

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG, MỨC ĐỘ PHÂN TÍCH CÁC NHÂN PHÓNG XẠ MÔI TRƯỜNG TRÊN HỆ PHỔ KẾ GAMMA PHÂN GIẢI CAO (ORTEC GEM 30)

NGUYỄN VĂN NAM¹, NGUYỄN VĂN PHÓNG²,
NGUYỄN THỊ HẰNG², NGUYỄN HẢI MINH², ĐOÀN VĂN TAM²
¹Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Số 6, Phạm Ngũ Lão, Hà Nội
²Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm, Xuân Phương, Từ Liêm, Hà Nội

Tóm tắt: Với hệ phổ kế gamma phân giải cao ORTEC GEM 30, sử dụng Detector siêu tinh khiết Ge (detector siêu tinh khiết) loại 83 cm³, đặt trong nhà chì giảm phóng, độ phân giải 1,82 KeV ở năng lượng 1332 KeV của ⁶⁰Co. Thiết bị có thể xác định định lượng hầu hết các nhân phóng xạ trong môi trường, đặc biệt thiết bị này còn có khả năng xác định hàm lượng ²³⁸U thông qua đồng vị ²³⁴Th từ đỉnh năng lượng 63,29 KeV, mà các thiết bị cùng loại ở các thế hệ trước không xác định được. Bài viết này giới thiệu khả năng phân tích định lượng các đồng vị phóng xạ trên hệ phổ kế đối với các mẫu môi trường.

I. MỞ ĐẦU

Môi trường mà chúng ta đang sống luôn tồn tại các hạt nhân phóng xạ. Khi con người tiếp xúc với môi trường chứa các nhân phóng xạ vượt mức giới hạn cho phép sẽ gây ra những tác động bất lợi về sức khỏe, chất lượng sống bị suy giảm. Nguồn gốc của các nhân phóng xạ này bao gồm:

1. Các hạt nhân phóng xạ có nguồn gốc từ vũ trụ

Đó là các chùm photon và neutron năng lượng cao (các tia vũ trụ) sinh ra từ các phản ứng nhiệt hạch trong vũ trụ. Các chùm tia vũ trụ năng lượng cao khi đi vào khí quyển tương tác với các thành phần của không khí, sinh ra các đồng vị phóng xạ như ⁷Be, ¹⁴C, ³H, ³²P...

2. Các hạt nhân phóng xạ có trong tự nhiên

Đó là các đồng vị thuộc các dãy phóng xạ Urani 238, Urani 235, Thori 232 và đồng vị K 40. Chúng có mặt trong lớp vỏ trái đất, trong vật liệu xây dựng, trong nước và trong lương thực, thực phẩm... Trong đó đáng kể là các đồng vị radon (²²²Rn), thoron (²²⁰Rn) với các sản phẩm phân rã có chu kỳ bán rã ngắn của chúng như: RaA, RaB, RaC... tồn tại trong không khí ở dạng các son khí phóng xạ, chúng rất dễ xâm nhập vào cơ thể con người qua đường hô hấp.

3. Các hạt nhân phóng xạ nhân tạo

Đó là các bụi phóng xạ và các chất thải phóng xạ từ các ngành công nghiệp hạt nhân, khai thác chế biến quặng có phóng xạ, trong nghiên cứu khoa học và y học. Các đồng vị phóng xạ sống dài như ¹³⁷Cs, ²³⁹Pu, ⁹⁰Sr là sản phẩm phân hạch từ các vụ thử vũ khí hạt nhân được tung vào tầng bình lưu của khí quyển, sau đó lan truyền toàn cầu và rơi dần xuống tầng đối lưu và đi vào trong lớp không khí gần mặt đất dưới dạng các son khí phóng xạ.

Một đặc tính vật lý căn bản của các hạt nhân phóng xạ là: Hầu hết đều phát bức xạ gamma với các mức năng lượng và cường độ khác nhau (trừ các hạt nhân: Pu²³⁹ phân rã alpha, Sr⁹⁰ phân rã beta và một vài hạt nhân phóng xạ khác không phát bức xạ gamma). Lợi dụng khả năng đâm xuyên của bức xạ gamma trong từng nhân phóng xạ với các mức cường độ và năng lượng khác nhau, người ta đã phát triển các hệ phổ kế gamma phân giải cao để phân biệt và xác định hàm lượng các đồng vị phóng xạ trong các mẫu môi trường.

Trong bài báo này, chúng tôi giới thiệu khả năng xác định định lượng một số các nhân phóng xạ trên hệ phổ kế gamma phân giải cao ở mức hoạt độ phóng xạ yếu đối với các mẫu môi trường bằng hệ phổ kế gamma ORTEC GEM 30 với Detector bán dẫn siêu tinh khiết HP Ge thể tích 83

cm³, đặc biệt là khả năng phân tích đồng vị ²³⁸U thông qua đồng vị ²³⁴Th từ đỉnh năng lượng 63,29 KeV, mà các thiết bị cùng loại ở các thể hệ trước không phân tích được.

II. MỘT SỐ HẠT NHÂN PHÓNG XẠ CHÍNH CẦN QUAN TÂM TRONG MÔI TRƯỜNG

Môi trường sống xung quanh ta luôn tồn tại rất nhiều hạt nhân phóng xạ từ các nguồn phóng xạ nhân tạo, tự nhiên, vũ trụ. Chúng không ngừng biến đổi để trở thành những hạt nhân phóng xạ khác hoặc trở về trạng thái bền vững thông qua việc phát bức xạ alpha, beta, gamma.... Thời gian tồn tại của các hạt nhân phóng xạ trong môi trường phụ thuộc vào chu kỳ bán hủy của mỗi hạt nhân. Người ta thấy rằng, sau khoảng 10 chu kỳ bán hủy thì hầu như các hạt nhân phóng xạ bị phân rã hoàn toàn. Vì lẽ đó mà rất nhiều hạt nhân phóng xạ có chu kỳ bán hủy ngắn (ngày, giờ) thì chỉ sau một khoảng thời gian nhất định, chúng không còn tồn tại trong môi trường nữa. Các hạt nhân phóng xạ có chu kỳ bán hủy dài, tồn tại lâu trong môi trường, phát các bức xạ alpha, beta, gamma khi chiếu vào con người, tiềm ẩn nguy cơ ảnh hưởng đến sức khỏe. Bảng 1 dưới đây nêu một số nhân phóng xạ chính cần quan tâm trong công tác nghiên cứu môi trường.

Bảng 1. Danh sách một số hạt nhân phóng xạ cần quan tâm trong môi trường

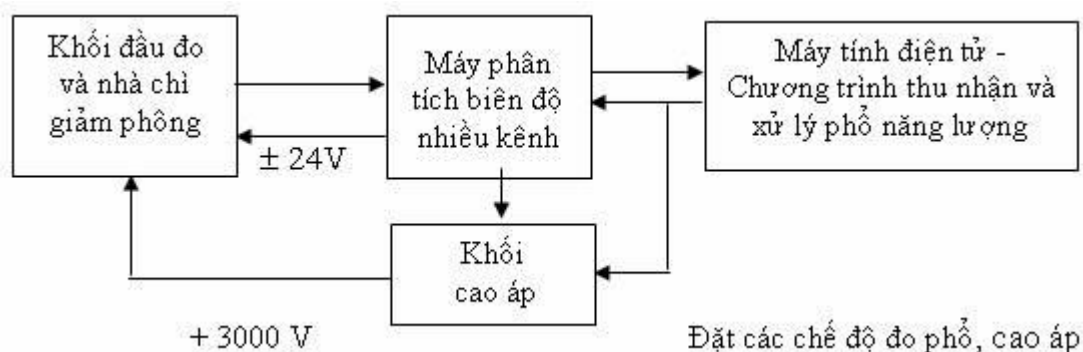
TT	Tên đồng vị	Kí hiệu	T _{1/2}	Phân rã	E -Gamma (KeV)
1	Rutheni-106	Ru ¹⁰⁶	371 ngày	β ⁻	0
2	Antimon-125	Sb ¹²⁵	2,76 năm	β ⁻ , γ	427.87, 463.36, 635.9
3	Strontium-90	Sr ⁹⁰	28.8 năm	β ⁻	0
4	Caesium-137	Cs ¹³⁷	30.17 năm	β ⁻ , γ	661.17
5	Derteri-3	H ³	12,3 năm	β ⁻	0
6	Berili-7	Be ⁷	53,4 ngày	β ⁻ , γ	477.56
7	Carbon-14	C ¹⁴	5730 năm	β ⁻	0
8	Natri-22	Na ²²	2,6 năm	β ⁻ , γ	1274.54
9	Clo-38	Cl ³⁸	37,2 ngày	β ⁻ , γ	1642.4; 2167.8
10	Coban-60	Co ⁶⁰	1925.5 ngày	γ, β	1173.24; 1332.50
11	Dãy Urani (U ²³⁸)	²¹⁰ Pb	22,3 năm	β, γ	46.54
12		²³⁴ Th	2,44x10 ⁵ năm	β, γ	63,29
13		^{234m} Pa	6,7 giờ	β, γ	92,82; 1001,02
14		Ra ²²⁶	1600 năm	β, γ	186,02
15		Pb ²¹⁴	0,45 giờ	β, γ	241,98; 1120,28; 351.99
16		Bi ²¹⁴	0,33 giờ	α, β, γ	609,32; 1120,28; 1764,50
17	Actini	U ²³⁵	7,04x10 ⁸ năm	α, γ	185.97; 143,76; 163.33
18	Dãy Thori	²²⁸ Ac	6,13 giờ	β, γ	129,0; 270; 328; 338,0; 463,0; 911,0; 1631.
19		²¹² Pb	10,64 giờ;	β, γ	139,0; 300,0
20		²⁰⁸ Tl	3,1 phút;	β, γ	277,0; 583; 861,0
21		²¹² Bi	60,6 phút	α, β, γ	727,0

III. HỆ PHỔ KẾ GAMMA PHÂN GIẢI CAO ORTEC-GEM 30 VÀ KHẢ NĂNG PHÂN TÍCH CÁC HẠT NHÂN PHÓNG XẠ TRONG MÔI TRƯỜNG

1. Hệ phổ kế gamma phân giải cao ORTEC GEM 30

Một hệ phổ kế gamma nói chung có sơ đồ khối như Hình 1. Trong đó:

- Khối đầu đo bao gồm: Detector HP. Ge, tiền khuếch đại và nhà chì giảm phóng;
- Máy phân tích biên độ đa kênh bao gồm: khối cao áp, khuếch đại biên độ, bộ phân liệt biên độ xung, bộ ổn định phổ, bộ đếm xung và hiển thị kết quả;
- Khối điều khiển bao gồm máy tính bàn được cài đặt các chương trình phần mềm thu nhận phổ và phân tích phổ năng lượng bức xạ gamma, lưu giữ phổ năng lượng và kết quả phân tích dưới dạng file số.
- Hệ phổ kế ORTEC - GEM 30 sử dụng *Detector bán dẫn siêu tinh khiết* Hp Ge 83 cm³, có độ phân giải năng lượng cao, được giảm phóng bằng nhà chì đạt tiêu chuẩn Quốc tế cho các phòng đo phóng xạ; đáp ứng được yêu cầu đo các mẫu phóng xạ yếu (mẫu môi trường). Đây là Detector thuộc thế hệ mới do hãng ORTEC chế tạo, có hiệu suất tương đối 30 %, giải đo năng lượng rộng từ 30 KeV đến 3000 KeV. Độ phân giải năng lượng 0,85 KeV ở năng lượng 122 KeV và 1,85 KeV ở năng lượng 1332 KeV của ⁶⁰Co. Dạng phổ thu được với các peak năng lượng biểu diễn theo dạng GAUS tiêu chuẩn. Tỷ số giữa hấp thụ quang điện và tán xạ compton cao: peak/Compton là 60/1.
- Máy phân tích biên độ đa kênh (8192 kênh): bao gồm đầy đủ các khối chức năng như cao áp 4000 v, bộ ổn định phổ, khuếch đại chính... được tích hợp trong một thiết bị do hãng ORTEC - của Mỹ sản xuất có độ ổn định cao.
- Chương trình thu nhận phổ năng lượng gamma của các mẫu đo **MAW 32** có phần mềm tự động ổn định phổ năng lượng trong quá trình đo rất hiệu quả, cho phép hệ phổ kế làm việc ổn định liên tục 24/24 giờ nếu nguồn điện không bị thay đổi mạnh.



Hình 1. Sơ đồ khối hệ phổ kế gamma phân giải cao.

- Chương trình phần mềm GammaVision 32: được sử dụng để phân tích kết quả hiện đại và rất tiện dụng. Chương trình cho phép tự động xác định đường chuẩn hiệu suất của hệ phổ kế trên cơ sở đưa các điện tích đỉnh biết trước năng lượng và hoạt độ của nó. Cũng tương tự với đường chuẩn Kênh - Năng lượng hoàn toàn tự động và chính xác. Phần mềm tìm đỉnh nhận diện đồng vị và xác định hoạt độ phóng xạ trong mẫu thực hiện nhanh, chính xác, các kết quả phân tích tự động lưu giữ dưới dạng file. Thư viện đồng vị cho phép cập nhật các số liệu hạt nhân mới của các đồng vị phóng xạ giúp cho kết quả phân tích chính xác hơn.

2. Khả năng phân tích định lượng các nhân phóng xạ của máy phổ Ortec Gem 30

a) Phân tích các hạt nhân thuộc dãy ²³⁸U:

Phân tích U-238: được thực hiện thông qua các photopeak năng lượng 63.29 KeV của đồng vị ²³⁴Th và 1001 KeV của ^{234m}Pa tồn tại trong tự nhiên luôn luôn cân bằng phóng xạ với đồng vị ²³⁸U.

Phân tích Ra-226: theo một trong hai cách:

- Phân tích thông qua hai đồng vị phân rã con cháu của nó là ^{214}Pb và ^{214}Bi :

Với các photopeak mạnh của ^{214}Pb là 295,2; 351,9 KeV và của ^{214}Bi là 609,3; 1120,2 và 1764,5 KeV được sử dụng để phân tích Ra-226 cân bằng với các sản phẩm phân rã của nó. Mẫu được nhốt kín bằng cách đổ parafin lên trên và nhốt radon trong 21-30 ngày để đạt được cân bằng phóng xạ giữa ^{226}Ra và các hạt nhân con cháu: ^{222}Rn , ^{214}Pb và ^{214}Bi của mẫu.

- Phân tích bằng cách đo trực tiếp photopeak 186,2 của ^{226}Ra :

Photopeak 186,2 KeV là đỉnh gamma mạnh trong phổ năng lượng bức xạ gamma của urani. Do đó việc phân tích hàm lượng của Ra-226 bằng photopeak 186,2 KeV có độ chính xác và độ nhạy cao hơn. Tuy nhiên tại photopeak năng lượng 186,2 KeV (hiệu suất phát gamma 3,28 %) của Ra-226 luôn có sự đóng góp của đồng vị và U-235 với năng lượng 185,99 KeV (Hiệu suất phát gamma 57,2 %).

Như vậy tại photopeak 186,2 KeV có số đếm $C_{\text{Tổng}}$ cần phải loại trừ phần đóng góp của U235:

$$C_{\text{Ra}} = C_{\text{Tổng}} - C_{\text{U235}} \quad (1)$$

Có rất nhiều công trình đã nghiên cứu, xác định tỉ số đóng góp số đếm tại photopeak 186,2 KeV của Ra-226 với U-235. Người ta đã xác định được công thức rút gọn như sau:

$$C_{\text{Ra}} = 0.583 C_{\text{Tổng}} \quad (2)$$

$$C_{\text{U235}} = 0.417 C_{\text{Tổng}} \quad (3)$$

Như vậy đối với các mẫu urani cân bằng phóng xạ trong tự nhiên, ta có thể phân tích được hàm lượng của Ra-226 thông qua photopeak năng lượng 186,2 KeV bằng cách đo phổ năng lượng gamma và lấy 58,3% số đếm tại peak 186,2 KeV.

Phân tích hạt nhân thuộc dãy Th²³²: Trong dãy phóng xạ Thori-232, đồng vị ^{228}Ac có chu kỳ bán rã 6,13 giờ, là sản phẩm phân rã gamma của hạt nhân ^{232}Th . Trong tự nhiên ^{228}Ac luôn luôn cân bằng phóng xạ với hạt nhân mẹ đứng đầu dãy là ^{232}Th . Hạt nhân ^{228}Ac phát bức xạ gamma năng lượng 911,07 KeV với hiệu suất phát gamma 26,6 % rất thích hợp cho việc phân tích phổ xác định hàm lượng ^{232}Th trong các mẫu môi trường.

Phân tích hạt nhân K⁴⁰: Nguyên tố kali tự nhiên bao gồm 3 đồng vị trong đó chỉ có ^{40}K là đồng vị phóng xạ phân rã beta kèm theo phát bức xạ gamma năng lượng 1460,8 KeV. Phân tích phổ gamma xác định ^{40}K trong mẫu môi trường rất thuận tiện, vì đỉnh năng lượng 1460,8 KeV của nó không bị nhiễu bởi các đỉnh năng lượng khác và nền tán xạ Compton của phổ ở vùng năng lượng cao thường rất thấp nên cho phép xác định hàm lượng với độ nhạy và độ chính xác cao.

Phân tích hạt nhân Be⁷: Hạt nhân Be^7 được sinh ra từ các phản ứng hạt nhân trong vũ trụ, có chu kỳ bán rã 53,4 ngày, năng lượng tia gamma đặc trưng là 477,56 KeV. Do có chu kỳ bán rã ngắn, việc phân tích hoạt độ của Be^7 trong các loại mẫu môi trường cần được hiệu chỉnh thời gian chờ đo theo nguyên tắc tính hoạt độ ban đầu bằng công thức tổng quát sau:

$$A_t = A_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\frac{0,693 \cdot t}{T}} \quad (4)$$

Trong đó: A_t là hoạt độ của hạt nhân tại thời điểm đo; A_0 là hoạt độ của hạt nhân trong mẫu tại thời điểm lấy mẫu; t là thời gian chờ đo (từ thời điểm dừng lấy mẫu đến thời điểm đo mẫu); T là chu kỳ bán rã của hạt nhân.

Hiệu chỉnh thời gian chờ đo mẫu (Thời gian từ lúc kết thúc lấy mẫu đến khi bắt đầu đo mẫu) bằng chức năng "Decay" trên hộp hội thoại của thanh công cụ "Sample type" của chương trình GammaVision 32.

Phân tích các hạt nhân thuộc dãy ^{235}U : Hạt nhân ^{235}U đứng đầu dãy Actinium. Trong Urani tự nhiên ^{235}U chiếm tỷ trọng 0,72% về số nguyên tử và 0,711 % về khối lượng. Hạt

nhân ^{235}U có thể phân tích bằng hệ phổ kế gamma Ortec Gem 30 ở các mức năng lượng gamma được thống kê trong Bảng 2.

Bảng 2. Các mức năng lượng gamma để phân tích hạt nhân ^{235}U

Dãy Phóng xạ	Đồng vị	Năng lượng (KeV)	Cường độ (số γ /phân rã)
Dãy Actini	^{235}U	185,99	0,572
		143,76	0,109
		163,33	0,051
		205,31	0,047

Hạt nhân ^{235}U có thể xác định được bằng phổ kế gamma phân giải cao với việc đo các peak năng lượng 143,76 KeV, 163,33 KeV và 205,31 KeV. Tuy nhiên hiệu suất phát gamma của các photopeak này nhỏ, nên có độ chính xác không cao. Ta có thể phân tích ^{235}U thông qua đỉnh 185,99 KeV cho độ nhạy cao hơn nhưng phải trừ phần đóng góp của ^{226}Ra tham gia vào như đã nêu ở mục phân tích Ra-226.

Phân tích các hạt nhân phóng xạ nhân tạo: Các hạt nhân phóng xạ nhân tạo trong môi trường chủ yếu là các đồng vị sống dài được sinh ra từ các vụ nổ hạt nhân và sự cố lò phản ứng hạt nhân. Để phân tích các đồng vị phóng xạ nhân tạo quan trọng nhất như ^{234}Cs , ^{237}Cs , Eu^{152} , I^{131} ta sử dụng các photopeak năng lượng được ghi trong Bảng 3.

Từ khả năng và mức độ phân tích của hệ phổ kế gamma phân giải cao Ortec Gem 30 như đã nêu ở trên cho kết luận:

Với Hệ phổ kế ORTEC GEM-30 có thể xác định hàm lượng của hầu hết các nhân phóng xạ phát bức xạ gamma ở các mức năng lượng khác nhau từ 45,6 KeV đến 2000 KeV có trong tự nhiên.

Việc phân tích hàm lượng U-238 tại mức năng lượng 63,29 KeV là một kết quả vượt trội so với các sản phẩm cùng loại ở thế hệ trước, do có hiệu suất thấp không đo được ở mức năng lượng này.

Thời gian đo mẫu không hạn chế, nên có thể tăng thời gian đo thay bằng tăng khối lượng hay mức làm giàu mẫu bằng các cách khác nên có thể đo các mẫu hàm lượng thấp nhưng độ chính xác rất cao (< 10 %) mà các phương pháp khác không thể có được.

Bảng 3. Năng lượng gamma phân tích các đồng vị nhân tạo

STT	Hạt nhân	Chu kỳ bán hủy	E_γ (KeV)	Cường độ (số γ /phân rã)
1	^{137}Cs	30 năm	661,62	0,850
2	^{234}Cs	754,8 ngày	604,73	0,976
			795,76	0,854
			569,29	0,153
3	^{131}I	8,04 ngày	364,48	0,816
			636,97	0,071
5	^{60}Co	5,272 năm	1173,24	0,999
			1332,50	0,999
6	^{152}Eu	12,7 năm	121,78	0,283
			344,3	0,265

IV. VÍ DỤ VỀ CHƯƠNG TRÌNH PHÂN TÍCH NHÂN PHÓNG XẠ TRÊN MÁY PHỔ ORTEC GEM 30 TRONG MẪU ĐẤT HIỂM

1 Kết quả phân tích mẫu MDNX07 bằng chương trình GAMMAVISION 32

a) Thông tin về mẫu đo:

Tên mẫu C:\User\Dat_DeTai\MD007KT.An1

Thời gian đo: Live time: 15945 sec

Thời gian bắt đầu đo: Start time 21-Mar-2013 16:29:45

Chuẩn năng lượng: Energy Calibration

Created: 18-Sep-2013 09:49:31

Zero offset: -19.341 keV

Gain: 0.247 keV/channel

Quadratic: 1.456E-08 keV/channel²

Chuẩn hiệu xuất đo: Efficiency Calibration

Created: 04-Jun-2013 15:27:38

Type: Polynomial

Uncertainty: 2.753 %

Thư viện đồng vị: Library Files

Main analysis library: LibUran-Thori.Lib

Thông số phân tích: Analysis parameters

Analysis engine: wan32 G53W2.01

Start channel: 10 (2.55keV).

Stop channel: 8000 (1970.09keV).

Peak search sensitivity: 3

Sample Size: 1.0000E+00

b) Xác định diện tích và cường độ các peak năng lượng trong phổ gamma đo được:

I D E N T I F I E D P E A K S U M M A R Y								
Area	Nuclide	Peak	Centroid	Background	Net			
	Intensity	Uncert	FWHM					
	Channel	Energy	Counts	Counts	Cts/Sec	1	Sigma	% keV
	Pb-							
210	265.80	46.41	2808.	501.	0.032	19.34	0.710s	
	TH-							
234	334.03	63.29	4639.	1048.	0.066	12.26	0.747	
	U-							
235	659.03	143.69	3280.	513.	0.032	20.37	1.077	
	U-							
235	738.72	163.41	3714.	281.	0.018	42.81	0.671s	
	RA-							
226	829.86	185.96	3368.	4078.	0.256	3.20	1.117	
	U-							
235	905.08	204.57	2429.	169.	0.011	52.41	0.501s	
	PB-							
212	1042.63	238.60	1811.	13951.	0.877	0.95	1.046D	
	PB-							
214	1056.05	241.92	2583.	3735.	0.235	2.53	1.048D	
	PB-							
214	1270.98	295.10	1782.	7467.	0.470	1.68	0.998	
	AC-							
228	1403.05	327.77	1341.	649.	0.041	11.50	1.075	
	AC-							
228	1445.03	338.16	1812.	2543.	0.160	4.07	1.027	
	PB-							
214	1499.92	351.74	1782.	12120.	0.762	1.28	1.060	
	Be-							
7	2004.13	476.50	418.	17.	0.001	201.89	0.213s	
	TL-							
208	2434.43	582.97	1051.	4163.	0.262	2.31	1.266	
	BI-							
214	2540.04	609.10	921.	8778.	0.552	1.35	1.288	

137	CS- 2752.27	661.62	515.	103.	0.006	32.69	1.414D	
212	BI- 3253.15	785.57	511.	328.	0.021	19.69	2.138s	
228	AC- 3759.99	911.01	592.	2842.	0.179	2.60	1.501	
	pa234m	4121.42	1000.46	175.	183.	0.012	16.48	1
	.452s							
214	BI- 4604.44	1120.01	299.	2025.	0.127	3.17	1.672	
40	K- 5980.16	1460.54	233.	3177.	0.200	2.22	1.949	
214	BI- 7207.11	1764.30	76.	1591.	0.100	2.89	2.006	

s - Peak fails shape tests.

D - Peak area deconvoluted.

c) Tính toán hoạt độ trung bình của các hạt nhân theo các đỉnh gamma đặc trưng:

S U M M A R Y O F L I B R A R Y P E A K U S A G E
- Nuclide - Average ----- Peak -----

Name	Code	Activity Becquerels	Energy keV	Activity Becquerels	Code MDA Becquerels	Value Comments
K-40		2.3391E+02	1460.75	2.339E+02	(P 1.985E+00 G	
TL-208	N	3.8211E+01	583.20	3.794E+01	(P 4.368E-01 G	
			277.36	4.180E+01	(4.373E+00 G	
Be-7	N	0.0000E+00	477.56	0.000E+00	& 7.090E-01 G	
CS-137		3.7642E-01	661.62	3.764E-01	(1.192E-01 G	
PB-212		5.0075E+01	238.60	5.007E+01	(P 2.273E-01 G	
PB-214		6.7508E+01	351.99	6.505E+01	(P 3.324E-01 G	
			295.22	7.245E+01	(P 5.879E-01 G	
			241.92	7.940E+01	+ P 2.411E+00 G	
BI-212		4.7424E+01	727.17	4.742E+01	(1.859E+00 G	
			785.42	1.072E+02	+ 1.356E+01 G	
Pb-210	N	8.4156E+01	46.50	8.416E+01	(P 1.591E+01 G	
BI-214		5.4881E+01	609.32	5.488E+01	(P 2.799E-01 G	
			1764.51	1.123E+02	+ P 4.195E+00 G	
			1120.28	7.156E+01	+ P 2.446E+00 G	
			1238.11	9.400E+01	+ P 5.403E+00 G	
			1280.96	9.879E+01	+ 1.386E+01 G	
RA-226		1.6508E+02	185.99	1.651E+02	(P 3.514E+00 G	
AC-228		4.3814E+01	911.07	4.418E+01	(P 5.629E-01 G	
			338.40	4.374E+01	(P 1.055E+00 G	
			328.00	4.094E+01	(3.301E+00 G	
pa234m	N	9.4688E+01	1001.00	9.469E+01	(9.926E+00 G	
TH-234		9.4783E+01	63.30	9.478E+01	(P 9.553E+00 G	

U-235 N 5.5534E+00 143.76 5.301E+00 (P 9.359E-01 G
 205.31 4.881E+00 &(2.026E+00 G
 163.35 6.760E+00 (P 2.211E+00 G

(- This peak used in the nuclide activity average).
 (P - Peakbackground subtraction)

d) Tính hoạt độ riêng (Bq/kg) các hạt nhân có mặt trong mẫu:

S U M M A R Y O F N U C L I D E S I N S A M P L E *****			
Nuclide	Time of Count Activity Bq/Kg	Uncertainty Counting	1 Sigma Total
K-40	2.3391E+02	2.287E+00%	2.969E+00%
TL-208	3.8211E+01	2.342E+00%	3.019E+00%
Be-7 <	7.0897E-01		
CS-137	3.7642E-01	3.269E+01%	3.275E+01%
PB-212	5.0075E+01	9.590E-01%	2.472E+00%
PB-214	6.7508E+01	1.062E+00%	2.329E+00%
BI-212	4.7424E+01	6.860E+00%	7.119E+00%
Pb-210 #	8.4156E+01	2.389E+01%	2.392E+01%
BI-214	5.4881E+01	1.355E+00%	2.337E+00%
RA-226	1.6508E+02	3.299E+00%	3.976E+00%
AC-228	4.3814E+01	2.626E+00%	3.234E+00%
pa234m #	9.4688E+01	1.648E+01%	1.652E+01%
TH-234	9.4783E+01	1.326E+01%	1.342E+01%
U-235	5.5534E+00	2.245E+01%	2.255E+01%

- All peaks for activity calculation had bad shape.
 < - MDA value printed.

Từ các kết quả tính toán tự động nêu trên, tính hoạt độ riêng của các hạt nhân trong mẫu MDNX007 là:

- U-238: bằng trung bình cộng của hoạt độ Pa-234m và Th-234:

$$A_{U-238} = (94,69 + 94,78)/2 = \mathbf{94,74 \pm 10,63\% (Bq/kg)}$$

- U-235: $A_{U-235} = 5,55 \pm 22,6\% (Bq/kg)$

- Ra-226: $A_{Ra-226} = 0,583 \times 165,1 = 92,25 \pm 2,3\% (Bq/kg)$

V. KẾT LUẬN

Công tác nghiên cứu môi trường nói chung, môi trường phóng xạ nói riêng ở nước ta mới chỉ bắt đầu, việc khai thác khả năng, mức độ phân tích của các thiết bị hạt nhân trong nghiên cứu môi trường là rất thiết thực và hữu ích. Máy phổ gamma ORTEC GEM 30 là một trong số ít thiết bị phân tích, có khả năng phân tích nổi trội hiện nay, với các kết quả cụ thể đạt được là:

1/ Hệ phổ kế ORTEC GEM-30 có thể xác định hàm lượng của hầu hết các nhân phóng xạ phát bức xạ gamma ở các mức năng lượng khác nhau từ 45,6 KeV đến 2000 KeV có trong tự nhiên.

2/ Việc phân tích hàm lượng U-238 tại mức năng lượng 63,29 KeV là một kết quả vượt trội so với các sản phẩm cùng loại ở thế hệ trước do có hiệu suất thấp không đo được ở mức năng lượng này.

3/ Thời gian đo mẫu không hạn chế, nên có thể tăng thời gian đo thay bằng tăng khối lượng hay mức làm giàu mẫu bằng các cách khác nên có thể đo các mẫu hàm lượng thấp nhưng độ chính xác rất cao (nhỏ hơn 10 %) mà các phương pháp khác không thể có được.

4/ Phát hiện và tính toán hàm lượng đồng thời nhiều đồng vị phóng xạ trong cùng lúc, là cơ sở để hạn chế các ảnh hưởng của các điều kiện phân tích như một số phương pháp phân tích khác và tiết kiệm chi phí.

5/ Với khả năng nổi trội như đã nêu ở trên, thiết bị phân tích phổ gamma phân giải cao (ORTEC GEM 30) hoàn toàn đáp ứng nhu cầu phân tích mẫu môi trường để xác định hàm lượng một số nhân phóng xạ cơ bản hiện nay ở nước ta.

VĂN LIỆU

1. Ebaid Y.Y., 2009. Physics Department Faculty of Science, Fayoun University, Fayoun 63514 Egypt "Use of Gamma-ray spectrometry for Uranium Isotopic analysis in Environmental Samples" *February 18, 2009.*

2. Aziz A., Faruq M.U., Pakveen N., Health Physics Division, Pakistan Institute of Nuclear "Radioassay Of Environmental Samples By High-Resolution Spectrometry and Low- Level Beta Counting". *IAEA- SM-252/15.*

3. Technical Reports Series No 295 "Measurement of Radionuclides in Food and the Environment". *A Guidebook, IAEA, VIENA 1989*".