------ مجلة علوم الرافدين، المجلد 19، العدد 1، ص134-143، 2008 ------

قياس النشاط الإشعاعي الطبيعي في عينات من المرمر المستعمل كمواد للبناء

رشيد محمود يوسف

قسم الفيزياء

كلية العلوم

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2005/7/4 ، تاريخ القبول 2007/11/26)

الملخص

استخدمت طريقة قياس قصيرة الأمد لتحديد التلوث الإشعاعي الناجم عن مصادر النشاط الاشعاعي الطبيعي, حيث استخدمت التقنية النووية لتحليل طيف أشعة كاما الطبيعية بواسطة كاشف جرمانيوم عالي النقاوة ويقيس خطوط اشعة كاما المنبعثة من النظائر المشعة. وقد حدد النشاط الإشعاعي النوعي لكل من النظائر المشعة ^{238}U و ^{232}Th وكذلك النظير المشع ^{40}K في العينات المدروسة والتي شملت احد عشر نوعاً من المرمر الذي يستعمل كمواد للبناء.

Measurement of Natural Radioactivity in some Marble Samples used as Building Materials

Rasheed M. Yousuf

Department of Physics

College of Science

Mosul University

ABSTRACT

A comprehensive and short term method has been employed to determine the radioactive contamination from natural sources. So, the natural gamma ray spectrum analysis technique using HPGe have been used to measure the emitted gamma lines from the radioactive isotopes. The specific activity of ^{238}U, ^{232}Th series as well as ^{40}K was determined in the studied samples, which are consisted of eleven types of marble used as building material.

المقدمة

يتعرض الإنسان منذ القدم الى اشعاعات طبيعية مصدرها الأشعة الكونية ومواد مشعة اخرى وجدت في القشرة الأرضية منذ نشأتها, إذ تتكون من نويدات نشطة اشعاعيا فيتولد من انحلالها جسيمات الفا وبيتا واشعة كاما, ويمكن ان تدخل هذه الجسيمات إلى جسم الإنسان عن طريق الغذاء والتنفس, ومن أهم مصادر التعرض الطبيعي هي: البوتاسيوم (^{40}K) والكاربون (^{14}C) وثلاثة سلاسل طبيعية مهمة هي: اليورانيوم (^{238}U) والثوريوم (^{232}Th) والأكتينيوم (^{235}U).

لقد حددت الهيئة العلمية للأمم المتحدة عن تأثير الأشعة الذرية (UNSCEAR) في منشوراتها عن الحدود المسموحة للإشعاع الطبيعي بأن معدل النشاط الإشعاعي النوعي الأمثل لليورانيوم او الثوريوم في التربة هو Bq/kg (40) (UNSCEAR, 1993). والجدول رقم (1) يوضح معدل القيم المخمنة لمكافئ الجرعة السنوية الناتجة عن الخلفية الإشعاعية الطبيعية.

الجدول 1 : مكافئ الجرعة السنوية الناتجة عن الخلفية الإشعاعية الطبيعية (Al – Mazuri, 2000).

مصادر الإشعاع	مكافئ الجرعة السنوية (µSv/year)		
	التعرض الداخلي	التعرض الخارجي	المجموع
الإشعاعات المؤينة والنيوترونات		300	300
الأشعة الكونية ونواتج تفاعلاتها	15		15
^{40}K	180	120	300
^{87}Rb	6		6
سلسلة ^{238}U			
$^{238}U\rightarrow {}^{234}U$	10	90	100
^{230}Th	7		7
^{226}Ra	7		7
$^{222}Rn\rightarrow {}^{214}Po$	800		800
$^{210}Pb\rightarrow {}^{210}Po$	130		130
سلسلة^{232}Th			
^{232}Th	3	140	143
$^{228}Ra\rightarrow {}^{224}Ra$	13		13
$^{220}Rn\rightarrow {}^{208}Ti$	170		170
المجموع التقريبي	1340	650	2000

يتواجد نظير اليورانيوم (^{238}U) ضمن نظائر اليورانيوم بوفرة طبيعية مقدارها (99.275%) ويعد من اهم العناصر المشعة في الطبيعة ولكنه لايوجد بصورة طليقة, بل يوجد إما متحدا مع الأوكسجين مكونا بذلك اكاسيد ثنائية (UO_2) واكاسيد ثلاثية (UO_3), أو متحدا مع عناصر أخرى مكونا بذلك مركبات سليكونية او كاربونية, وبذلك تتنوع المعادن الحاوية عليه .لليورانيوم تكافؤان رباعي و سداسي, لذا فان المعادن ذات التكافؤات الرباعية يكون لونها رمادياً داكناً مثل البتشبليند, أما المعادن ذات التكافؤات السداسية فإن لونها يكون اصفراً او اخضراً قاتماً مثل التايمونايت.

تختلف نسبة تركيز اليورانيوم في صخور القشرة الأرضية من نوع لآخر ضمن المدى ppm (3.5 – 0.003) (الخفاجي، 2000)، ويبلغ معدل التركيز عموما (2.7) مايكرو غرام لكل غرام من الصخور ويعبر عنه فنيا (2.7 ppm) (Kraft, et al., 1972). أما تواجد اليورانيوم في البيئة فيقدر نشاطه الاشعاعي النوعي بحدود Bq/kg (46-1) من التربة, ويزداد في الاسمدة الفوسفاتية الى حدود (1850 Bq/kg) (Constantinescu, et al., 1996) , ويكون معدل نشاطه الاشعاعي النوعي في التربة بما يقرب من (2.643 Bq/kg) (ICRP., 1984), وفي الأسمنت البورتراندي بما يقرب من 46 Bq/kg) (Othman, et al., 1994)).

تضم سلسلة (^{238}U) نحو(18) نظيرا تتراوح اعمارها النصفية بين الثواني ومئات الألاف من السنين لتنتهي بالنظير المستقر للرصاص (^{206}Pb) (Kaplan, 1962), ومن اهم مكونات هذه السلسلة, نظائر كل من الراديوم (^{226}Ra) وغاز الرادون (^{222}Rn) والبولونيوم (^{218}Po) والبزموث (^{214}Bi). فالرادون (^{222}Rn) يتميز بأنه غاز سام يتحرر من التربة الحاوية على اليورانيوم وهو عديم اللون والطعم والرائحة وانه اثقل من الهواء بسبع مرات ونصف وهو مشع وعمره النصفي (3.82) يوما فتنحل نوياته بانبعاث أشعة ألفا مولدة نوى البولونيوم (^{218}Po) المشع ايضا بعمر نصفي (3.05) دقيقة. ويعد هذا النظير من البولونيوم (^{218}Po) مادة صلبة تشحن دقائقها كهربائيا بفعل انبعاث اشعة الفا منها فتلتصق الدقائق المشحونة بدقائق الغبار العالقة في الهواء مولدة دقائق الغبار الذري (Aerosol) التي تسبب عند استنشاقها في إحداث مخاطر صحية قد تتطور عند التعرض لها لمدة طويلة لإحداث سرطان الرئة وذلك بسبب ترسبها وتجمعها في المسالك التنفسية, كما إنها قد تنتقل الى مجرى الدم وتتجمع في مناطق أخرى من الجسم (Dyson, 1981).

يتواجد الرادون في الهواء فوق اليابسة بتركيز Bq/m^3 (10 – 5) وهو أقل بنسبة (2 - 1.5) مرة عنه في هواء الجو فوق المحيطات. كما انه يتزايد في المناطق المغلقة فيما لو تواجد ضمن مواد البناء. كما يلاحظ إن الوليدات المباشرة عن إنحلال غاز الرادون (^{222}Rn) بأن لها أعماراً نصفية قصيرة جدا قياسا بالرادون نفسه, لذاك فأن وليداتها سوف تصل إلى حالة توازن في الإنحلال الإشعاعي معه خلال فترة قصيرة بحدود (5-4) ساعات. ولما كان الغبار الذري هو الحامل لهذه الوليدات فمن المهم تفادي تراكمها ومنع حالة توازنها الإشعاعي من خلال التهوية الجيدة و المستمرة (IAEA, 1984).

أما نظير الثوريوم (^{232}Th) فوفرته في الطبيعة (100%) ويعد العنصر الثاني بعد اليورانيوم من حيث الأهمية الإشعاعية الطبيعية وهو يتواجد في الطبيعة بتراكيز قليلة أيضا حيث ينتشر في صخور القشرة الأرضية بتركيز ppm (18-0.005) (Kraft,et al., 1972), أما في التربة فإن نشاطه الإشعاعي النوعي (25.9 Bq/kg) حسب منشورات (UNSCER) والتي حددت قيمته المسموحة ب (40 Bq/kg) (UNSCEAR, 1993). لايتواجد الثوريوم حراً في الطبيعة بل متحداً مع عناصر أخرى مكوناً معادن مختلفة مثل الثورايت, أو يكون متداخلا مع اليورانيوم مكونا الثوريونايت أو المونازايت.

تظم سلسلة الثوريوم (^{232}Th) نحو (12) نظيراً مشعاً (UNSCEAR, 1982) , تتراوح أعمارها النصفية بين الثواني ومئات الآلاف من السنين ثم تنتهي بالنظير المستقر للرصاص (^{208}Pb) وتظم بينها نظائر الأكتينيوم (^{228}Ac) والثاليوم (^{208}Tl) وغاز الرادون (^{220}Rn) الذي يسمى الثورون المشع بعمر نصفي قدره (55) ثانية.

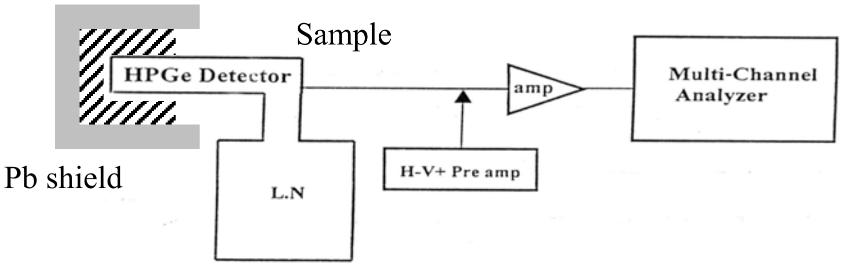
أما ما يخص نظير البوتاسيوم ^{40}K فهو نظير مشع ضمن نظائر البوتاسيوم الأخرى بوفرة قدرها (0.01178%) ويتميز باحتوائه على خط لأشعة كاما مفرد طاقته (1460 keV).(Lederer, et al., 1978) ويتواجد نظير البوتاسيوم ^{40}K في البيئة بنسبة ويستقر بشكل دائم في التربة, ويقدر تركيزه في القشرة الارضية حوالي (3 ppm) ويكون معدل نشاطه الاشعاعي في الطبيعة بحدود (31500 Bq/kg) (اللحام, 1995).

المواد و طرائق العمل

يمكن تحديد تراكيز المواد المشعة في العينات بعد الكشف عن الأشعة النووية الناتجة عن انحلال النظائر المشعة باستخدام تقنية تلائم الحالة المدروسة, وتتوفر حاليا العديد من هذه التقنيات الكفوءة لإنجاز هذا العمل. وقد أستخدمت في هذه الدراسة تقنية التحليل الطيفي لأشعة كاما الطبيعية **(**NGRS**)**, وهي مبنية على قاعدة اساسية تتمثل في تفاعل الإشعاع مع مادة الكاشف نظرا لما تقدمه هذه التقنية من كفاءة عالية ومزايا عملية موثوقة عند اقترانها مع توفر كواشف اشعاعية كفوءة وذات قابلية فصل طاقي عالية وتؤازرها منظومات متقدمة لمعالجة المعلومات على الحاسوب.

تتكون منظومة الكشف والقياس, كما في الشكل (1), من كاشف نووي نوع جرمانيوم عالي النقاوة (HPGe) حجم بلورته (96) سم^3, وله قابلية فصل طاقي قدرها (2.2 keV) عند خط الطاقة (1332 keV) لأشعة كاما الصادرة من المصدر القياسي نظير الكوبلت المشع (^{60}Co), ويعمل بفولتية تشغيل (+3000V) وهو يحتاج إلى تبريد أثناء العمل إلى درجة حرارية واطئة جدا مما يستوجب تبريد بلورته جيدا باستخدام النتروجين السائل. تحضر العينات للقياس بكتلة (500 g) توضع في حاوية خاصة تدعى (Marinelli Baker), وبعدها تثبت حول بلورة الكاشف وتحاط بدرع رصاصي سمكه (10 cm) وقد بلغ زمن القياس لكل عينة عشرة ساعات. يتصل الكاشف مع الأجزاء المتعاقبة وهي المضخم الأبتدائي

للإشارة الألكترونية ثم المضخم الرئيسي ثم الحاسوب الأكتروني الذي يشتمل على محل متحدد القنوات لتسجيل وتحليل طيف اشعة كاما.



الشكل 1 : مخطط لمنظومة القياس باستخدام كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة HPGe.

تم اختيار النويدات المشعة المعتمدة لتشخيص تواجد اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم نوعيا وكميا من اختيار طاقات اشعة كاما العائدة للنظائر المشعة الناتجة عن كل منها وحسب ما موضح في الجدول رقم(2), مع ملاحظة أن كفاءة الكاشف حسبت كما في المصدر (البارودي,2004).

الجدول 2 : يبين المعلومات النووية للنظائر المستخدمة في التحليل (Lederer, et al., 1978).

النظير ودلالته	طاقة كاما(keV) E	شدة كاما(%) I	كفاءة الكاشف% ε .
^{214}Bi (^{238}U)	609	46.1	0.96
^{208}Tl (^{232}Th)	583	86	1.17
^{40}K	1460	10.7	0.22

تحسب قيم النشاط الإشعاعي النوعي A_s من العلاقة الرياضية الآتية :

$$A_s = \frac{N}{I\ \varepsilon .\ W} \qquad \text{.....................(1)}$$

إذ أن:

N = صافي المساحة تحت الذروة الضوئية لطاقة كاما المعتمدة للقياس في الطيف.

I = شدة أشعة كاما المعنية.

ε = كفاءة الكاشف للقياس عند طاقة أشعة كاما المعنية.

W = كتلة العينة.

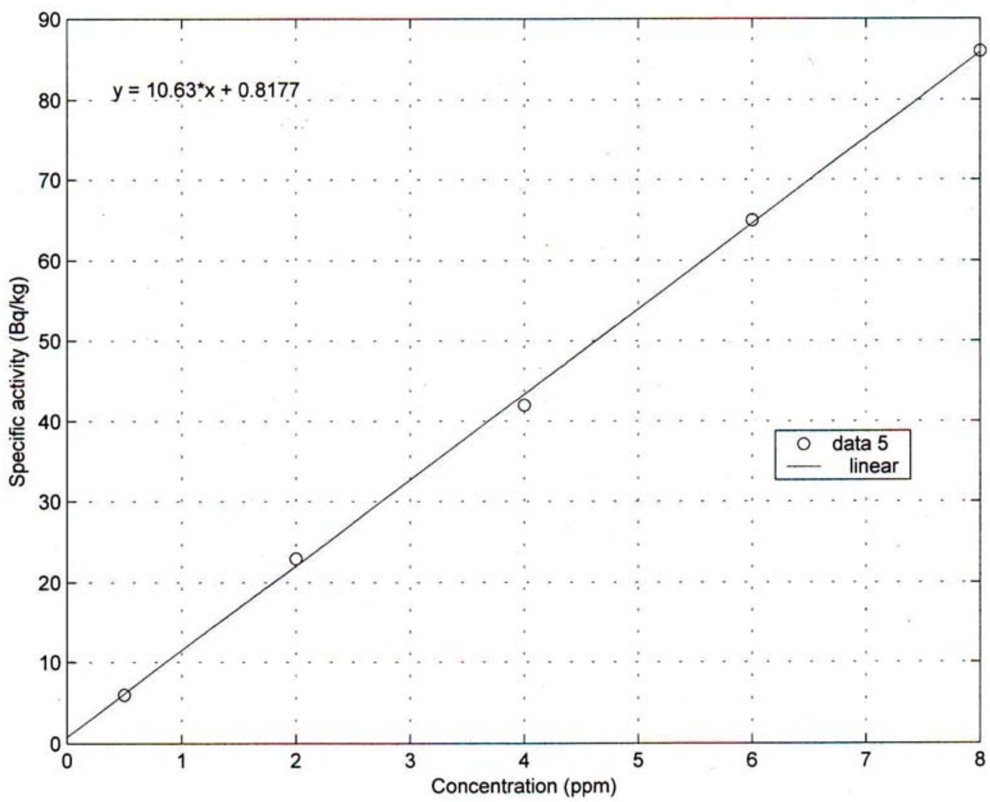
مع ملاحظة إنجاز الحسابات بعد تحديد قيمة الخلفية الإشعاعية للمنظومة عند كل طاقة لأشعة كاما مستخدمة وذلك من خلال إجراء القياس على المنظومة في حالة خلوها من العينات وطرح هذه القيم من مثيلاتها من الطيف الخاص بكل عينة.

لغرض حساب تراكيز اليورانيوم بوحدات (ppm) في العينات المدروسة بدلا من وحدات النشاط الاشعاعي النوعي (Bq/kg) فقد استخدمت عينات قياسية مجهزة من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية

رمزها S-19 وتحتوي على تركيز % 0.228 من اليورانيوم ومحددة من قبل الوكالة أصلاً, وقد تم تحويلها إلى وحدات (ppm), وقد عومت باسلوب يحاكي طريقة قياس العينات المجهولة لحساب الفعالية الإشعاعية لها بوحدات (Bq/kg), حيث استخدمت كتلة 1.754 g من العينة القياسية وتم مزجها بتجانس مع 500 g من عينة معايرة سبق ان تم قياس نشاطها الإشعاعي قبل المزج وثبت الناتج كخلفية إشعاعية, وبذلك تم تهيئة عينة قياسية تحتوي تركيز من اليورانيوم مقداره 8 ppm, ثم يستخدم اسلوب التخفيف لتهيئة التراكيز الاخرى, ثم تجرى القياسات على كل منها وصولا إلى رسم منحنى عياري يصف العلاقة بين النشاط الإشعاعي النوعي والتركيز كما هو موضح في الشكل (2) حيث تلاحظ العلاقة الآتية:

$$Y = 10.63 * x + 0.8177 \qquad ----- (2)$$

التي حسب منها معامل التحويل الذي استخدم لحساب التراكيز في العينات المستخدمة من المرمر و الذي قيمته : 1 ppm =10.63 Bq/kg



الشكل 2 : منحنى معايرة النشاط الاشعاعي النوعي لليورانيوم مع تركيزه باستخدام عينات قياسية معلومة التركيز.

زيادة في التأكيد على تحليل النتائج يتم حساب دليل الخطورة لغرض مناقشة النتائج بصيغة منطقية, فقد اعتمد مفهوم دليل الخطورة الذي سبق أن أقترح عام (1983) م من قبل الإتحاد العالمي للوقاية من الإشعاع (IRPA) لوضع حدود عامة تجمع بين معدل الجرعة لكل من التعرض الخارجي والتعرض الداخلي لأشعة كاما حيث جمعت هذه المعلومات في مقامات الكسور ضمن علاقة تضم النشاط الإشعاعي الطبيعي النوعي للنويدات المشعة ووليداتها لتعطي دليلاً يؤشر مدى الخطورة حسب العلاقة الآتية (Yousuf, et al., 2000) :

$$H = \frac{A_s(^{238}U)}{185} + \frac{A_s(^{232}Th)}{259} + \frac{A_s(^{40}K)}{4810} \quad \ldots\ldots\ldots(3)$$

اذ أن:

$A_s(^{238}U)$ تمثل النشاط الإشعاعي الطبيعي النوعي لليورانيوم ووليداته (Bq/kg).

$A_s(^{232}Th)$ تمثل النشاط الإشعاعي الطبيعي النوعي للثوريوم ووليداته (Bq/kg).

$A_s(^{40}K)$ تمثل النشاط الإشعاعي الطبيعي النوعي للبوتاسيوم ووليداته (Bq/kg).

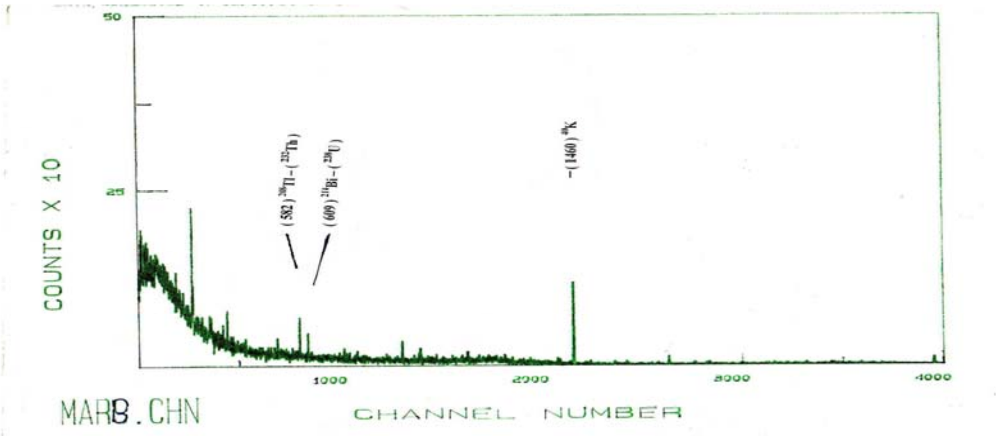
علماً إن دليل الخطورة يحسب من العلاقة الرياضية أعلاه ثم يقارن مع قيمة مرجعية مقدارها (واحد عدد صحيح).

النتائج والمناقشة

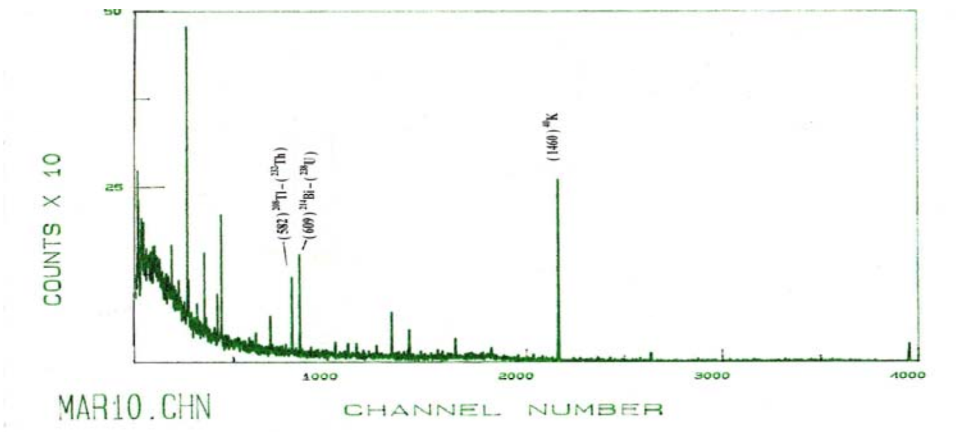
إن الشكل (3) يوضح طيف أشعة كاما المسجل للخلفية الإشعاعية.

اما الشكل (4) فأنه يوضح طيف أشعة كاما المسجل لأحدى عينات المرمر المدروسة وهي العينة رقم 10 (كرانيت روزابيتا ايطالي).

عند استخدام قيم الحدود المسموحة في البيئة لكل من اليورانيوم والثوريوم وفق تعليمات الهيئات الدولية المعتمدة والبالغة (40 Bq/kg), يلاحظ من النتائج أن العينات المرقمة 1 و 10 تحتوي كل منها قيمة عالية من النشاط الإشعاعي النوعي تقارب ضعف الحدود المسموحة في البيئة, مما يعني ضرورة التعامل معها بحذر وتخفيف خطورتها من خلال التهوية الكفوءة والمستمرة عند استعمالها في مواقع مغلقة (داخل الأبنية), أما العينات المرقمة 4 و 9 و 11 فتبدو ذات نشاط اشعاعي نوعي يقع عند الحدود المسموحة. فيما اظهرت العينات المرقمة 2 و 3 و 5 و 6 و 7 و 8 انها ذات نشاط اشعاعي نوعي واطئ وهو اقل بحوالي ثمانية مرات عن الحدود المسموحة دولياً مما يجعلها الأفضل بين العينات المقاسة.



الشكل 3 : طيف أشعة كاما المسجل للخلفية الإشعاعية .



الشكل 4 : طيف أشعة كاما المسجل لعينة المرمر رقم 10 المدروسة .

أما الجدول (3) فيبين قيم صافي المساحة تحت الذروة المقاسة لكل من اليورانيوم و الثوريوم و البوتاسيوم .

الجدول 3 : قيم صافي المساحة تحت الذروة المقاسة لليورانيوم و الثوريوم و البوتاسيوم.

$N_U \mp \sqrt{N_U}$	$N_{Th} \mp \sqrt{N_{Th}}$	$N_K \mp \sqrt{N_K}$
5616∓75	2898∓54	8275∓91
398∓20	413∓20	3953∓63
422∓20	*	*
1354∓37	927∓30	5898∓77
*	*	*
*	*	*
462∓21	*	*
*	*	674∓26
2326∓48	1002∓32	4750∓69
4047∓63	1554∓39	4432∓67
1832∓43	1041∓32	5453∓74

ملاحظة : ان العلامة * تعني قيمة دون الحدود الدنيا للكشف.

أما الجدول (4) فيبين قيم النشاط الإشعاعي النوعي لكل من البوتاسيوم وسلاسل اليورانوم والثوريوم في العينات المقاسة.

الجدول 4 : يبين النشاط الإشعاعي النوعي (A_s) في العينات .

نوع العينة	رقم العينة	^{238}U A_s (Bq/ kg)	^{238}U التركيز (ppm)	A_s (^{232}Th) (Bq/kg)	A_s (^{40}K) (Bq/kg)	H دليل الخطورة
مرمر ماروني	1	70.5 ∓1.16	6.632 ∓0.11	160 ∓1.16	1953 ∓16.1	1.41
ماوات	2	5.0 ∓0.31	0.470 ∓0.03	22.8 ∓0.44	933 ∓11.1	0.31
روزا تركي	3	5.3 ∓0.32	0.498 ∓0.03	*	*	0.03
سبك ايطالي	4	17.0 ∓0.57	1.599 ∓0.054	51.2 0,66	1392 ∓13.6	0.58
قلعة دزة	5	*	*	*	*	*
الكرارا ايطالي	6	*	*	*	*	*
ايراني ابيض	7	5.8 ∓0.34	0.546 ∓0.031	*	*	0.031
بنجوين	8	*	*	*	159 ∓4.6	0.03
كرانيت باكستاني	9	29.2 ∓0.75	2.747 ∓0.071	55.3 ∓0.68	1121 ∓12.2	0.604
كرانيت روزابيتا ايطالي	10	50.8 ∓0.99	4.779 ∓0.093	85.8 ∓0.85	1046 ∓11.8	0.823
كرانيت هندي	11	23.0 ∓0.67	2.164 ∓0.063	57.5 ∓0.69	1287 ∓13.1	0.614

ملاحظة : ان العلامة * تعني قيمة دون الحدود الدنيا للكشف.

كذلك يلاحظ من تأمل قيم دليل الخطورة انها تؤكد ماذهبت إليه المناقشة أعلاه بخصوص جميع التعليمات مقارنة مع قيمة دليل الخطورة القياسية المعتمدة دولياً. وعليه فإن العينة رقم (1) التي تمثل (مرمر ماروني) تعد الأكثر خطورة, تليها العينات المرقمة 10 و 11 و 9 و 4 التي تبدوا درجة خطورتها ضمن الحدود المسموح بها, ثم العينات المرقمة 2 و 7 و 3 و 8 التي تبدو قليلة الخطورة جدا.

الاستنتاجات

أظهرت هذه الدراسة وجود مستويات لابأس بها من النشاط الإشعاعي في بعض العينات التي فحصت وهي تستعمل في مواد البناء بشكل عام في معظم محافظات العراق, و قد وصلت قيم النشاط الإشعاعي في بعضها إلى قيم هي أعلى من الحد المسموح به كالذي في العينة رقم 1 (مرمر ماروني)

والعينة رقم 10 (كرانيت روزابيتا ايطالي), وعليه يصبح من المهم الإنتباه إلى إتخاذ تدابير الحيطة والحذر عموماً لتقليل مخاطر النشاط الإشعاعي الطبيعي وهنا يجدر التأكيد على الاهتمام بالتهوية المستمرة للمنشآت العمرانية ويخص بالذكر منها تلك التي يستعمل فيها المرمر والاسمنت بكثرة.

المصادر العربية

البارودي, هناء احسان حسن. 2004 . تحديد الخلفية الاشعاعية في بيئة محافظة نينوى بأستخدام تقنيتي HPGe و CR-39 , أطروحة دكتوراه , كلية العلوم , جامعة الموصل.

الخفاجي, جاسم شمخي جبار. 2000. دراسة التلوث الاشعاعي الطبيعي لمواد البناء في منطقة الفرات الأوسط, رسالة ماجستير, كلية العلوم, جامعة بابل.

اللحام, عدنان., 1995, اهمية النظير المشع (^{40}K) في تقدير كمية البوتاسيوم في جسم الانسان, المجلة العربية للعلوم, العدد 25 - السنة الثالثة عشرة, ص 42– 46.

REFERENCES

Al-Mazuri, N.S.M., 2000. Environmental Radiological Pollution and it's Sources in Nineveh Governorate, M. Sc. Thesis, Coll. of Engineering, Univ. of Baghdad.

Al-Sabha, L.A., Yousuf,R,M., Al-Badrani,M,M ., 2000. A study of Radioactive and Toxic Contamination in Soil from Mosul Site, Raf. Jour. Sci., Vol. ll, No. 4, pp. 136 – 140.

Constantinescu,B., Constantin,F., Dusoiu,N., Pascovici,G., 1996. Determination of Radioactivity Levels In Phosphate Containing Fertilizers, Romanian Reports in Physics, Vol. 48, Nos. 1 – 2, pp. 31 – 38.

Dyson, N. A., 1981. Nuclear Physics with Applications in Medicine and Biology, Ellis Horwood Limited, 162 P.

ICRP., 1984. ICRP Publication 39, Principles for Limiting Exposure of the Public to Natural Sources of Radiation, Pergamon Press, England, 241 P.

IAEA, 1984. International Atomic Energy Agency, Laboratory Training Manual on Radiation Protection and Dosimetry, H – 1521 Budapest, Hungary, 27 P.

Kaplan, I., 1962. Nuclear Physics, Addison – Wesley comp 2ed Edition, 248 P.

Kraft, M., Schindler, R., Tischendorf, G., 1972. Geochemical Tables, Zentrales Geologists Institute, Berlin.

Lederer, C. M., Shirley,V,S., Browne,E., Dairiki,J,M., Doebler,R,E., 1978. Table of Isotopes, 7_{th} Edition, John Wiley Inc.1523 P.

Othman, I. And Mahrouka, M., 1994. Radionuclide Content in Some Building Materials, Radiation Protection Dosimetry., 55, 4, pp. 299 – 304.

UNSCEAR, 1993. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (Sources and effects of Ionizing Radiation) Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, New York.

Yousuf, R. M., Al-Sabha,L,A., Al-Badrani,M,M., 2000. Investigation of Radionuclide Contents in Some Building Materials**,** Raf. Jour. Sci., Vol. ll, No. 3, pp. 107 – 110.