دراسة الخلفية الإشعاعية الطبيعية لنماذج من الأحجار الكريمة المتوفرة في الأسواق العراقية

وصفى نجم عبد[١] زكي عبدالجبار منصور[١] نادية عبدالحميد[١] جنان حميد[٢] عبدالكاظم أمين[٢]

١- وزارة العلوم والتكنلوجيا
٢- جامعة الكوفة/كلية الهندسة
Email:kadum56@yahoo.com

الخلاصة:

تم فى هذا البحث دراسة النشاط الأشعاعى للأحجار الكريمة المتوفرة فى السوق المحلية حيث استخدمت طريقة قياس اشعة كاما لتحديد التلوث الإشعاعي الناجم عنها عن طريق تحديد الخلفية الأشعاعية لها. وللحصول على الدقة المطلوبة استخدمت التقنية النووية لتحليل طيف أشعة كاما الطبيعية بواسطة كاشف جرمانيوم نوع HPGe عالي النقاوة والمدعوم بالبرنامج (Genie 2000) لقياس خطوط اشعة كاما المنبعثة من النظائر المشعة. شملت الدراسة انتخاب عينات عائدة لاحدى عشر نوعا من الأحجار الكريمة المتوفرة فى السوق المحلية والمستخدمة فى الوقت الحاضر باحجام وألوان مختلفة الطبيعية منها والصناعية و من مناشئ متنوعة لتكون الدراسة شاملة لكافة الأحتمالات للأشعاعات المتوقعة طبيعيا وصناعيا.

أظهرت النتائج من العينات قيد الدراسة بوجود نشاط اشعاعى ذات مستوى حرج بالنسبة لمستوى تحسس منظومة تحليل اطياف كاما القياسى لبعض العينات وبمستوى أقل من تحسس المنظومة المستخدمة فى القياس لعينات أخرى. وبصورة عامة أظهرت النتائج بأن معدلات التعرض الإشعاعي في معظم العينات المستخدمة فى البحث كانت ضمن الحدود الطبيعية لقيمة الأشعاع الطبيعية القياسية ما لم تثبت لأحصاءات والقياسات الدقيقة عكس ذلك. تكمن اهمية النتائج المستحصلة من هذه الدراسة امكانية تحديد درجة تأثيراتها الصحية المحتملة على مستخديمها لاحقا.

الكلمات المفتاحية: حجر كريم ،النشاط الإشعاعي ، منظومة تحليل اشعة كاما.

A Study on Radioactive Contamination from Gemstones Available in Local Markets

Abstract:

In this work, a comprehensive and short term method has been employed to determine the radioactive contamination from Gemstones sources available in Iraqi local markets. The natural gamma ray spectrum analysis technique using HPGe Germanium detector with Genie 2000 program is used to measure the emitted gamma lines from the radioactive isotopes. The study has covered gamma radiation measurements for (11) selected samples of Gemstones commonly available in local markets with different sizes and colors and different sources. The measured results showed critical radiation levels for some samples while for other samples the radiation levels are less than the acceptable reported radiation levels of the used Gamma lines measurement system. The results presented in this paper may be useful in studying Gemstones Radioactive Effects on Human Health.

Keywords: Gemstones, Radioactive , Gamma spectroscopy.

١. مقدمة

نقتنى الحلي المرصعة بالأحجار الكريمة للزينة ويمكن أن تكون هدية للتزيين وقد تستخدم لفترات زمنية طويلة أو لسنوات. تعددت أنواع الأحجار الكريمة واختلفت ببريقها وجمالها حيث يكون ذلك مترافقا مع إشعاع مؤين وهذا ناتج من كون أن الأحجار الكريمة تحوي في تركيبها الطبيعي تركيزاً ما من المواد المشعة مثل اليورانيوم أو الثوريوم والتي تسبب جرعة إشعاعية لمقتنيها قد تصل هذه الجرعة إلى قدر لايستهان به[1-2]. تأخذ الأحجار احجاما مختلفة فمنها صغير أو كبير. أن كبر حجم الحجر يعني زيادة نشاطها الإشعاعي وبالتالي زيادة الجرعة الإشعاعية المستلمة منها مع زيادة زمن حملها من قبل المستخدم لها.

تختلف قيمة المجوهرات والأحجار الكريمة وفقا لعوامل وصفات طبيعية عديدة مثل ندرتها و صلابتها ولونها ورونقها وحجم الطلب عليها حيث دعت الحاجة الى معالجتها صناعيا بالتشعيع لأضفاء صفات جمالية متميزة تزيد من قيمتها التجارية. وقد بدء هذا الأسلوب من المعالجة فى بداية القرن العشرين بعد اكتشاف الأشعة المؤينة ولكن لم يبدء على نطاق تجارى الأ بعد عام 1940 [3] .وتعتمد عملية المعالجة الأشعاعية على تغيير الوان المجوهرات أو الأحجار الكريمة وذلك نتيجة لتفاعل الأشعاع المؤين مع مادة الحجر محدثة فى بلورته نقاط تأثر تسمى المراكز اللونية . يختلف نوع اللون وشدته والتى تحدثه مراكز اللون بأختلاف التركيب البنائى لبلورة الحجر ونوع الشوائب فيها[4].

تحتوى الأحجار الكريمة على مواد مشعة ضمن تركيبها الطبيعى أو بسبب تعرضها للأشعاعات الطبيعية وتأثرت بها. أذ تجدر الأشارة بأن هناك نوع من الأحجار الكريمة والمجوهرات تحتوى على نسب متفاوتة من المواد المشعة الطبيعية مثل البوتاسيوم (بوتاسيوم-40) و نظائر اليورانيوم والثوريم. من هذه الأحجار بعض من أحجار الزركون (Zircon) والأيكانايت (Ekanite) والفرجسونايت (Fergusonite) والثوروبانيت (Thorianite)والجدول رقم (1) يوضح قائمة بهذه الأحجار و نسب النشاط الأشعاعي للنظائر المشعة التى تحتويها مقاسة بوحدة البيكريل (Bq/Kg) والذى يمثل مقدار النشاط الأشعاعي لجزء من الألف مليون من الغرام من نظير الراديوم-226 أو ما يعادل 36 تفككا وتحللا فى الثانية [5-6]

جدول رقم (1) الأحجار الكريمة التى تحتوى نظائر مشعة طبيعية[6]

ت	اسم الحجر الكريم	النظير المشع	تركيزه الأشعاعى (نانوكيور ى/غم
١	الزركون الأخضر الأحمروالأصفر وألأزرق	اليورانيوم-238	2.5-0.5 0.3-0.03
٢	الأيكانيت	اليورانيوم-238 اليورانيوم-235	تقريبا 6.5 تقريبا 26
٣	فرحسونايت	اليورانيوم-238 اليورانيوم-235	تقريبا 40 تقريبا 3
٤	ثوريانيت	اليورانيوم-238 اليورانيوم-235	تقريبا19 تقريبا 87

سعت الأبحاث العلمية المختلفة لتحسين مواصفات الأحجار الكريمة بطرائق عدة منها تعريضها لإشعاع مؤين لتغيير لونها أو لزيادة بريقها. قد يجري تشعيع الأحجار الكريمة بأشعة كاما أو بحزم الكترونية أو حتى يمكن أن يجري تشعيعها بالنيوترونات والتي قد تؤدي إلى تنشيط ذرت مادة الحجر الكريم لتحويلها إلى مصدر مشع خطير[7].

بدأت معالجة الأحجار الكريمة بالأشعة المؤينة مع بداية القرن الماضى أذ كان هناك بعض من انواع الأحجار الكريمة مثل الماس تغمر فى محاليل أملاح الرادوم مثل ملح بروميد الراديوم حيث يتغلغل الراديوم (المشع) فى سطح الألماس مغيرا لونها ولكنها تصبح حاوية على مصدر مشع يعرض الجلد الى جرعة اشعاعية كبيرة متى استخدم هذا الماس كحلى. وتنتشر اليوم تقنية التشييع لمعالجة المجوهرات والأحجار الكريمة بشكل واسع. هناك ثلاث وسائل نووية مستخدمة فى تشعيع المجوهرات والأحجار الكريمة على المستوى العالمى. هذه الوسائل الثلاثة هى منشئات اشعة كاما ومعجلات الألكترونات ومفاعلات الأبحاث[8-9] .

اجريت الكثير من الأبحاث والدراسات لتحديد الخلفية الأشعاعية الطبيعية للمواد الطبيعة. قفد تمت دراسة لتحديد التلوث الإشعاعي الناجم عن مصادر النشاط الاشعاعي لبعض مواد البناء (المرمر الطبيعى) [10]. تظهر اهمية البحث بسبب التداول والأستخدام الشائع للمجوهرات والأحجار الكريمة بشكل كبير مما يتطلب الوقوف لدراسة الخلفية الأشعاعية الطبيعية لها

وهذا الهدف الأساسى للبحث ومن ثم دراسة تأثيرها على الصحة العامة.

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 بأستخدام كاشف جرمانيوم (HPGe) عالي النقاوه وهي مبنية على قاعدة اساسية تتمثل في تفاعل الإشعاع مع مادة الكاشف. تم اجراء القياسات ومن ثم مقارنتها مع المعايير العالمية الصادرة من منظمة الطاقة الذرية الدولية وكذلك البحوث والقياسات التى اجريت فى هذا الصدد.

٢. الطرائق والقياسات

لغرض تحديد مستويات النشاط الأشعاعى الطبيعى والصناعى للأحجار الكريمة المختلفة فقد تم أجراء عدد من القياسات المختبرية بأستخدام منظومة تحليل اشعة كاما الطبيعية لتحقيق ذلك. وقد تم تهيئة العينات المطلوب اجراء القياس لها وكذلك المنظومة المستخدمة فى القياس وكما يلى:

1.2 جمع وتهيئة النماذج

تمت الدراسة بأخذ عينات مختلفة من الأحجار الكريمة لتحقيق هذاالغرض وقد جمعت العينات الطبيعية والصناعية المتوفرة فى السوق المحلية العراقية لغرض أجراء الكشف الأشعاعى المطلوب فقد تم انتخاب(11) عينة من الأحجار الكريمة بمختلف الأنواع والأحجام والألوان وبمعدل وزنى مقداره 5 غم وهذه العينات هى كما يلى:

سندس هندى، ياقوت هندى، كريستال بلجيكى، توباز، ياقوت باريسى، در النجف، عقيق يمانى، عقيق خرسانى، حديد صينى، عقيق هندى، عقيق سليمانى.

أستخدمت 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 في العيناتل تحديد مستوى النشاط الإشعاعي الكلي للأحجار الكريمة 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.

2.2 منظومة القياس

تتألف منظومة القياس المستتخدمة فى تعيين مستويات النشاط الإشعاعي الطبيعي والصناعي للأحجار الكريمة قيد الدراسة (منظومة تحليل اطياف اشعة كاما من كل مما يلى:

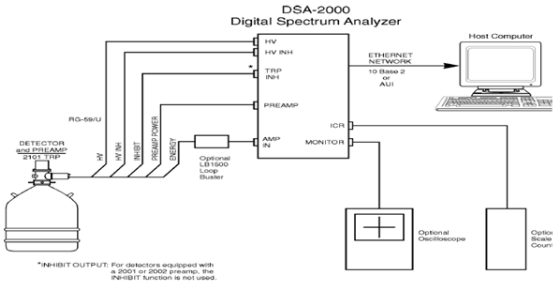
١. كاشف جرمانيوم عالي النقاوه (HPGe).
٢. محلل الاشاره الرقمي (DSA-2000).
٣. حاجز وقائي مصنوع من الرصاص.
٤. البرنامج التحليلي Genie-2000.
٥. حاسوب.
٦. حاويات للقياس .
٧. نتروجين سائل.
٨. مصادر قياسيه للمعايره.

يمتلك كاشف الجرمانيوم النقى المستخدم فى المنظومة كفاءة تصل الى 4o % وطاقة فصل لنظير الكوبالت /Co-60 للطاقة (2Kev 1.33 Mev) أذ يبرد الكاشف الى درجة حرارة مقدارها 77=C 196) (K تحت الصفر عند التشغيل بالنايتروجين السائل مصنوع من قبل شركة كانبيرا مدعومة بالبرنامج التحليلى Genie 2000 المتطور ومحلل طيف رقمى موديل DSA-2000A. لقد تمت عملية الكشف والقياس بتقريب الكاشف على بعد ا سم من العينة تحت القياس والجدول (2) يوضح درجة تحسس المنظومة المستخدمة لبعض النظائر المشعة مقاسة بوحدات النشاط الاشعاعي النوعي (Bq/kg).

جدول رقم (2) يوضح تحسس النشاط الأشعاعى لبعض النظائر المشعة

ت	النظير	تحسس المنظومة Bq/Kg
1	K-40	$1.97x10^{-3}$
2	Sc-46	$9.4x10^{-5}$
3	Co-60	$8.05x10^{-5}$
4	Cs-137	$1.09x10^{-4}$
5	Bi-214	$2.57x10^{-4}$
6	Pb-214	$2.56x10^{-4}$

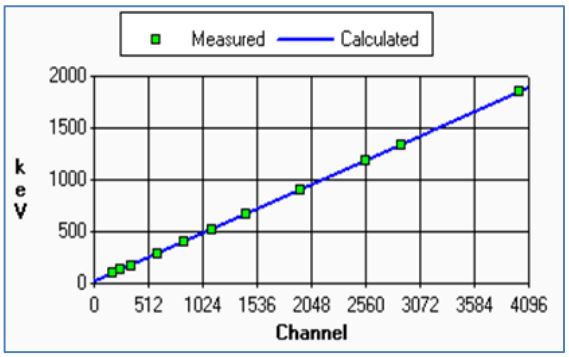
يمثل الشكل (1) المخطط العام للمنظومة والشكل رقم (2) يوضح الصورة الفوتغرافية للمنظومة المستخدمة فى البحث:



شكل (1): يوضح المخطط العام للمنظومة المستخدمة فى البحث

شكل (2): يوضح صورة للمنظومة المستخدمة فى البحث

تتمت معايرة المنظومة بأستخدام المصدر القياسي المتعدد الطاقات قبل اي عملية قياس وذلك للتأكد من عمل المنظومة بصورة صحيحة ، وتمثل المعايرة العلاقة البيانية بين الطاقة والقناة حيث تمثل كل طاقة نظير عند قناة محددة لها وكما مبين في الشكل(3) :



شكل(3): يوضح منحنى معايرة الطاقة للمنظومة المستخدمة فى البحث

٣. النتائج المستحصلة

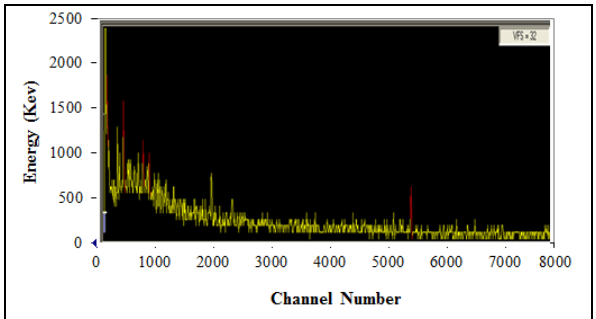
استخدامت ثلاث اجهزة بمقننات مختلفة للخلفية الأشعاعية الطبيعية فى عملية الكشف وذلك لتحديد دقة الكشف المطلوبة وهذه الأجهزة هى Radeye و Radiagem و CAB بمقننات الخلفية الأشعاعية الطبيعية هى 11 ,0.60, 0.40 C/S على التوالى حيث تمثل الوحدة C/S عملية العد للأشعاع بالثانية الواحدة (count per second). وهي لاتمثل وحدة قياس فيزيائية وانما يتم مقارنتها بالخلفية الاشعاعية (B.G) والتى تمثل قراءة الجهاز للاشعة الطبيعية من باطن الارض والاشعة الكونية وتختلف الخلفية الاشعاعية من منطقة الى اخرى كما فى الجدول رقم (3) حيث يوضح النتائج المستحصلة لأشعة كاما المسجلة للخلفية الإشعاعية للعينات المختارة فى عملية القياس. وقد استمرت عملية القياس لفترة زمنية مقدارها (٣٦٠٠ ثانيه) أي مايعادل ساعة واحدة

جدول رقم (3) يوضح النتائج المستحصلة للنشاط الأشعاعى الطبيعى للعينات المستخدمة بأستخدام ثلاثة كواشف بمقننات خلفية اشعاعية طبيعية مختلفة.

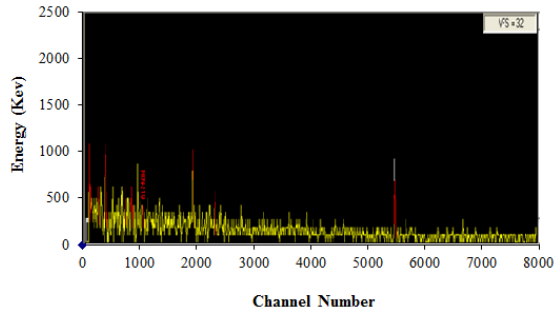
ت	نوع الحجر الكريم	Radeye C/S BG=11	Radiagem C/S BG=0.60	CAB C/S BG=0.40	طبيعة الحجر	لون الحجر
1	سندس هندى	20	0.57	0.70	طبيعى	برتقالى
2	ياقوت هندى	19	0.58	0.80	طبيعى	احمر
3	كريستال بلجيكى	19	0.68	0.50	صناعى	فضى شفاف
4	توباز	21	0.64	0.60	طبيعى	ازرق
5	ياقوت باريسى	20	0.60	0.20	طبيعى	برتقالى
6	در النجف	18	0.62	0.90	طبيعى	وردى
7	عقيق يمانى	17	0.54	0.60	طبيعى	حلبى
8	سندس هندى	18	0.60	0.20	طبيعى	ازرق
9	عقيق خرسانى	17	0.62	0.60	صناعى	احمر غامق
10	حديد صينى	17	0.55	0.30	صناعى	رصاصى
11	عقيق هندى	16	0.65	0.90	طبيعى	اخضر غامق
12	عقيق سليمانى	16	0.70	0.60	طبيعى	شمبانى شفاف

يمثل الجدول (3) قراءات الاجهزة الثلاث المستخدمة فى القياس وان قيم الخلفية الأشعاعية BGللأجهزة الموجودة فى الجدول تمثل قيم مفروضة للخلفية اشعاعية للمنطقة حيث تقارن هذه القيم بمحددات الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA [11-12]

عند استخدام قيم الحدود المسموحة في وفق تعليمات الهيئات الدولية المعتمدة يلاحظ من النتائج أن العينات التى تحمل التسلسل من 1 الى 5 تحتوي كل منها قيمة عالية من النشاط الإشعاعي النوعي تقارب ضعف الحدود المسموحة في البيئة مما يعني ضرورة التعامل مع هذه الأحجار الكريمة بحذر نظرا لأرتفاع نشاطها الأشعاعى الصادر منها. اما بقية العينات الأخرى فتبدو ذات نشاط اشعاعي نوعي اقل يقع تقريبا عند الحدود المسموحة ويمكن ان يكون السبب فى ذلك لأمتلاك تركيب هذه العينات لعناصر لها درجة اشعاع اكبر من الغينات الأخرى. وبصورة عامة أظهرت النتائج بأن الأحجار الكريمة الصناعية لها نشاط اشعاعى اقل من الأحجار الكريمة الطبيعية. ويعود السبب فى ذلك كون ان الأحجار الكريمة الصناعية يتم معالجتها بعمليات متعددة كالتشعيع مثلا لأضفاء صفة معينة كتغيير اللون او زيادة بريقها لذلك فأن الخلفية الأشعاعية لهذه العينات مسيطر عليها صناعيا فتبدو خلاف ذلك. ولأجل اخذ نظرة معمقة فى النتائج المستحصلة فى جدول رقم (3) فقد تمت دراسة طيف أشعة كاما المسجل للخلفية الإشعاعية للعينات 4 (توباز) كما فى الشكل (4) و 6 (در نجف) كما فى الشكل(5) . تمثل القمم فى الشكلين (4) و (5) طاقه النظير المشع والذي يبعث اشعه كاما وقد يحوى النظير المشع على عدة طاقات معينة والتى تميزه عن باقى النظائر الأخرى. كما يتبين من الشكلين فأن طيف اشعة كاما يوضح ان الخلفية الأشعاعية لحجر التوباز هى بمستوى اعلى من مستوى الخلفية الأشعاعية لحجر در نجف نظرا لأمتلاكه قمم طاقية اعلى مما يعزز النتائج المستحصلة فى الجدول رقم 3.



الشكل 4: طيف اشعة كاما المسجل للخلفية الأشعاعية لحجر التوباز



الشكل 5: طيف أشعة كاما المسجل للخلفية الأشعاعية لحجر در نجف

٤. الاستنتاجات والمناقشة:

أظهرت هذه الدراسة والتى شملت عينات من الأحجار الكريمة يستخدم معظمها بشكل واسع فى السوق المحلية وجود مستويات لابأس بها من النشاط الإشعاعي في بعض العينات التي فحصت. و قد وصلت قيم النشاط الإشعاعي في بعضها إلى قيم هي أعلى من الحد المسموح به كما في حالة العينات (1-5) اما بقية العينات فقد اظهرت الفحوصات امتلاكها خلفية اشعاعية قريبة من المسموح بة وعليه يصبح من المهم الإنتباه إلى إتخاذ تدابير الحيطة والحذر عمومًا لتقليل مخاطر النشاط الإشعاعي الطبيعي وهنا يجدر التأكيد على الاهتمام بضرورة التقليل من الأحجار الكريمة النادرة الطبيعية لأحتمال تعرضها للتشعيع واللجوء الى استخدام الأحجار الكريمة الصناعية لأمتلاكها الى خلفية اشعاعية ذات مستوى واطىء نسبيا كما اظهرت نتائج القياس قيد البحث مما يتطلب العمل الجدى لدراسة تاثيراتها الصحية المحتملة على مقتنيها نظرا لأستخدامها بشكل واسع من قبل شريحة فى المجتمع. وبصورة عامة أظهرت النتائج بأن معدلات التعرض الإشعاعي في معظم العينات المستخدمة فى البحث كانت قريبة من الحدود الطبيعية ما لم تثبت لأحصاءات الدقيقة عكس ذلك.

أن الدراسة قيد البحث هى دراسة اولية حول الأحجار الكريمة وقد شملت (11) عينة متوفرة فى السوق المحلية. ولأجراء دراسة معمقة يتطلب الأمر جمع عينات بعدد اكبر ومن مناشىء مختلفة للوقوف عن قرب من درجة تأثيراتها الأشعاعية من حيث حجم العينة واللون وطبيعة الحجر وهذا ما سيقوم به الباحثون فى العمل البحثى القادم.

٥. المصادر

[1] Reintez L. Rossman, "Role of Natural Radiation in Tourmaline Coloration" American Mineralogist, Vol. 73, pp. 822-825, 1988.

[2] Rink W. Gielisse P., Plendi H. "Coloration in Electron-irradiated Beryl" Journal of Gemmology, Great Britain, Vol. 22, No. 1, pp.33-37, 1990.

[3] Roberts W. and Compbell T., Rapp G. Encyclopedia of Minerals, 2nd Edition, Van Nostrand Reinhold Co., NY, 1990.

[4] Matsuda Y. and Miyoshi T." effects of Gamma-ray irradiation on Colour and Fluorescence of Pearls" Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 27, No. 2, pp. 235-239

[5] Fleischer M. Glossary of Mineral Species, 5th Edition, Mineralogical Record, Inc., Tucson AZ, 1986.

[6] Ashbaugh C. "Gemstone Irradiation and Radioactivity" Gems and Gemology, Vol. 24, No. 4, pp.196-213, 1988.

[7] Rossman G. " Color in Gems: The new Technologies" Gems & Gemology, Vol. 17, No. 2 pp. 60-71, 1981.

[8] Fritsch F. Rossman G. " An Update on Color in Gems, Part I:Introduction and Colors Caused by Disperesed Metal Ions" Gems & Gemology, Vol. 23, No. 3, pp. 126-139, 1987.

[9] Safwat Salama Mohamed "Study on Properties of Some Treated Gemstones" Ph, D Thesis, 2011.

[١٠] رشيد محمود يوسف "قياس النشاط الإشعاعي الطبيعي في عينات من المرمر المستعمل كمواد للبناء" مجلة علوم الرافدين، المجلد 19، العدد 1، ص 134 -143، 2008.

[١١] (البرنامج المهني الاساسي للوقاية من الاشعاع) ، نظمتها الوكالة الدولية للطاقة الذرية بالتعاون مع الهيئة العربية للطاقة الذرية وهيئة الطاقة الذرية السورية اقيمت في دمشق من 10/12 – 1997/12/11.

[12] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) "Sources and Effects of Ionizing Radiation", UNSCEAR Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, United Nations, New York. 2000

[13] International Commission on Radiological Protection, ICRP-61, (1991).

[14] F. Behounek, "History of Exposure of Miners to Radon", Health Physics Vol. 19 pp. 56- 57, 1970.

[15] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) "Sources and Effects of Ionizing Radiation", UNSCEAR Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, United Nations, New York. 2000.

[16] E. Kunz, J. Svec, V. Placek and J. Horaceck, "Lung Cancer in Man in Relation to Different Time Distribution of Radiation Exposure", Health Physics, Vol. 36 pp 669- 706, 1979.

[17] Morrissey, R.F. and Herring, C.M., Radiation sterilization: past, present and future, Radiat. Phys. Chem. 63 (2002) 217–221.

[18] Masefield, J., Reflections on the evolution and current status of the radiation industry, Radiat. Phys. Chem. 71 (2004) 8–15.