

## دراسة طيف أشعة كاما للكشف عن اليورانيوم المنضب

علي رزاق عبد الرضا

حمد رحمن جبر

خالد حنين عباس

### الخلاصة:

اليورانيوم المنضب هو الناتج العرضي من عمليات تخصيب اليورانيوم ونتاج الطاقة النووية وكذلك الأسلحة النووية حيث يستخلص نظير اليورانيوم الانشطاري (U-235) من اليورانيوم الطبيعي فتتخفص نسبته من 0.7% إلى 0.2-0.3% حسب درجة التخصيب والمتخلف من ذلك يطلق عليه اليورانيوم المنضب أو المستنفذ.

إن طيف أشعة كاما أو الطاقات التي يتم تحديدها والكشف عنها تعبر عن العناصر الموجودة في كل نموذج، ف نماذج التربة المختارة عند وضعها في منظومة كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة فان التحليل الطيفي لأشعة كاما سوف يظهر لنا الطاقات الخاصة المعبر عنها بمنحنيات لكل عنصر اي ان كل عنصر يتحدد بطاقات مميزة له، ومن معرفة نوع العنصر يمكن إيجاد تركيز ذلك العنصر من خلال حساب المساحة المحددة تحت المنحني الطيفي.

تم دراسة طريقة جديدة للكشف عن اليورانيوم المنضب من خلال استخدام منظومة كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة حيث كانت الطريقة التي تستخدم هذه المنظومة تعتمد على استخراج القمة الكامية للطاقة 205keV العائدة الى نظير اليورانيوم (235) حيث ان هذه القمة الكامية هي ضعيفة وقد لا تظهر في جميع النماذج المدروسة كما وانها قد تتداخل مع الطاقات الاخرى ولا يمكن تمييزها بسهولة حيث ان قابلية الفصل الطاقوي لمنظومة كاشف الجرمانيوم هي قليلة، لذا تم استخدام الطاقة 242keV العائدة الى نظير الرصاص 214 المنحلة من الراديوم 226 العائدة لسلسلة اليورانيوم 238 وهي طاقة تظهر بصورة واضحة في كل النماذج ويمكن بسهولة إيجاد تركيزها.

### 1-المقدمة:

دراسة اليورانيوم المنضب وإيجاد تراكيزه والبحث عن السبل التي تسهل علينا ذلك أصبح ضرورة ملحة نتيجة لتعرض تربة ومياه العراق والمياه الجوفية والنباتات ايضاً لهذا المعدن السام، ان الطرق المتاحة لمثل هذه الدراسات هي محدودة وضيقة الاستعمال، فاستخدام كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة رغم نجاحه في كشف وإيجاد تراكيز مقبولة لليورانيوم المنضب الا ان كفاءته (40%-20%) اضافة الى ان قابلية التمييز الطاقوي لهذا الكاشف (resolution) هي قليلة لذا تظهر لدينا قمم كامية متداخلة كثيرة. ان استعمال كواشف أخرى مثل كواشف الاثر النووية للحالة الصلبة(SSNTDS) تعد طرق اخرى مناسبة ايضاً الا انها لا تخلو من بعض المعوقات والصعوبات لاستخدامها للكشف عن اليورانيوم المنضب.

يطلق على النويذة صفة الاستقرار(stable) إذا بقيت لمدة طويلة من الزمن دون انحلال(decay) وهناك نويدات اخرى تنحل باعثة جسيمات وتتحول الى نويدات اخرى تسمى بالنويدات المشعة(radioactive nuclide). ظاهرة النشاط الاشعاعي عملية احصائية تخضع الى قوانين الانحلال[الكناني والخفاجي،1990].

يتعرض الانسان طبيعياً الى هذه الاشعاعات من خلال البيئة التي يعيش فيها، إن ظاهرة النشاط الاشعاعي والاشعاع كانا موجودتين في الكون قبل تكوين الارض نفسها وقد إنتشر الإشعاع منذ ذلك الحين(20 بليون سنة) في أرجاء الكون وأصبحت المواد المشعة جزءاً من الارض منذ بداية تكونها، وحتى الانسان نفسه يشع قليلاً، لان جميع الانسجة الحية فيه تحوي كميات قليلة من المواد المشعة [البرنامج البيئي،1985].

اكتشفت الانسانية ظاهرة النشاط الاشعاعي لأول مرة عام 1896 عندما وضع العالم الفرنسي هنري بكرل (H. Becquerel) بعض الصفائح الفوتوغرافية في درج وأثقلها بكمية قليلة من أحد خامات اليورانيوم، وبعد تظهير الصفائح تفاجأ بكرل بتأثرها بالاشعاع فأعزى هذا الفعل لليورانيوم، وبعد ذلك قامت عالمة الكيمياء ماري كوري (Marie Curie) بالتوسع بالبحث وكانت أول من ابتكر كلمة النشاط الاشعاعي، وقد اُكتشفت مع زوجها بيير (Pierr) عام 1898 إن اليورانيوم يبعث إشعاعاً ويتحول بصورة غامضة إلى عناصر أخرى [البرنامج البيئي، 1985].

## 2- اليورانيوم و اليورانيوم المنضب:

اليورانيوم معدن ثقيل ومشع ينحل باعناً جسيمات الفا ( $\alpha$ ) بثابت انحلال مقداره  $(1.5 \times 10^{-10})$  كل سنة و بنشاط اشعاعي مقداره  $(12.4 \times 10^3 \text{ Bq/g})$  اي (12400) انحلال في الثانية الواحدة لكل غرام واحد من اليورانيوم [Eisenbud, 1997]. يتكون اليورانيوم الطبيعي من ثلاث نظائر اعدادها الكتليه (238، 235، 234)، التي تتواجد بنسب (99.28%)، (0.71%)، (0.0085%) على التوالي [Eisenbud, 1997].

يتواجد اليورانيوم وبصورة طبيعية في مناطق عديدة من العالم وتكون تراكيزه بحدود  $(32.9 \text{ Bq/kg})$  في حالته الاعتيادية [IAEA, 1990]، ويعتمد تركيز اليورانيوم على نوع التربة وبالتالي على نوع الصخور المكونة لهذه الترب، حيث إن اعلى تركيز لليورانيوم يكون في الصخور البركانية الحامضية، اما تركيزه في الصخور النارية فتعتمد على وفرة السليكات، اي إن الصخور الحاوية على السليكات تكون فيها تراكيز عالية لليورانيوم [معروف، 1990]. وكذلك في الحجر الرملي وحصى الكوارتز وفي عروق تمتد داخل التشكيلات الحجرية والى درجة أقل في أنواع أخرى من المناجم الطبيعية. ويوجد إحتياطي كبير منه في الولايات المتحدة وكندا وجنوب أفريقيا وأستراليا وفرنسا وأماكن أخرى. تحتوي خامات اليورانيوم الجيدة على 4% تقريبا من اليورانيوم ولكن مناجم هذا النوع قد استنفذت بدرجة كبيرة في الوقت الحاضر [عبد العباس والخطيب، 1989]. ينتقل اليورانيوم من المياه والنبات الى جسم الانسان بكميات تقدر  $(51.8 \text{ Bq})$  سنويا [UNSCEAR, 1993].

يتم تخصيب اليورانيوم لتحضير الوقود الخاص بالمفاعلات النووية والطاقة النووية بعمليات معقدة الهدف منها زيادة تركيز النظير (U-235) عن بقية نظائر اليورانيوم سائلة الذكر [Eisenbud, 1987]، يتخلف من عملية التخصيب (Uranium Enrichment) هذه مخلفات نووية تدعى باليورانيوم المنضب) المستنفذ تحتوي على (U-238) بنسبة (99.7%) و (U-235) بنسبة (0.2-0.3%) وهو السبب في تسميتها بالمستنفذ بعد استخلاص (U-235) منها واختلال النسب الوزنية للنظائر المكونة للمعدن طبيعياً [Fahy, 1997]

يمتاز اليورانيوم المنضب بكثافته العالية اضافة الى احتراقه عند الصدمة ورخص ثمنه [العزاوي واخرون، 2002] واشعاعية تبلغ (60%) من اشعاعية اليورانيوم الطبيعي [AEPI, 1994] وتولد درجة حرارة عالية تقدر ب  $(3927 \text{ }^\circ\text{C})$  عند انفلاق هذه القذيفة [ خالد حنين، 2007 ] اضافة الى اسباب اخرى دعت الى استخدامه كقذائف وصواريخ تم تجهيز الطائرات والدبابات والاسلحة الخفيفة كذلك فيها.

## 3- استقرار النتائج ومناقشتها

ان الطريقة التي تستخدم كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة للكشف عن اليورانيوم المنضب تعتمد بالاساس على رصد القمة الكامية ( $186 \text{ KeV}$ ) التي تمثل التداخل الحاصل بين القمة الكامية ( $185.5 \text{ keV}$ ) التي تعود لليورانيوم (235) الجدول (1) والقمة الكامية التي تمثل الطاقة ( $188 \text{ keV}$ ) العائدة

لنظير الراديوم(226)، ويتم فصل التداخل الحاصل بين القمتين الضوئيتين من خلال حساب المساحة الكلية تحت المنحني لمعرفة التركيز الكلي للقمتين المتداخلتين ثم اخذ القمة الكامية (205 KeV) التي تمثل تركيز نظير اليورانيوم(235) الشكل(1) وبعدها يطرح هذا التركيز من التركيز الكلي للقمة الكامية المتداخلة(186KeV) التي تم حسابها مسبقاً لنحصل على تركيز الراديوم (226).

الا ان القمة الضوئية الكامية (205 KeV) العائدة الى اليورانيوم(235) هي ضعيفة وقد لا تظهر بصورة واضحة (الاشكال 1 - 4) او قد تكون متداخلة مع طاقات اخرى لا يمكن تمييزها بواسطة كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة بسبب قابلية التحليل الطيفي لهذا الكاشف(resolution). فعند حساب التركيز الكلي للقمة الكامية (186 KeV) التي تمثل التداخل للقمتين (185.5KeV) و(186KeV) ثم حساب تركيز نظير الرصاص(214) ذو طاقة مقدارها (242 keV) المنحلة من الراديوم(226) العائدة لسلسلة اليورانيوم(238)، نجد ان هذه القمة الكامية تبدو واضحة في جميع النماذج (الاشكال 1 - 4) وبعد ضرب تركيز نظير الرصاص(214) بثابت مقداره (0.935) [Porritt & Bone,1970] نحصل على تركيز الراديوم (226) أي مساهمة الراديوم في القمة الكامية (186 keV)، نطرح تركيز الراديوم من القمة الضوئية (186 keV) لنحصل على تركيز اليورانيوم (235).

ان الطريقة القديمة تعتمد بفصل التداخل للقمة الكامية (186 KeV) على ايجاد تركيز القمة الكامية (205 KeV) وطرحها من التركيز الكلي للقمة الكامية (186 KeV) والمتبقي من التركيز الكلي يعود للراديوم (226)، اما طريقة البحث هذا تعتمد على ايجاد تركيز الراديوم (226) من خلال رصد القمة الكامية (242 KeV) العائدة لنظير الرصاص(214) وطرح تركيز هذه القمة الكامية بعد ضربها بثابت مقداره (0.935) من القمة الكامية (186 KeV) لنحصل على تركيز اليورانيوم (235). ولمعرفة التوازن الاشعاعي الحاصل في سلسلة اليورانيوم يتم حساب النسبة ( $^{234}\text{Th}/^{226}\text{Ra}$ ) وكذلك النسبة ( $^{234}\text{Th}/^{234}\text{Pa}$ ).

ويمكن ايجاد تركيز اليورانيوم (238) من خلال القمة الضوئية(92 keV) العائدة الى الثوريوم (234) الجدول(2) وبهذا يمكن ايجاد النسبة  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ ، لمعرفة تركيز اليورانيوم المنضب من مقارنة النتائج مع الجدول(3).

### جدول 1 طاقات أشعة كاما للقمة الضوئية في سلسلة اليورانيوم-235 [Porritt & Bone,1970].

Isotope	Half-life	Gamma energies (MeV)
Uranium-235	$7.1 \cdot 10^4$ y	0.95- 9% 0.143- 12% 0.185- 55% Others
Thorium-231 (UY)	25.6 h	0.084 Others
Protactinium-231	$3.3 \cdot 10^4$ y	0.027 0.29 Others
Actinium-227	22 y	---
Thorium-227 (Radio actinium)	18.2 d	0.05- 7.5% 0.24- 10%

		many others, low energy – weak 0.0885-Ra X-rays (abundant)
Fransium-223 (Actinium K)	22 m	0.05- Weak 0.08- Weak 0.21 Weak 0.31- weak
Radium-223 (Actinium X)	11.7 d	0.12 - 2% 0.14 – 4% 0.15 – 5.5% 0.27 – 10% 0.32 –2.3% 0.34 – 2.8% 0.0838 – Rn X-rays (abundant)
Radon-219 (Actinium)	3.9 s	0.27- 9% 0.40- 5%
Polonium-215 (Actinium A)	$1.8 \cdot 10^{-4}$ s	---
Astatine-215	$1 \cdot 10^{-4}$ s	---
Lead-211 (Actinium B)	36 m	0.40- 6% 0.43- 6% 0.83- 13%
Bismuth-211 (Actinium C)	2.16 m	0.35- 13%
Polonium-211 (Actinium C')	0.52 s	0.57- weak 0.89- weak
Thallium-207 (Actinium C'')	4.79 m	---
Lead-207 (Actinium D)	Stable	---

**جدول 2 طاقات اشعة كما للقمم الضوئية في سلسلة اليورانيوم-238 [Porritt & Bone,1970].**

Isotope	Half-life	Gamma energies (MeV)
Uranium-238	$4.5 \cdot 10^9$ y	0.048
Thorium-234 (UX <sub>1</sub> )	24.1 d	0.029 0.063 0.091
Protactinium-234m (UX <sub>2</sub> )	1.18 m	0.75 1.00 Others
Protactinium-234 (UZ)	6.66 h	0.043 0.80 Others

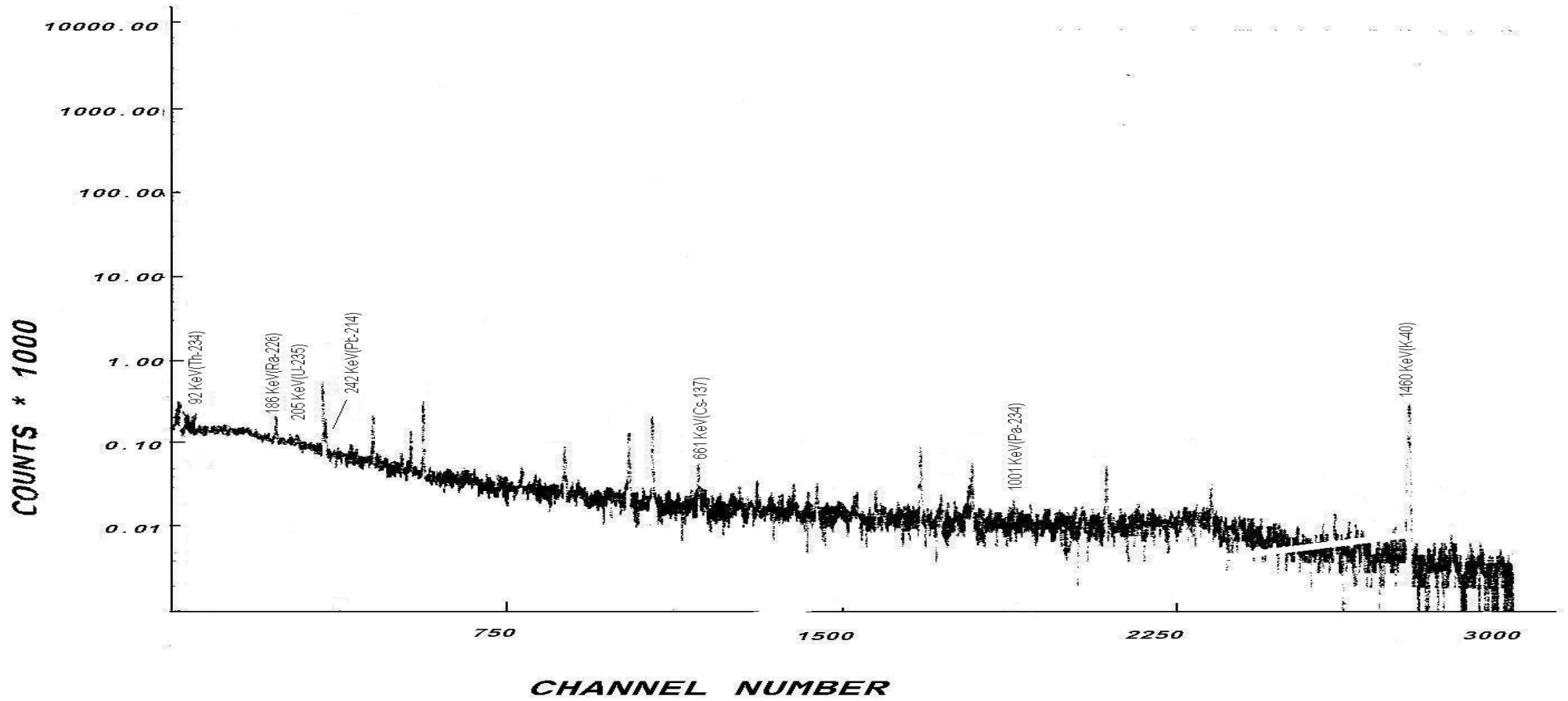
Uranium-234 (U11)	2.5*10 <sup>5</sup> y	0.051
Thorium-230 (Ionian)	8.0*10 <sup>4</sup> y	0.067 Others-very weak
Radium-226	1620 y	1620 y
Radon-222	3.825 d	3.825 d
Polonium-218 (Radium A)	3.05 m	3.05 m
Astatine-218	1.3 s	1.3 s
Radon-218	1.9*10 <sup>-2</sup> s	1.9*10 <sup>-2</sup> s
Lead-214 (Radium B)	26.8 m	0.24 0.30 0.35 Others weak
Bismuth-214 (Radium C)	19.9 m	--- 0.61 1.12 1.75 1.4 other to 2.43 MeV
Polonium-214 (Radium C')	1.6*10 <sup>-4</sup> s	---
Thallium-210 (Radium C'')	1.3 m	Several very weak
Lead-210 (Radium D)	21 y	0.047
Bismuth-210 (Radium E)	5.0 d	---
Polonium-210 (Radium F)	138.4 d	0.8-1.2*10 <sup>-3</sup> %
Thallium-206 (Radium E''')	2.4 m	---
Lead-206	Stable	---

جدول 3 يبين العلاقة بين نسبة اليورانيوم المنضب واليورانيوم الطبيعي في نماذج التربة والنسبة

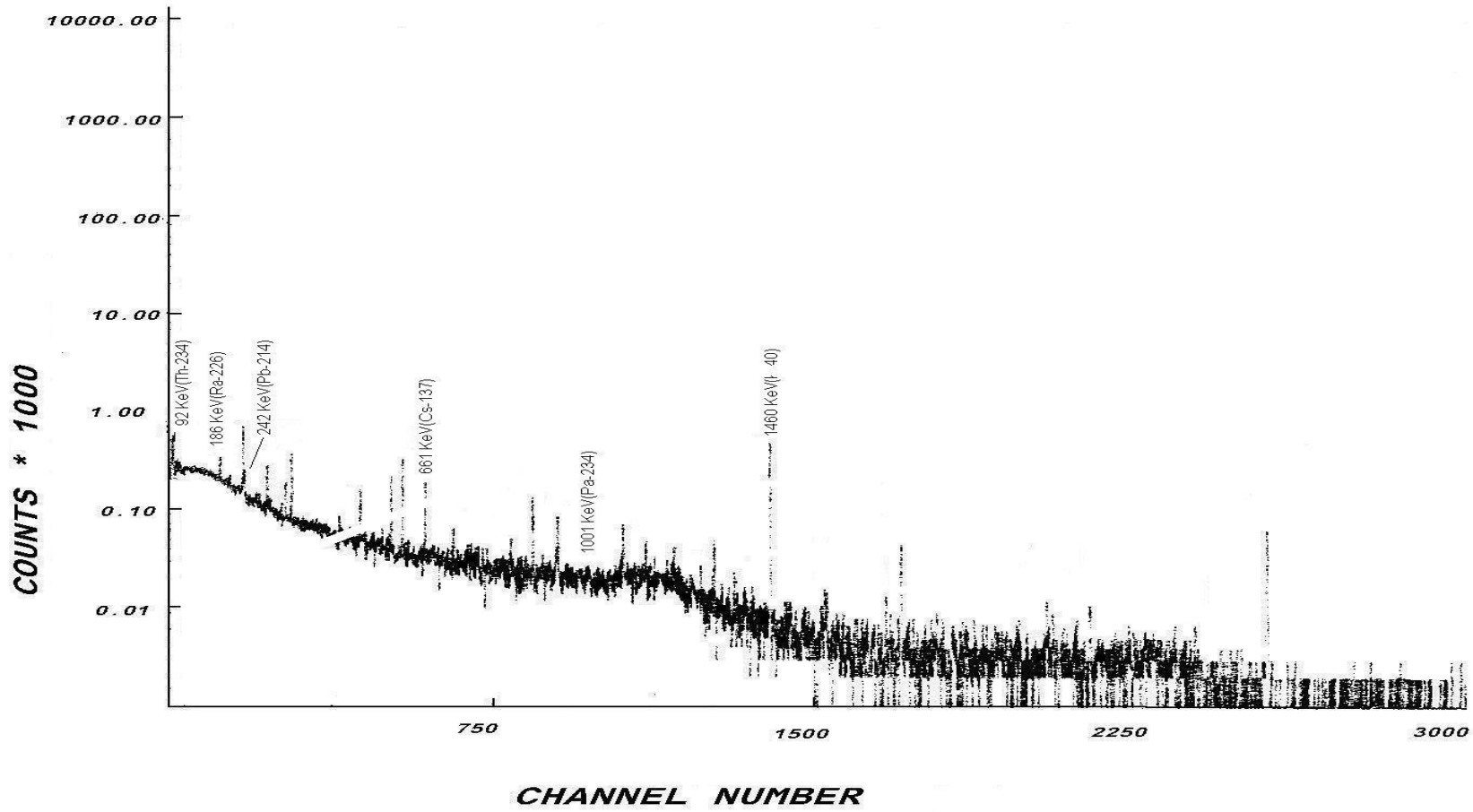
$$[UNEP,2000] R = \frac{^{235}\text{U}}{^{238}\text{U}}$$

X	1-X	R=U-235/U238 in the sample	1/R
0.0	1.0	0.00720	139
0.1	0.9	0.00688	145
0.2	0.8	0.00650	154
0.3	0.7	0.00613	163

0.4	0.6	0.00575	174
0.5	0.5	0.00538	186
0.6	0.4	0.00501	200
0.7	0.3	0.00463	216
0.8	0.2	0.00426	235
0.9	0.1	0.00389	257
1.0	0.0	0.00351	285

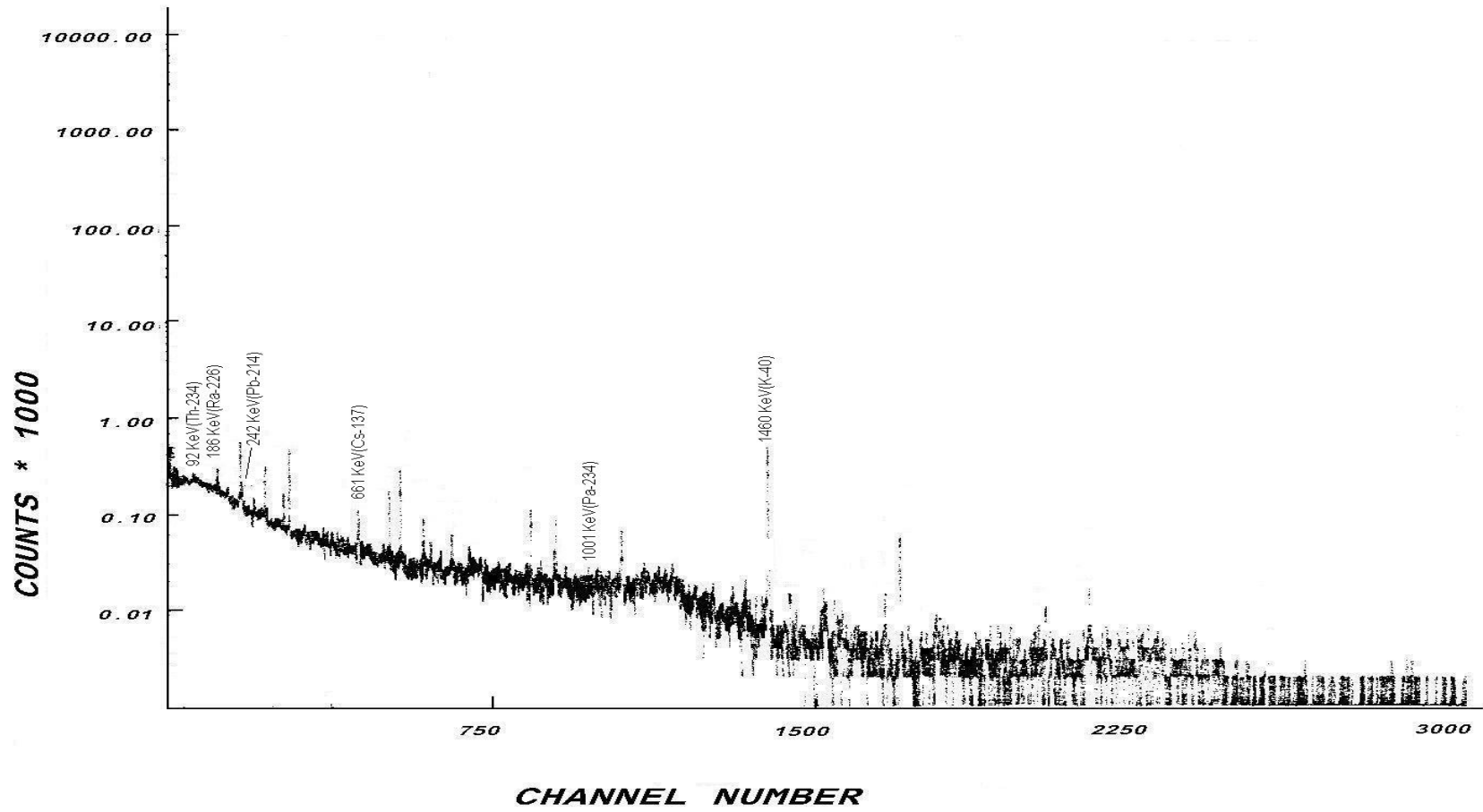


الشكل (1) طيف اشعة كاما للنموذج SS1

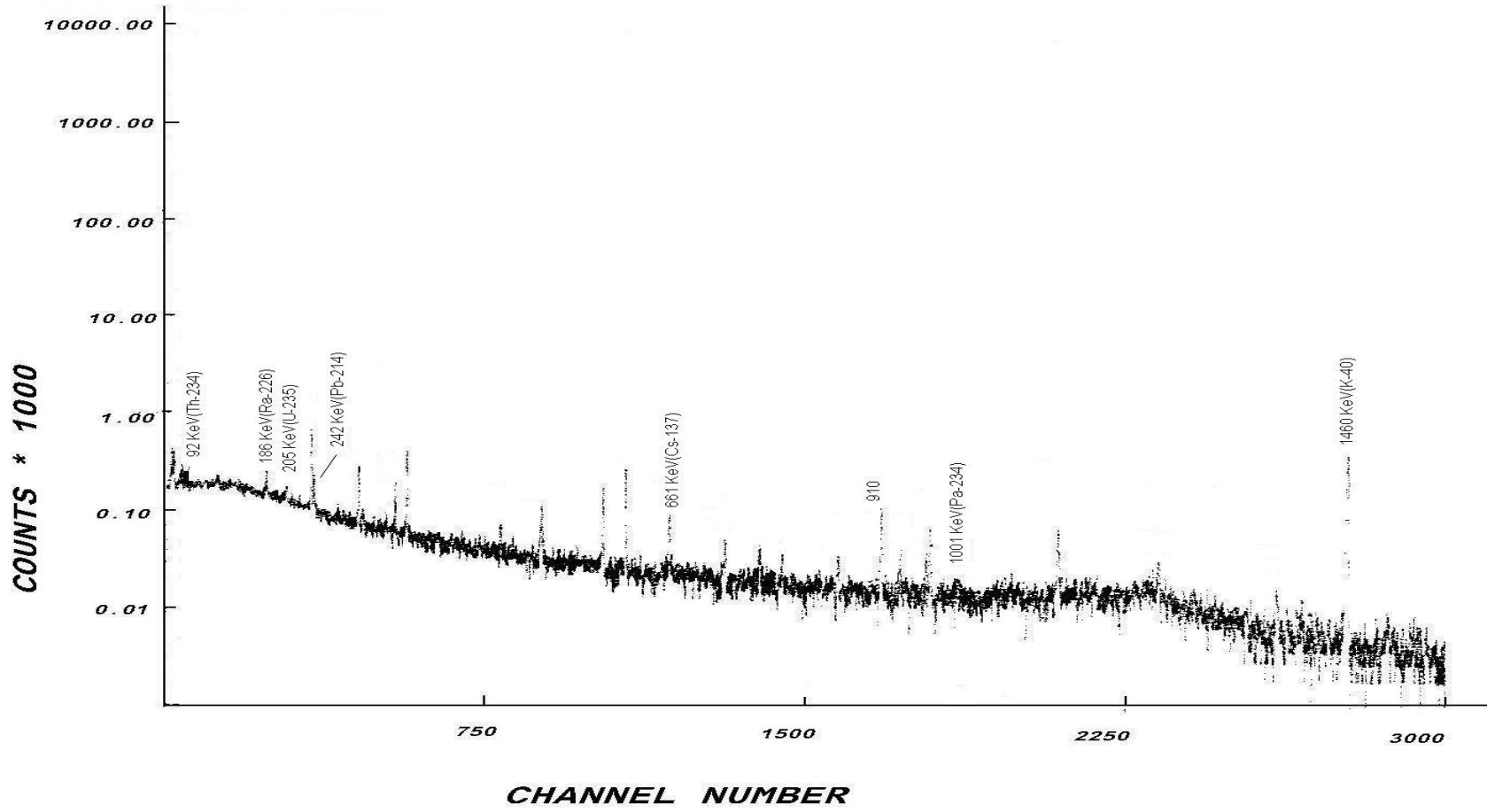


الشكل (2) طيف اشعة كاما للنموذج SS2





الشكل (3) طيف اشعة كاما للنموذج SS3



الشكل (4) طيف اشعة كاما للنموذج SS4

## الاستنتاج:

ان استخدام القمة الضوئية الكامية (242KeV) العائدة الى نظير الرصاص(214) لفصل التداخل الحاصل بين القمتين الكاميتين (185.5KeV) العائدة الى نظير اليورانيوم (235) و (186KeV) العائدة الى نظير الراديوم(226) والمتمثلان بالقمة الضوئية المتداخلة (186KeV) تعد طريقة اكثر وضوحاً واسهل استخداماً بسبب ظهور هذه القمة الكامية بوضوح وفي جميع النماذج.

## المصادر:

- البرنامج البيئي للامم المتحدة, ترجمة موسى الجنابي و وهاب احمد محمد "مصادر الاشعاع والجرع الاشعاعية", 1985.
- حمزة، خضير عبد العباس و الخطيب، غسان هاشم " الطاقة الذرية واستخداماتها ", منشورات الطاقة الذرية العراقية, ط2, 1989.
- عباس،خالد حنين" دراسة نظرية لايجاد درجة الحرارة المتولدة اثناء انفجار قذيفة اليورانيوم المنضب"، المؤتمر العلمي الاول لكلية التربية،جامعة بابل،2007.
- العزاوي،سعاد ناجي والساجي،محمد عبد الواحد"تأثير الاسلحة الاشعاعية على المياه السطحية والجوفية في مناطق منتخبة من جنوب العراق"، المؤتمر العلمي عن آثار استعمال اسلحة اليورانيوم المنضب على الانسان والبيئة في العراق،2002.
- الكناني،عذاب طاهر و الخفاجي، أسعد، " الكشف عن الاشعاعات المؤينة"، هيئة المعاهد الفنية،1990.
- معروف، بهاء الدين حسين،"الوقاية من الاشعاعات المؤينة"، منشورات نظمة لطاقة الذرية العراقية1989.
- AEPI." Health and environmental consequences of Depleted Uranium use by the U.S Army", Summary report to Congress; Atlanta, Ga, US Army Environmental Policy Institute, June 1994.
- Eisenbud M. and Gesell T., "Environmental Radioactivity", 4th. Edition, Academic Press, USA, (1997).
- Fahy," Collateral Damage: How us troops were exposed to Depleted Uranium during the Gulf War ", Metal of Dishonor International Action Center, New York. (1997).

- IAEA, "The Environmental behavior for Radium " vol.1, Vienna, 1990.
- M. Eisenbud, "Environmental Radioactivity ", 4<sup>th</sup> ed. Academic press London, 1997.
- M. Eisenbud and T. Gesell, "Environmental Radioactivity", 4th. Edition, Academic Press, USA, (1997).
- R. Porritt, and S. Bone, "Determination of uranium in ore by radiometric samples", in proceedings of a symposium on the analytical chemistry of uranium and thorium, Sydney, Australian Atomic Energy Commission, 1970.
- UNEP, scientific Mission to Kosovo," Depleted Uranium in Kosovo", post-conflicted Environment assessment-2000.
- UNSCEAR, "sources of effects of ionizing Radiation", report to the General Assembly with scientific Annex, 1993.