

KHAI THÁC HỆ PHỔ KẾ GAMMA ORTEC GEM - 30 ĐỂ PHÂN TÍCH CÁC NHÂN PHÓNG XẠ, PHỤC VỤ THĂM DÒ KHOÁNG SẢN VÀ ĐÁNH GIÁ MÔI TRƯỜNG

NGUYỄN VĂN NAM¹, NGUYỄN HẢI MINH¹, NGUYỄN THỊ HẰNG¹, NGUYỄN VĂN DŨNG²

¹Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm, ²Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Tóm tắt: Hệ phổ kế gamma ORTEC GEM -30 là hệ thiết bị có khả năng phân tích các nhân phóng xạ phát bức xạ gamma với độ chính xác rất cao, phục vụ tốt cho công tác điều tra, thăm dò khoáng sản nói chung và nghiên cứu môi trường phóng xạ nói riêng. Bài giới thiệu một số khả năng nổi trội của hệ thiết bị ORTEC GEM -30 trong việc phân tích các mẫu vật địa chất và môi trường ở Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm trong thời gian qua.

I. MỞ ĐẦU

Trong khi hầu hết các thiết bị đo đếm phóng xạ như UMF-2000, DKS-96, RAD-7 chỉ xác định được tốc độ đếm, tức là cường độ của bức xạ thì Phổ kế gamma phân giải cao dùng Detector bán dẫn tinh thể HP.Ge siêu tinh khiết có thể xác định được cả hai thông số là cường độ và năng lượng của bức xạ thông qua số đếm ở các kênh khác nhau của thiết bị. Điều đó rất quan trọng bởi vì mỗi hạt nhân phóng xạ thường phát ra nhiều tia gamma có cường độ và năng lượng khác nhau. Mỗi phổ gamma đo được từ các tia gamma phát ra trong mẫu đo chứa đầy đủ các thông tin về hoạt độ của đồng vị và năng lượng của các tia bức xạ gamma. Quá trình xử lý phổ gamma thu được từ các mẫu đo giúp nhận diện được tên tuổi của từng đồng vị phóng xạ tồn tại trong mẫu cũng như hàm lượng hoạt độ của chúng. Vì những tính năng như vậy, Phổ kế gamma phân giải cao sử dụng Detector bán dẫn siêu tinh khiết HP.Ge là một công cụ rất tiện lợi và được áp dụng rộng rãi trong công tác nghiên cứu hạt nhân phóng xạ cũng như trong công tác thăm dò tìm kiếm quặng phóng xạ và bảo vệ môi trường, khắc phục các sự cố hạt nhân phóng xạ.... Một trong các loại thiết bị như vậy là hệ phổ kế gamma ORTEC GEM - 30 đang được khai thác, sử dụng tại Trung tâm Quan trắc và điều tra môi trường phóng xạ thuộc Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm. Đây là một hệ phổ kế hiện đại với độ phân giải năng lượng cao, hiệu suất đo lớn và có thể đo được phổ gamma với dải năng lượng rộng từ khoảng 30 KeV đến 3000 KeV, là dải năng lượng của hầu hết các đồng vị phóng xạ tồn tại trong tự nhiên và các đồng vị phóng xạ đang sử dụng trong các ngành kinh tế, kỹ thuật hiện nay. Do đó, hệ phổ kế gamma ORTEC GEM - 30 có thể đáp ứng hiệu quả công tác phân tích xác định sự có mặt của các nhân phóng xạ và hàm lượng hoạt độ của chúng trong mẫu vật, phục vụ thăm dò địa chất khoáng sản và quan trắc phóng xạ môi trường. Với khả năng ưu việt đó, bài viết này trình bày một số khả năng nổi trội của hệ thiết bị phục vụ các nhiệm vụ trọng tâm của Trung tâm Quan trắc và điều tra môi trường phóng xạ nói riêng và ngành Địa chất nói chung trong thăm dò khoáng sản và điều tra, đánh giá môi trường.

II. CƠ SỞ XÁC ĐỊNH HOẠT ĐỘ CÁC NHÂN PHÓNG XẠ TRÊN HỆ PHỔ KẾ GAMMA

Trong phân tích phóng xạ, việc phân biệt và xác định hoạt độ của các hạt nhân trong mẫu có hai yếu tố cơ bản quyết định khả năng và kết quả phân tích đó là phương pháp và thiết bị phân tích hay cụ thể ở đây là Hệ phổ kế gamma ORTEC GEM – 30 và kỹ thuật phân tích của người sử dụng thiết bị. Chúng ta lần lượt xem xét các yếu tố cơ bản đó trong phân tích xác định hoạt độ các nhân phóng xạ trong mẫu môi trường.

1. Hệ phổ kế gamma

Thông thường trong các mẫu môi trường tồn tại nhiều đồng vị phóng xạ thuộc các dãy phóng xạ tự nhiên, gồm ^{238}U , ^{235}U và ^{232}Th cũng như một số đồng vị khác như ^{40}K , ^{237}Cs , ^7Be , ^{131}I ... Phổ tia bức xạ gamma thường có rất nhiều đỉnh năng lượng đặc trưng cho các đồng vị riêng vì thế phổ bức xạ gamma đo được thường rất phức tạp với nhiều đỉnh năng lượng có cường độ khác nhau và có những đỉnh năng lượng với sự đóng góp của 2 hay 3 đồng vị khác nhau hoặc các đỉnh nằm gần nhau, thí dụ đỉnh 186 KeV là đỉnh trùng của 2 đồng vị chính là ^{226}Ra với tia gamma năng lượng 186 KeV và ^{235}U với tia gamma năng lượng 185,7 KeV. Đỉnh năng lượng 241,9 KeV của đồng vị ^{214}Pb nằm rất gần với đỉnh 238,6 KeV của đồng vị ^{212}Pb ...

Để xác định được hoạt độ của các nhân phóng xạ riêng biệt, hệ phổ kế gamma cần phải có độ phân giải năng lượng cao để hạn chế các đỉnh năng lượng trùng hoặc nằm quá gần nhau, ảnh hưởng đến độ chính xác của phép phân tích.

Một hệ phổ kế gamma được dùng để phân tích xác định hoạt độ các nhân phóng xạ bao gồm các cấu thành cơ bản là: Detector cảm biến bức xạ tia gamma thành tín hiệu điện, thiết bị điện tử gọi là máy phân tích biên độ đa kênh (MCA) để ghi nhận các xung điện tử tạo thành từ các tia gamma tương tác với Detector và phần mềm điều khiển hoạt động thu phổ năng lượng và phân tích thành phần các đồng vị phóng xạ trong mẫu đo, lưu giữ kết quả phân tích. Để xem xét khả năng phân tích của một hệ phổ kế gamma đối với người sử dụng cần quan tâm tới khả năng phân tích xác định chính xác được thành phần các đồng vị phóng xạ và định lượng được hoạt độ của nó trong các mẫu đo. Các khả năng phân tích phụ thuộc vào 5 yếu tố như sau:

- Năng lượng tia bức xạ gamma của các hạt nhân phóng xạ trong mẫu đo;
- Độ phân giải năng lượng của hệ phổ kế;
- Độ ổn định của Hệ phổ kế;
- Nền phóng xạ trong phổ năng lượng thu được từ hệ phổ kế;
- Khả năng phân tích tự động để tìm đỉnh năng lượng, nhận diện đồng vị và tính toán hoạt độ phóng xạ trong mẫu của chương trình phần mềm phân tích phổ.

Yếu tố thứ nhất và thứ hai được quyết định bởi độ phân giải năng lượng của Detector. Yếu tố thứ 3 được quyết định bởi độ ổn định của hệ thống điện tử như máy phân tích biên độ đa kênh (MCA), khối cao áp 4000 V cung cấp cho Detector và bộ ổn định phổ. Yếu tố thứ 4 phụ thuộc vào hệ thống nhà chì che chắn phóng xạ tự nhiên ở phòng đo có sạch về phóng xạ hay không và phụ thuộc vào tỷ số "Peak/compton" của các Detector. Yếu tố thứ 5 được quyết định bởi chương trình phần mềm thu phổ và phân tích phổ, trong đó có yếu tố kỹ thuật phân tích của người sử dụng để tạo nên các đường chuẩn Kênh - năng lượng, đường chuẩn hiệu suất đo theo năng lượng của bức xạ gamma và cập nhật chính xác thư viện đồng vị phóng xạ.

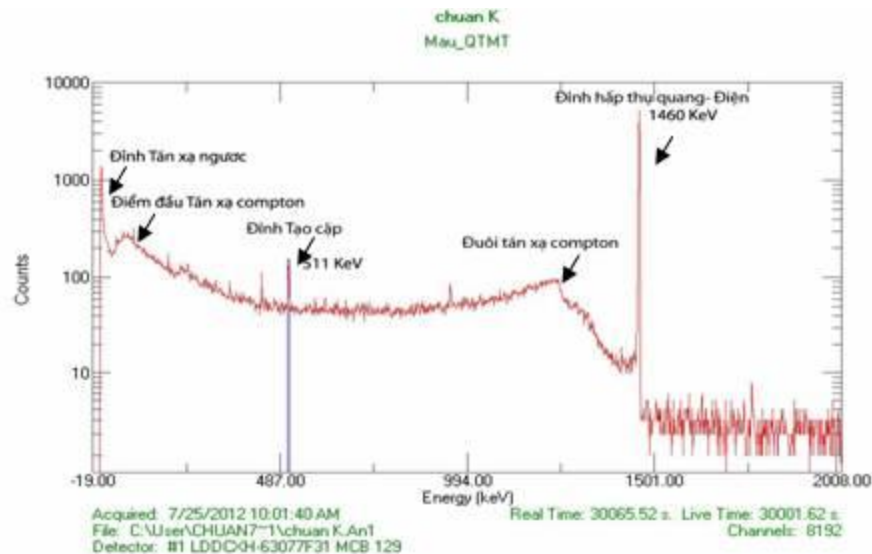
Trong các yếu tố nói trên, đáng kể nhất quyết định đến khả năng phân tích hoạt độ phóng xạ là chế tạo ra các loại Detector có các thông số kỹ thuật như độ phân giải năng lượng, hiệu suất đo tia gamma và tỷ số "Peak/Compton" ngày càng cao. Để hiểu rõ vấn đề này, chúng ta nghiên cứu quá trình tạo thành phổ năng lượng bức xạ gamma diễn ra đầu tiên ở Detector.

a. Detector đo tia bức xạ gamma

Có ba cách cơ bản mà các tia gamma tới tương tác với nguyên tử của vật chất trong Detector đó là: Hấp thụ Quang-Điện, tán xạ Compton và hiệu ứng tạo cặp. Năng lượng tạo ra từ các quá trình tương tác với vật chất Detector tạo thành các xung điện. Các xung điện có biên độ khác nhau và cường độ khác nhau tỉ lệ với năng lượng và cường độ tia gamma mà Detector đã ghi nhận, được

đưa vào bộ lọc xung hay gọi là máy phân tích biên độ đa kênh (Multi-Channel Analyzer (MCA)). Chức năng của MCA được kiểm soát và điều khiển bằng một chương trình phân tích của máy tính mà sản phẩm cuối cùng là phổ gamma của bức xạ được ghi nhận. Đó là các cơ sở quan trọng để tạo nên các Phổ kế gamma ứng dụng trong phân tích các đồng vị phóng xạ.

Dạng phổ tạo thành do các hiệu ứng tương tác của tia gamma với Detector của đồng vị ^{40}K phát tia gamma đơn năng với năng lượng 1460,7 KeV như Hình 1.



Hình 1. Phổ gamma thu được khi đo nguồn phóng xạ đơn năng ^{40}K trên hệ phổ kế ORTEC GEM-30

Hệ phổ kế ORTEC GEM-30 do Hãng ORTEC (Mỹ) sản xuất với Detector bán dẫn siêu tinh khiết HP Ge hình trụ có thể tích 83 cm³ thuộc loại GEM 30P4 có các thông số kỹ thuật của Detector nêu trong Bảng 1.

Tính năng ưu việt của Detector GEM 30 thể hiện ở một số thông số kỹ thuật sau đây:

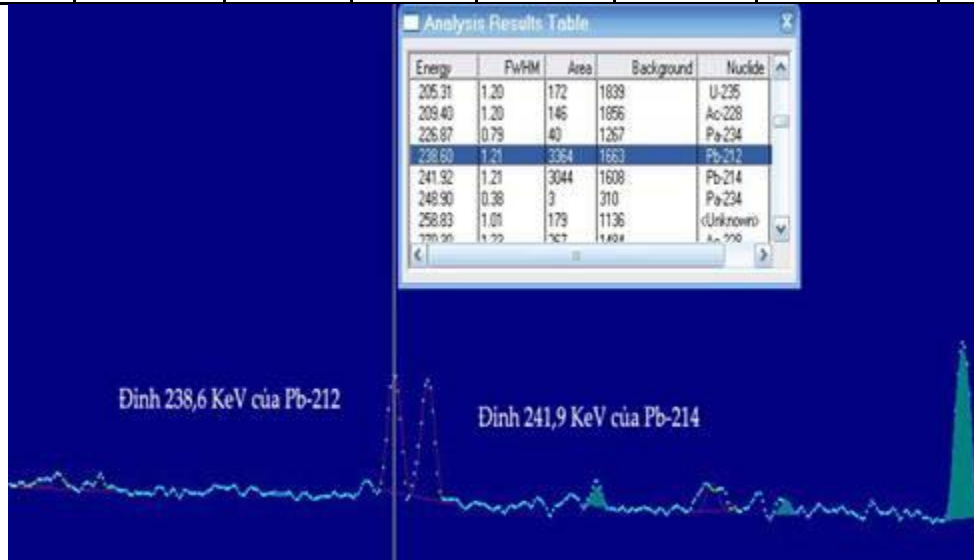
+ Hiệu suất đo 30 % đủ để phân tích được hoạt độ phóng xạ yếu của các mẫu môi trường.

+ Độ phân giải ở một nửa độ cao (PWHM) của photopeak năng lượng 661,6 KeV của ^{137}Cs từ 1,25 % đến 1,5% tùy theo hoạt độ của mẫu đo. Với khả năng phân giải năng lượng cao, Hệ phổ kế gamma ORTEC - GEM 30 cho phép phân tách được hai đỉnh năng lượng 238,7 KeV của đồng vị ^{212}Pb với đỉnh năng lượng 241,9 KeV của đồng vị ^{214}Pb (Hình 2).

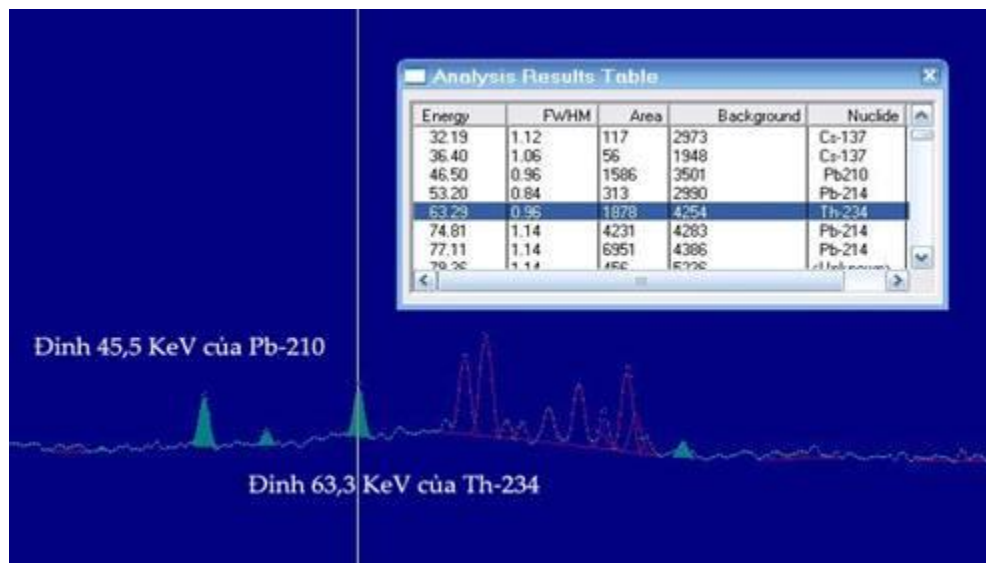
Bảng 1. Các thông số kỹ thuật của một số Detector loại GEM

Kiểu No.	Hiệu suất (%)	Độ phân giải		Tỷ số Peak/Compton	Dạng Peak		Đường kính ngoài
		122 keV	1.33 keV		FW.1M/ FWHM	FW.02M/ FWHM typical	
		122 keV	1.33 keV		FW.1M/ FWHM	FW.02M/ FWHM typical	

GEM40P4	40	0,87	1,85	64:1	1,9	2,6	-76, -83
GEM35P4	35	0,85	1,85	62:1	1,9	2,6	-70, -76, -
GEM30P4	30	0,85	1,85	60:1	1,9	2,6	83
GEM25P4	25	0,82	1,85	56:1	1,9	2,6	-70, -76, -
GEM20P4	20	0,82	1,80	52:1	1,9	2,6	83
GEM15P4	15	0,82	1,80	46:1	1,9	2,6	-70, -76, -
GEM10P4	10	0,80	1,75	41:1	1,9	2,6	83
							-70
							-70
							-70



Hình 2. Phổ bức xạ gamma của đồng vị ^{212}Pb và ^{214}Pb thuộc dãy ^{238}U trong tự nhiên



Hình 3. Xác định ^{238}U qua peak 63,3 keV của ^{234}Th và 46,5 KeV của ^{210}Pb

+ Tỷ số "Peak- Compton" **60:1** tương đối cao tức là hiệu suất tương tác tạo thành photoppeak trong Detector cao, nền tán xạ compton thấp giúp cho độ nhạy của hệ phổ kế cao và giới hạn phân

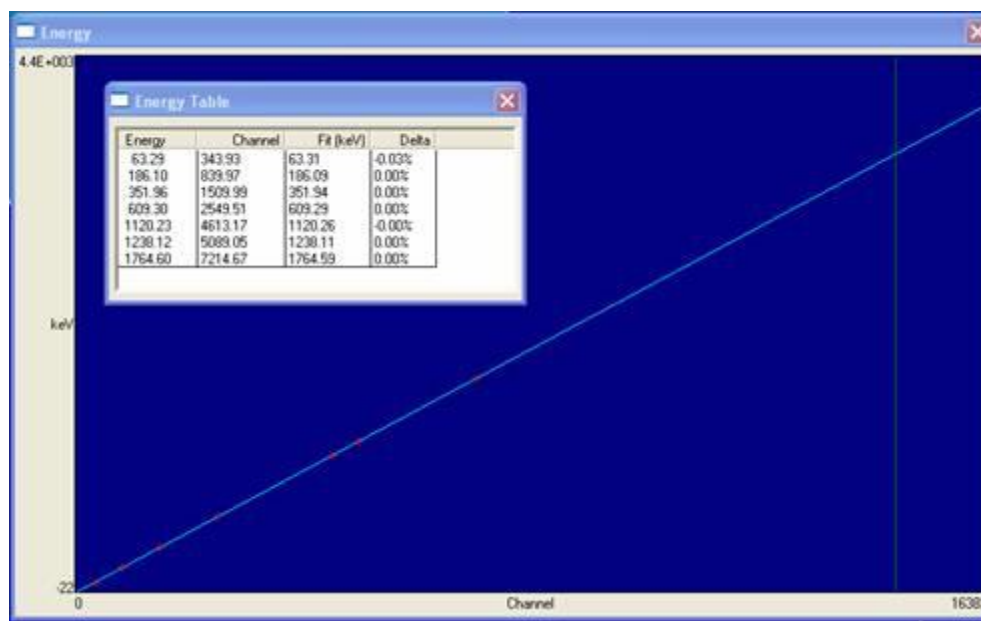
tích phát hiện được các hoạt độ nhỏ hơn cũng như cho phép xác định được các đỉnh năng lượng với năng suất phát gamma của đồng vị yếu như tia gamma 1001 KeV (Hiệu suất phát 0,009%) của đồng vị ^{234}Th hoặc các tia gamma có năng lượng thấp dưới 100 KeV như đỉnh 46,3 KeV của ^{210}Pb và 63,3 KeV của ^{234}Th (Hình 3).

b. Máy phân tích biên độ đa kênh

Song song với việc phát triển hoàn thiện công nghệ chế tạo Detector, các hãng cũng cải tiến hoàn thiện hệ điện tử chủ yếu là thiết bị cao áp cho Detector và máy phân tích biên độ đa kênh (MCA 8192 kênh).

Độ ổn định của các thiết bị phân tích phổ kế gamma phân giải cao là rất quan trọng giúp cho việc thu phổ có độ phân giải cao và xác định chính xác được đồng vị phóng xạ. Độ ổn định phụ thuộc vào tính ổn định của các thiết bị điện tử trong hệ phổ kế như máy phân tích biên độ đa kênh MCA, bộ cao áp +4000 V cung cấp cho Detector. Độ ổn định gián tiếp ảnh hưởng bởi nguồn điện lưới cung cấp cho hệ phổ kế hoạt động.

Mối quan hệ giữa Năng lượng (Biên độ xung) với kênh đếm trong MCA phụ thuộc vào độ ổn định của thiết bị điện tử và thường được biểu diễn thành đường tuyến tính như Hình 4.



Hình 4. Mối quan hệ tuyến tính giữa năng lượng gamma và kênh đếm của Hệ phổ kế gamma ORTEC GEM - 30

Bình thường, Photopeak được tạo thành từ các tia bức xạ bị hấp thụ toàn phần (Hấp thụ quang điện) tạo thành các xung phân bố trong phổ theo một đường phân bố GAUS. Khi các thiết bị điện tử của hệ phổ kế làm việc không ổn định, biên độ xung tạo thành trong Detector thay đổi làm cho các xung được đưa vào các kênh đếm bị thay đổi sẽ làm cho dạng phổ biến đổi và các peak năng lượng xuất hiện trong phổ không còn ở dạng GAUS. Hiện tượng đó thường gọi là "Trôi kênh".

Hiện tượng trôi kênh làm cho độ phân giải của phổ xấu đi, dạng đỉnh năng lượng trong phổ không còn tuân theo phân bố GAUS dẫn đến kết quả phân tích định lượng sẽ có độ chính xác không cao hoặc phải đo lại phổ của mẫu bị biến dạng.

2. Kỹ thuật phân tích

a. Xây dựng các đường chuẩn định tính cho hệ phổ kế gamma

Đường chuẩn định tính giúp ta nhận diện được thành phần đồng vị có mặt trong mẫu đo. Đường chuẩn định tính thể hiện mối quan hệ giữa kênh đo và năng lượng bức xạ là mối quan hệ tuyến tính theo phương trình:

$$E = a + b.Ch \quad (1)$$

Trong đó: E là năng lượng của tia gamma tính bằng KeV; Ch là thứ tự kênh có giá trị từ 1 đến 8192; a, b là các hệ số phụ thuộc vào các hệ phổ kế cụ thể. Các giá trị a, b được chương trình tự động tính toán và vẽ đồ thị như hình 4, sau khi ta đưa đủ từ 5 đến 7 cặp số liệu "*Thứ tự kênh - Năng lượng*" tương ứng vào chương trình phân tích phổ bằng chức năng chuyên dụng Calibration Energy

Các cặp số liệu "*Thứ tự kênh - Năng lượng*" có được khi đo từ 5 đến 7 tia bức xạ gamma đơn năng của một số nguồn chuẩn hình đĩa có hoạt độ khoảng 10 μ Ci. Các đỉnh năng lượng được chọn sao cho vị trí xuất hiện trong phổ phân bố từ vùng năng lượng thấp đến vùng năng lượng cao. Bộ nguồn chuẩn định tính của hệ phổ kế ORTEC GEM - 30 gồm: Cd¹⁰⁹; Co⁵⁷; Ba¹¹³; Cs¹³⁷; Mn⁵⁴, Zn⁶⁵, Na²².

Đo phổ năng lượng của các nguồn chuẩn định tính trong thời gian từ 1000 đến 2000 giây ta thu được các cặp số liệu "*Thứ tự kênh - Năng lượng*" cần thiết.

b. Xây dựng các đường chuẩn định lượng cho hệ phổ kế gamma

Xây dựng các đường chuẩn định lượng của hệ phổ kế trên cơ sở đo và xác định hiệu suất đếm của ít nhất 7 tia gamma của các nguồn chuẩn đã biết trước về năng lượng và hoạt độ.

Hiệu suất đếm của thiết bị ϵ tại một năng lượng xác định được tính theo công thức:

$$\epsilon(E) = \frac{R_s - R_0}{A_s} \cdot 100 [\%] \quad (2.1)$$

Trong đó : $\epsilon(E)$: hiệu suất đếm tại năng lượng E (KeV), %; R_s : tốc độ đếm nguồn chuẩn tại đỉnh năng lượng E, xung/giây; R_0 : tốc độ đếm phòng, xung/giây; A_s : Hoạt độ bức xạ gamma của nguồn chuẩn tại năng lượng E, Bq.

Các nguồn chuẩn định lượng cần có kích thước hình học và mật độ vật chất tương tự như mẫu đo. Hoạt độ phóng xạ trong các nguồn chuẩn định lượng cần được xác định với sai số không lớn hơn $\pm 10 \%$ và phải được các phòng thí nghiệm chuyên trách xác nhận giá trị hoạt độ của nguồn chuẩn hiệu suất. Trung tâm Quan trắc và Điều tra môi trường phóng xạ thuộc Liên đoàn Địa chất Xạ-Hiếm có các bộ nguồn chuẩn định lượng bao gồm:

- Bộ nguồn chuẩn ²³⁸U, ²³²Th, ²³⁷Cs và ⁴⁰K hình trụ:

Kích thước $\phi = 67$ mm, h = 15 mm dùng chất nền có mật độ khối thích hợp sử dụng để phân tích các mẫu tro hóa thực vật và các mẫu có mật độ khối tương tự

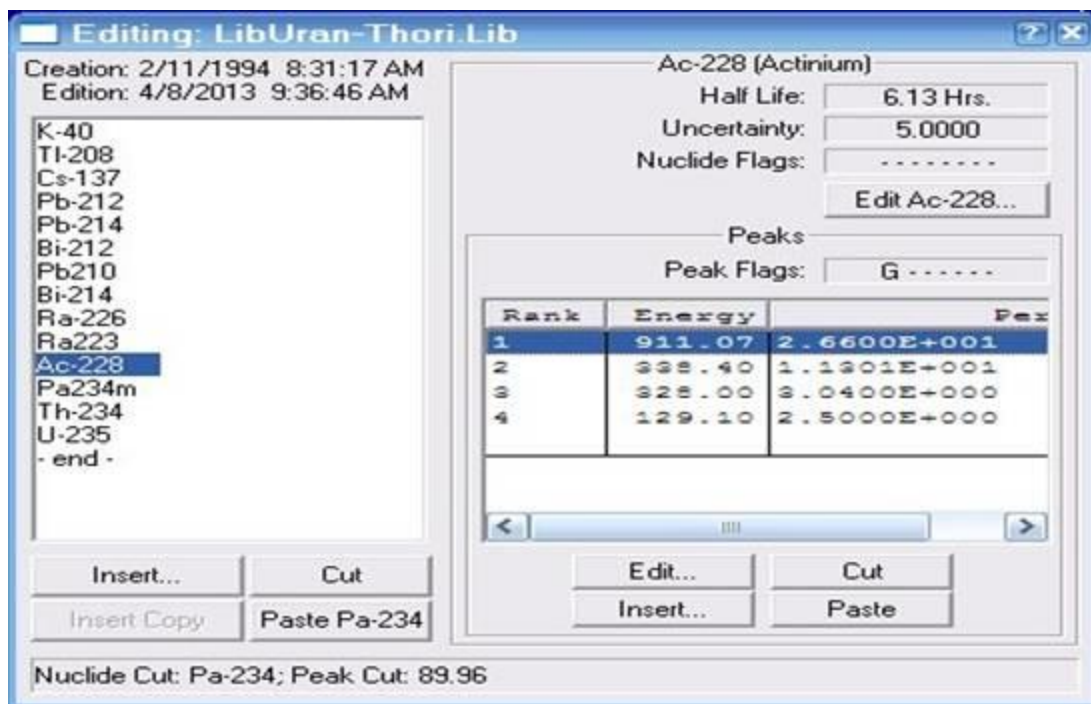
- Bộ nguồn chuẩn IAEA - RGU-1, -RGTh-1 và RGK-1:

Các chất chuẩn ^{238}U , ^{232}Th nằm ở trạng thái cân bằng thế kỷ và ^{40}K dưới dạng bột với chất nền là silica thích hợp cho phân tích các mẫu đất đá. Hàm lượng các chất phóng xạ trong bột chuẩn được xác nhận bởi Trung tâm Kỹ thuật Khoáng sản và Năng lượng Canada.

Các đường chuẩn hiệu suất đo của Hệ phổ kế ORTEC GEM-30 với các kích thước hình học và mật độ khối khác nhau được dùng cho các loại mẫu đo thích hợp như trong Bảng 2.

Bảng 2. Hiệu suất đo của phổ kế ORTEC- GEM 30 với các hình học khác nhau

E (KeV)	Hộp 38 gam $\Phi= 67, h = 15 \text{ mm}$	Hộp 74,5 gam $\Phi= 50, h=20 \text{ mm}$	Hộp 150 gam $\Phi= 92 \text{ mm}, h=20$
46.5	0,0268	0,0235	0,0142
63.3	0,0340	0,0550	0,0358
185.9	0,0543	0,0844	0,0635
351.9	0,0206	0,0423	0,0344
609,3	0,0117	0,0235	0,0199
1120	0,0074	0,0145	0,0125
1238	0,0074	0,0134	0,0115
1764,5	0,0060	0,0111	0,0096



Hình 5. Cập nhật thư viện đồng vị phóng xạ

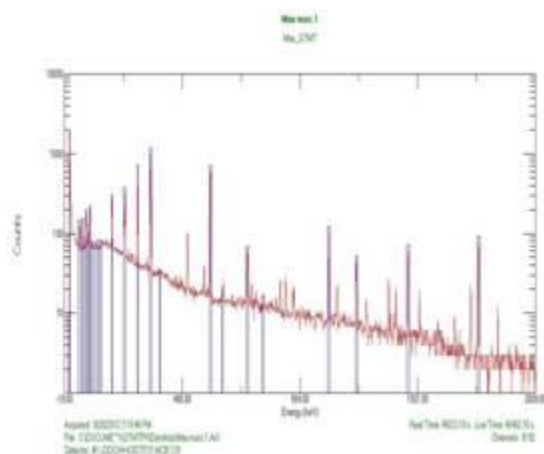
c. Cập nhật Thư viện đồng vị

Cùng với các số liệu đặc trưng về năng lượng của tia gamma, hiệu suất phát tia năng lượng tương ứng và chu kỳ bán rã của đồng vị được tham khảo, cập nhật những số liệu mới nhất bằng chức năng *Edit Library* trong chương trình *Gamma Vision 32*.

III. MỘT SỐ HÌNH ẢNH VÀ DẠNG KẾT QUẢ PHÂN TÍCH MẪU TRÊN HỆ PHỔ KẾ GAMMA ORTEC GEM-30

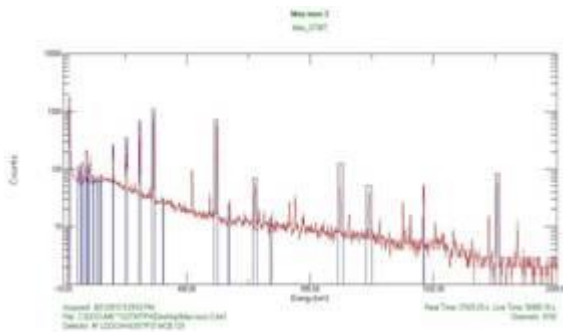


Hình 6. Hệ phổ kế gamma ORTEC GEM - 30



```

***** SUMMARY OF NUCLIDES IN SAMPLE
Time of Count:  Uncertainty: 1 Sigma
Nuclide      Activity      Counting      Total
              Bq/l
-----
K-40         1.4431E+00    4.857E+00    5.196E+00
TL-208       8.2894E-02    2.079E+01    2.067E+01
CS-137       6.3496E-03    4.436E+01    4.440E+01
PB-212       3.8862E-02    1.005E+01    1.022E+01
Be-7         < 1.3935E-02
PB-214       8.2414E-01    1.812E+00    2.588E+00
BI-212       1.2551E-01    4.026E+01    4.032E+01
pb210       9.5838E-01    2.522E+01    2.525E+01
BI-214       9.9607E-01    1.645E+00    2.474E+00
RA-226       7.5563E-01    7.114E+00    7.350E+00
Ra223       < 1.7188E-02
Ac-228       1.3207E-01    1.536E+01    1.547E+01
pa234m       3.0152E+00    3.186E+01    3.190E+01
TH-234       < 1.7070E+01
PA-234       C 1.8804E-01    1.134E+01    1.149E+01
U-235       7.4259E-02    2.642E+01    2.649E+01
    
```

***** SUMMARY OF NUCLIDES IN SAMPLE

Nuclide	Time of Count	Gross Activity	Counting	1 Sigma	Total
		Bq/L			
K-40	1.4142E+00	5.413E+00%	5.720E+00%		
TL-208	5.6870E-02	2.057E+01%	2.045E+01%		
CS-137	7.3360E-03	5.357E+01%	5.340E+01%		
PB-212	4.2140E-02	1.064E+01%	1.090E+01%		
RA-226	9.4240E-03	1.775E+00%	2.543E+00%		
BI-214	3.8698E-01	2.737E+01%	2.743E+01%		
PO-210	8.7541E-01	3.199E+01%	3.201E+01%		
BI-214	1.0893E+00	1.693E+00%	2.644E+00%		
RA-226	7.8559E-01	7.590E+00%	7.812E+00%		
RA-226	2.3152E-02	2.010E+01%	2.019E+01%		
AC-228	1.5334E-01	5.089E+01%	5.090E+01%		
PO-214	1.8327E+00	2.6091E+01			
TH-234	2.6091E+01				
PA-234	1.8119E-01	1.813E+01%	1.400E+01%		
O-235	8.4244E-02	2.742E+01%	2.746E+01%		

Hình 7. Đồ thị phổ và kết quả phân tích tương ứng trên 02 mẫu nước ở mỏ Thủy ngân Yên Vệ, Nho Quan, Ninh Bình.

IV. KẾT LUẬN

1/ Hệ phổ kế gamma ORTEC GEM- 30 sử dụng Detector bán dẫn siêu tinh khiết Hp Ge có độ phân giải năng lượng cao là loại phổ kế thế hệ mới đang được sử dụng rộng rãi để phân tích xác định các hạt nhân phóng xạ trong các loại quặng đất đá nói riêng và các mẫu môi trường nói chung. Tỷ lệ Peak/compton của Hệ phổ kế ORTEC GEM-30 là 60:1 nên tương tác tán xạ compton trong detector thấp, có tác dụng làm cho nền phân bố compton của phổ năng lượng được hạ thấp và sẽ làm tăng giới hạn xác định các nguyên tố phóng xạ trong mẫu đo.

2/ Hệ phổ kế ORTEC GEM-30 có thể xác định được hầu hết các nguyên tố phóng xạ có mặt trong tự nhiên thuộc các dãy Uranium, Thorium và các đồng vị phóng xạ khác có mặt trong môi trường xung quanh như ^{137}Cs , ^{131}I , ^{40}K Hệ phổ kế gamma ORTEC - GEM 30 có thể đo được các mức năng lượng trong một dải rộng từ 30 KeV đến 3000 KeV. Các mức năng lượng 46,5 keV, 63,29 KeV của các đồng vị ^{210}Pb , ^{234}Th trong dãy phóng xạ Uranium tự nhiên có thể xác định được ở hoạt độ nhỏ nhất là 5 Bq trong mẫu quặng tự nhiên tương ứng có thể định lượng được các nguyên tố uran, radi và các đồng vị khác trong mẫu với giới hạn hàm lượng xác định khoảng từ 10^{-6} đến 10^{-7}g/g ở mức sai số dưới 10%. Đó là tính nổi trội của hệ phổ kế ORTEC Gem-30 so với các thế hệ Detector bán dẫn siêu tinh khiết HP Ge sản xuất trước năm 2000.

3/ Trong những năm qua, Hệ phổ kế ORTEC GEM-30 đã góp phần phân tích hàng trăm mẫu đất, đá, quặng, cát kết ở vùng trũng Nông Sơn để xác định tỉ số cân bằng giữa uranium và radium cũng như phân tích định kỳ các mẫu đất, nước, lương thực thực phẩm và mẫu không khí trong chương trình "Quan trắc phóng xạ môi trường" của Trung tâm Quan trắc và điều tra môi trường phóng xạ thuộc Liên Đoàn Địa chất xạ hiếm vào các năm 2010, 2011, 2012 đã và đang khẳng định những tính năng ưu việt của hệ thiết bị trong lĩnh vực điều tra địa chất và môi trường.

VĂN LIỆU

1. International Standard ISO 12790-1 2001(E)

"Radiation protection - Performance Criteria for radiobioassay".

Part 1 : General principles

2. International Standard ISO 10703 1987(E)

"Water quality - Determination of the activity concentration of radionuclides by high resolution gamma-ray spectrometry".

3. Technical Reports Series No 295

"Measurement of Radionuclides in Food and the Environment"

A Guidebook, IAEA, VIENNA 1989

4. P.H.G.M. Hendriks*, J. Limburg, R.J. de Meijer

Nuclear Geophysics Division, Kernfysisch Versneller Instituut, Rijksuniversiteit
Groningen, Zernikelaan 25, 9747AA Groningen, Netherlands

"Full-spectrum analysis of natural gamma-ray spectra"

Journal of Environmental Radioactivity No. 53 (2001) P. 365–380.