

قياس تركيز النشاط الإشعاعي للنظائر المشعة ^{214}Pb ، ^{214}Bi ، ^{212}Bi ، ^{228}Ac في أماكن التوضعات الفوسفاتية في الساحل السوري

الدكتور هيثم جبيلي*

الدكتور هشام أبظلي**

الدكتورة أحلام ابراهيم***

اكرم حاتم****

(تاريخ الإيداع 15 / 1 / 2020. قُبل للنشر في 27 / 4 / 2020)

□ ملخص □

تمّ تحديد تركيز النظائر المشعة ^{214}Pb ، ^{214}Bi ، ^{212}Bi ، ^{228}Ac التابعة لسلاسل الإشعاع الطبيعي بوحدة بيكرل/كغ (Bq/kg)، باستخدام نظام التحليل الطيفي لأشعة غاما Gamma Rays Spectrometry، من خلال استخدام كاشف يوديد الصوديوم المطعم بالثاليوم NaI (TI). حيث جُمعت العينات من مناطق انتشار الفوسفات في الساحل السوري (عين ليلون، المهالبة، عين التينة). بيّنت النتائج أنّ أعلى قيمة لتركيز النشاط الإشعاعي للرصاص-214 (167.40 Bq/kg) في العينة A/ 2 في موقع عين ليلون، وللرصاص-212 (1671 Bq/kg) في العينة A/ 2 في موقع عين ليلون أيضاً. وكذلك الأمر فإنّ أعلى قيمة لتركيز النشاط الإشعاعي للبيزموت-214 (72.89 Bq/kg) في العينة A/ 2 في موقع عين ليلون، وللبيزموت-212 (1157 Bq/kg) في العينة A/ 2 في موقع عين ليلون أيضاً. بلغت أعلى قيمة لتركيز النشاط الإشعاعي للأكتينيوم-228 (1936 Bq/kg) في العينة Mh7 في موقع المهالبة. وتشير هذه القيم إلى ارتفاع تركيز النشاط الإشعاعي في التوضعات الفوسفاتية.

الكلمات المفتاحية: النظائر المشعة، مطيافية غاما، النشاط الإشعاعي، نظير الرصاص ^{214}Pb ، نظير البيزموت ^{212}Bi ، نظير الرصاص ^{212}Pb ، نظير البيزموت ^{214}Bi ، نظير الأكتينيوم ^{228}Ac .

* أستاذ - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** أستاذ - قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** أستاذ مساعد - قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

**** طالب دراسات عليا (دكتوراه) - قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Measurement of Radioactivity concentration of Radioisotopes ^{228}Ac , ^{212}Bi , ^{214}Bi , ^{214}Pb , ^{212}Pb in Phosphate Deposits in the Syrian Coast

Dr. Haetham Jbile*
Dr. Hesham Abazly**
Dr. Ahlam Ibrahim***
Akram Hatem****

(Received 15 / 1 / 2020. Accepted 27 / 4 / 2020)

□ ABSTRACT □

The concentration of radioisotopes, ^{228}Ac , ^{212}Bi , ^{214}Bi , ^{214}Pb , ^{212}Pb of the natural radiation series was determined by the unit (Bq / kg). By using Gamma Rays Spectrometry, by using NaI(Tl) scintillation. The samples were collected from the areas of phosphate spread in the Syrian coast (Ain Lilon, Al-Muhallabah, Ain Al-Tineh).

These results show that the highest value of the Activity concentration of Lead Pb-214 reached (167.40 Bq / kg) in the sample *Al 2* in the Ain Lilon section, and for Lead Pb-212 was (1671 Bq / kg) in the sample *Al 2* in Ain Lilon section as well.

The highest value of the Activity concentration of Bismuth Bi- 214 was (72.89 Bq/ kg) in the sample *Al 2* at the Ain Lilon section, and and for the Bismuth Bi-212 was (1157 Bq / kg) in the sample *Al 2* in the Ain Lilon section as well.

The highest value of the Activity concentration of Actinium Ac- 228 was (1936 Bq / kg) in the *Mh7* sample at the Muhallabah section.

These results show an increase in Activity concentration in the areas of phosphate

Key words: Radioisotopes, Gamma Spectroscopy, Radioactivity, ^{214}Pb Isotope, ^{212}Bi Isotope, ^{212}Pb isotope, ^{214}Bi isotope, ^{228}Ac isotope.

* Professor, Department Of Physics. Faculty Of Sciences, Tishreen University, Lattakia, Syria.

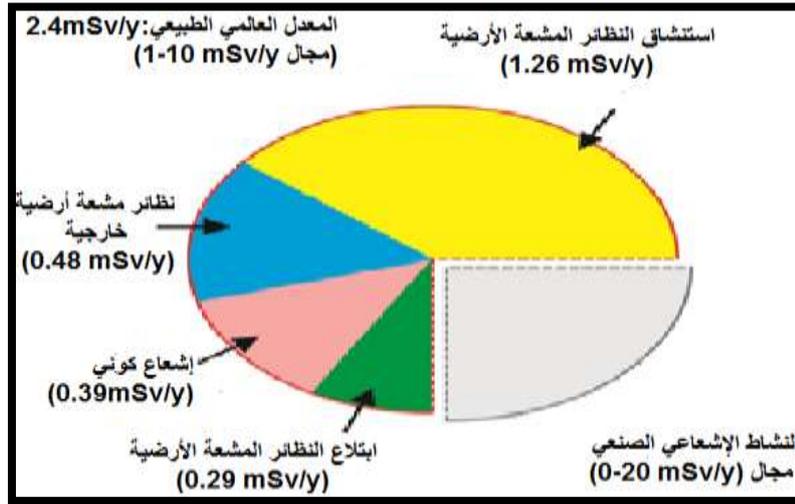
** Professor, Department Of Chemistry. Faculty Of Sciences, Tishreen University, Lattakia, Syria.

*** Associate Professor, Department Of Geology. Faculty Of Sciences, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**** Postgraduate student , Physics Department, Faculty of science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

يتعرض جسم الإنسان إلى النظائر المشعة بطريقة مباشرة من خلال عملية التعرض الخارجي للمواد المشعة المترسبة على سطح الأرض، أو نتيجة استنشاق المواد المشعة العالقة في الجو. أما الطريقة غير المباشرة للتعرض للإشعاع فتكون عن طريق الغذاء والماء، حيث تدخل النظائر المشعة في التربة إلى النباتات ومن ثم إلى الإنسان والحيوان عن طريق سلسلة الغذاء، كما تنتقل النظائر المشعة من التربة إلى أنسجة النبات عن طريق الجذور والامتزاز Adsorption بواسطة العمليات الأيضية التي تجري في الأوراق [1]. ويبين الشكل (1) مصادر الجرعات التي يتعرض لها الإنسان.



الشكل (1): مصادر الجرعات التي يتعرض لها الإنسان [2].

إنّ نظير البزموت ^{214}Bi ونظير الرصاص ^{214}Pb هما من ولائد غاز الرادون ^{222}Rn الصلبة الأكثر خطورة بسبب أعمارها النصفية الصغيرة جداً، وهما ضمن نواتج سلسلة تفكك اليورانيوم ^{238}U إذ أنّ الوفرة الطبيعية لليورانيوم ^{238}U هي (99.79%).

يشكل غاز الرادون ^{222}Rn خطراً كبيراً على حياة الإنسان والحيوان، إذ أنّ استنشاقه هو أحد أسباب سرطان الرئة، حيث تترسب ولأئده على الجدار الداخلي للرئة.

إنّ نظير الرصاص ^{212}Pb ونظير الاكتينيوم ^{228}Ac هما من نواتج سلسلة تفكك الثوريوم ^{232}Th ، والعمر النصفى لهما 1.6hr ، 11hr على التوالي، وهما من ولائد غاز الرادون ^{220}Rn الذي يعد أكثر خطورة من النظير ^{222}Rn وذلك لنصف عمره الصغير جداً والبالغ 56 ثانية [3, 4].

تعد مناطق تواجد الفوسفات مناطق عالية الإشعاع بسبب احتوائها على العديد من النظائر المشعة [1]، وقد قام العديد من الباحثين بدراسة تركيز بعض النظائر المشعة في الساحل السوري عموماً وأماكن التوضعات الفوسفاتية خصوصاً، وكان لهيئة الطاقة الذرية السورية إنجازات في هذا المجال: حيث قام رياض شويكاني بقياس التعرضات الإشعاعية الناتجة عن التوضعات الفوسفاتية في المنطقة الساحلية (عين ليلون) [5].

كما قام المصري وآخرون بإجراء دراسة لتعيين معاملات انتقال الراديوم-226 والرصاص-210 والبولونيوم-210 من التربة الملوثة بالمواد المشعة الطبيعية إلى شجيرات الرغل [6].

وقامت عفراء غدير بدراسة (جيوكيمياة اليورانيوم والثوريوم في فوسفات السلسلة الساحلية - رقعتي الحفة والقرداحة- وأثرهما البيئي) كرسالة ماجستير قسم الجيولوجيا جامعة تشرين [7].
وقامت زنان طنحور بقياس التعرضات الإشعاعية الناتجة عن التوضعات الفوسفاتية في المنطقة الساحلية) في رسالة ماجستير في الوقاية الإشعاعية وأمان المنابع المشعة قسم الفيزياء - جامعة دمشق [8].
كذلك الأمر تمت دراسة التوضعات الفوسفاتية في مناطق متفرقة من العالم كالعراق ومصر وإيران والهند وقبرص البرازيل، والجدول (1) التالي يبين نتائج بعض هذه الدراسات في عدة دول.

الجدول (1): مقارنة تركيز النشاط الإشعاعي (Bq/kg) في الصخور الفوسفاتية والفوسفوجبسوم في عدة دول [9].

النشاط الإشعاعي (Bq/kg) في الصخور الفوسفاتية و الفوسفوجبسوم											
النشاط الإشعاعي في الصخور الفوسفاتية (Bq/kg)						النشاط الإشعاعي في الفوسفوجبسوم (Bq/kg)					
الموقع	المرجع	²²⁶ Ra	²³⁸ U	²³² Th	⁴⁰ K	الموقع	المرجع	²²⁶ Ra	²³⁸ U	²³² Th	⁴⁰ K
المغرب	Guimond and Harin	1.6	1.7	0.01	0.02	فلوريدا	Olszewsk a 1995	0.9	0.069	0.01	---
Taiba- Togo	1989	1.1	1.3	0.03	0.004	البرازيل	Mazziilh, Palmiro, Saueia and Nisti 2000	0.6	0.04	0.1	0.02
Bu- Craa (western sahara)		0.9	0.9	0.007	0.03	البرازيل		0.2	0.04	0.1	0.01
سورية	Attar et al 2011	0.3	1.0	0.002	---	سورية	Attar et al 2011	0.3	0.03	0.002	---
فلوريدا	Guimond 1990	1.6	1.5	0.02	--	مصر	Ahmed 2005	0.1	--	0.04	0.5
تونس	Olszewska 1995	0.8	1.0	0.02	0.03	إسبانيا	Jose,Rafael, and Guillermo 2009	0.8	0.08	---	---
الهند		1.29	1.34	0.09	0.01	الهند		0.3	0.03	0.01	0.005

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف هذا البحث لقياس تركيز النشاط الإشعاعي للنظائر المشعة ²¹²Pb، ²¹⁴Pb، ²¹⁴Bi، ²¹²Bi، ²²⁸Ac الموجودة في مناطق التوزعات الفوسفاتية في الساحل السوري. إنَّ لهذا العمل أهمية كبيرة من وجهة نظر الوقاية من الإشعاع والتعرضات الناتجة عن النظائر المشعة، إذ أنَّ تعرض الصخور للتجوية(العوامل الجوية) يسبب اختلال التوازن الإشعاعي بين نظائر السلاسل الإشعاعية خصوصاً عنصري اليورانيوم والثوريوم، حيث يؤدي ذلك إلى تحرير النظائر المشعة من الصخور لتنتقل إلى التربة، والمياه السطحية والجوفية وهذا يسهم في حدوث التلوث الإشعاعي.

طرائق البحث ومواده:

على ضوء الهدف أعلاه ذهبنا إلى أماكن التوضعات الفوسفاتية في الساحل السوري وهي (عين ليلون، المهالبة، عين التينة) مصطحبين معنا جهاز قياس التلوث الإشعاعي (Berthold- LB1200) المبين بالشكل (2)، وهو سهل الاستخدام، ومزود بنافذة دخول للإشعاع عليها شريحة معدنية للتمييز بين قياس غاما (الشريحة مغلقة) أو قياس التلوث (غاما وبيتا وألفا) (الشريحة مفتوحة).



الشكل(2): جهاز قياس التلوث (Berthold-LB1200) وهو من صنع شركة Berthold الألمانية الرائدة في تقديم تكنولوجيا القياس.

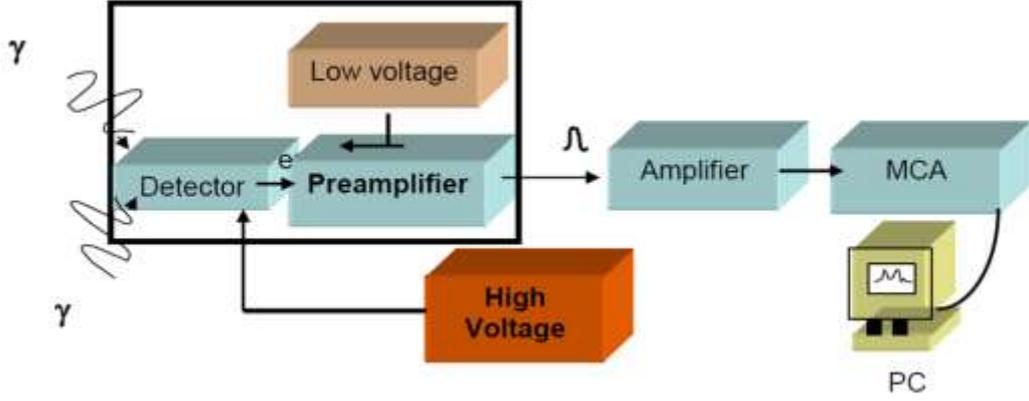
وأحضرنا عينات تربة سطحية وصخرية، طُحنت العينات، وتُخلت بمنخل قطر فتحاته (1 mm) للحصول على عينات متجانسة، بعد ذلك جُففت بوساطة فرن تجفيف لمدة 60 دقيقة لضمان جفاف العينات بشكل كامل لأن الرطوبة تؤثر على قيمة الوزن الحقيقي للعينة. وحُفظت في أكياس بلاستيكية خاصة محكمة الإغلاق ليتم وضعها ضمن وعاء (مارنييلي) كما يبين الشكل(3). وحُفظت لمدة أكثر من شهر قبل عملية القياس لضمان التوازن الإشعاعي Radiation equilibrium بين الراديوم-226 وولاند تفككه قصيرة العمر وكذلك التوازن الإشعاعي بين الراديوم-228 وولانده، حيث أنه بعد عشرة أوار من عمر النصف للنواة البننت يحصل توازن إشعاعي دائم بين النواة الأم ^{226}Ra و النواة البننت ^{222}Rn ، فيصبح النشاط الإشعاعي للأم مساوياً للنشاط الإشعاعي للبننت، و بما أن عمر النصف للرادون ^{222}Rn يساوي 3.82 يوماً، فيلزم زمن قدره $3.82 \times 10 = 38.2 \text{ day}$ لحصول التوازن الإشعاعي بين الراديوم-226 و الرادون-222 [10].



الشكل (3): a: نموذج من العينات المحفوظة بكيس بلاستيكي محكم الإغلاق، b: وعاء مارنييلي بيكر.

بعد ذلك تمّ قياس تركيز النظائر المشعة ^{212}Pb ، ^{214}Pb ، ^{214}Bi ، ^{212}Bi ، ^{228}Ac باستخدام نظام تحليل أشعة غاما، من خلال استخدام كاشف يوديد الصوديوم المطعم بالتاليوم (NaI (TI) من صنع شركة Leybold (الموجود في مخبر الفيزياء الإشعاعية، قسم الفيزياء، جامعة تشرين)، ويتضمن هذا النظام الأجهزة التالية:

- 1- كاشف ومبضي (يودييد الصوديوم المشاب بالثاليوم (TI) NaI وأنبوب المضاعف الضوئي، وقاعدة الأنبوب.
 - 2- مضخم رئيس، مضخم أولي.
 - 3- محلل متعدد الأقفية MCA.
 - 4- منبع تغذية جهد عالي خاص بالكواشف الوميضية.
 - 5- كومبيوتر مجهز ببرنامج Cassy لمعالجة القياسات.
- وبين الشكل (4) ربط أجزاء منظومة الكاشف المستخدم.



الشكل(4): مخطط صندوقي مبسط للدارة المستخدمة في القياسات [10].

كاشف - Detector، جهد عالي - High Voltage، مضخم أولي - Preamplifier، مضخم - Amplifier
 محلل متعدد الأقفية - Multichannel Analyzer (MCA)، جهد منخفض - Low Voltage
 حاسوب شخصي (PC) Personal Computer.

وقبل القيام بالقياس كان لابد من إجراء معايرة للكاشف المستخدم في القياس.

معايرة الكاشف (Detector Calibration):

معايرة الكاشف هي إيجاد العلاقة التي تربط بين رقم القناة في المحلل المتعدد الأقفية المستخدم في القياس وطاقة الخط الطيفي للمنبع المدروس. ويتكون المحلل بشكل رئيس من ذاكرة تخزين مقدارها يساوي عدد قنوات الـ (MCA) (في حالتنا عدد القنوات 512 قناة)، حيث يتم تخزين الحوادث (النبضات) في هذه القنوات حسب طاقة كل حادثة، والحوادث التي لها الطاقة نفسها تُخزن في القناة نفسها.

يسمح البرنامج المستخدم (Cassylab) في معالجة المعطيات بالتمثيل البياني لعدد الحوادث (النبضات) بتابعية رقم القناة. وهذا بدوره يسمح باستنتاج رقم القناة المرافقة لطاقة المنبع المعلوم المستخدم وبهذه الطريقة يمكننا رسم مستقيم معايرة، ثم استنتاج طاقة المنبع المجهول.

ولغرض معايرة الكاشف استخدم نظير الأمريسيوم-241 المصدر لفوتونات غاما بطاقة (59.54) keV، ونظير الصوديوم-22 المصدر لفوتونات غاما بطاقة (1786 - 1275 - 511) keV، ونظير الكوبالت-60 المصدر لفوتونات غاما بطاقة (1137 - 1333 - 2505) keV، وعينة نظير السيزيوم - 137 المصدر لفوتونات غاما بطاقة (661.6) keV، ويُحاط الكاشف بدرع من الرصاص لتخفيض قيمة الخلفية الإشعاعية، وبين الجدول (2) مواصفات المنابع المستخدمة في عملية المعايرة.

الجدول(2): مواصفات المصادر المستخدمة في عملية المعايرة [10].

النشاط الإشعاعي عند تاريخ التصنيع مقدراً بالـ Bq	عمر النصف مقدراً بالسنوات	تاريخ التصنيع	الرقم المرجعي	اسم المنبع
74×10^3	432.0	20/7/2007	PH 569 Nds.002/99	الأمريسيوم Am – 241
74×10^3	5.272	20/7/2007	PU 472 Nds.002/99	الكوبالت Co – 60
74×10^3	2.602	20/7/2007	PH 364 Nds.002/99	الصوديوم Na – 22
3.7×10^6	30.17	20/7/2007	PG 529 PG 530 Nds.002/99	Mixed Nuclide Cs-137

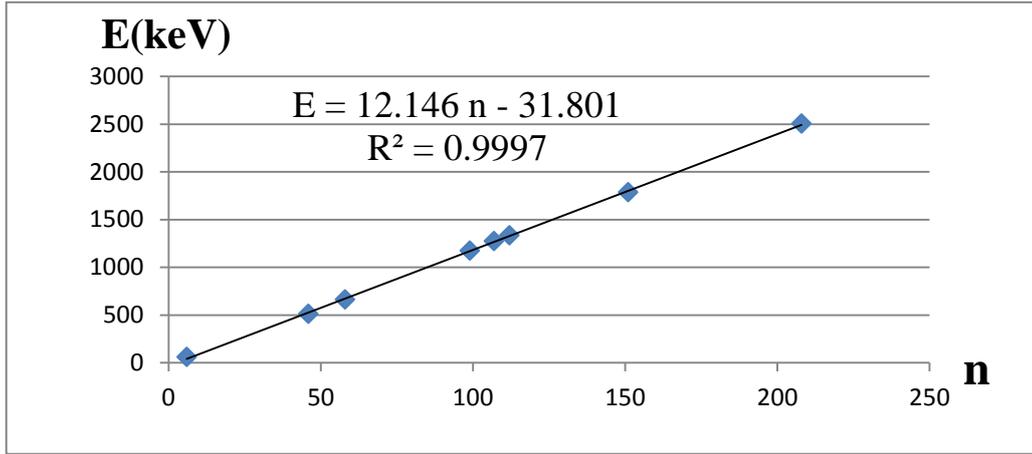
ويوضح الجدول (3) طاقة كل مصدر من المصادر المشعة المستخدمة وموقع القمة المصاحبة لكل طاقة.

الجدول(3): طاقة الخطوط الطيفية للمصادر المستخدمة مع رقم القناة الموافق.

المنبع المشع	رقم القناة n	الطاقة E(KeV)
Am-241	6	60
Na-22	46	511
	107	1275
	151	1786
Mixed Nuclide Cs-137	58	662
Co-60	99	1137
	112	1333
	208	2505

عند رسم العلاقة $E = f(n)$ بين طاقة الفوتون الوارد وموقع القمة وُجد أنها علاقة خطية، الشكل (5)، وتعطى بالمعادلة التالية:

$$E = 12.146n - 31.801 \quad \dots\dots\dots(1)$$



الشكل (5): مستقيم المعايرة لطاقة الكاشف.

والمستقيم أعلاه يعطي معايرة جيدة، حيث معامل الترابط $R^2 = 0.9997$ والقريب من الـ 1.

قياس النشاط الإشعاعي للعينات بالطريقة المطلقة (Radioactivity calculation for samples by absolute method)

يتم حساب النشاط الإشعاعي لأي عنصر في السلاسل المشعة التي توصف على أنها في حالة توازن إشعاعي، فيعد قياس الطيف الناتج عن كل العينة، يتم تحديد مواقع الذروة للنظائر المشعة، و حساب المساحة تحت الذروة لكل عنصر مشع، بعدئذ يُحسب النشاط الإشعاعي بالطريقة المطلقة لهذا العنصر المشع باستخدام المعادلة (2) [11,12,13]:

$$A_{\gamma} = \frac{R(E)}{\varepsilon_t(E).B.m.t} = \left(\frac{\sum N_p(E) - \sum N_b(E)}{t} \right) \frac{1}{\varepsilon_g \varepsilon_{pint}(E).f_{\gamma}(E).m} \dots\dots\dots (2)$$

إذ أن:

$$R(E) = (\sum N_p(E) - \sum N_b(E)) \quad , \quad \varepsilon_t(E) = \varepsilon_g . \varepsilon_{pint}(E)$$

حيث:

$\sum N_p(E)$: المجموع الكلي للحوادث تحت الذروة (المحتواة ضمن الخط الطيفي - Peak) للعينه المقاسة.
 $\sum N_b(E)$: المجموع الكلي لضجيج الخلفية (الإشعاع الخلفي - Back ground) (المحتواة ضمن الخط الطيفي - Peak) للعينه المقاسة.

t: زمن القياس بالثواني.

$\varepsilon_t(E)$: الكفاءة الكلية أو المطلقة للخط الطيفي أو للذروة.

ε_g : الكفاءة الهندسية (Geometrical efficiency) للكاشف، m: كتلة العينة بوحدة kg.

$\varepsilon_{pint}(E)$: الكفاءة الذاتية للخط الطيفي (Peak intrinsic efficiency).

$B = f_{\gamma}(E)$: نسبة التفرع (Branching ratio).

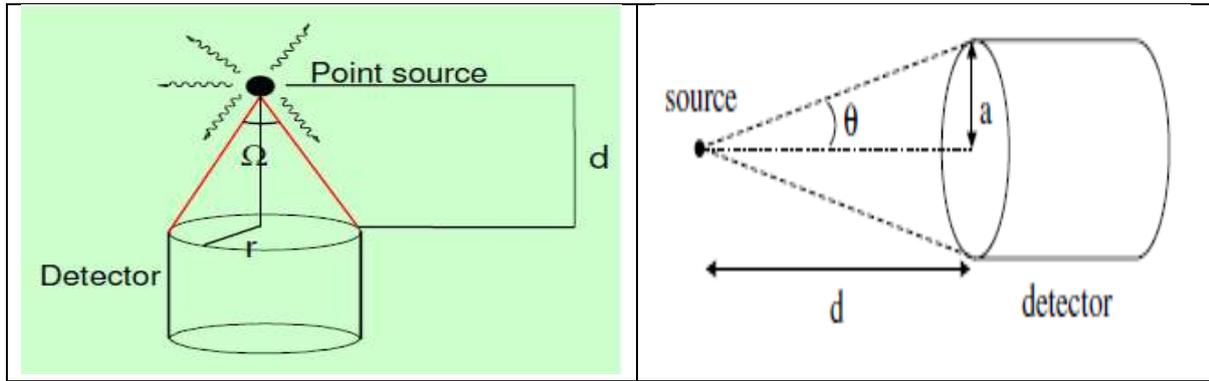
وفيما يلي نوضح مفهوم الرموز السابقة:

الكفاءة الكلية ($\epsilon_r(E)$): هي معامل يعتمد على ظروف التجربة، ويُعرف بمعامل الكشف، أو معامل المعايرة، أو معامل الكفاءة، أو معامل الفعالية، أو معامل المردود.

يقصد بكفاءة الكاشف **Detector efficiency – DE** قدرة الكاشف على تحويل الإشعاعات الصادرة عن المنبع المشع إلى إشارات تخرج من الكاشف وتتعلق بكفاءة الكاشف بمجموعة من العوامل هي:

1- امتصاص الأشعة ضمن مادة الكاشف.

2- **الكفاءة الهندسية للكاشف (Geometrical efficiency):** وهي تشير إلى مقدار اعتراض الكاشف للأشعة الصادرة عن المنبع، وهذا يتعلق بشكل كبير بحجم الكاشف وبالمسافة التي بين الكاشف والمنبع كما يبين الشكل (6) [10].



الشكل (6): الوضع الهندسي لمنبع نقطي بالنسبة إلى الكاشف ($r=a$, $R=d$) [10].

3- **الكفاءة الذاتية للكاشف (Peak intrinsic efficiency):** وهي تشير إلى مقدرة الكاشف على امتصاص الأشعة الواردة عليه، وتحويلها إلى إشارة كمونية مفيدة تخرج من الكاشف. وهي تتعلق بشكل أولي بثخانة الكاشف، وتركيبه، وبنوع الأشعة المراد كشفها، وكذلك طاقتها.

4- كفاءة تسجيل الإشارة الخارجة من الكاشف بواسطة جملة العد. وهذا عامل مهم في عدّ طاقة محددة، حيث يُستخدم محلل ارتفاع النبضة لتحديد العد فقط للإشارات الخارجة من الكاشف التي هي ضمن مجال من السعة (الطاقة) المطلوبة.

نشير هنا إلى أنّ الفوتونات ذات الطاقة المنخفضة تُمتص من قبل الكاشف بسبب المفعول الكهرضوئي، إذ أنّ المفعول الكهرضوئي هو المسيطر من أجل فوتونات غاما بطاقة تقع في المجال (0-100)keV. ومن أجل طاقة أكبر من 100 keV يبدأ مفعول كومبتون بالظهور، ثم يصبح أكثر أهمية مع ازدياد الطاقة، ومن أجل طاقة أكبر من 2MeV يبدأ ظهور مفعول توليد الأزواج. [10,14]

وُحسب الكفاءة الهندسية (ϵ_g) من العلاقة (3) [11,10]:

$$\epsilon_g = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{d}{\sqrt{d^2 + a^2}} \right) \dots\dots\dots (3)$$

حيث: $d=0.001\text{cm}$ بعد المنبع عن الكاشف، $a=r=1.905\text{cm}$ نصف قطر الكاشف. وبالتعويض في علاقة الكفاءة الهندسية نجد: $\epsilon_g = 0.4997$

ولحساب قيمة الكفاءة الذاتية للخط الطيفي فقد استعنا بقيم محسوبة من أجل كاشف مماثل للكاشف الذي استخدمناه في هذا العمل من أجل المسافة بين المنبع والكاشف (0.001cm) تكون قيمتها: $\varepsilon_{p_{int}} = 0.35$ [11,12].
 نسبة التفرع (Branching ratio) $f_{\gamma}(E)$: هي معامل يربط بين معدّل إصدار الجسيمات (أو الكمات بالنسبة إلى أشعة غاما، أي فوتونات غاما) لنوع معين من الإشعاع، ومعدّل التفكك للنوع نفسه من المنبع المشع نفسه [12]. ويبيّن الجدول (4) نسبة التفرع $f_{\gamma}(E)$ للعناصر التي تم تحسسها في العينات التي تم فحصها بالكاشف.
 الجدول (4): نسب التفرع للعناصر المكتشفة [14].

العنصر المشع	$E_{\gamma}(kev)$	نسبة التفرع $f_{\gamma}(E)$
^{228}Ac	209	0.0389
^{212}Pb	300	0.0328
^{214}Pb	242	0.0743
	351	0.376
^{212}Bi	785	0.0111
^{214}Bi	609	0.46
	1120	0.151
	1764	0.154

يتم حساب الخطأ المُرتكَب في حساب النشاط الإشعاعي بالطريقة المطلقة الموضحة بالعلاقة (4) [11] :

$$\Delta A = A \left[\left(\frac{\Delta \sum N_p(E)}{\sum N_p(E)} \right) + \left(\frac{\Delta \sum N_b(E)}{\sum N_b(E)} \right) \right] \dots\dots\dots(4)$$

$$= A \left[\left(\frac{\sqrt{\sum N_p(E)}}{\sum N_p(E)} \right) + \left(\frac{\sqrt{\sum N_b(E)}}{\sum N_b(E)} \right) \right]$$

النتائج والمناقشة:

تمّ قياس قيمة الجرعة في مكان إحضار العينة بوحدة ($\mu\text{sv/h}$)، باستخدام جهاز قياس التلوث الإشعاعي (Berthold-LB1200)، الموضح بالشكل (2)، (الجهاز يقيس بوحدة $\mu\text{sv/h}$ مباشرة)، حيث تمّ القياس على ارتفاع متر واحد من الأرض، ويزمن قياس 5min، وأخذت أعلى قيمة ثبت عليها مؤشر المقياس. ويعرض الجدول (5) إحدائيات مكان القياس، ونتائج قياس الجرعة.

جدول (5): إحداثيات مكان القياس والجرعة الممتصة.

الجرعة ($\mu\text{Sv/h}$)	إحداثيات موقع العينة من ريف اللاذقية	نوع العينة	موقع ورقم العينة
2.00	$N : 35^{\circ}32'12.5''$, $E : 36^{\circ}06'29.4''$	حجر كلسي	عين ليلون 1 / Al
2.30	$N : 35^{\circ}32'12.5''$, $E : 36^{\circ}06'29.4''$	ترية فوسفاتية	عين ليلون 2 / Al
2.10	$N : 35^{\circ}33'12.5''$, $E : 36^{\circ}05'24.4''$	حجر كلسي فوسفاتي غلوكوني	عين ليلون 3 / Al
1.30	$N : 35^{\circ}32'11.5''$, $E : 36^{\circ}06'28.1''$	حجر كلسي فوسفاتي	عين ليلون 4 / AL
1.10	$N : 35^{\circ}32'11.8''$, $E : 36^{\circ}06'27.1''$	حجر كلسي فوسفاتي	عين ليلون 5 / Al
1.00	$N : 35^{\circ}32'18.7''$, $E : 36^{\circ}06'23''$	حجر كلسي مارلي غضاري	عين ليلون 6 / Al
0.50	$N : 34^{\circ}00'00''$, $E : 36^{\circ}09'22''$	حجر فوسفاتي	المهالبة 1 / Mh
0.55	$N : 35^{\circ}30'00''$, $E : 36^{\circ}05'56''$	نبات زيتون (ثمار+أوراق+أغصان)	المهالبة 2 / Mh
0.30	$N : 35^{\circ}30'00''$, $E : 36^{\circ}05'56''$	حجر فوسفاتي	المهالبة 3 / Mh
0.30	$N : 35^{\circ}29'55''$, $E : 36^{\circ}05'47''$	حجر فوسفاتي	المهالبة 4 / Mh
0.35	$N : 35^{\circ}29'55''$, $E : 36^{\circ}05'48''$	حجر فوسفاتي	المهالبة 5 / Mh
0.45	$N : 35^{\circ}29'56''$, $E : 36^{\circ}05'50''$	حجر فوسفاتي	المهالبة 6 / Mh
0.60	$N : 34^{\circ}00'00''$, $E : 36^{\circ}09'22''$	ترية فوسفاتية	المهالبة 7 / Mh
0.10	$N : 35^{\circ}34'6.8''$, $E : 36^{\circ}05'46''$	حجر كلسي نموليتي	عين التينة 1 / At
0.10	$N : 35^{\circ}34'01.9''$, $E : 36^{\circ}06'32''$	حجر كلسي مارلي غضاري	عين التينة 2 / At
0.10	$N : 35^{\circ}33'35.2''$, $E : 36^{\circ}05'46.9''$	حجر كلسي قليل الغضار	عين التينة 3 / At
0.10	$N : 35^{\circ}33'35.7''$, $E : 36^{\circ}05'47.1''$	عينة ترية	عين التينة 4 / At
0.10	$N : 35^{\circ}33'35.7''$, $E : 36^{\circ}05'47.1''$	نبات زيتون (ثمار+أوراق+أغصان)	عين التينة 5 / At
0.30	$N : 35^{\circ}33'37.2''$, $E : 36^{\circ}05'43''$	حجر فوسفاتي	عين التينة 6 / At

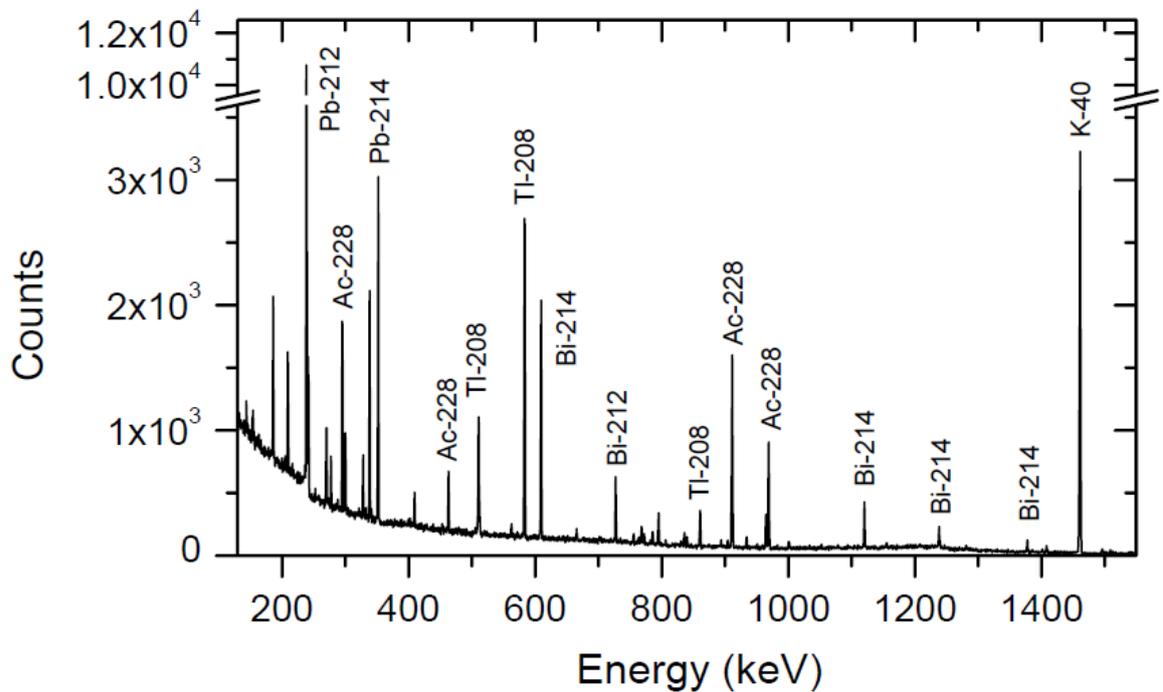
بمقارنة قيم الجرعة في الجدول (5) في المواقع الثلاثة (عين ليلون والمهالبة وعين التينة)، نجد أن هناك نشاط إشعاعي ملحوظ في التوضعات الفوسفاتية، مقارنةً مع غيرها من التشكيلات الجيولوجية، ويتضح هذا عند مقارنة قيمة الجرعة في عينات الحجر الكلسي مثل العينة At1 مع عينات الحجارة الفوسفاتية مثل العينة Al/1، وبلغت أكبر قيم للجرعة في موقع عين ليلون. وهذا يؤكد الترابط بين التوضعات الفوسفاتية ووجود اليورانيوم نتيجة عملية الاستبدال الكيميائي بين شوارد اليورانيوم والكالسيوم في فلزات الأباتيت، حيث يتم إحلال اليورانيوم الرباعي (نصف قطره الأيوني 0.97 \AA) محل الكالسيوم ثنائي التكافؤ (نصف قطره الأيوني 0.99 \AA) بسهولة في بلورة الأباتيت $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_4\text{F}_2]$ ، المكون الأساسي للفوسفات الرسوبي وذلك نظراً للتقارب الكبير في أنصاف أقطارهما الأيونية [7].

اعتماداً على مستقيم المعايرة الموضح بالشكل (4) المعطى بالمعادلة (1) تم التعرف على الذرى الضوئية العائدة للنظائر المشعة، والموضحة بالجدول (6) وذلك بعد مقارنة طاقات الذرى المحسوبة من مستقيم المعايرة مع الطاقات المرجعية، حيث تم تسجيل طيف أشعة غاما للعينة المدروسة وطرح طيف الخلفية الإشعاعية منه.

الجدول (6): التالي النظائر المشعة الموجودة في العينات وسلاسل الإشعاع الطبيعي التي تنتمي إليه.

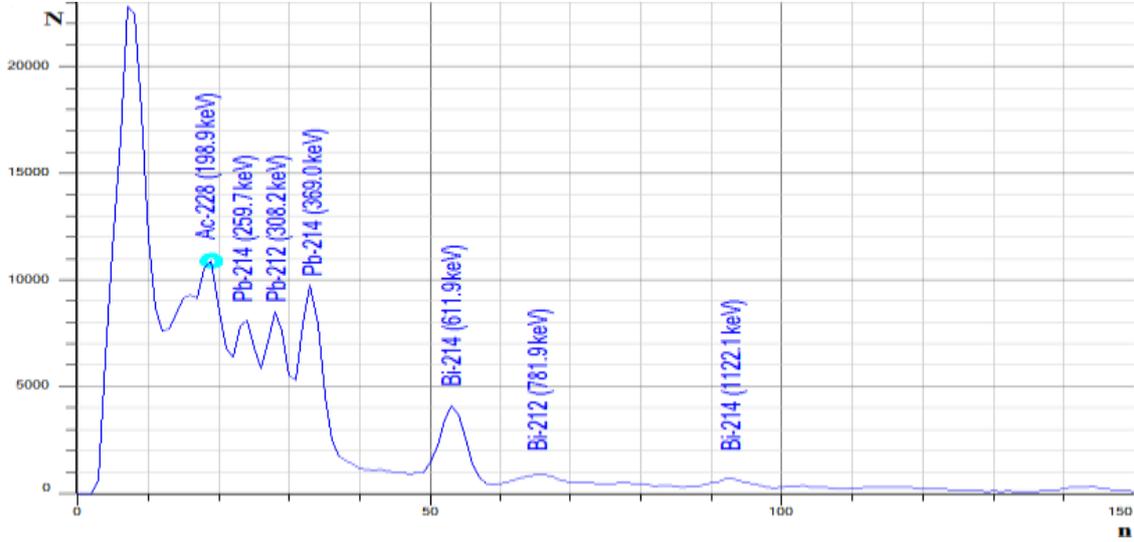
رقم القناة	النظير	طاقة النظير من مستقيم المعايرة E_m مقدره بال (keV)	طاقة النظير المرجعية E_r مقدرة بال (keV) [14]	سلسلة الإشعاع الطبيعي التي ينتمي إليها
19	^{228}Ac	198.9	209	^{232}Th
24	^{214}Pb	259.7	242	^{238}U
28	^{212}Pb	308.2	300	^{232}Th
33	^{214}Pb	369.0	351	^{238}U
53	^{214}Bi	611.9	609	^{238}U
67	^{212}Bi	781.9	785	^{232}Th
95	^{214}Bi	1122.1	1120	^{238}U
147	^{214}Bi	1753.6	1764	^{238}U

و يبين الشكل (7) طيف الطاقات المرجعية لسلاسل الإشعاع الطبيعي، تظهر عليه الذرى العائدة لبعض عناصر السلسلة و طاقاتها [15].

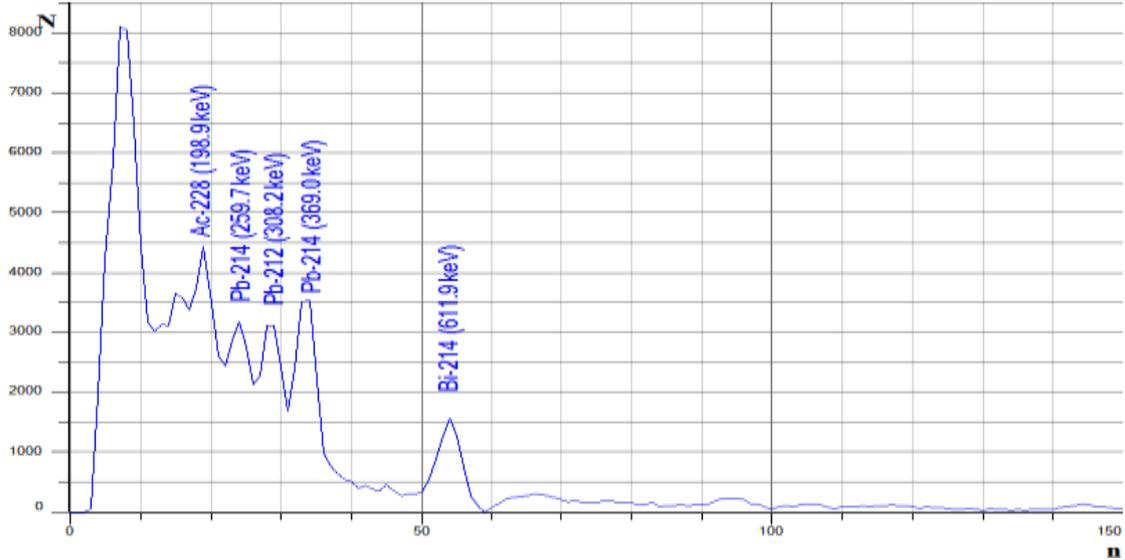


الشكل(7): طيف الطاقات المرجعية لبعض عناصر السلسلتين ^{238}U , ^{232}Th

تصل قدرة فصل الكاشف إلى (6.5–8.56)% لقيم الطاقة (0.662–1.332) MeV، حيث كان زمن القياس (3600 s) وكتلة العينة (1 kg)، وبين الشكلين (8) و (9) التالين الطيف الناتج من أجل العينة A/2 (أعلى قيم للنشاط الإشعاعي) والعينة AT6 (أدنى قيم للنشاط الإشعاعي) من موقعي عين ليلون و عين التينة على التوالي. وبينان معدل العد N بتابعية رقم القناة n، والذي أوضحنا عليهما الذرى المسجلة وطاقتها .

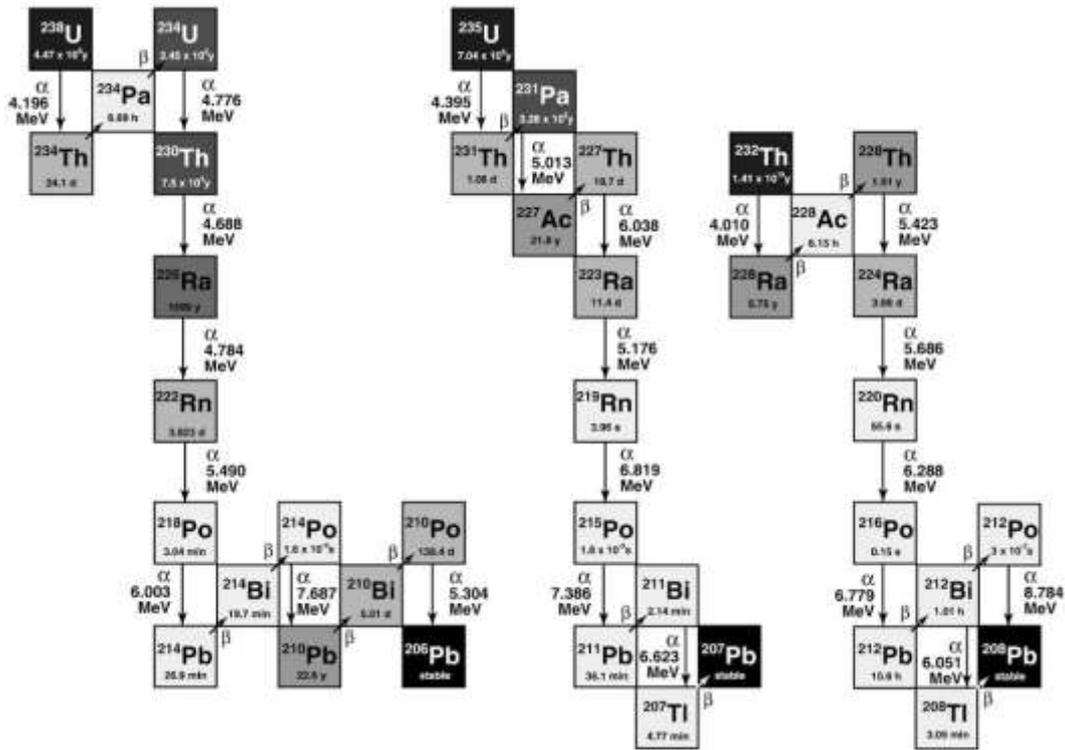


الشكل (8): الطيف الناتج عن العينة A/2 (أعلى قيمة للنشاط الإشعاعي) من موقع عين ليلون.



الشكل (9): الطيف الناتج عن العينة AT6 (أدنى قيمة للنشاط الإشعاعي) من موقع عين التينة.

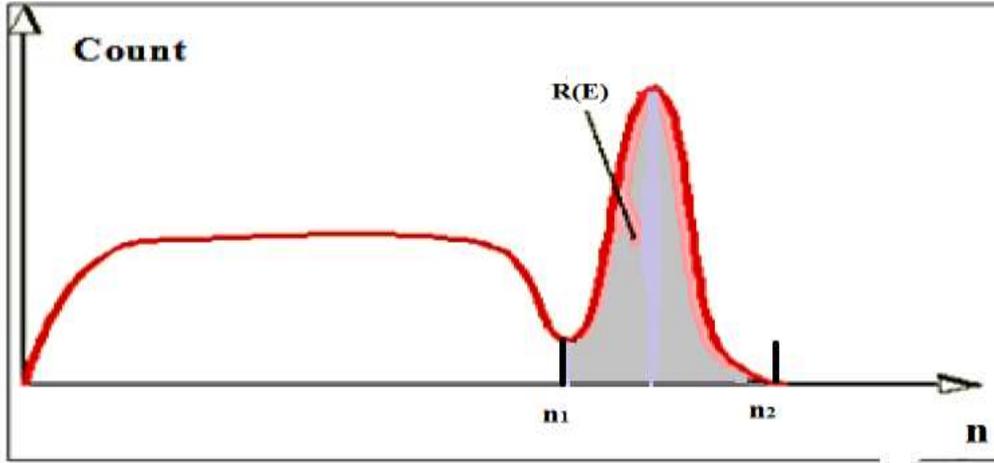
و بمقارنة الشكلين (8) و (9) نلاحظ الفرق الكبير في معدل العد N بين العينتين A/2، AT6 من أجل جميع النظائر المشعة المكتشفة، و بالتالي فرق في النشاط الإشعاعي بينهما. وبين الشكل (10) سلاسل الإشعاع الطبيعية بدءاً بالنظير الأم وانتهاء بالوليدة المستقرة.



الشكل (10): سلاسل الإشعاع الطبيعي [2].

بما أن عملية التفكك الإشعاعي هي عملية إحصائية، فإنه عند وجود أكثر من ذرة للعنصر نفسه، يتم حساب النشاط الإشعاعي لهذا العنصر عند طاقة التفكك الأكثر نسبة احتمالية. (ممثلاً: في حالة الرصاص 214 نجد أن له طاقتي تفكك هما: 242 keV باحتمالية تفكك 7% ونسبة تفرع 0.0743 و 351 keV باحتمالية تفكك 37% ونسبة التفرع 0.376 [13]، ولذلك تم حساب النشاط الإشعاعي له عند الطاقة 351 keV ذات الاحتمالية الأعلى) (نسبة التفرع الأكبر).

ولحساب صافي المساحة تحت الذروة، قمنا بطرح طيف الخلفية الأرضية من طيف العينة، وتم حساب المساحة تحت الذروة كما يبين الشكل (11)، حيث تكون المساحة محصورة بين رقمي قناتين n_1 و n_2 ، ويبين الجدول (7) صافي المساحة تحت الذروة $R(E)$ في كل عينة لكل قمة .



الشكل (11): صافي المساحة تحت الذروة كما تم حسابها.

الجدول (7): صافي المساحة تحت الذروة R(E).

مكان العينة	رقم العينة	النظير	صافي المساحة تحت الذروة R(E)	مجال الذروة n_1-n_2	مكان العينة	رقم العينة	النظير	صافي المساحة تحت الذروة R(E)	مجال الذروة n_1-n_2						
عين ليلون	A/ 1	^{212}Pb	2385	27-31	المهالبة	A/ 1	^{214}Pb	2850	31-37						
		^{214}Pb	19810	31-37			^{228}Ac	45860	17-21						
		^{214}Bi	9720	50-59			^{214}Pb	39630	31-37						
		.....	Mh2	^{212}Pb			34510	26-30						
	عين	A/ 2	^{214}Bi	21110		49-58	المهالبة	A/ 2	^{212}Bi	8020	59-70				
			^{212}Pb	18400		27-31			^{228}Ac	31920	17-21				
			^{214}Pb	22510		31-37			^{212}Pb	23370	26-30				
			^{214}Bi	11670		49-59			^{214}Pb	27640	31-38				
		A/ 3	^{214}Bi	17440		27-31		A/ 3	^{214}Bi	14460	49-58	A/ 3	^{212}Bi	4620	61-70
			^{214}Pb	22000		31-38			^{212}Ac	18180	17-21				
			^{214}Bi	10640		50-60			^{212}Pb	15160	26-31				
			^{228}Ac	32480		17-22			^{214}Pb	14450	31-36				
^{212}Pb			23780	26-31	^{214}Bi	8200			48-59						
^{214}Pb			24820	31-37	^{212}Bi	1750			63-68						
A/ 4		^{214}Bi	12200	50-58	A/ 4	^{228}Ac		23850	17-21	A/ 4	^{228}Ac	23850	17-21		
		^{212}Bi	5280	64-69		^{212}Pb		17280	26-30						
	^{212}Bi	5280	64-69	^{212}Pb		17280	26-30								
	^{228}Ac	33540	17-22	^{212}Pb		17280	26-30								
	^{212}Bi	5280	64-69	^{212}Pb		17280	26-30								
	^{228}Ac	33540	17-22	^{212}Pb		17280	26-30								

27-31	20970	²¹² Pb			31-36	18920	²¹⁴ Pb		ليلون		
31-37	25740	²¹⁴ Pb			48-59	12820	²¹⁴ Bi				
49-59	13470	²¹⁴ Bi			61-69	3670	²¹² Bi				
60-73	6140	²¹² Bi			26-31	2159	²¹² Pb	Al 6			
					31-36	2072	²¹⁴ Pb				
	-----	-----	At3	عين التينة	17-22	47420	²²⁸ Ac	Mh7	المهالبة		
17-22	3240	²²⁸ Ac	At4		27-31	29090	²¹² Pb				
31-37	1853	²¹⁴ Pb			31-37	37090	²¹⁴ Pb				
		.....	At5		49-62	22740	²¹⁴ Bi			
		...									
17-21	17620	²²⁸ Ac	At6		62-71	6130	²¹² Bi	عين التينة			
26-31	12570	²¹² Pb							At1	
31-40	16700	²¹⁴ Pb				18-22	1585			²²⁸ Ac	At2
48-58	7570	²¹⁴ Bi				32-37	877			²¹⁴ Pb	
61-71	2610	²¹² Bi									

وبعد تعويض قيم صافي المساحة تحت الذروة المبينة بالجدول (7) وقيمة الكفاءتين الذاتية والهندسية ونسبة التفرع في المعادلة (2)، تم حساب تركيز النشاط الإشعاعي لكل نظير مشع بوحدة (Bq/kg)، حيث أظهرت النتائج ارتفاع في تركيز النشاط الإشعاعي، وتجاوزت الحدود الطبيعية لسلسلة اليورانيوم 238 الموجودة في الترب السورية والبالغ متوسطها (6-69 Bq/kg)، والحدود الطبيعية لسلسلة الثوريوم 232 والبالغ متوسطها (3-50 Bq/kg) [7] كما يوضح الجدول (8).

الجدول (8): تركيز النشاط الإشعاعي للعينات المدروسة.

تركيز النشاط الإشعاعي (Bq/kg)					رقم العينة	مكان العينة
²¹² Bi	²¹⁴ Bi	²¹⁴ Pb	²¹² Pb	²²⁸ Ac		
-----	-----	12.04±0.407	115.49±4.35	-----	Al 1	عين ليلون
1157.98±46.32	72.89±1.71	167.40±3.822	1671.05±41.32	1872.42±38.62	Al 2	
667.07±30.02	49.93±1.16	116.75±2.889	1131.63±32.38	1303.27±31.98	Al 3	
252.67±11.37	28.31±0.66	61.04±1.46	734.08±20.55	742.27±18.22	Al 4	
529.90±21.19	44.26±1.07	79.92±1.92	836.74±23.43	973.78±23.37	Al 5	
		8.75±0.21	104.54±2.51	-----	Al 6	
-----	33.56±0.81	83.68±2.09	798.00±19.15	1082.78±25.98	Mh1	المهالبة
-----	-----	-----	-----	-----	Mh2	
-----	40.29±0.98	95.08±2.30	890.97±20.84	1200.78±24.90	Mh3	
-----	36.73±0.93	92.93±2.12	844.49±19.75	1097.90±26.35	Mh4	
762.36±43.45	42.12±1.02	104.84±2.49	1151.48±29.94	1326.13±32.41	Mh5	

886.53±44.32	46.51±1.17	108.73±2.61	1015.42±26.39	1369.41±29.66	Mh6	عين التينة
885.09±41.82	78.52±1.90	156.67±3.76	1408.61±36.63	1936.12±47.53	Mh7	
-----	-----	-----	-----	-----	At1	
-----	-----	3.70±0.09	-----	64.71±1.58	At2	
-----	-----	-----	-----	-----	At3	
-----	-----	7.83±0.19	-----	132.29±3.16	At4	
-----	-----	-----	-----	-----	At5	
373.45±16.80	26.06±0.69	70.54±1.59	608.67±14.74	719.41±17.19	At6	قيم مرجعية لدراسة إيطالية [4]
40	1170 - 1090	1260 - 1230	40			

بمقارنة نتائج الجدول (8) السابق مع نتائج الجدول (5)، نجد اتفاقاً بين نتائج الجدولين، على سبيل المثال: أعلى قيمة لمعدل الجرعة في عين ليلون 2 A/ تتفق مع أعلى قيمة لتركيز النشاط الإشعاعي لنفس العينة. بإجراء مقارنة لنتائج هذه الدراسة التي قمنا بها مع نتائج دراسات أخرى، مثلاً تمت دراسة لصخور فوسفاتية مماثلة في إيطاليا (Italy (Gela)، نتائجها موضحة بالسطر الأخير من الجدول السابق (8)، نلاحظ ارتفاع في النشاط الإشعاعي لسلسلة الثوريوم-232 في عيناتنا أكبر منه مقارنةً مع هذه الدراسة، والعكس بالنسبة لسلسلة اليورانيوم-238، حيث أن النشاط الإشعاعي في عيناتنا أقل منه مقارنةً مع نفس الدراسة. وكذلك الأمر في الدراسة [7] (التي تمت فيها دراسة لنفس التوضعات الفوسفاتية المدروسة في عملنا هذا)، بلغ تركيز النشاط الإشعاعي للرصاص-210، والعاقد لسلسلة اليورانيوم-238 القيم (0.5- 1520) Bq/kg وهو النواة الحفيدة للبرزموت-214. وهذا يتفق مع نتائجنا من حيث تأكيد وجود ارتفاع ملحوظ في قيم النشاط الإشعاعي في التوضعات الفوسفاتية.

الاستنتاجات والتوصيات:

- تُظهر النتائج التي حصلنا عليها لتركيز النشاط الإشعاعي في التوضعات الفوسفاتية بأن:
- 1 - أعظم قيمة لتركيز النشاط الإشعاعي 1936 Bq/kg للأكتينيوم-228 العائد لسلسلة تفكك الثوريوم ^{232}Th وذلك في موقع المهالبة.
 - 2 - أعظم قيمة لتركيز النشاط الإشعاعي 167.40 Bq/kg للرصاص-214 العائد لسلسلة تفكك اليورانيوم ^{238}U في موقع عين ليلون.
 - 3 - تركيز النظائر المشعة في التربة الزراعية في أماكن التوضعات الفوسفاتية، أعلى منه في الصخور الفوسفاتية، بسبب قدرة التربة على الاحتفاظ بالمواد المشعة وإعادة حركتها. حيث أن حركة المواد المشعة وتراكمها أو انتقالها يعتمد على تفاعل المواد والمركبات مع الجزء الصلب من التربة. ويعزى ارتفاع قيم النشاط الإشعاعي للرصاص إلى تفكك الراديوم-226 في التربة، والثاني ناتج عن انبثاق غاز الرادون وتفككه في الهواء، ثم سقوط الرصاص المتشكل على التربة.

وتوصي الدراسة بالآتي:

- 1- ضرورة أن يتكرر القياس لتركيز النشاط الإشعاعي في مناطق مختلفة من التربة المحيطة بالإضافة للنباتات المزروعة لمعرفة مدى انتقال النظائر المشعة إلى هذه المزروعات لمعرفة خطرها على المستهلكين.
- 2- تحديد نسبة تركيز الفوسفات في التوضعات الفوسفاتية ودراسة العلاقة بينها وبين تركيز النشاط الإشعاعي.

:References

- 1- RASHEED,M; YOUSUF,H.I; HASSAN,A.KH, Determination of the Specific Activity of Cs137and K40in Environmental Nineveh Governorate, Journal of Al-Rafidain Research Science, V. 19, No.2, 2008,pp.205-220.
- 2- VÖLGYESI,P, Environment Geochemical And Radiometric Study Of Building Material And Attic Dust Samples Affected By Industrial Activity In Hungary, Environmental Geology Ph.D. Program, Doctoral School Of Environmental Sciences, Eötvös Loránd University, 2015, p.155.
- 3- BASHAR.A. J; Al-Muhyi1,A. A; Abbas, A. A, Determination of the Specific Activity of Natural Radioactive Isotopes (40K, 212Pb, 214Pb, 214Bi, 228Ac) in plants and aquatic biological resources of The Marshland of Southern Iraq, The City of Basra And Northern Part of Arabian Gulf , basra-science-journal, No.42,2016 , pp.241-252.
- 4- ICRP,International Comity for Radiation Protection, 2006, Web site: www.icrp.org,12/11/2019.
- 5- SHWEKANE, R; TANJOR, Z, Radiation Risk (Dose) Assessment due to Phosphate Deposit in the Coastal Area, Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series [Vol 40, No 1 \(2018\)](#),PP.55-72.
- 6- AL-MASRI ,M.S; MUKALLATI .H; AL-HAMWI. A, Transfer Factor of Radium-226 Lead -210 andPolonium -210 NORM Contaminated soil to Atriplex, Afelfa and Grasses, Syrian Arab Rebablic Atomic Energy Commission ,2011,p.25.
- 7- GHDEER, A.A, Geochemistry Of Uranium And Thorium In Phosphate Of Syrian Coastal Range (Al-Alhffeh And Querdaha Sheets) And Their Environmental Impacts. Thesis Of Master Degree In Applied Geology, Tishreen University 2018,p.74.
- 8- TANGOUR, Z, Radiation Risk (Dose) Assessment due to Phosphate Deposits in the Coastal Area. Master Degree In Applied Physics, Damascus University 2009,p.77.
- 9- SAHU,S.K; AJMAL,P.Y; BHANGARE ,R.C; TIWARI. M., PANDIT, G.G, Natural radioactivity assessment of a phosphate fertilizer plant area, Journal of Radiation Research and Applied Sciences 7 (2014) pp.123-128.
- 10- JABBOUR,J.N; JBELI.H.A; ALJMMAL.S, Analytical and experimental study of the mechanisms of account and measure the radioactivity of the radioactive sources 2014, PP.12-28
- 11- JABBOUR,J.N; JBELI.H.A; ALJMMAL.S, Analytical and experimental study of the mechanisms of computing and measuring the radioactivity of the radioactive sources, Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (36) No. (2) 2014, pp.73-92.
- 12- JBELI.H.A; BEICHANA, A; REFFAI,F, Measuring the radioactivity of the isotope bismuth Bi-212 in soil samples from the Country of Lattakia by gamma spectpometry and alpha-spectpometry, Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (39) No. (3),2017,pp.211-226.

- 13- Daher ,D, Natural Radioactivity in Chips samples in Locally of Iraq, JOURNAL OF KUFA – PHYSICS, Vol.9, No.1 (2017) pp.27-33.
- 14- CHU;S.Y.F; EKSTRÖM ,L.P; FIRESTONE; R.B, The Lund/LBNL Nuclear Data Search Version 2.0, February 1999, <http://nucleardata.nuclear.lu.se/>.15/11/2019.
- 15- Tzortzis,M; Tsertos,H; Christofides.S; Christodoulides,G, Gamma-ray measurements of naturally occurring radioactive samples from Cyprus characteristic geological rocks, *UCY□PHY□02/02*, **2/12/2002**, P.27