**TRANG THÔNG TIN LUẬN ÁN**

(khoảng 1 – 1.5 trang A4)

Tên đề tài luận án: NGHIÊN CỨU VÀ CHUẨN HÓA PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH HOẠT ĐỘ PHÓNG XẠ MẪU MÔI TRƯỜNG DẠNG RẮN SỬ DỤNG HỆ PHỔ KẾ GAMMA ĐỘ PHÂN GIẢI CAO

Ngành: Vật lý nguyên tử và hạt nhân

Mã số ngành: 62 44 05 01

Họ tên nghiên cứu sinh: Lê Quang Vương

Khóa đào tạo: 2016

Người hướng dẫn khoa học: (ghi rõ học hàm, học vị, họ và tên CBHD)

PGS.TS. Trần Thiện Thanh

PGS.TS. Lê Công Hảo

Cơ sở đào tạo: Trường Đại học Khoa học Tự nhiên- ĐHQG.HCM

1. TÓM TẮT NỘI DUNG LUẬN ÁN:

Luận án đã hoàn thành các mục tiêu nghiên cứu đề ra, với một số đóng góp khoa học có ý nghĩa và có khả năng ứng dụng thực tiễn. Trước hết, phương pháp phân tích phổ gamma sử dụng hệ phổ kế HPGe được chuẩn hóa để xác định hoạt độ các đồng vị phóng xạ tự nhiên trong mẫu môi trường dạng rắn. Phương pháp này kết hợp mô phỏng Monte Carlo bằng phần mềm MCNP-CP để tính toán các hệ số hiệu chỉnh trùng phùng tổng và tự hấp thụ tại các năng lượng gamma phát ra từ chuỗi phóng xạ 238U, 232Th và 235U. Đồng thời, đường chuẩn hiệu suất ghi đỉnh năng lượng toàn phần (FEPE) được xây dựng từ phổ thực nghiệm của mẫu chuẩn RGU trong khoảng năng lượng từ 46,5 keV đến 2447,9 keV. Phương pháp phân tích sau khi được chuẩn hóa đã được kiểm chứng thông qua các mẫu chuẩn IAEA-434, IAEA-447 và RGTh. Kết quả thể hiện hoạt độ 238U (từ đỉnh 63,3 keV của 234U) có độ lệch tương đối nhỏ hơn 3% so với giá trị tham chiếu từ IAEA, sau khi đã hiệu chỉnh tự hấp thụ và loại bỏ ảnh hưởng chồng đỉnh với 232Th (63,8 keV). Ngoài ra, hoạt độ 235U được xác định thông qua đỉnh 185,7 keV sau khi loại trừ đóng góp của 226Ra (186,2 keV), với giả định cân bằng hoạt độ 238U – 226Ra. Một trong những điểm mới quan trọng của luận án là phân tích tỷ lệ đóng góp tại vùng năng lượng 186 keV, xác định 57,2% số đếm đến từ 226Ra và 42,8% từ 235U, từ đó xây dựng phương pháp đo nhanh hoạt độ 235U và 238U chỉ bằng đỉnh phổ tại 186 keV. Luận án cũng đã khảo sát ảnh hưởng chồng đỉnh tại vùng năng lượng 63 keV và 186 keV, góp phần nâng cao độ chính xác của phép đo. Phương pháp được đánh giá là phù hợp theo tiêu chuẩn IAEA và có thể áp dụng cho nhiều loại mẫu khác nhau, kể cả mẫu giàu thorium hoặc mẫu không đạt cân bằng phóng xạ. Cuối cùng, tác giả đã ứng dụng phương pháp vào phân tích mẫu môi trường thực, xác định hoạt độ phóng xạ của 238U, 232Th và 40K, đồng thời tính toán các chỉ số nguy cơ phóng xạ như: hoạt độ tương đương radium, chỉ số nguy hiểm chiếu xạ ngoài và trong, suất liều hấp thụ và liều hiệu dụng hàng năm. Những kết quả này không chỉ minh chứng tính đúng đắn và tin cậy của phương pháp mà còn cho thấy tiềm năng ứng dụng rộng rãi trong giám sát và đánh giá an toàn phóng xạ môi trường.

2. NHỮNG KẾT QUẢ MỚI CỦA LUẬN ÁN:

(i) Nghiên cứu tỉ lệ đóng góp của 226Ra và 235U trong phổ gamma của mẫu phân tích có sự cân bằng hoạt độ 238U - 226Ra và tỉ lệ uranium tự nhiên (235U / 238U). Kết quả tính toán thể hiện số đếm tổng tại vùng năng lượng 186 keV bao gồm 57,2% của 226Ra (186,2 keV) và 42,8% của 235U (185,7 keV). Những tính toán này được sử dụng để xác định nhanh chóng hoạt độ 238U và 235U bằng phép đo trực tiếp năng lượng 186 keV của mẫu môi trường dạng rắn.

(ii) Chuẩn hóa phương pháp xác định hoạt độ 238U và 235U sử dụng hệ phổ kế gamma với đầu dò HPGe. Hệ số hiệu chỉnh trùng phùng tổng và hệ số tự hấp thụ được xác định bằng chương trình mô phỏng Monte Carlo với phần mềm MCNP-CP. Ảnh hưởng của sự chồng chập đỉnh phổ tại vùng năng lượng 63 keV và 186 keV cũng được khảo sát và loại trừ. Phương pháp này cho phép xác định trực tiếp và nhanh chóng hoạt độ của 238U thông qua đỉnh 63,3 keV (234Th) và hoạt độ của 235U thông qua đỉnh 185,7 keV. Tiêu chuẩn kiểm định IAEA xác nhận phương pháp phân tích là phù hợp để áp dụng cho nhiều loại mẫu phân tích khác nhau như mẫu giàu thorium, mẫu cân bằng hoặc mất cân bằng uranium.

(iii) Áp dụng phương pháp phân tích mà luận án đã phát triển để xác định hoạt độ phóng xạ riêng của 238U, 232Th và 40K trong một số mẫu môi trường dạng rắn. Kết quả được sử dụng để đánh giá các chỉ số nguy cơ bức xạ như: hoạt độ tương đương radium, chỉ số nguy hiểm do chiếu xạ ngoài, chỉ số nguy hiểm do chiếu xạ trong, chỉ số và , suất liều hấp thụ và liều hiệu dụng hàng năm.

3. CÁC ỨNG DỤNG/ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG TRONG THỰC TIỄN HAY NHỮNG VẤN ĐỀ CÒN BỎ NGỎ CẦN TIẾP TỤC NGHIÊN CỨU

*Những vấn đề còn bỏ ngỏ và đề xuất hướng nghiên cứu tiếp theo:*

(i) Kiểm chứng thực nghiệm hệ số tự hấp thụ tại năng lượng 63,3 keV (234Th): mặc dù luận án đã triển khai tính toán hệ số tự hấp thụ tại năng lượng 63,3 keV bằng mô phỏng MCNP-CP và các kết quả tính toán khá phù hợp với một số nghiên cứu trước đó đã công bố, nhưng chưa có kết quả thực nghiệm kiểm chứng. Do vậy, trong tương lai cần thực hiện các công trình nghiên cứu tiếp theo nhằm đo đạc thực nghiệm hệ số tự hấp thụ tại năng lượng này nhằm xác minh và cải tiến các mô hình tính toán.

(ii) Khảo sát hiệu suất ghi đỉnh năng lượng toàn phần (FEPE) và hiệu suất tổng (TE): luận án chỉ xây dựng đường chuẩn FEPE cho mẫu dạng hình học trụ sử dụng mẫu chuẩn RGU nhằm mục đích phân tích hoạt độ đồng vị phóng xạ. Tuy nhiên, để đánh giá ảnh hưởng của cấu trúc hình học đo đến hiệu suất ghi của đầu dò, cần khảo sát đường cong FEPE và TE với các nguồn điểm chuẩn đơn năng lượng. Từ đó, đường cong hiệu chỉnh hiệu suất có thể được sử dụng để so sánh, đánh giá với kết quả khi sử dụng mẫu chuẩn RGU.

(iii) Mở rộng phân tích đối với các loại mẫu khác nhau: luận án chỉ tập trung xây dựng phương pháp phân tích cho các mẫu môi trường dạng rắn. Do vậy, cần thực hiện phân tích, đánh giá trên nhiều loại mẫu khác nhau (ví dụ như mẫu lỏng, mẫu thực vật, mẫu thực phẩm,…) để kiểm chứng và cải tiến phương pháp phân tích. Việc mở rộng này sẽ giúp xác định tính khả thi và độ chính xác của phương pháp phân tích đã chuẩn hóa.

(iv) Cải thiện thời gian đo và hiệu quả kinh tế: một hạn chế của nghiên cứu này là mất nhiều thời gian đo phổ gamma (24 giờ đến 48 giờ) dẫn đến khả năng áp dụng trong thực tiễn chưa mang lại hiệu quả kinh tế. Do đó, cần có nghiên cứu tiếp theo nhằm cải thiện giới hạn phát hiện và rút ngắn thời gian đo.

|  |  |
| --- | --- |
| **TẬP THỂ CÁN BỘ HƯỚNG DẪN**(Ký tên, họ tên) | **NGHIÊN CỨU SINH**(Ký tên, họ tên) |

**XÁC NHẬN CỦA CƠ SỞ ĐÀO TẠO**

**KT. HIỆU TRƯỞNG**

**THESIS INFORMATION**

(1 – 1.5 A4 pages)

Thesis title: Research and Standardisation of the Radioactivity Analysis Method for Solid Environmental Samples Using a High-Resolution Gamma Spectrometry System

Speciality: Atomic and Nuclear Physics

Code: 62 44 05 01

Name of PhD Student: Le Quang Vuong

Academic year: 2016

Supervisor:

Assoc. Prof.PhD. Tran Thien Thanh

Assoc. Prof.PhD. Le Cong Hao

At: VNUHCM - University of Science

1. SUMMARY:

The thesis has successfully achieved the proposed research objectives, making several significant scientific contributions with potential practical applications. Firstly, the gamma-ray spectrometry method using the HPGe detector system was standardized to determine the activity concentrations of natural radionuclides in solid environmental samples. This method incorporates Monte Carlo simulations using the MCNP-CP software to calculate the coincidence summing and self-absorption correction factors at gamma energies emitted from the decay chains of 238U, 232Th, and 235U. Additionally, the full-energy peak efficiency (FEPE) calibration curve was constructed using the experimental spectra of the RGU reference sample, covering the energy range from 46.5 keV to 2447.9 keV. After standardization, the analytical method was validated using reference materials IAEA-434, IAEA-447, and RGTh. The results showed that the determined activity of 238U (from the 63.3 keV peak of 234U) deviated by less than 3% from the IAEA reference value, after correcting for self-absorption and eliminating peak overlap with 232Th (63.8 keV). Furthermore, the activity of 235U was determined from the 185.7 keV peak after subtracting the contribution from 226Ra (186.2 keV), under the assumption of secular equilibrium between 238U and 226Ra. One of the key novel contributions of the dissertation is the analysis of the contribution ratio at the 186 keV energy region, identifying that 57.2% of the counts originate from 226Ra and 42.8% from 235U. Based on this, a rapid method for determining the activities of 235U and 238U using only the peak at 186 keV was developed. The study also investigated peak overlap effects in the 63 keV and 186 keV regions, thereby enhancing measurement accuracy. The method was assessed to comply with IAEA standards and applicable to a wide range of sample types, including thorium-rich samples or those not in radioactive equilibrium. Finally, the author applied the method to analyze real environmental samples, determining the activity concentrations of 238U, 232Th, and 40K, as well as calculating radiological hazard indices such as radium equivalent activity, external and internal hazard indices, absorbed dose rate, and annual effective dose. These results not only demonstrate the accuracy and reliability of the method but also highlight its broad potential for application in environmental radiation monitoring and safety assessment.

2. NOVELTY OF THESIS:

(i) The study investigated the contribution ratio of 226Ra and 235U in the gamma spectrum of samples under the condition of secular equilibrium between 238U and 226Ra and with the natural uranium ratio 235U/238U). The calculation results showed that the total count at the 186 keV energy region consists of 57.2% from 226Ra (186.2 keV) and 42.8% from 235U (185.7 keV). These calculations were used to quickly determine the activities of 238U and 235U by directly measuring the 186 keV energy peak from solid environmental samples.

(ii) A method for determining the activity concentrations of 238U and 235U was standardised using a gamma spectrometry system equipped with an HPGe detector. The coincidence summing correction factors and self-absorption correction factors were obtained via Monte Carlo simulations using the MCNP-CP software. The effects of peak overlapping in the 63 keV and 186 keV regions were also investigated and eliminated. This method enables the rapid and direct determination of 238U activity through the 63.3 keV peak (from 234Th) and 235U activity through the 185.7 keV peak. Validation by IAEA reference standards confirmed the method’s suitability for a wide range of sample types, including thorium-rich samples and samples in uranium equilibrium or disequilibrium.

(iii) The analytical method developed in the dissertation was applied to determine the specific activities of 238U, 232Th, and 40K in several solid environmental samples. The results were used to evaluate radiological hazard indices, including radium equivalent activity, external and internal hazard indices, , , absorbed dose rate, and annual effective dose.

3. APPLICATIONS/ APPLICABILITY/ PERSPECTIVE

*Open Issues and Suggested Directions for Future Research:*

(i) Experimental verification of the self-absorption correction factor at 63.3 keV (from 234Th): Although the dissertation performed calculations of the self-absorption correction factor at 63.3 keV using MCNP-CP simulations, and the results were in good agreement with some previously published studies, experimental verification is still lacking. Therefore, future research should aim to experimentally measure the self-absorption factor at this energy in order to validate and improve the simulation models.

(ii) Investigation of full-energy peak efficiency (FEPE) and total efficiency (TE): The dissertation constructed a FEPE calibration curve for cylindrical samples using the RGU reference material, specifically for radionuclide activity analysis. However, to evaluate the impact of sample geometry on detector efficiency, it is necessary to study the FEPE and TE curves using point sources with monoenergetic gamma emissions. These efficiency curves can then be used for comparison and assessment against the results obtained using the RGU reference sample.

(iii) Expansion of the analysis to other types of samples: The dissertation focused primarily on developing an analytical method for solid environmental samples. Therefore, further studies should be conducted using a broader variety of sample types (e.g., liquid samples, plant materials, food samples) to validate and refine the analytical method. This expansion would help determine the feasibility and accuracy of the standardised method across different matrices.

(iv) Improving measurement time and cost-effectiveness: One limitation of this study is the long acquisition time for the gamma spectrum (24 to 48 hours), which hinders its economic viability in practical applications. Thus, further research should focus on improving the detection limits and reducing the measurement time to enhance the method’s efficiency and practicality.

|  |  |
| --- | --- |
|  SUPERVISOR | PhD STUDENT |

CONFIRMATION UNIVERSITY OF SCIENCE

VICE PRESIDENT