

تحديد تراكيز الرادون واليورانيوم في الترسبات الطينية لخزانات المياه المنزلية في محافظة نينوى باستخدام كاشف الأثر النووي LR-115

إيناس محمد يونس الفرحة

قسم الفيزياء / كلية العلوم

جامعة الموصل

القبول

٢٠١٠ / ١١ / ٠٩

الاستلام

٢٠١٠ / ٠٦ / ٠٦

Abstract

The Gas of the radon (Rn-222) can reach into the space of the houses in many ways, such as water supply, the emission from building materials, and the leakage through the soil. The aim of this study is determination of the concentrations of radon and uranium in ten soil samples of the sediment mud of houses' water tanks in Nineveh province, as well as ten soil samples have been taken from the same areas. This was achieved by using a technique of accounting the accumulative nuclear track on the detector LR-115, and by using the test tubes. The results indicated that the concentrations of the radon and uranium in the sediment mud were (4.98-40.555kBq.m³) & (0.35-2.83ppm) respectively, were as the values of soil samples were (1,44-58.84 kBq.m³) & (0.08-3.3ppm) respectively.

الخلاصة

غاز الرادون يمكنه الوصول إلى أجواء المساكن بطرائق عدة منها صنابير شبكات إساءة المياه والانبعاث من مواد البناء والتسرب من التربة، وعليه تم في هذا البحث إيجاد تراكيز الرادون واليورانيوم لعشرة عينات من الترسبات الطينية لخزانات المياه المنزلية في محافظة نينوى فضلا عن عشرة عينات ترابية مأخوذة من نفس المناطق، وتم ذلك باستخدام تقنية العد التراكمي للأثر النووي المتخلف على الكاشف LR-115 و باستخدام أنابيب الاختبار . أشارت النتائج بان تراكيز الرادون واليورانيوم في الترسبات الطينية كانت بين (4.98 - 40.555 kBq.m)

^{222}Rn و ($0.35 - 2.83 \text{ ppm}$) على التوالي، بينما كانت قيمها للعينات الترابية تتراوح ما بين ^{226}Ra و ($1.44 - 58.84 \text{ kBq.m}^{-3}$) و ($0.08 - 3.3 \text{ ppm}$) على التوالي.

المقدمة

تصنف كواشف الأثر النووي إلى صنفين رئيسيين هما الكواشف العضوية والكواشف اللاعضوية، فالكواشف اللاعضوية هي تلك الكواشف التي لا يدخل في تركيبها عنصري الكربون والهيدروجين مثل المايكا والزجاج . أما الكواشف العضوية فيدخل الكربون والهيدروجين والأوكسجين فضلا عن النتروجين في تركيبها مثل المواد البوليميرية ومن ابرز أنواع هذه الكواشف هي الكواشف السليلوزية ومنها الكاشف LR-115 الذي يمتلك الصيغة الكيميائية $[\text{C}_{12}\text{H}_{17}\text{O}_{16}\text{N}_3]_n$ ، يتكون كاشف LR-115 من طبقة من نترات السليلوز سمكها $(12\mu\text{m})$ موضوعة على قاعدة البوليستر، لذا فان له وجهان وعليه يجب وضع سطح نترات السليلوز أثناء التشعيع أمام المصدر المشع أو العينة المراد قياس تركيز عنصر مشع معين فيها [2].

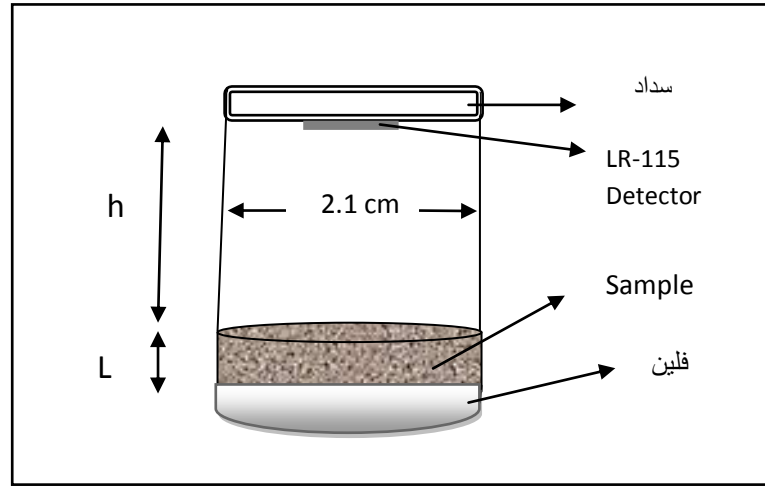
ومن ميزات كواشف الأثر النووي أنها ذو حساسية عالية للإشعاع وذات شفافية ونقاوة عاليتين وتمتلك مقاومة عالية للرطوبة والحرارة والضغط [1].

وهناك جهود عدة بذلت لاستخدام كاشف الأثر النووي LR-115 في الكشف عن النترونات الحرارية والسريعة وتحديد تراكيز الرادون واليورانيوم في الترب [3, 4, 5]، و تحديد تراكيز الرادون واليورانيوم في المياه [6] وفي البحث الحالي تم تحديد تراكيز الرادون واليورانيوم لعدة عينات من الترسبات الطينية في خزانات المياه المنزلية لمواقع مختلفة من محافظة نينوى فضلا عن عينات ترابية مأخوذة من نفس المواقع.

الجزء العملي

1. تحضير العينات : جمعت عشر عينات من الترسبات الطينية المتجمعة لمدة تزيد عن أربع سنوات في خزانات المياه المنزلية ولمواقع مختلفة من محافظة نينوى فضلا عن عشرة عينات ترابية مأخوذة من نفس المواقع وبعمق 15cm من سطح الأرض. حيث جففت العينات وطحنت عدة مرات للحصول على مسحوق ناعم ومتجانس من حيث توزيع المواد المشعة، وضعت هذه النماذج في أنابيب اختبار ذات أقطار متساوية (2.1cm) . ومن اجل الوصول إلى حالة التوازن في سلسلة انحلال الراديوم- رادون تركت العينات في أنابيب الاختبار لمدة (22 day) قبل وضع الكاشف [7].

2. **التشعيع والقشط الكيميائي:** تمت عملية تشعيع كواشف الأثر باستخدام تقنية أنابيب الاختبار حيث ثبت الكاشف (LR-115) وبإبعاد (1x1 cm²) في وسط السطح السفلي لسداد مطاطي ووضع السداد بسرعة بعد رفع السداد السابق (الذي لا يحتوي على الكاشف) وذلك للحفاظ على حالة التوازن التي تم الوصول إليها، وبعد ذلك تركت المنظومة لمدة (60day) استنادا إلى طريقة القياس طويلة الأمد . وكان معدل المسافة بين الكاشف وسطح العينة أي سمك الحيز الهوائي (8.8cm)، الشكل(1) يوضح أنبوبة الاختبار المستخدمة في الدراسة.



الشكل (1): يوضح أنبوبة الاختبار المستخدمة في الدراسة

أما عملية القشط الكيميائي فتمت باستخدام المحلول الكيميائي القاشط (NaOH) بعبارة (2.5N) وبدرجة حرارة قشطية (60°C) ولمدة ساعتين وربع الساعة، وبعد عملية القشط الكيميائي تغسل الكواشف جيدا بالماء المقطر وتجفف لتكون جاهزة للملاحظة البشرية.

3. **المشاهدة المجهرية:** تعد هذه العملية المرحلة الأخيرة بعد عملية القشط الكيميائي، حيث تم حساب عدد الآثار المتكونة في الكاشف (LR-115) باستخدام مجهر بصري نوع (Olympus) الياباني الصنع وبقوة تكبير (400X).

الحسابات

لغرض قياس تراكيز الرادون واليورانيوم لابد من تحديد ثابت الانتشار للمنظومة المستخدمة، وقد تم تحديد ثابت الانتشار باستخدام العلاقة الآتية [7].

$$K = \frac{1}{4} (R_{\max} - R_{\min}) \cos^2 \theta_c \dots \dots (1)$$

إذ أن:

$$K = \text{ثابت الانتشار بوحدة } \text{Tr.cm}^{-2}.\text{hr}^{-1}/\text{Bq.m}^{-3}$$

$$R_{\max} = \text{أعظم مدى للجسيمات الفا في الهواء}$$

$$R_{\min} = \text{أقل مدى للجسيمات الفا في الهواء}$$

$$\theta_C = \text{الزاوية الحرجة لكاشف LR-115 وتساوي } (40^\circ) [1].$$

إن مدى جسيمات الفا في الهواء يحسب من العلاقة الآتية [7].

$$R_{\text{air}} (\text{cm}) = 0.322 E_{\alpha}^{1.5} \dots \dots \dots (2)$$

إذ أن: $R_{\max} \downarrow E_{\alpha} = 5 \text{ MeV}$ ، $R_{\min} \downarrow E_{\alpha} = 0.8 \text{ MeV}$ [3]. وبعد التعويض في المعادلتين (1) و(2) نجد أن قيمة K تساوي $(17.8 \times 10^{-4} \text{ Tr.Cm}^{-2}.\text{hr}^{-1}/\text{Bq.m}^{-3})$ ولتحديد تركيز الرادون في الحيز الهوائي بوحدة (Bq.m^{-3}) نطبق العلاقة الآتية [7].

$$\rho = K.C_{\text{Rn}} T \dots \dots \dots (3)$$

$$C_{\text{Rn}} = \frac{\rho}{K.T} \dots \dots \dots (4)$$

C_{Rn} يمثل تركيز الرادون في الحيز الهوائي بوحدة (Bq.m^{-3}) و T زمن التشعيع بالساعات ولقد تم إيجاد تركيز الرادون في العينات باستخدام العلاقة الآتية [8].

$$C_s = \lambda_{\text{Rn}} . C_{\text{Rn}} \frac{ht}{L} \dots \dots \dots (5)$$

إذ أن:

$$C_s = \text{تركيز الرادون في العينات بوحدة } (\text{Bq.m}^{-3}).$$

$$C_{\text{Rn}} = \text{تركيز الرادون في الحيز الهوائي بوحدة } (\text{Bq.m}^{-3}).$$

$$\lambda_{\text{Rn}} = \text{ثابت انحلال الرادون ويساوي } (0.1814 \text{ day}^{-1}).$$

$$h = \text{ارتفاع الحيز الهوائي ويساوي } (8.8 \text{ cm}).$$

$$t = \text{زمن التشعيع بالساعات.}$$

$$L = \text{سمك العينة بوحدة } \text{cm}.$$

وقد تم حساب الفاعلية الإشعاعية A_{Rn} للرادون الناتج من العينات بوحدة Bq وذلك باستخدام العلاقات الآتية [8].

$$A_{\text{Rn}} = C_s . V \dots \dots \dots (6)$$

$$V = \pi r^2 L \dots \dots \dots (7)$$

إذ أن:

V: حجم العينة بوحدة m^3

r: نصف قطر انبوية الاختبار (1.05 cm)

L: سمك العينة بوحدة cm.

وبالاعتماد على علاقة التوازن الإشعاعي [9] تم تحديد عدد ذرات اليورانيوم (N_u) وبالتالي تركيز اليورانيوم في هذه العينات.

$$\lambda_{Rn} N_{Rn} = \lambda_u N_u \dots\dots\dots(8)$$

$$A_{Rn} = \lambda_u N_u \dots\dots\dots(9)$$

λ_u : ثابت انحلال اليورانيوم ويساوي $(4.9 \times 10^{-18} S^{-1})$.

أما وزن اليورانيوم الموجود في العينة (W_u) gm فيمكن حسابه من المعادلة الآتية:

$$W_u = \frac{N_u A_u}{N_{av}} \dots\dots\dots(10)$$

A_u : العدد الكتلي لليورانيوم ويساوي (238)

N_{av} : عدد أفوكادرو ويساوي $(6.02 \times 10^{23} \text{ atom/mol})$

ولإيجاد تركيز اليورانيوم بوحدة (ppm) نستخدم العلاقة الآتية:

$$C_u \text{ (ppm)} = \frac{W_u}{W_s} \dots\dots\dots(11)$$

W_s : وزن العينة (gm) ويساوي (12 gm).

النتائج والمناقشة

توضح الجداول (1) و (2) رموز عينات الترسبات الطينية في خزانات مياه الشرب المنزلية ورمز العينات الترايية على التوالي وأسماء المواقع التي جلبت منها، كما وتوضح سمك كل عينة وكثافة الأثار ρ (Track.cm^{-2}) بعد طرح الخلفية الإشعاعية، وكذلك تراكيز الرادون في الحيز الهوائي وداخل العينات.

يوضح الجدول (1) أن معدل قيم تراكيز الرادون في الترسبات الطينية تراوحت ما بين $(4.98 - 40.555 \text{ kBq.m}^{-3})$ ، و معدل قيم تراكيز الرادون في معظم العينات الترايية تراوح ما بين $(1.44 - 13.98 \text{ kBq/m}^3)$ وكما موضح في الجدول (2)، أما العينات S_{99} ، S_{77} ، S_{66} احتوت على أعلى تراكيز للرادون (58.84 kBq/m^3) ، (49.5 kBq/m^3) ، (48.5 kBq/m^3) على التوالي. عموماً فإن جم يع التراكيز قليلة بالمقارنة مع التراكيز التي حصل عليها (*etal.*) $(\check{Z}unić)$ وهي $(1.270 - 155 \text{ kBq/m}^3)$ في تراب Serbia [10] والتراكيز التي حصل عليها (*Vukotich et al.*) في Montenegro وهي $(10 - 90 \text{ kBq/m}^3)$ [11]، يوضح الجدول (3) قيم تراكيز الرادون في التراب التي حصل عليها الباحثين [3, 10, 11, 12].

تتراوح معدل تراكيز اليورانيوم في الترسبات الطينية في خزانات مياه الشرب المنزلية وكما موضح بالجدول (٤) ما بين (0.35–2.83 ppm) وقد قورنت هذه التراكيز مع بعض النتائج التي حصل عليها الباحثين وكما موضح في الجدول (5)، وتراوح معدل تراكيز اليورانيوم في معظم العينات الترابية اقل من (1ppm) ماعدا العينات S_{77} و S_{99} كانت التراكيز (ppm) (2.77) و(2.73 ppm) على التوالي وكما موضح في الجدول (6). وهذه التراكيز قريبة من النتائج التي حصل عليها كل من (Sharma *etal.*) في الهند (2.13 – 2.9 ppm) [5] وفي مصر (Salama *etal.*) كانت التراكيز تتراوح ما بين (0.75-2.06 ppm) [13].

أما العينة S_{66} فاحتوت على أعلى تركيز لليورانيوم (3.3ppm)، هذه التراكيز قليلة بالمقارنة مع التراكيز (1.28 – 4.80 ppm) التي حصل عليها (Dragović *etal.*) في ترب مأخوذة من Serbia و Montenegro [14] وكذلك التراكيز التي حصل عليها (Goswami *etal.*) في الهند إذ كانت تتراوح ما بين (1.88 – 12.8 ppm) [15].

إن الاختلاف في نسب تراكيز اليورانيوم في العينات الترابية يعود إلى أن الترب بمفهومها الصحيح عبارة عن رواسب طبيعية تدخل في تكوينها المعادن والمواد العضوية ويعتمد تركيبها الكيميائي وحتوائها على العناصر على عدد من العوامل منها الظروف الجوية والتضاريس التي تلعب دورا كبيرا وأساسيا ونوع الصخور التي تكونت منها الترب [16].

وتظهر الأشكال (2) و (3) تراكيز الرادون واليورانيوم في الترسبات الطينية لخزانات المياه المنزلية على التوالي ، والأشكال (4) و (5) تراكيز الرادون واليورانيوم في العينات الترابية على التوالي.

الجدول (1): مواقع عينات الترسبات الطينية ورمزها وسمكها وكثافة الآثار ρ وتراكيز الرادون في الحيز

الهوائي C_{Rn} وداخل العينات C_s

| موقع العينة | رمز العينة | سمك العينة L (cm) | كثافة الآثار ρ (Tr.cm^{-2}) | تراكيز الرادون في الحيز الهوائي C_{Rn} (kBq.m^{-3}) | تراكيز الرادون في العينات C_s (kBq.m^{-3}) |
|---------------|------------|-------------------|---|--|---|
| الجانب الأيمن | S_1 | 3 | 3256 | 1.27 | 40.555 |
| الجانب الأيسر | S_2 | 3 | 1349 | 0.526 | 16.8 |
| تلعفر | S_3 | 3 | 969 | 0.38 | 12.13 |
| شرقا | S_4 | 3 | 525 | 0.205 | 6.55 |
| برطلة | S_5 | 3 | 1153 | 0.45 | 14.37 |
| بعشبة | S_6 | 3 | 399 | 0.156 | 4.98 |
| رشيدية | S_7 | 3 | 1361 | 0.531 | 16.96 |
| محلوية | S_8 | 3 | 1954 | 0.76 | 24.27 |
| بعويزة | S_9 | 3 | 1125 | 0.44 | 14.051 |
| زمار | S_{10} | 3 | 1320 | 0.515 | 16.45 |

الجدول(2): مواقع العينات الترابية ورمزها وسمكها وكثافة الأتار ρ وتراكيز الرادون في الحيز الهوائي C_{Rn} وداخل العينات C_s

| موقع العينة الترابية | رمز العينة | سمك العينة L (cm) | كثافة الأتار ρ (Tr.cm ⁻²) | تراكيز الرادون في الحيز الهوائي C_{Rn} (kBq.m ⁻³) | تراكيز الرادون في العينات C_s (kBq.m ⁻³) |
|----------------------|--------------------|-------------------|--|---|--|
| الجانب الأيمن | S ₁₁ | 2.4 | 341 | 0.133 | 5.31 |
| الجانب الأيسر | S ₂₂ | 2.4 | 485 | 0.189 | 7.544 |
| تلعفر | S ₃₃ | 2.4 | 283 | 0.11 | 4.391 |
| شرقاط | S ₄₄ | 2.4 | 93 | 0.036 | 1.44 |
| برطلة | S ₅₅ | 2.4 | 405 | 0.158 | 6.32 |
| بعشيقية | S ₆₆ | 2.4 | 3777 | 1.474 | 58.84 |
| رشيدية | S ₇₇ | 2.4 | 3181 | 1.24 | 49.5 |
| محلبيية | S ₈₈ | 2.4 | 894 | 0.35 | 13.98 |
| بعويزة | S ₉₉ | 2.4 | 3141 | 1.225 | 48.9 |
| زمار | S _{10,10} | 2.4 | 686 | 0.268 | 10.7 |

الجدول(3): تراكيز الرادون في التراب كما حصل عليها بعض الباحثين.

| المصدر | تراكيز الرادون في التراب (kBq/m ³) |
|-----------------------------------|--|
| Winkler <i>etal.</i> , 2001 [12] | 6 – 50 (depth 50cm) 8 – 34 (depth 100cm) |
| Vukotich <i>etal.</i> , 2002 [11] | 10 - 90 |
| Žunić <i>etal.</i> , 2007 [10] | 1.270 -155 |
| Prasada <i>etal.</i> , 2009 [3] | 1.098–31.776 (Summer) 3.501 – 42.883 (Winter) |
| البحث الحالي، 2010 | 1.44 – 58.84 (15cm) |

الجدول (4): الفاعلية الإشعاعية للرادون وعدد ذرات اليورانيوم ووزنه وتركيزه في الترسبات الطينية لخزانات المياه

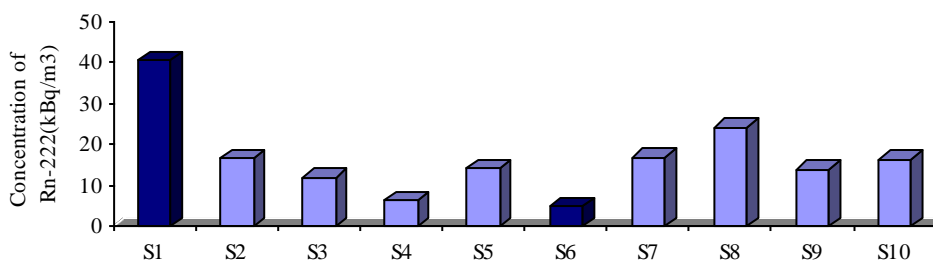
| رمز العينة | الفاعلية الإشعاعية للرادون A_{Rn} (Bq) | عدد ذرات اليورانيوم في العينات $N_u \times 10^{17}$ (atom) | وزن اليورانيوم في العينات $W_u \times 10^{-6}$ (gm) | تركيز اليورانيوم في العينات C_u (ppm) |
|-----------------|--|--|---|---|
| S ₁ | 0.421 | 0.86 | 34 | 2.83 |
| S ₂ | 0.174 | 0.355 | 14.035 | 1.17 |
| S ₃ | 0.123 | 0.25 | 9.88 | 0.82 |
| S ₄ | 0.068 | 0.14 | 5.53 | 0.46 |
| S ₅ | 0.15 | 0.31 | 12.26 | 1.02 |
| S ₆ | 0.052 | 0.106 | 4.192 | 0.35 |
| S ₇ | 0.176 | 0.36 | 14.233 | 1.19 |
| S ₈ | 0.252 | 0.514 | 20.32 | 1.69 |
| S ₉ | 0.146 | 0.298 | 11.78 | 0.98 |
| S ₁₀ | 0.172 | 0.35 | 13.84 | 1.15 |

الجدول (5): تراكيز اليورانيوم في الترسبات كما حصل عليها بعض الباحثين.

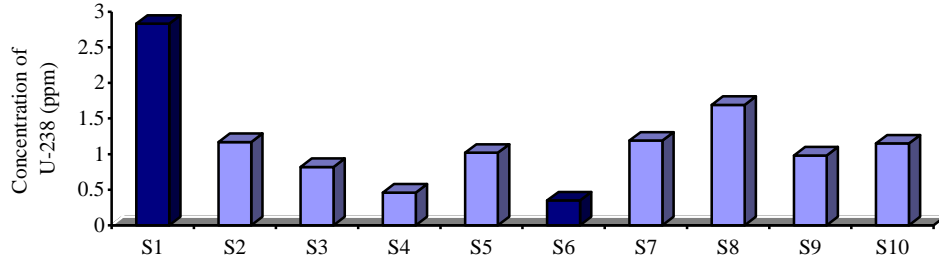
| المصدر | تراكيز اليورانيوم في الترسبات (ppm) |
|---------------------------------------|---|
| Tin Mo <i>etal.</i> , 1973 [17] | 5.4 – 29.5 (Pettaquamscutt River in Rhode Island) |
| Oufni L., 2003 [18] | 4.06 – 9.52 (Morocco) |
| Brian <i>etal.</i> , 2007 [19] | 3.99 – 26.7 (Reedy River in South Carolina) |
| Vesterbacka, <i>etal.</i> , 2009 [20] | في بحر البلطيق (15.6 – 18.3) |
| Vesterbacka, <i>etal.</i> , 2009 [20] | في البحر الأحمر (23.2 – 24-3) |
| البحث الحالي، 2010 | 0.35 – 2.83 |

الجدول (6): الفاعلية الإشعاعية للرادون وعدد ذرات اليورانيوم ووزنه وتركيزه في العينات الترابية

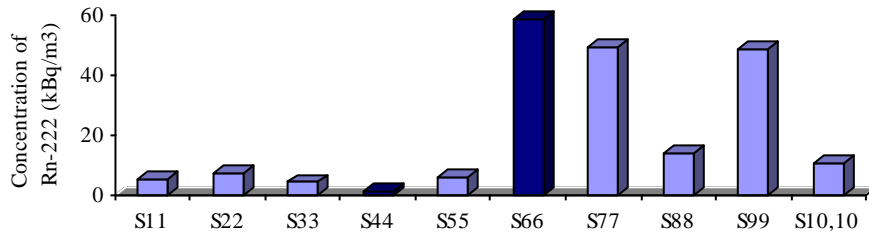
| رمز العينة | الفاعلية الإشعاعية للرادون A_{Rn} (Bq) | عدد ذرات اليورانيوم في العينات N_u (atom) $\times 10^{17}$ | وزن اليورانيوم في العينات W_u (gm) $\times 10^{-6}$ | تركيز اليورانيوم في العينات C_u (ppm) |
|--------------------|--|--|---|---|
| S ₁₁ | 0.044 | 0.09 | 3.56 | 0.30 |
| S ₂₂ | 0.063 | 0.123 | 4.863 | 0.41 |
| S ₃₃ | 0.036 | 0.073 | 2.89 | 0.24 |
| S ₄₄ | 0.012 | 0.024 | 0.95 | 0.08 |
| S ₅₅ | 0.053 | 0.108 | 4.27 | 0.36 |
| S ₆₆ | 0.489 | 0.997 | 39.42 | 3.3 |
| S ₇₇ | 0.411 | 0.84 | 33.21 | 2.77 |
| S ₈₈ | 0.116 | 0.237 | 9.37 | 0.78 |
| S ₉₉ | 0.406 | 0.83 | 32.3 | 2.73 |
| S _{10,10} | 0.089 | 0.182 | 7.196 | 0.6 |



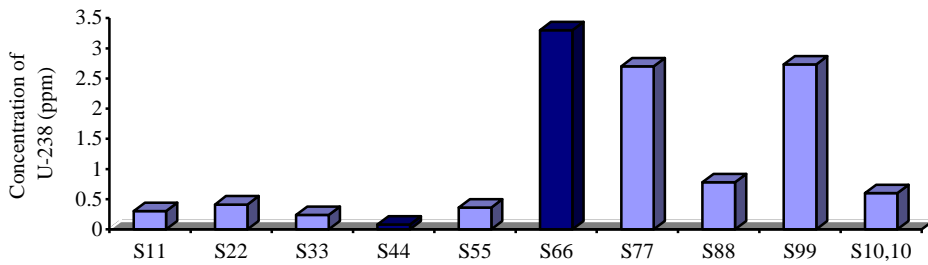
الشكل (2): تراكيز الرادون في الترسبات الطينية



الشكل (3): تراكيز اليورانيوم في الترسبات الطينية



الشكل (4): تراكيز الرادون في العينات الترابية



الشكل (5): تراكيز اليورانيوم في العينات الترابية

الاستنتاجات

من خلال ملاحظة النتائج يمكن أن نستنتج ما يلي:

١. شارح النتائج التي حصلنا عليها بان معدل قيم تراكيز الرادون في الترسبات الطينية لخزانات المياه المنزلية في محافظة نينوى تراوح ما بين $(4.98-40.555 \text{ k Bq.m}^{-3})$.
٢. إن معدل تراكيز اليورانيوم في معظم العينات الترابية اقل من 1 ppm ما عدا العينات S77 (رشيدية) و S99 (بعويزة) كانت التراكيز (2.77 ppm) و (2.73 ppm) على التوالي، أما العينة S66 (بعشيقه) فاحتوت على أعلى تركيز لليورانيوم (3.3 ppm) وجميع التراكيز قليلة بالمقارنة مع التراكيز التي حصل عليها بعض الباحثين.

٣. أشارت النتائج التي حصلنا عليها بان معدل قيم تراكيز الرادون في العينات الترابية تراوح ما بين ($58.84 - 1.44 \text{ kBq.m}^{-3}$) وهذه التراكيز قليلة بالمقارنة مع التراكيز التي حصل عليها بعض الباحثين وكما موضح بالجدول (3) وعليه لا يمكن القول بان هناك تلوث إشعاعي في العينات الترابية.
٤. إن تراكيز اليورانيوم U-238 في عينات الترسبات الطينية لخزانات المياه المنزلية في محافظة نينوى بلغت ($0.35-2.83\text{ppm}$) اقل من النتائج التي حصل عليها الباحثين وكما موضح في الجدول (5) أي لا يوجد تلوث إشعاعي في عينات الترسبات الطينية المدروسة.

المصادر

- 1) Durrani S. A. and Bull R. K., "Soild state nuclear track detection" Pergaman press. Oxford, (1987).
- 2) Ng F.M.F & Yu K.N., "X-Ray irradiation induced degradation of Cellulose Nitrate", Materials Chemistry and Physics, Vol. 100, pp. 38-40, (2006).
- 3) Prasad Ganesh, Prasad Yogesh, Gusain G.S., Badoni Manjari, Rana J.M.S. and Ramola R.C., "Variation of radon concentrations in soil and groundwater and its correlation with radon exhalation rate from soil in Budhakedar, Garhwal Himalaya", [Indian Journal of Physics](http://www.Springerlink.com(Internet)), Vol.83, No.6, pp.887- 892, abs., (2009).
- 4) Jonsson G., "Solid state nuclear track detector in Radon measurement indoor and soil". Nucl. Tracks Radiat. Meas., Vol. 25, Issue 1-4, pp. 335 – 338, (1991).
- 5) Sharma D.K., Ajay Kumar, Mukesh Kumar and Surinder Singh "Study of uranium, radium and radon exhalation rate in soil samples from some areas of Kangra district, Himachal Pradesh, India using solid-state nuclear track detector", [Radiation Measurements](http://www.Sciencedirect.com/science), Vol.36, Issues 1-6, pp.363-366,abs., (2003).
- 6) Misdaq M.A., Ouabi H., and Merzouki A., "Analysis of radon, uranium 238 and thorium 232 in potable waters: Dose to adult members of the Moroccan urban population", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, Vol. 263, Issue 1, pp. 105-111, abs., [http://www.Sciencedirect.com/science\(Internet\)](http://www.Sciencedirect.com/science(Internet)), (2007).
- 7) Azam A., Naqri A. H. and Sritvastava D. S., "Radium Concentration and Radon Exhalation Measurements using LR-115 Type II plastic track detectors", Nucl. Geophysics, Vol. 9, No. 6, pp. 653-657, (1995).
- 8) Al-Bataina B.A., Ismail A.M., Kullab M.K., Abumured K.M. and Mustafa H., "Radon Measuerments in Different Types of Natural Water in Jordan", Rad. Meas., Vol. 28, No. 1-6, pp.591-594, (1997).

- 9) Meyerhof W.E., "Elements of nuclear physics", McGraw-Hill company, (1967).
- 10) Žunić Z.S., Kozak K., Ciotoli G., Ramola R.C., Kochowska E., Ujić P., Čeliković I., Mazur J., Janik M., Demajo A., Birovljev A., Bochicchio F., Yarmoshenko I.V. Kryeziu D. and Olko P., "A campaign of discrete radon concentration measurements in soil of Niška Banja town, Serbia". [Rad. Meas., Vol.42, Issue 10](#), pp. 1696-1702, abs., [www.Sciencedirect.com/science\(Internet\)](http://www.Sciencedirect.com/science(Internet)), (2007).
- 11) Vukotich P., Uvaro V.V., Antovich N. and Dapchevich S., "Radon concentrations in soil of city of Padgorica, Montenegro" ,Geofisica International, Vol. 41, Number 3, pp. 277– 280, (2002).
- 12) Winkler R., Ruckerbauer F. and Bunzl K., "Radon concentration in soil gas: a comparison of the variability resulting from different methods, spatial heterogeneity and seasonal fluctuations", The Science of Total Environment, Vol.272, Issue1-3, pp.273-282, abs., [www.Sciencedirect.com/science\(Internet\)](http://www.Sciencedirect.com/science(Internet)), (2001).
- 13) Salama T.A., Seddik U., Dsoky T.M., Morsy A. Ahmed and EL- Asser R., "Determination of thorium and uranium contents in soil samples using SSNTD's passive method", PRAMANA journal of physics, Vol. 67, No. 2, pp. 269-276, (2006).
- 14) Dragović S., Janković Lj., Onjia A., and Bačić G., "Distribution of primordial radionuclides in surface soils from Serbia & Montenegro", Rad. Meas., Vol. 41, pp.611-616, abs., [http://www.Sciencedirect.com/science\(Internet\)](http://www.Sciencedirect.com/science(Internet)), (2006).
- 15) Goswami S. C., Gualti K. L. and Nagpaul K. K., "Estimation of uranium and boron contents in plants and soils by nuclear particle etch technique". Plant and Soil, Vol. 48, PP. 709 – 711, (1977).
- ١٦) الدباغ ، سالم محمود ، "مبادئ وطرق الاستكشاف الجيوكيميائي للرواسب الخام"، (1988).
- 17) Tin Mo, Andrew D. Suttle and William M. Sackett, "Uranium concentrations in marine sediments", Geochimiecta Cosmochimica Acta, Vol.37, pp. 35 - 61, (1973).
- 18) Oufni L., "Determination of the radon diffusion coefficient and radon exhalation rate in Moroccan quaternary samples using the SSNTD technique", Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 256, No. 3, pp. 581 - 586, (2003).
- 19) Brian A. Powell, Lara D. Hughes, Aurelie M. Soreefan, Deborah Falta, ichael Wall, Timothy A. DeVol, "Elevated concentrations of primordial radionuclides in sediments from the Reedy River and surrounding creeks in Simpsonville, South Carolina", Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 94 , pp. 121–128, (2007).
- 20) Vesterbacka P., Klemola S., Salahel-Din K., Saman M., "Comparison of analytical methods used to determine ^{235}U , ^{238}U and ^{210}Pb from sediment samples by alpha, beta and gamma spectrometry", J. Radioanal Nucl Chem, 281, PP. 441–448, (2009).