

تحديد تركيز غاز الرادون في تربة محافظة البصرة باستخدام كواشف الأثر النووي

حسام نجم¹، عيسى جاسم محمد الخليفة²، حمزة بكر سلمان²

1- المديرية العامة لتربية لتربية محافظة البصرة، البصرة، العراق .

2- قسم الفيزياء، كلية التربية، جامعة البصرة، البصرة، العراق .

الخلاصة

لقد تم في هذه الدراسة قياس تركيز غاز الرادون في تربة محافظة البصرة بما فيها من أفضية ونواحي . لقد تم اعتماد طريقة القياس طويلة الأمد لانبعاث جسيمات ألفا باستخدام كواشف الأثر النووية الصلبة (Soild State Nuclear Track Detectors) SSNTD من نوع CR-39 و LR-115 type 2 واستخدام تقنية الأسطوانة المغلقة . لقد أظهرت نتائج الدراسة أن تركيز غاز الرادون في التربة يتراوح بين أقل قيمة له (1721 Bq.m^{-3}) منطقة الشعبية – حي الكاظم بقضاء الزبير وأعلى قيمة (25142 Bq.m^{-3}) في منطقة الرافضية والتي تعتبر منطقة شاذة بالنسبة لمناطق البصرة الأخرى ، بينما بلغ معدل تركيزه في تربة المحافظة (4970 Bq.m^{-3}) والذي يقع ضمن النسب الطبيعية لتركيز غاز الرادون في أغلب دول العالم .

كلمات مفتاحية: الرادون ، تركيز غاز الرادون ، كواشف الآثار النووية .

المقدمة:

الطبيعية ، فهو ينتمي الى عمود الغازات النبيلة أو الخاملة في الجدول الدوري للعناصر وهو أثقل الغازات الخاملة ويمتلك أعلى ضغط حرج ودرجة حرارة حرج وكثافة من الغازات الخاملة الأخرى وهو أثقل من الهواء بسبعة أضعاف ونصف في درجة حرارة الغرفة مما يؤدي الى وجوده في الأسفل دائماً لكنه لايشكل طبقة قريبة من سطح الأرض وإنما يختلط بشكل متجانس مع الهواء الداخلي للمنازل وكان يعتقد بأن الرادون غاز آمن بل ونافع وذلك حتى وقت قريب لايتجاوز أربع عقود ولكنه تبين بأنه ومشتقاته يشكل حوالي نصف الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها عموم الناس (Unscear, 2000). يذوب الرادون في الماء وبعض السوائل الأخرى والعديد من المحاليل العضوية مثل التولوين

الرادون هو غاز مشع عديم اللون والطعم والرائحة عند درجة حرارة الغرفة وتحت الضغط الجوي الاعتيادي ، وإذا تكثف فإنه يتحول الى سائل شفاف ثم الى مادة صلبة معتمة ولامعة (يصبح لونه فسفورياً لامعاً) وعندما تنخفض درجة حرارته تحت نقطة انجماده (-71°C , 202 K) يتحول لونه إلى أصفر وبتناقص درجة حرارته يصبح لونه أحمر- برتقالياً عندما تنخفض درجة حرارته إلى درجة إسالة الهواء (-180°C , 93 K) .
الرادون غاز أحادي الذرة ويوجد في كل مكان تقريباً وفي جميع الأوقات وهو من الغازات الخاملة لذا يصعب الكشف عنه لأنه لايتفاعل أو يتحد مع العناصر الأخرى في

في الطبيعة في وقتنا الحاضر. ولكن علماء الفيزياء أكدوا وجود هذه السلسلة في بداية تكون الكره الأرضية ولكن بسبب صغر العمر النصفى للعنصر الأب والذي يكون اصغر بكثير من عمر الأرض فإن هذه السلسلة اختفت من الوجود ولم يبق منها إلا بعض ولائدها. ويعد نظير الرادون الثاني والثالث الناتجين عن انحلال سلسلتي اليورانيوم (^{235}U) والثوريوم (^{232}Th) قليلا الأهمية من حيث تأثيرهما البيئي؛ لأن مستوى تركيزهما في الطبيعة قليل جداً أو يكاد يكون معدوماً نظراً لقصر عمرهما النصفى [Arrigo A.] [Cigna, 2005].

تقنية الاسطوانة البلاستيكية-

نستخدم أسطوانة بلاستيكية محكمة الإغلاق ارتفاعها (10 cm) وقطرها (3.5 cm) حيث توضع العينات المائية والترابية في أسفل الاسطوانة بارتفاع (1 cm) كما في الشكل (1).

لقد تم وضع أقراص متماثلة من كواشف الأثر النووي الصلبة من النوع (CR-39) والنوع (LR-115) بشكل دائري وبقطر (3.5 cm) في غطاء الاسطوانة البلاستيكية وتم غلق الغطاء بصورة محكمة بحيث كان بعد الكاشف (9 cm) فوق العينات المائية أو الترابية ولفترة ثلاثة أشهر. خلال هذه الفترة تتبعث جسيمات ألفا من الرادون وولائده والثورون وولائده وتضرب الكاشف. بعد فترة التشعيع يعالج (يقشط) الكاشف المتعرض لجسيمات ألفا بمحلول هيدروكسيد الصوديوم (2.5 N) بدرجة حرارة (60 ± 1) C خلال 120 دقيقة) للكاشف LR-115، أما بالنسبة للكاشف CR-39 (2.5 N) بدرجة (70 ± 1) C خلال 7 ساعات). بعد هذه المعالجة الكيميائية يُحدد معدل كثافة آثار جسيمات ألفا على الكاشف CR-39 والكاشف LR-115 بواسطة المجهر الضوئي الاعتيادي (M. A. Misdag and C. Satif, 1995).

أن الكثافة الكلية للآثار ρ_G^{CR} (global density of) tracks بسبب جسيمات ألفا المنبعثة من الرادون والثورون

الذي غالباً ما يستخدم من أجل استخراج الرادون المنحل في الماء من العينات المائية من أجل قياس تركيز غاز الرادون فيها [K. Horiuchi and Y. Murakami, 1983]. أن ذوبان الرادون في الماء والسوائل الأخرى يتغير عكسياً مع درجة الحرارة. أن الرادون يتكثف بسهولة على فحم الخشب (charcoal) وهلام السليكا (silica gel) والمكثفات الأخرى لذلك يمكن أن تستخدم هذه الخاصية لفصل الرادون عن الغازات الأخرى [Kazuichi Satomi, 1982].

توجد في الطبيعة ثلاث سلاسل إشعاعية أساسية تبدأ كل سلسلة بنظير مشع معين ينحل بدوره إلى عدة نظائر مشعة أخرى من بينها أحد نظائر الرادون وتنتهي السلسلة بنظير مستقر. السلسلة الأولى هي سلسلة انحلال اليورانيوم (^{238}U) الذي ينحل إلى مجموعة متتابعة من النظائر المشعة من بينها الراديوم (^{226}Ra) الذي يعد المصدر المباشر لنظير الرادون (^{222}Rn)، وهو النظير الأكثر أهمية على الإطلاق من بين نظائر الرادون الثلاث الأخرى، ويعود ذلك إلى وفرة اليورانيوم (^{238}U) في الطبيعة من جهة ولكون عمر النصف للنظير (^{222}Rn) طويل نسبياً (3.82 day). الأمر الذي يجعل من الممكن تتبعه وقياس تركيزه في الهواء والماء والترية. والسلسلة الثانية هي سلسلة انحلال الثوريوم (^{232}Th) الذي ينحل بدوره إلى عدد من النظائر المشعة من بينها الراديوم (^{224}Rn) الذي يمثل المصدر المباشر للنظير الثاني للرادون وهو (^{220}Rn) ويسمى الثورون Thoron وعمره النصفى (55.6 s) ويعد نظيراً مهماً وذلك لكون نسبة إنتاجه مساوية تقريباً للرادون (^{222}Rn). أما السلسلة الإشعاعية الثالثة فتبدأ بنظير اليورانيوم (^{235}U) وينتج عن تحللها النظير الثالث للرادون وهو (^{219}Rn) ويسمى الأكتينون Actinon وعمره النصفى يساوي (3.92 s) فقط ويهمل هذا النظير عند تقييم الجرعة الإشعاعية الطبيعية وذلك لندرة وجود اليورانيوم (^{235}U) أساس السلسلة التي ينحدر منها الأكتينون من جهة (0.72% من اليورانيوم) وبسبب عمره القصير من جهة أخرى لذلك يتلاشى هذا النظير قبل خروجه من التربة إلى الهواء. أما السلسلة الرابعة فهي سلسلة النبتونيوم (^{237}Np) وهي غير موجوده

بالعلاقة التالية (M. A. Misdag , C. Satif, 2000):-

$$\rho_G^{CR} = A_c^{222} (\text{Bq.cm}^{-3}) \left[\sum_{i=1}^3 k_i P_i^{CR} R_i + \frac{A_c^{220}}{A_c^{222}} \sum_{i=1}^4 k_i P_i^{CR} R_i \right] \dots\dots\dots (1)$$

لجسيمات ألفا على الكاشف CR-39 ، (R_i) مدى جسيمات ألفا في الهواء (جدول رقم 1) .
بينما كثافة الأثر لجسيمات ألفا المسجلة على الكاشف LR-115 type II تعطى بالعلاقة التالية (M. A. Misdag , C. Satif):-

$$\rho_G^{LR} = A_c^{222} (\text{Bq.cm}^{-3}) \left[3 P^{LR} \Delta R + 4 P^{LR} \Delta R \frac{A_c^{220}}{A_c^{222}} \right] \dots\dots\dots (2)$$

(5 μm) والذي يقابل أقل طاقة يتحسسها الكاشف ($E_{\min} = 1.6 \text{ MeV}$) وأعلى طاقة ($E_{\max} = 4.70 \text{ MeV}$) بالنسبة لجسيمات ألفا التي تسجل آثارها على الكاشف LR-115 type II (M. A. Misdag, et. Al , 1997) .
ويربط المعادلة (1) والمعادلة (2) نحصل على العلاقة النسبية لكثافة الآثار لمجموعة الرادون والثورون باستعمال الكاشف CR-39 والكاشف LR-115 :-

$$\frac{\rho_G^{CR}}{\rho_G^{LR}} = \frac{\sum_{i=1}^3 k_i P_i^{CR} R_i + \frac{A_c^{220}}{A_c^{222}} \sum_{i=1}^4 k_i P_i^{CR} R_i}{3 P^{LR} \Delta R + 4 P^{LR} \frac{A_c^{220}}{A_c^{222}}} \dots\dots\dots (3)$$

والتي يمكن صياغتها بالشكل التالي لحساب النسبة بين التركيز الفعال للثورون إلى التركيز الفعال للرادون :-

وولاندهما والمسجلة على الكاشف النووي CR-39 تعطى

حيث إن ($A_c^{222} (\text{Bq.cm}^{-3})$) هو التركيز الفعال

لغاز الرادون لوحدة الحجم ، ($A_c^{220} (\text{Bq.cm}^{-3})$)

هو التركيز الفعال لغاز الثورون لوحدة الحجم ، (k_i) هي

النسبة الفرعية لانحلال ألفا ، (P_i^{CR}) احتمالية التسجيل

حيث إن (P_G^{LR}) هي احتمالية تسجيل جسيمات ألفا على

الكاشف LR-115 (جدول رقم 2) ، ($\Delta R = R_{\max} - R_{\min}$)

أما R_{\min} و R_{\max} فهما مدى جسيمات ألفا في الحجم

الغازي والذي يمثل القيمة الصغرى والقيمة العظمى لطاقة

جسيمات ألفا التي يتحسسها الكاشف LR-115 (energy window)

والذي يعتمد على السمك المتبقي للكاشف LR-

115 . وحسب ظروف القشط التي نستعملها فأن السمك

المتبقي للكاشف (LR-115 type 2) بعد عملية القشط هو

$$\frac{A_c^{220}}{A_c^{222}} = \frac{\sum_{i=1}^3 k_i P_i^{CR} R_i - 3P^{LR} \Delta R \frac{\rho_G^{CR}}{\rho_G^{LR}}}{4P^{LR} \Delta R \frac{\rho_G^{CR}}{\rho_G^{LR}} - \sum_{i=1}^4 k_i P_i^{CR} R_i} \dots\dots\dots(4)$$

4-5- المناقشة والأستنتاج:-

أن تركيز غاز الرادون في التربة يعتمد على عدة عوامل منها الطبيعة الجيولوجية للتربة ونوع التربة وخصائصها الفيزيائية بالإضافة إلى العوامل الجوية الأخرى مثل الضغط ودرجة الحرارة والرطوبة . لذلك نلاحظ من النتائج السابقة ان تركيز غاز الرادون في تربة محافظة البصرة يختلف من قضاء لأخر ومن منطقة لأخرى وذلك اعتماداً على العوامل أعلاه .

نلاحظ من النتائج السابقة إن أعلى تركيز لغاز الرادون في التربة هو في قضاء الفاو وبمعدل (5858 Bq.m⁻³) . أما أقل تركيز فهو في قضاء الزبير وبمعدل (4267 Bq.m⁻³) . وذلك بسبب طبيعة تربة كل قضاء حيث يمتاز قضاء الفاو وأبو الخصيب وشط العرب بتربة طينية غرينية التي يكون فيها معدل انبعاث الرادون أكبر من معدل انبعاث الرادون من الترب الرملية التي يتمتع بها قضاء الزبير . وهذا يتفق مع ما ذكرته مختلف المصادر أن عامل الانبعاث للحصى يتراوح بين (15-40%) وللرمل (15-30%) ولحبيبات الطمي أو الغرين (30-70%) (Åkerblom and Mellander, 1997) .

أن أقل تركيز للرادون فهو في منطقة الشعبية – حي الكاظم بقضاء الزبير والتي يبلغ تركيز غاز الرادون فيها (1721 Bq.m⁻³) بينما أعلى تركيز فهو في منطقة الراضية بناحية صفوان قرب معمل الغاز والتي يبلغ تركيز غاز الرادون فيها (25142 Bq.m⁻³) والتي تعتبر نقطة شذوذ بالنسبة للمناطق الأخرى .

ان سبب ارتفاع تركيز غاز الرادون في منطقة الراضية يمكن أن يُعزى إلى سببين الأول طبيعة تربة هذه المنطقة والتي يمكن أن تحتوي على تراكيز عالية للراديوم أما السبب الثاني فهو تلوث المنطقة بملوث إشعاعي ما . ولمعرفة

وبعد ذلك يمكن حساب فعالية الرادون والثورون في العينات الترابية التي هي موضوع دراستنا من غير الحاجة إلى عامل تحويل (conversion factor) والذي يستخدم لتحويل كثافة الأثار المسجلة على الكاشف إلى تركيز والذي يتغير حسب طريقة العمل .

جمع العينات:-

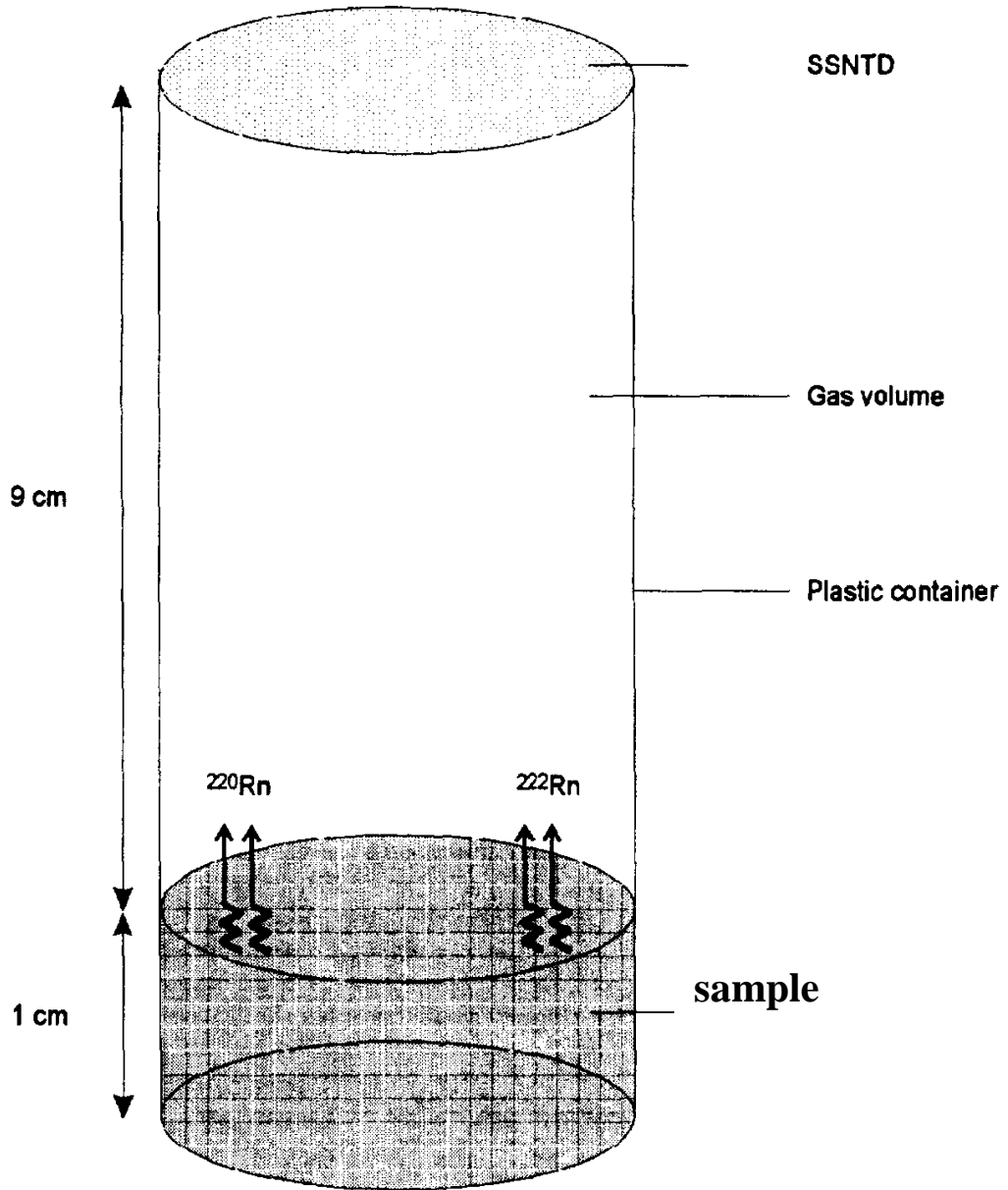
لغرض جمع العينات الترابية من مناطق الدراسة يتم الحفر لعمق (50 cm) ثم تؤخذ العينة . بلغ عدد العينات الترابية المجموعة (100) بعد ذلك تم تحفيف العينات الرطبة والطينية ثم طحنها بواسطة الهاون وغربلتها بواسطة الغربال للحصول على أحجام متجانسة .

الحسابات:-

لغرض حساب التركيز الفعال لغاز الرادون ²²²A_c لكل عينة من العينات ، نحسب أولاً النسبة بين التركيز الفعال للثورون والرادون (²²⁰A_c/²²²A_c) من المعادلة (4) وذلك بعد التعويض عن كثافة الأثر ρ_G^{CR} و ρ_G^{LR} للكاشف CR-39 والكاشف LR-115 على التوالي لكل عينة من العينات قيد الدراسة والموجودة في الجدول (3) أزاء كل عينة وكذلك التعويض عن قيم العوامل الأخرى من الجداول المعطاة ، ثم نعوض هذه النسبة والعوامل الأخرى بالمعادلة (2) للحصول على التركيز الفعال لغاز الرادون لموقع معين . تُعاد هذه الحسابات لجميع عينات المواقع الأخرى وتوضع في الجداول أزاء كل عينة .

أما معدل تركيز غاز الرادون في تربة المحافظة فهو
 (4970 Bq.m⁻³) الذي هو ضمن النسب الطبيعية لتركيز
 غاز الرادون في التربة في أغلب دول العالم والذي يقع
 ضمن المدى (4000-50000 Bq.m⁻³) على عمق واحد
 متر (Helena Ernbo, 2003)

السبب يجب قياس تركيز غاز الرادون على أعماق مختلفة
 وزيادة مساحة الرقعة الجغرافية الممسوحة حول هذه المنطقة
 ، فعند زيادة تركيز الرادون بزيادة العمق فهذا يعني أن
 المنطقة يمكن أن تحتوي على تراكيز عالية من اليورانيوم ،
 وإذا كان العكس فيمكن أن يكون السبب ملوثاً خارجياً.



الشكل (1) ترتيب كاشف الأثر النووي الصلب (SSNTD) موضوع على مسافة (9 cm) فوق العينة داخل الأسطوانة البلاستيكية (M. A. Misdaq and C. Satif, 1995) .

الجدول 1 احتمالية ومدى جسيمات
ألفا للكاشف CR-39 (M. A. Misdaq and C. Satif, 1996).

Nuclide	$E_{\alpha i} (Mev)$	$R_i (cm)$	$P_i^{CR} \times 10^{-3}$
جسيمات ألفا لمجموعة الرادون			
^{222}Rn	5.49	3.90	2.871
^{218}Po	6.00	4.65	3.383
^{214}Po	7.68	6.62	4.44
جسيمات ألفا لمجموعة الثورون			
^{220}Rn	6.28	4.80	3.391
^{216}Po	6.78	4.75	3.433
^{212}Bi	6.08	5.45	3.527
^{212}Po	8.78	8.36	5.711

الجدول 2 يوضح يوضح قيم الاحتمالية لجسيمات ألفا لمجموعة الرادون والثورون والتي تسجل
على الكاشف LR-115 لمختلف السمك المتبقي في حجم الغاز (M. A. Misdaq, et. al. , 1997)

السمك المتبقي Residual thickness, μm	R_{min} cm	R_{max} cm	$P^{LR} \times 10^{-3}$
3	0.46	3.83	203.299
4	0.61	3.52	11.302
5	0.80	3.44	4.329
6	0.98	2.71	1.536
7	1.07	2.66	1.406
8	1.29	2.53	1.336
9	1.42	2.31	0.267
10	1.60	2.02	0.191

الجدول (3) العينات الترابية لإقضية ونواحي محافظة البصرة .

$^{222}\text{Ac}(\text{Bq.m}^{-3})$	$^{220}\text{Ac}/^{222}\text{Ac}$	$^{CR}\rho \times 10^{-5}$ ($\text{tr.cm}^{-2}.s^{-1}$)	$^{LR}\rho \times 10^{-5}$ ($\text{tr.cm}^{-2}.s^{-1}$)	المنطقة	ت
6800	0.333	54.51	33.67	السلامجة	1
6637	0.06	40.21	24.57	نهر جاسم	2
7611	0.148	50.92	31.24	عتبة	3
3703	0.719	39.91	24.87	كوت الجوع	4
4169	0.683	43.84	27.3	الصالحية	5
5486	0.121	35.64	21.84	منطقة اللواء	6
5416	0.095	34.2	20.93	التنومة	7
4479	0.583	43.93	27.3	شرق البصرة - تنومة	8
4990	0.354	40.75	25.18	كردلان	9
6554	0.121	42.59	26.09	نهر حسن	10
6929	0.083	43.15	26.39	الفيحاء	11
3845	0.027	41.29	25.18	الكباسي	12
4076	0.683	42.87	26.69	شرق البصرة الكباسي	13
7785	0.162	52.89	32.46	ريان	14
4551	0.445	40.15	24.87	الحوطة	15
4818	0.615	48.33	30.06	الصينخ	16
4561	0.683	47.98	29.87	كتيبان	17
4842	0.648	49.72	30.94	الزريجي	18
6573	0.108	42.11	25.78	النشوة	19
4256	0.84	49.56	30.94	الفاو الجنوبي	20
6619	0.162	44.96	27.6	الفاو (المركز)	21
3827	0.984	48.51	30.33	المعامر	22
8728	0.038	51.51	31.43	طريق الفاو-معامر	23
6700	0.24	49.26	30.33	السيبة	24
7910	0.121	51.39	31.49	أبو فلوس	25
4124	0.933	50.76	31.73	جيكور	26
5179	0.224	37.45	23.05	باب طويل	27
6063	0.421	52.42	32.46	أبو الخصيب	28

5936	0.294	45.91	28.33	حمدان	29
3505	0.84	40.81	25.48	مهيجران	30
4401	0.683	46.28	28.82	السراجي	31
2817	0.757	31.13	19.41	البراضعية	32
5753	0.208	40.94	25.18	دويب	33
4740	0.398	40.19	24.87	حي الزيتون	34
8393	0.049	50.18	30.64	مطيحة	35
5804	0.313	45.69	28.21	صناعية حمدان	36
5229	0.354	42.69	26.39	القبلة	37
3504	0.121	22.76	13.95	دور الضباط	38
5269	0.258	39.4	24.27	حي الحسين	39
6168	0.208	43.89	27	حي الجمعيات	40
3149	0.177	21.72	13.34	جسر محمد القاسم	41
4953	0.134	32.65	20.02	العشار	42
3382	0.192	23.69	14.56	حي الساعي	43
3595	0.121	23.36	14.31	البصرة القديمة	44
4736	0.049	28.32	17.29	الطويسة	45
3691	0.375	30.71	18.99	المعقل	46
2831	0.258	21.16	13.04	النجيبية	47
4218	0.313	33.22	20.5	الكريزة	48
4897	0.294	37.89	23.37	الموقفية	49
4790	0.224	34.64	21.32	خمسة ميل	50
5622	0.121	36.52	22.38	جزيرة السندباد	51
6131	0.095	38.72	23.69	الكرمة	52
4915	0.398	41.68	25.79	الهارثة	53
5623	0.071	34.53	21.11	معمل الورق	54
4760	0.083	29.65	18.13	الدير	55
3678	0.798	41.7	26.02	الشافبي	56
3342	0.719	36.01	22.44	الهوير	57
4065	0.719	43.83	27.3	المدينة	58
5130	0.445	45.23	28.03	طلحة	59
6372	0.162	43.27	26.57	القرنة -المركز	60
4166	0.524	39.09	24.27	القرنة- نهران	61

7678	0.049	45.91	28.03	العز	62
3949	0.497	36.29	22.51	جسر الزبير	63
4044	0.162	27.47	16.86	فلكة الزبير	64
3442	0.148	23.03	14.13	الدواجن الطريق العام	65
4539	0.375	37.76	23.35	الدواجن 2	66
4052	0.134	26.71	16.38	الدواجن 3	67
4824	0.24	35.46	21.84	البترو (مفرق صفوان)	68
6123	0.24	45.01	27.72	السكراب -بترو	69
4089	0.224	29.58	18.2	قرب سياج البترو	70
4511	0.177	31.12	19.11	ثرمستون - البصرة	71
11108	0.121	72.17	44.23	الرافضية	72
4544	0.258	33.97	20.93	النجمي الشرقي	73
6382	0.071	39.19	23.96	النجمي الغربي	74
3991	0.148	26.7	16.38	مويلحات الشمالية	75
4141	0.083	25.78	15.77	الطريق الرفيع	76
6408	0.134	42.23	25.9	جنوب جبل سنام	77
8003	0.038	47.23	28.82	قرب جبل سنام	78
6401	0.038	37.78	23.05	شمال جبل سنام	79
8941	0.049	53.46	32.64	خويسات	80
6436	0.095	40.65	24.87	مفرق الخور	81
5221	0.038	30.81	18.8	خور الزبير 1	82
4303	0.049	25.74	15.71	خور الزبير 2	83
2861	0.108	18.32	11.22	شمال أم قصر	84
3739	0.049	22.36	13.65	أم قصر	85
2099	0.071	12.89	7.88	جنوب أم قصر	86
1979	0.121	12.86	7.88	الزبير	87
2085	0.083	12.98	7.94	قصبه الزبير	88
1721	0.060	10.43	6.37	الشعبية -حي الكاظم	89
2045	0.060	12.39	7.57	الشعبية دور لنفط	90
2261	0.071	13.89	8.49	البرجسية 1	91
2022	0.038	11.93	7.28	البرجسية 2	92
3155	0.049	18.87	11.52	الرميلة الشمالية	93
3116	0.038	18.39	11.22	الرميلة الجنوبية	94

3452	0.038	20.37	12.43	الرميلة محطة الضخ	95
3096	0.06	18.76	11.46	شمال الليحيس 1	96
3586	0.027	20.89	12.74	شمال الليحيس 2	97
2610	0.038	15.41	9.4	الليحيس 1	98
2668	0.095	16.85	10.31	الليحيس 2	99
4524	0.027	26.35	16.07	صفوان المركز	100

Cothorn R. and Smith J. E., Environmental Radon . Plenum Press, New York (1987).

Helena Ernbo, "Minmum Detectable Amount of Radon Progeny in Outdoor Air" , Thesis , University of Stockholm , Sweden (2006) .

Kazuichi Satomi , thesis , "Radon Emanation Mechanism from finely Ground Rocks", Stanford University ,California (1982) .

K. Horiuchi , Y. Murakami , Journal of Radioanalytical Chemistry, Vol.80, No. 1-2, p. 153-163, (1983).

M. A. Misdaq , C. Satif , Journal Radioanalytical and Nuclear Chemistry , Articales , Vol. 198 , No. 1, p. 179-189(1995)

M. A. Misdaq , A. Bakhchi , H. Moustaidine, C. Satif, and K. Fahde, Appl. Radiat. Isot. Vol. 48, No. 4 , p. 527-533 (1997).

M. A. Misdaq , C. Satif , Journal Radioanalytical and Nuclear Chemistry , Articales , Vol. 207 , No. 1, p. 107-116 (1996) .

Unsear Report Vol. I , Sources and effects of ionizing radiation , New York , UN (2000).

FIGURE CAPTIONS

1. الشكل (1) ترتيب كاشف الأثر النووي الصلب (SSNTD) موضوع على مسافة (9 cm) فوق العينة داخل الأسطوانة البلاستيكية .
2. الجدول (1) احتمالية ومدى جسيمات ألفا للكاشف CR-39 (M. A. Misdaq and C. Satif, 1996) 39.
3. الجدول (2) يوضح يوضح قيم الاحتمالية لجسيمات ألفا لمجموعة الرادون والثورون والتي تسجل على الكاشف LR-115 لمختلف السمك المتبقي في حجم الغاز (M. Misdaq, et. al. , 1997).
4. الجدول (3) العينات الترابية لإفضية ونواحي محافظة البصرة .

REFERENCES

- Åkerblom, G. and Mellander, H. , Geology and Radon. In: Radon Measurements by Etched Track Detectors. World Scientific Publishing, Singapore New Jersey London Hong Kong, pp. 29–49 (1997).
- Arrigo A. Cigna, International Journal of Speleology, Vol. 34, No. 1-2, PP.1-18. (2005)

Determination of Radon Concentration in Soil of Basrah Governorate by using Solid state Nuclear Track Detectors

H. NAJEM¹, I. J. M. ALKHALIFA² and H. BAKR²

1- Education directorate of Basrah Governorate .

2- Department of Physics, College of Education, University of Basrah, Basrah, Iraq.

Abstract

In this study we determined radon concentration in soil of province and district of Basrah Governorate . Long-term technique for alpha particles emission with Solid State Nuclear Track Detectors (SSNTD □ s). Types CR-39 and LR-115 type 2 were used in closed cylinder technique. The results showed that radon concentration in soil samples were ranged between minimum value (1721 Bq.m⁻³) in Al-Shaiba in Al-Zabair province and maximum value (25142 Bq.m⁻³) in Al-Rafidia region , while the average of radon concentration in Governorates soil is (4970 Bq.m⁻³) which situated in the allowed level of radon concentration in soil . Anomalous activity was found in Al-Rafidhia region which is about nearly six times the average value of radon concentration in Governorate. This region need more investigation.