

## تحليل ارتباط الفعالية الإشعاعية في التوضعات الفوسفاتية مع محتواها من الفوسفات في أماكن انتشاره في محافظة اللاذقية

د. هيثم جبيلي \*

د. هشام أبظلي \*\*

د. أحلام إبراهيم \*\*\*

أكرم حاتم \*\*\*\*

(تاريخ الإيداع ١٠ / ٢ / ٢٠٢١ . قبل للنشر ٢٥ / ٤ / ٢٠٢١)

### الملخص

أجريت هذه الدراسة لقياس تأثير الفعالية الإشعاعية في التربة والصخور الفوسفاتية، وتحليل سبب ارتباطها الوثيق مع تركيز الفوسفات، حيث جُمعت العينات من مناطق انتشار الفوسفات في اللاذقية على الساحل السوري. وتم استخدام كاشف يوديد الصوديوم المطعم بالتاليوم  $Nal(Tl)$  الموجود في مخبر الفيزياء الإشعاعية في كلية العلوم جامعة تشرين.

أعدت العينات للقياس وذلك باستخدام سياقات متباعدة في البحوث المنشورة عالمياً  
بنتيجة القياسات العملية تبين أن النظائر المشعة التالية:  $^{212}Bi$ ،  $^{214}Bi$ ،  $^{214}Pb$ ،  $^{212}Pb$  موجودة في العينات المدروسة.

لُوحظ ارتفاع في قيم النشاط الإشعاعي في التوضعات الفوسفاتية مقارنةً مع غيرها من أنواع الترب الأخرى، حيث تراوحت قيم النشاط الإشعاعي للعناصر المكتشفة كالاتي: للرصاص-٢١٤ بين  $(61.04-167.40)Bq/kg$  وللرصاص-٢١٢ بين  $(48.88-128.06)Bq/kg$ ، وللزيموت-٢١٤ بين  $(26.06-78.52)Bq/kg$ ، وللزيموت-٢١٢ بين  $(41.23-188.98)Bq/kg$ ، وللأكتينيوم-٢٢٨ بين  $(719.41-936.12)Bq/kg$ .

تمّ تم تحديد النسبة المئوية للفوسفات مقدرة بـ  $P_2O_5$  في العينات المدروسة، حيث تراوحت نسبة وجود الفوسفات في المواقع المدروسة بين  $(4.50-14.94)\%$ ، حيث لُوحظ ارتفاع في قيم النشاط الإشعاعي بشكل متناسب طردياً مع نسبة وجود الفوسفات في العينات.

الكلمات المفتاحية: النظائر المشعة، مطيافية غاما، النشاط الإشعاعي، الفوسفات

\*أ.د. هيثم جبيلي - أستاذ في قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا.  
\*\*أ.د. هشام أبظلي - أستاذ في قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا.  
\*\*\*د. أحلام إبراهيم - أستاذ مساعد في قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا.  
\*\*\*\*أكرم محمد حاتم طالب دراسات عليا (دكتوراه) في قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا.

## Analysis of the correlation of Radioactivity in phosphate deposits with their phosphate content in places of spread in Lattakia governorate

Dr. Haithem Jbile\*  
Dr. Hesham Abazly\*\*  
Dr. Ahlam Ibrahim\*\*\*  
Akram Hatem\*\*\*\*

(Received 10 / 2 / 2021 . Accepted 25 / 4 / 2021 )

### Abstract

This study was conducted to measure the effect of radioactivity on phosphate soils and rocks, and to analyze the reason for its close association with phosphate concentration, as samples were collected from phosphate deposit in Lattakia on the Syrian coast.

The NaI (TI) sodium iodide detector located in the Radiation Physics Laboratory at Tishreen University was used.

Samples were prepared for measurement using the contexts followed in internationally published research.

With the result of the practical measurements, it was found that the following radioactive isotopes:  $^{228}\text{Ac}$ ,  $^{212}\text{Bi}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{212}\text{Pb}$  are present in the studied samples.

An increase in the radioactivity values was observed in phosphate deposits, compared with other types of soils

The measurements showed an increase in the rate of radioactivity in the phosphate deposits compared with other types of soils , where the values of radioactivity of the detected elements ranged as follows: for Pb-214 between Bq/kg (61.04-167.40), for Pb-212 between (48.88-128.06) Bq/kg and for Bi-214 between (26.06-78.52) Bq/ kg for Bi-212 between (41.23-188.98) Bq/ kg and for Ac-228 between (719.41-1936.12)Bq/kg.

Then, the percentage of phosphates , estimated as  $\text{P}_2\text{O}_5$  , were determined in the studied samples, the percentage of phosphate presence in studied sites ranged between (4.50-14.94%), an increasing in radioactivity values was observed in proportion to the percentage of phosphate in the samples.

**Keywords:** Radioisotopes, Gamma Spectroscopy, Radioactivity, Phosphate.

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

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

\*\*\* Assistant Prof, Department Of Geology. Faculty Of Sciences, Tishreen University, Lattakia, Syria.

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

## مقدمة:

يواجه الإنسان خطراً كبيراً يتمثل في تعرضه للنظائر المشعة وماتسببه هذه النظائر من مخاطر صحية قد تكون ذات أثر كبير على حياته، ويعتمد الضرر الذي قد يصيب جسم الإنسان من جزاء تعرّضه للمواد المشعة على عدّة عوامل منها: الجرعة التي يتعرّض لها من هذه المواد المشعة، ونوعها، بالإضافة للزمن الذي يتعرّض له الجسم لهذه الاشعاعات [1]، ولقد نشأت الحياة وتطورت في هذا المحيط رغم تعرضها لهذه الإشعاعات، التي بقي مستواها ثابتاً تقريباً، منذ عصور سحيقة [2].

لسنوات طويلة خلت لم يكن هناك أي ذكر هام للتأثيرات البيئية والإشعاعية نتيجة لوجود اليورانيوم في الفوسفات وكل ما كان التركيز عليه هو التأثيرات المتعلقة باليورانيوم في خاماته التقليدية والمناجم التي تستغله، وما ينشأ عنها من مخلفات صلبة وسائلة قد تؤثر على المياه الجوفية والتربة والهواء، وما يلي ذلك من أعمال استصلاح و معالجة بعد إغلاق المناجم و انتهاء الحاجة إليها [3].

حيث أنّ الأسمدة الفوسفاتية تعيد توزيع النظائر المشعة التي تحدث بشكل طبيعي في جميع أنحاء البيئة وتصبح مصدراً للنشاط الإشعاعي. هذه الظاهرة قد تؤدي إلى مخاطر إشعاعية محتملة بسبب الهجرة المحتملة للنظائر المشعة من الأسمدة الزراعية إلى التربة والنباتات، وعبر السلسلة الغذائية، حيث يتم استهلاك أكثر من ٣٠ مليون طن من الأسمدة الفوسفاتية سنوياً في جميع أنحاء العالم لزيادة إنتاج المحاصيل الزراعية [4].

لُوحظت العلاقة الوثيقة بين اليورانيوم والفوسفات منذ مطلع القرن العشرين حيث يزيد محتوى هذا العنصر في الترسبات الفوسفاتية عن غيرها عشرات المرات، وكذلك عن محتواه في القشرة الأرضية، حيث يبلغ تركيز سلسلة اليورانيوم  $^{238}\text{U}$  النموذجي حوالي  $1500 \text{ Bq/kg}$  [5]. وقد تمت الكثير من الجهود لفهم ظهور ووجود اليورانيوم في الفوسفات، ومحاولة ربطه بالطبيعة والخواص الكيميائية للأباتيت والفوسفات، وفي دراسات سابقة وُجد أنّ النسبة المئوية لليورانيوم المكتشف يتناسب مع النسبة المئوية لـ  $\text{P}_2\text{O}_5$ ، ولا زال سبب ارتباط اليورانيوم في الفوسفات غير واضح تماماً حتى الآن [6,3]. وتمت دراسة التوضعات الفوسفاتية في مناطق متفرقة من العالم كالعراق ومصر وإيران والهند وقبرص البرازيل، ويبين الجدول (1) التالي نتائج بعض هذه الدراسات في عدّة دول.

الجدول (1): مقارنة تركيز النشاط الإشعاعي (Bq/kg) في الصخور الفوسفاتية والفوسفوجيبسوم في عدّة دول [7].

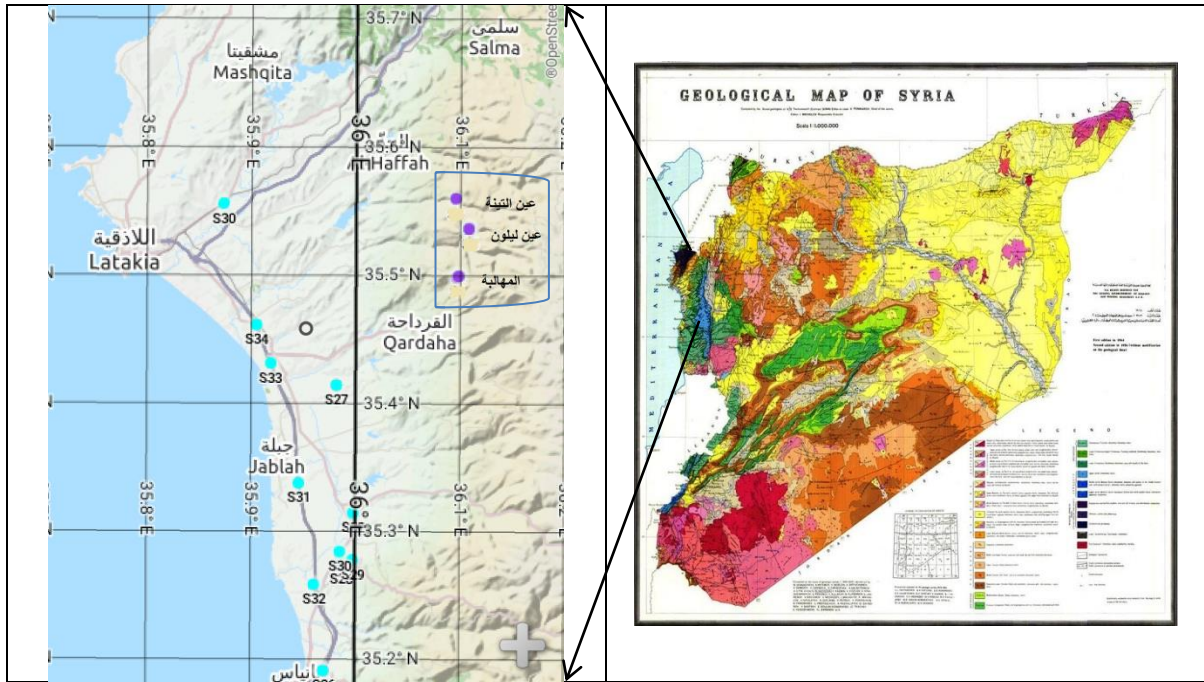
النشاط الإشعاعي (Bq/kg) في الصخور الفوسفاتية و الفوسفوجيبسوم											
النشاط الإشعاعي في الصخور الفوسفاتية (Bq/kg)						النشاط الإشعاعي في الفوسفوجيبسوم (Bq/kg)					
الموقع	المرجع	$^{226}\text{Ra}$	$^{238}\text{U}$	$^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}$	الموقع	المرجع	$^{226}\text{Ra}$	$^{238}\text{U}$	$^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}$
المغرب	Guimond and Harin 1989	1.6	1.7	0.01	0.02	فلوريدا	Olszewska 1995	0.9	0.069	0.01	---
سوريا	Attar et al 2011	0.3	1.0	0.002	---	سوريا	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	٠.٥
الهند		1.29	1.34	0.09	0.01	الهند		0.3	0.03	0.01	٠.٠٠٥

### أهمية البحث وأهدافه:

يهدف هذا البحث إلى دراسة ارتباط الفعالية الإشعاعية مع نسبة خامس أكسيد الفوسفات  $P_2O_5$  في التوضعات الفوسفاتية في اللاذقية، وتقييم خطر هذه الفعالية الإشعاعية على الصحة العامة. إذ أن 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:

جمعت عينات الدراسة من أماكن التوضعات الفوسفاتية في اللاذقية وهي (عين التينة، عين ليلون، المهالبة، عين التينة) حيث تُظهر الخريطة التالية الموضحة بالشكل (1) مكان هذه المواقع في محافظة اللاذقية على ساحل البحر الأبيض المتوسط.



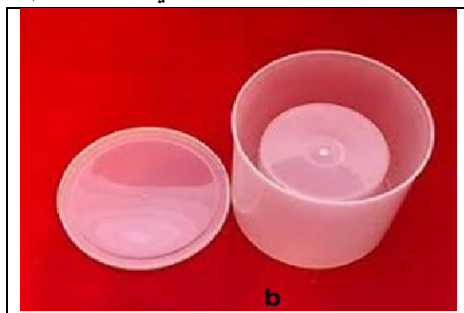
الشكل (1) : خريطة تظهر مواقع جمع العينات الفوسفاتية المدروسة (عين التينة، عين ليلون، المهالبة) في الساحل السوري

وتَمَّ اصطحاب جهاز قياس التلوث الإشعاعي (Digilert-100) المبين بالشكل (2) لقياس الجرعة المكافئة في منطقة الدراسة.



الشكل (٢): جهاز قياس التلوث (Digilert-100).

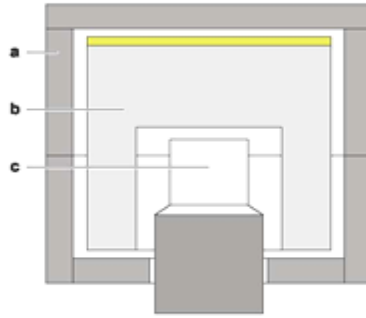
وأحضرننا عينات تربة سطحية وصخرية، طُحنت العينات، ونُخلت بمنخل قطر فتحاته (1 mm) للحصول على عينات متجانسة، بعد ذلك جُففت بوساطة فرن تجفيف لمدة ٦٠ دقيقة لضمان جفاف العينات بشكل كامل لأن الرطوبة تؤثر على قيمة الوزن الحقيقي للعينة. وحُفظت في وعاء (مارنييلي) كما يبين الشكل (٣)، بوزن 1 kg لكل عينة. وحُفظت لمدة أكثر من شهر قبل عملية القياس لضمان التوازن الإشعاعي Radiation equilibrium بين الراديوم-٢٢٦ وولائد تفككه قصيرة العمر وكذلك التوازن الإشعاعي بين الراديوم-٢٢٨ وولائده، حيث أنه بعد عشرة أدوار من عمر النصف للنواة البننت، يحصل توازنٌ إشعاعي دائمٌ بين النواة الأم  $^{226}\text{Ra}$  و النواة البننت  $^{222}\text{Rn}$  [8]، فيصبح النشاط الإشعاعي للأُم مساوياً للنشاط الإشعاعي للبننت، و بما أن عمر النصف للرادون  $^{222}\text{Rn}$  يساوي ٣.٨٢ يوماً، فيلزم زمن قدره  $3.82 \times 10 = 38.2 \text{ day}$  لحصول التوازن الإشعاعي بين الراديوم-٢٢٦ و الرادون-٢٢٢ [9].



الشكل (٣): وعاء مارنييلي بيكر.

تم بعد ذلك قياس تركيز النظائر المشعة  $^{212}\text{Pb}$ ،  $^{214}\text{Pb}$ ،  $^{214}\text{Bi}$ ،  $^{212}\text{Bi}$ ،  $^{228}\text{Ac}$  باستخدام نظام تحليل أشعة غاما، من خلال استخدام كاشف يودييد الصوديوم المطعم بالتاليوم (NaI (TI) من صنع شركة Leybold، حيث تم قياس كل عينة لمدة ساعة (٣٦٠٠ ثانية).

وتمت معايرة الكاشف باستخدام منابع عيارية: نظير الأمريسيوم-٢٤١ المصدر لفوتونات غاما بطاقة keV ٥٩.٥٤، ونظير الصوديوم-٢٢ المصدر لفوتونات غاما بطاقة keV (1275 - 1786 - ٥١١)، ونظير الكوبالت-٦٠ المصدر لفوتونات غاما بطاقة keV (1137 - 1333 - 2505)، وعينة نظير السيزيوم - 137 المصدر لفوتونات غاما بطاقة keV (٦٦١.٦)، ويُحاط الكاشف بدرع من الرصاص لتخفيض قيمة الخلفية الإشعاعية كما يوضح الشكل (٤).



الشكل (٤): تدريع الكاشف

a: درع من الرصاص ، b: المارنييلي بيكر ، c: كاشف ومضاني.

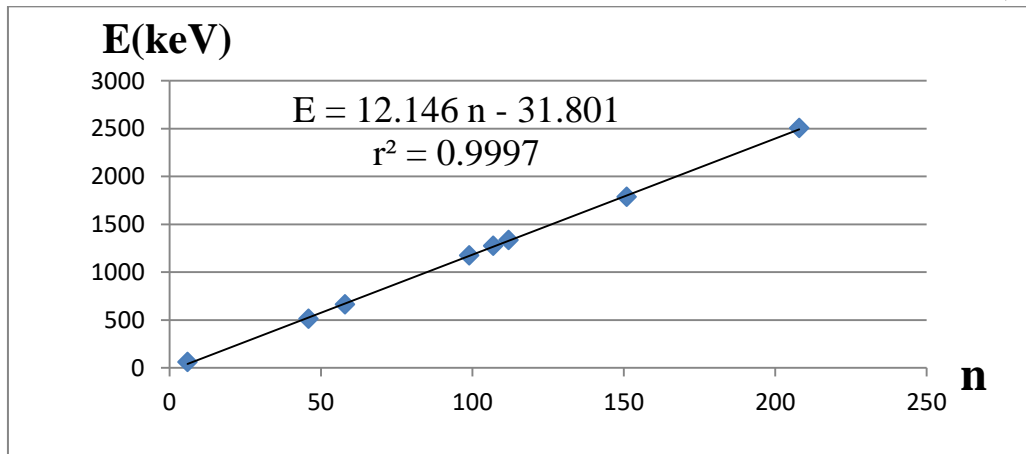
ويوضح الجدول (٢) طاقة كل مصدر من المصادر المشعة المستخدمة وموقع القمة المصاحبة لكل طاقة.

الجدول (٢): طاقة الخطوط الطيفية للمنابع 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 (٥)، وتعطى بالمعادلة التالية:

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



الشكل (٥): مستقيم المعايرة لطاقة الكاشف.

ويعطي المستقيم أعلاه معايرة جيدة، حيث معامل الترابط  $r^2 = 0.9997$  والقريب من الـ ١.

اعتماداً على مستقيم المعايرة الموضح بالشكل (٥)، المعطى بالمعادلة (١) تم التعرف على الذرى الضوئية العائدة للنظائر المشعة الآتية  $^{212}\text{Pb}$ ،  $^{214}\text{Pb}$ ،  $^{214}\text{Bi}$ ،  $^{212}\text{Bi}$ ،  $^{228}\text{Ac}$  وطاقاتها كما يوضح الجدول (٣) [10] ، وذلك بعد مقارنة طاقات الذرى المحسوبة من مستقيم المعايرة مع الطاقات المرجعية، حيث تم تسجيل طيف أشعة غاما للينة المدروسة وطرح طيف الخلفية الإشعاعية منه.

الجدول(٣): النظائر المكتشفة وطاقاتها [10] .

النظير	$^{212}\text{Pb}$	$^{214}\text{Pb}$	$^{214}\text{Bi}$	$^{212}\text{Bi}$	$^{228}\text{Ac}$
الطاقة المرجعية (KeV)	238.6	351.9	609.3	727.3	٢٠٩.٣
الطاقة من مستقيم المعايرة (KeV)	٢٥٩.٧	٣٦٩.٠	٦١١.٩	٧٦٩.٨	١٩٨.٩
نسبة التفرع %	43.5	35.1	44.6	6.74	3.89

### قياس النشاط الإشعاعي للعينات بالطريقة المطلقة :

يتم حساب النشاط الإشعاعي لأي عنصر في السلاسل المشعة التي توصف على أنها في حالة توازن إشعاعي، فبعد 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 (٢) [11]:

$$A_{\gamma} = \frac{R(E)}{\varepsilon_{\gamma}(E).B.m.t} = \left( \frac{\sum N_p(E) - \sum N_b(E)}{t} \right) \frac{1}{\varepsilon_g \varepsilon_{pint}(E).f_{\gamma}(E).m} \dots\dots\dots (٢)$$

$$R(E) = (\sum N_p(E) - \sum N_b(E)) \quad , \quad \varepsilon_{\gamma}(E) = \varepsilon_g . \varepsilon_{pint}(E) \quad \text{إذ أن:}$$

حيث:

$\sum N_p(E)$ : المجموع الكلي للحوادث تحت الذروة (المحتواة ضمن الخط الطيفي - Peak) للينة المقاسة.

$\sum N_b(E)$ : المجموع الكلي لضجيج الخلفية (الإشعاع الخلفي - Back ground) (المحتواة ضمن الخط

الطيفي - Peak) للينة المقاسة.

t: زمن القياس بالثواني.

$B = f_{\gamma}(E)$ : نسبة التفرع (Branching ratio)، المعطاة في الجدول (٣).

$\varepsilon_{\gamma}(E)$ : الكفاءة الكلية أو المطلقة للخط الطيفي أو للذروة.

$\varepsilon_g$ : الكفاءة الهندسية (Geometrical efficiency) للكاشف

m: كتلة العينة بوحدة kg.

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

### تعيين نسبة $P_2O_5$ في الفوسفات:

تم تعيين نسبة  $P_2O_5$  بطريقة الترسيب باستخدام محلول موليبيدات الأمونيوم، حيث تم ترطيب 0.5g من الفوسفات، وتهضمها بحمض الكبريت المركز ثم التمديد بالماء المقطر والتسخين لتحويل كامل  $P_2O_5$  إلى الطور السائل ومن ثم ترشيح المحلول.

حُصِر محلول موليبيدات الأمونيوم (5g/60ml) ومحلول نترات الأمونيوم بتركيز (5g/60ml) كل على حدا، أُخذ 50ml من محلول العينة، وأضيف إلى هذا الحجم بضع قطرات من محلول نترات الأمونيوم و35ml من حمض

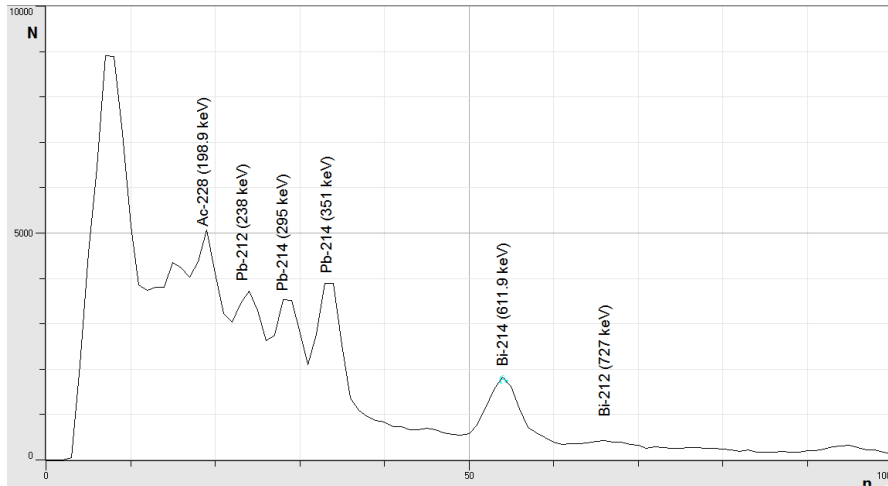
الأزوت المركز وسخّن الناتج حتى الغليان ثم أُضيف إلى هذا المحلول كامل محلول الموليبدات المحضّر فتشكّل راسب أصفر، وترك لمُدّة ٢٤ ساعة حتى التبلور بشكل كامل ومن ثمّ ترشيح المحلول وغسل الراسب بمحلول نترات الأمونيوم ثمّ بالأسيتون، وتُرك حتى الجفاف وبعدها تمّ تعيين وزن الراسب ومن ثمّ نسبة  $P_2O_5$  في العينة [12].

### النتائج والمناقشة:

تمّ قياس قيمة الجرعة في مكان إحضار العينة بوحدة ( $\mu\text{sv/h}$ )، باستخدام جهاز (Digilert-100). ويعرض الجدول (٤) إحصائيات مكان القياس، ونتائج قياس الجرعة. جدول (٤): إحصائيات مكان القياس والجرعة الممتصة.

الجرعة ( $\mu\text{sv/h}$ )	إحداثيات موقع العينة من ريف اللانقية	نوع العينة	موقع ورقم العينة
0.810	$N : 35^{\circ}32'12.5''$ , $E : 36^{\circ}06'29.4''$	تربة فوسفاتية	عين ليلون 2 Al
0.737	$N : 35^{\circ}32'11.36''$ , $E : 36^{\circ}06'29.27''$	حجر كلسي فوسفاتي غلوكوني	عين ليلون 3 Al
0.602	$N : 35^{\circ}32'15.97''$ , $E : 36^{\circ}06'29.97''$	حجر كلسي فوسفاتي	عين ليلون 4 AL
0.197	$N : 35^{\circ}30'00.5''$ , $E : 36^{\circ}05'56.1''$	حجر فوسفاتي	المهالبة Mh1
0.218	$N : 35^{\circ}29'55''$ , $E : 36^{\circ}05'47''$	حجر فوسفاتي	المهالبة Mh4
0.446	$N : 35^{\circ}29'59.02''$ , $E : 36^{\circ}05'53.40''$	تربة فوسفاتية	المهالبة Mh7
0.124	$N : 35^{\circ}33'37.2''$ , $E : 36^{\circ}05'43''$	حجر فوسفاتي	عين التينة At6

ويظهر الشكل (٦) الطيف الناتج عن إحدى العينات (العينة At6) كمثال عن الطيف الناتجة من قياس كل عينة والذي يمثل معدل العد N بتابعية رقم القناة n



الشكل (٦): الطيف الناتج عن العينة At6 كمثال .

ويبين الجدول (٥) نتائج القياس لتركيز النشاط الإشعاعي للعينات المدروسة



الجدول (٥): تركيز النشاط الإشعاعي للعينات المدروسة

C (Bq/kg)					رقم العينة	مكان العينة
تركيز النشاط الإشعاعي (Bq/kg)						
<sup>212</sup> Bi	<sup>214</sup> Bi	<sup>214</sup> Pb	<sup>212</sup> Pb	<sup>228</sup> Ac		
188.98±5.78	٧٢.٨٩±1.71	167.40±3.822	128.06±2.91	١٨٧٢.٤٢±38.62	Al 2	عين ليلون
108.87±4.67	٤٩.٩٣±1.16	116.75±2.889	98.51±2.59	١٣٠٣.٢٧±31.98	Al 3	
41.23±2.36	٢٨.٣١±0.66	61.04±1.46	50.77±1.48	٧٤٢.٢٧±18.22	Al 4	
113.03	50.37	115.06	92.45	1305.98	mean	
N.D	33.56±0.81	83.68±2.09	64.50±1.54	١٠٨٢.٧٨±25.98	Mh1	المهالبة
N.D	36.73±0.93	92.93±2.12	66.92±1.61	1097.90±26.35	Mh4	
144.45±5.83	78.52±1.90	156.67±3.76	127.51±2.90	1936.12±47.53	Mh7	
.....	49.60	111.09	86.31	1372.26	mean	
61.50±1.65	26.06±0.69	70.54±2.02	48.88±1.31	719.41±17.19	At6	عين التينة

#### غير مكتشف (N.D)

تظهر هذه النتائج ارتفاع في قيم النشاط الإشعاعي مقارنةً مع غيرها من التربة و الصخور الأخرى، وتجاوزت الحدود الطبيعية لسلسلة اليورانيوم ٢٣٨ الموجودة في التربة السورية المنتشرة في عموم الساحل، والبالغ متوسطها (6-69 Bq/kg)، والحدود الطبيعية لسلسلة الثوريوم ٢٣٢ والبالغ متوسطها (3-50 Bq/kg) [7].

وبمقارنة قيم النشاط الإشعاعي في الجدول (٥) مع نتائج قياس الجرعة في الجدول (٤) في المواقع الثلاثة (عين ليلون والمهالبة وعين التينة)، نجد أن معدل الجرعة الإشعاعية يتناسب مع متوسط النشاط الإشعاعي للنظائر المشعة، حيث بلغ أعلى معدل للجرعة في منطقة عين ليلون يليه موقع المهالبة ثم عين التينة، وكذلك الأمر بالنسبة للنشاط الإشعاعي.

ويبين الجدول (٦) نتائج قياس محتوى العينات من خامس اوكسيد الفوسفات، بالإضافة لمحتواها من الكالسيوم (والتي تم قياسها باستخدام محلول EDTA تركيزه 0.01mol/L ، ومشعر أيروكروم الأسود).

الجدول(٦): نسبة الفوسفات و الكالسيوم في العينات المدروسة.

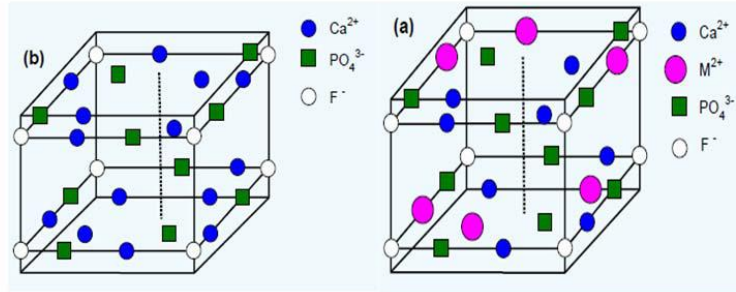
Sample name	$R_{Ca} \%$ نسبة الكالسيوم % $Ca$	$n_{Ca^{+2}}$ عدد مولات الكالسيوم $Ca^{+2}$	$R_{P_2O_5} \%$ نسبة الـ $P_2O_5$ %	$n_{PO_4^{-3}}$ عدد مولات الـ $PO_4^{-3}$
AL2	7.92	٠.١٩٨٠	14.94	٠.٠٧٨٦
AL3	5.23	٠.١٠٤٠	11.08	٠.٠٥٨٣
AL4	9.34	٠.٢٣٣٥	4.50	٠.٠٢٣٧
Mh1	12.28	٠.٣٠٧٠	7.42	٠.٠٣٩١
Mh4	6.80	٠.١٧٠٠	8.38	٠.٠٤٤١
Mh7	2.60	٠.٠٦٥	12.31	٠.٠٦٤٨
AT6	4.17	٠.١٣٠٧	5.65	٠.٠٣٠١

## ارتباط تركيز النشاط الإشعاعي مع المحتوى الفوسفاتي:

بمقارنة النتائج في الجدول (٤) مع النتائج في الجدول (٥) نجد أن هناك ترابط وثيق ما بين تركيز النشاط الإشعاعي لجميع النظائر المكتشفة وتركيز الـ  $P_2O_5$  ، وذلك لسببين:

١- إمكانية إذلال اليوراننيوم الرباعي ( نصف قطره الأيوني  $0.97 \text{ \AA}$  ) محل الكالسيوم ثنائي التكافؤ (نصف قطره الأيوني  $0.99 \text{ \AA}$  ) بسهولة في بلورة الأباتيت  $[Ca_{10}(PO_4)_6F_2]$ ، المكون الأساسي للفوسفات الرسوبي وذلك نظراً للتقارب الكبير في أنصاف أقطارهما الأيونية [13,3]، وهذا يؤدي بالضرورة إلى زيادة تركيز نواتج تفككه في الترسبات الفوسفاتية.

٢- امتزاز كاتيونات ثنائية التكافؤ مثل الرصاص  $Pb^{+2}$  على سطح فلز الأباتيت، وتشمل آلية التفاعل على الامتزاز ثم الانتشار ضمن الطور الصلب، ويوضح الشكل (٧) مواقع ارتباط الأيونات الفلزّية ثنائية التكافؤ على سطح الفلور أباتيت [14] .

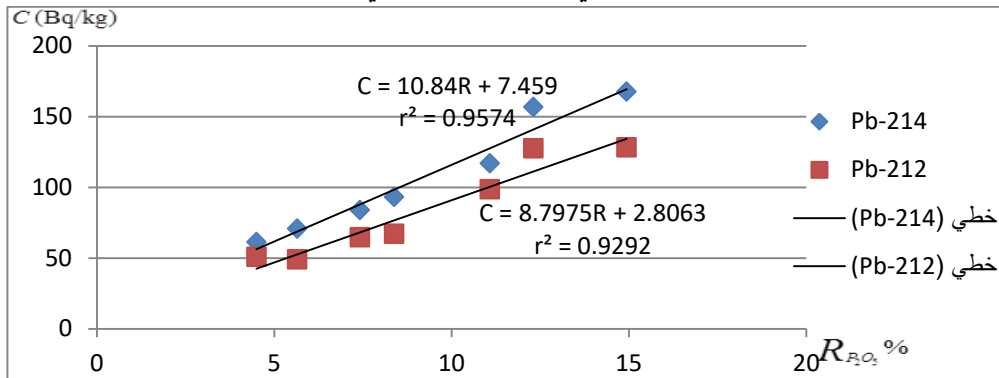


الشكل (٧): يوضح مواقع الارتباط ضمن الخلية البدائية لفلز الأباتيت.

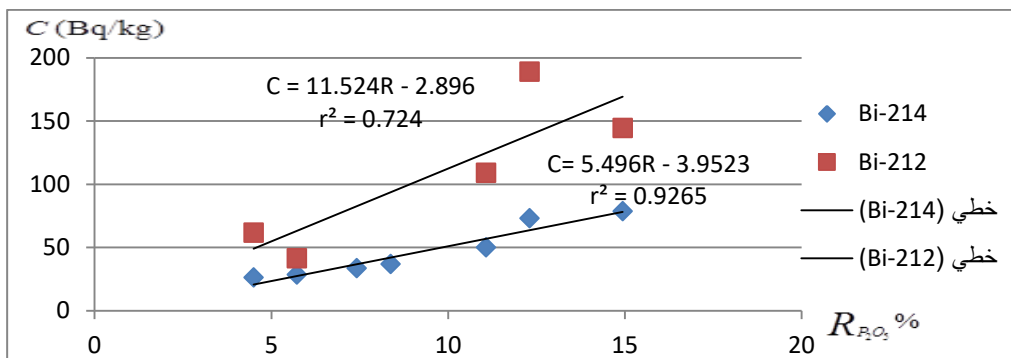
b: بنية بلورية قبل الاستبدال. a: بنية بلورية بعد الاستبدال مع أيونات ثنائية التكافؤ  $M^{+2}$

برسم العلاقة  $C (Bq/kg) = f(R_{P_2O_5} \%)$  للنظائر المكتشفة، نحصل على الأشكال (٨)، (٩)، (١٠)،

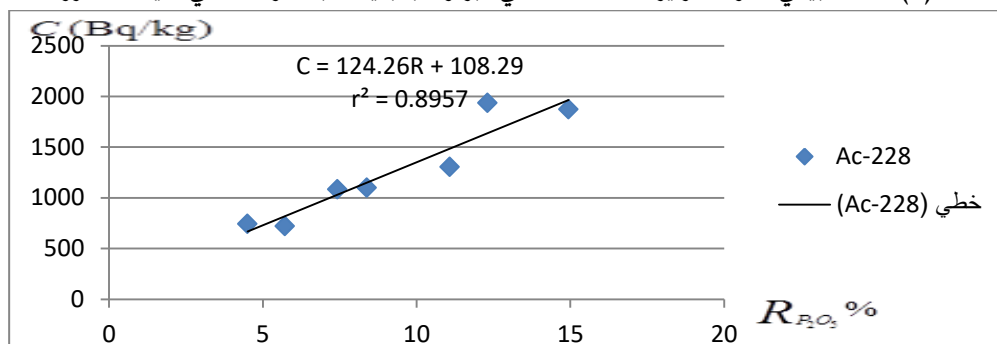
والتي تؤكد هذا الترابط بين تركيز النشاط الإشعاعي والمحتوى الفوسفاتي.



الشكل (٨): الخط البياني لتحويلات تركيز النشاط الإشعاعي للرصاص بتابعية نسبة الفوسفات في العينات المدروسة.



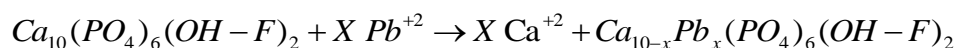
الشكل (٩): الخط البياني لتحويلات تركيز النشاط الإشعاعي للبرزموت بتابعية نسبة الفوسفات في العينات المدروسة.



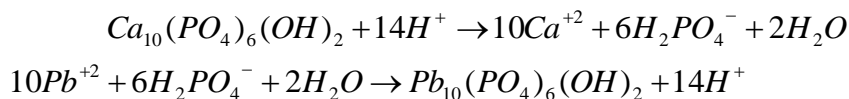
الشكل (١٠): الخط البياني لتحويلات تركيز النشاط الإشعاعي للأكتينيوم-٢٢٨ بتابعية نسبة الفوسفات في العينات المدروسة.

نلاحظ من الخطوط البيانية الثلاث السابقة، أنّ هناك تناسب طردي ما بين قيم النشاط الإشعاعي لجميع النظائر وتركيز الـ  $P_2O_5$  في العينات المدروسة، ولكن في حالة الرصاص  $^{214}Pb$ ,  $^{212}Pb$  نجد أنّ معامل الترابط هو الأفضل حيث  $r^2 \approx 0.95$  ويمكن تفسير ذلك بـ [16,15]:

١- الألفة بين الرصاص وأيونات الفوسفات  $PO_4^{-3}$  إذ يسعى لتشكيل فلز البيرومورفيت الفوسفاتي ضمن الأوساط الفوسفاتية حسب الصيغة الكيميائية الآتية:  $(Pb_5(Po_4)_3(F-OH-Cl))$ . حيث يمتز الرصاص على الأسطح البلورية بالقرب من الروابط  $Ca-P$ ,  $Ca-F$  فيعمل على استبدال الكالسيوم بتفاعلات تبادل أيوني بين أيونات الرصاص وأيونات الكالسيوم في الشبكة البلورية لجزيئات الأباتيت و يكون التفاعل سريعاً جداً:



٢- من الممكن انحلال فلزات الأباتيت في وسط حامضي حاوٍ على كاتيونات الرصاص، مما يسمح بإعادة ترسيب هيدروكسي بيرومورفيت أو فلوروبيرمورفيت وتحدث هذه الآلية بشكل خاص ضمن التربة (كما هو الحال في تربة منطقة الدراسة) أو مخبرياً لاستخلاص العناصر الثقيلة من المياه الحاوية عليه حسب المعادلات الآتية [16]:



### الإستنتاجات والتوصيات:

١- بلغت أعلى قيم تركيز النشاط الإشعاعي للنظائر المدروسة كما يلي : للرصاص-٢١٤ (167.40)Bq/kg

وللرصاص-٢١٢ (128.06)Bq/kg ، وللبرزموت-٢١٤ (78.52)Bq/kg

- وللبزموث-٢١٢ Bq/kg (١٨٨.٩٨) ، وللاكتينيوم-٢٢٨ Bq/kg (١٩٣٦.١٢).
- وتعد هذه القيم (عدا الأكتينيوم) ضمن الحدود المسموح بها عالمياً التي تبلغ 1000 Bq/kg [17] لعناصر سلسلتي اليورانيوم و الثوريوم، باستثناء النشاط الإشعاعي للاكتينيوم فهو أعلى من الحد المسموح به، وذلك بسبب أنه تمّ تحسس النشاط الإشعاعي له عند طاقة التفكك 209.3 keV التي نسبة تفرّعها 3.89% (احتمال تفكك ضعيف) بينما لم يتم تحسسه عند احتمال تفككه الأكبر عند الطاقة ٥٧.٧٥ keV والتي تبلغ ٧٢.٥% بسبب الطاقة الضعيفة وضجيج الخلفية العالي نسبياً [10].
- ٢- تراوح متوسط نسبة تواجد الفوسفات في موقع عين ليلون ١٠.١٧% ، وفي موقع المهالبة ٩.٣٧% ، وفي عين التينة ٤.٥%.
- ٣- تقع أعلى قيمة لتركيز النشاط الإشعاعي في المواقع الثلاث في موقع عين ليلون، يليه موقع المهالبة، وأخيراً موقع عين التينة، وهي ترتفع بشكل مطّرد مع زيادة تركيز الفوسفات في العينات المدروسة.
- ٤- تركيز النظائر المشعة في التربة الزراعية في أماكن التوضعات الفوسفاتية، أعلى منه في الصخور الفوسفاتية، بسبب قدرة التربة على الاحتفاظ بالمواد المشعة وإعادة حركتها، بالإضافة إلى تفكك الراديوم-٢٢٦ في التربة و انبثاق غاز الرادون وتفككه في الهواء، ثم سقوط الرصاص المتشكل على التربة.
- وتوصي الدراسة:** باستخدام الصخر الفوسفاتي لإزالة الأيونات الغلزية الثقيلة كالرصاص من المياه بالاستفادة من خاصية التبادل الأيوني في الشبكة البلورية لبلمرة الأباتيت.

## المراجع References:

- [1]- د.ضياء جابر، التلوث الإشعاعي ، ٢٠٢١/١/٢٩ ، [www.uobabylon.edu.iq/eprints/eprint\\_12\\_26129\\_53.doc](http://www.uobabylon.edu.iq/eprints/eprint_12_26129_53.doc)
- [٢]- SHWEIKANI, R ؛ RAJA, Gh.2008, *Natural Radiation Level in Drinking Water in Hese City*, Syrian Arab Republic Atomic Energy Commission, AECS – PR \RSS 789, [www.osti.gov/servlets/purl](http://www.osti.gov/servlets/purl).
- [3]- GHDEER, A.A. 2018 ,*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, p.74
- [4]- Uosif, M, A, M, ؛ Mostafa, A, M, A ؛ R.Elsaman ؛ Moustafa, E.2014 *Natural radioactivity levels and radiological hazards indices of chemical fertilizers commonly used in Upper Egypt*, Journal of Radiation Research and Applied Sciences 7 ,pp. 430 -437, <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2014.07.006>
- [5]- UNSCEAR. 1993, *Sources and effects of ionizing radiation. Report to the General Assembly with scientific annexes. United Nations Scientific Committee on the effects of Atomic Radiation*. New York, USA: United Nations. <https://www.unscear.org/>

[6]- JUBELIY, M.1986 , *multi element geochemical reconnaissance for uranium in the palmyrides region, central Syria*, degree of doctor of philosophy in the faculty of science of the university of london.

[7]- 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.

[8]- ALJMMAL,S. 2014 , *Analytical and experimental study of the mechanisms of account and measure the radioactivity of the radioactive sources*, Thesis submitted for M. SC. Degree in Radiation Physics, PP.12-28

[9] Kuzmanović, p; Todorović, N ; Forkapić ,S; Petrović, L, F ; Knežević ,J ; Nikolov, J ; Miljević, B . 2020, *Radiological characterization of phosphogypsum produced in Serbia*, Radiation Physics and Chemistry, Volume 166, January, 108463 <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2019.108463>

[10]- DAVID C, KOCHER.1981, *A Handbook of Decay Data for Application to Radiation Dosimetry and Radiological Assessments*, Published by Office of Scientific and Technical Information U. S. DEPARTMENT OF ENERGY. <https://www.iaea.org/>.

[11]- ORTEC Application Note. 2013, An 34, Experiments in Nuclear Sciences, 2013, Published by ORTEC, Experiment 3, Gamma-Ray Spectroscopy Using NaI(Tl), 1-20.

[www.ortec-online.com](http://www.ortec-online.com).

[12]- ABAZLI, H; GHAFAR, N .2015, *Contribution in the removal Lead and Copper from industrial water by using natural Phosphate of Syria*, Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (37) No.5.

[13]- ALTSCHULER,Z,S ; R. S. CLARKE, JR AND YOUNG ,E, J. 1958, *Geochemistry of Uranium in Apatite and Phosphorite* , U. S. Atomic Energy Commission , <https://pubs.er.usgs.gov/>.

[14]- ABO AJEEP ,A,S. 2019 , *Geochemical Study of Cadmium and Lead in Coastal area Phosphate and their environmental impact* , Thesis Of Master Degree In Applied Geology, Tishreen University 2019.

[15]- BAILLIEZ,S ; NZIHOU,A ; FLAMANT,G , *Removal Of Lead (Pb) By Hydroxyapatite Sorbent* , 9/10/2020. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01634399>.

[16]- MOBASHERPOUR ,I ; SALAHI, E AND PAZOUKI, M. 2011, *Potential of nano crystalline hydroxyapatite for lead (II) removal from aqueous solutions: Thermodynamic and Adsorption isotherm study*, African Journal of Pure and Applied Chemistry Vol. 5(11), pp. 383-392, <http://www.academicjournals.org/AJPAC>

[17]- IAEA.2014 , *Radiation Protection And Safety Of Radiation Sources International Basic Safety Standards*, Iaea Safety Standards Series No. Gsr Part 3, [www.iaea.org](http://www.iaea.org)