếu hiệu dụng mỗi năm đối với một người dân sinh sống trong khu vực nghiên cứu đến từ nguồn bức xạ trong nhà trình tường (chiếm ~ 74%). Tổng liều chiếu hiệu dụng hàng năm trong nghiên cứu đều cao hơn gấp nhiều lần so với liều chiếu hiệu dụng trung bình năm UNSCEAR [2000] đưa ra cho tất cả nguồn phơi nhiễm (2,4 mSv/năm).

**4.1.2. Nguy cơ rủi ro**

Nguy cơ rủi ro được tính toán với giả sử tuổi thọ trung bình của người dân khu vực là 68,8 tuổi, ước tính rủi ro trên mỗi đơn vị phơi nhiễm được thể hiện là số ca tử vong do ung thư phổi trên mỗi tháng làm việc. Nguy cơ rủi ro của đối tượng hút thuốc của nhóm 1 và nhóm 2 lần lượt là 9,56% và 6,73%. Điều này cho thấy, người hút thuốc lá và có thời gian lưu trú trong nhà trình tường dài (nhóm 1) có nguy cơ rủi ro tương đối có thể bị ung thư phổi lên đến ~ 10%.

#### **4.2. Đề xuất một số giải pháp giảm thiểu rủi ro**

Trước thực trạng người dân sinh sống trong nhà trình tường chịu tác động của tổng liều chiếu phóng xạ ở mức từ 3,50 – 4,47 mSv/năm so với 2,4 mSv/năm, cần thiết phải có giải pháp giảm thiểu rủi ro sức khỏe mà vẫn giữ được kiến trúc nhà trình tường.

Ngăn chặn nguồn thoát khí radon: người dân có thể xem xét đến việc đổ một lớp bê tông dưới nền nhà; sử dụng giấy báo, giấy bìa hoặc bạt nhựa che phủ bề mặt tường đất.

Làm giảm nồng độ khí radon tích tụ: tăng cường mở cửa chính, mở thêm cửa sổ và lắp đặt quạt thông gió nhằm tăng khả năng lưu thông không khí. Giường ngủ nên đặt gần cửa sổ và nơi thoáng, hạn chế ngủ trong buồng kín.

Giảm khả năng thoát khí radon dựa trên yếu tố tỷ trọng: trong quá trình xây dựng nhà trình tường, người xây dựng cần nén ép chặt từng lớp đất, càng đầm nén kỹ, tác động lực đủ lớn để nhằm tạo độ chặt sít, hạn chế lỗ hổng cho khí radon di chuyển và khuếch tán.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 1. Kết luận

Trên cơ sở phân tích và luận giải sự thoát khí radon trong môi trường không khí trong nhà trình tường, luận án đã đưa ra một số kết luận như sau:

(1) Nguồn gốc khí radon trong nhà trình tường: từ các thành tạo địa chất dưới sâu đi lên theo hệ thống các đứt gãy và từ đất làm nhà trình tường. Khí radon tập trung trong không khí ngoài trời ở khu vực xã Bạch Đích cao hơn các khu vực lân cận. Nồng độ khí radon trong môi trường không khí nhà trình tường cao hơn so với các kiểu nhà hiện đại trong cùng khu vực.

(2) Khí radon trong môi trường không khí trong nhà trình tường tập trung nồng độ cao ở khu vực kín, gần nền và tường đất, được xem như nguồn thoát khí chính trong nhà. Các đồng vị khí radon có tính tích lũy, tập trung nồng độ cao ở gần nguồn thoát khí, khu vực kín gió, ít có sự lưu thông không khí. Đồng vị khí Rn-220 có xu hướng giảm dần ở các vị trí xa nguồn thoát khí.

(3) Các yếu tố thời tiết và tính chất của đất làm nhà ảnh hưởng đến sự thoát khí radon vào môi trường không khí trong nhà. Nồng độ khí radon trong nhà tỷ lệ thuận với nhiệt độ, độ ẩm môi trường tự nhiên, tốc độ thoát khí radon tối đa khi độ ẩm trong tường và nền đất nằm trong khoảng từ 7 – 17 %. Cấp hạt của đất làm nhà trình tường (87% cấp hạt bột sét) phù hợp để các đồng vị khí radon lưu trú và khuếch tán. Đặc điểm thành phần gồm oxit sắt (> 4%) và tổ hợp các khoáng vật có cấu trúc lớp (> 50 %) là điều kiện để nguyên tố phóng xạ mẹ urani và thori được hấp phụ tối đa trên bề mặt khoáng vật sét, và thuận lợi để diễn ra quá trình phân rã phóng xạ hình thành các đồng vị khí radon.

(4) Người dân sinh sống trong nhà trình tường bị phơi nhiễm khí radon với liều chiếu hiệu dụng trung bình năm lên tới 5 mSv/năm, nguy cơ rủi ro bị bệnh đến 10%.

(5) Một số biện pháp đề xuất nhằm giảm thiểu nồng độ khí radon trong môi trường không khí trong nhà trình tường: mở thêm cửa sổ, lắp đặt quạt thông gió, sử dụng các vật liệu che phủ tường và bề mặt nền đất, kê giường ngủ ở vị trí thông thoáng.

## **2. Kiến nghị**

Trong khuôn khổ luận án, các kết quả nghiên cứu mới bước đầu xác định được nguồn thoát khí radon và một số yếu tố ảnh hưởng đến quá trình thoát khí radon trong môi trường không khí nhà trình tường xã Bạch Đích, huyện Yên Minh. Liều chiếu hiệu dụng và nguy cơ rủi ro bị bệnh cũng mới dừng lại ở việc đánh giá trên số liệu tính toán. Do đó, cần có nghiên cứu chuyên sâu hơn và mở rộng hơn trong khu vực cao nguyên đá Đồng Văn. Đây là di sản văn hóa được đưa vào bảo tồn, do đó cần có nghiên cứu về dữ liệu y tế và sức khỏe để đánh giá cụ thể hơn nữa khả năng phơi nhiễm khí radon đến từ môi trường không khí nhà trình tường.

### **Các công trình nghiên cứu đã công bố**

1. Radioactive thoron  $^{220}\text{Rn}$  exhalation from unfired mud building material into room air of earthen dwellings. 2021. *Frontiers in Earth Science* 9:629241, ISI, Q3, IF 2.4.
2. Excessive radon-based radiation in indoor air caused by soil building materials in traditional homes on Đồng Văn karst plateau, northern Vietnam. 2020. *Chemosphere*, Vol. 257, Oct. 2020, 127119, ISI, Q1, IF 7.7.
3. Radon Concentrations and their Controlling Factors in Mud-built Houses in Dong Van Plateau Karst Geopark, Ha Giang Province. 2020. *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*, Vol. 36, No.1, (2020), pp. 1-10.
4.  $\alpha$ -radiation from home building materials likely affecting human health in Northern Vietnam. 2019. 15<sup>th</sup> International Conference on Gas Geochemistry- ICGG15, 5<sup>th</sup> October 2019, ISSN 1590-2595.