

Study of the Vertical Distribution of Radium in NORM-Contaminated Soil at the Site of Crude Oil Tanks in Banias Area

Dr. Mohammad Ghafar*

(Received 20 / 7 / 2022. Accepted 23 / 10 /2022)

□ ABSTRACT □

Large quantities of produced water are disposed of in the earthen basins of crude oil tanks in Banias city. The random disposal of this water has been going on for decades. As a result, the deposits of naturally occurring radioactive elements (NORM) increase in the environment, which involves environmental and health risks as a result of the possibility of soil and water contamination with these elements in the region. The work aims to study the vertical and cumulative diffusion of radium in the soil affected by the produced water and to estimate the volume of soil contamination with this radioactive element. The sampling sites were selected after a radioactive survey of the area. the radioactivity concentrations of radium in soil samples were determined by gamma spectroscopy using high purity germanium (HPGe) detector. The study concluded that there is a rise in the concentration of radium radioactivity in the surface and sub-surface layers of the soil affected by the produced water in the study area, the cumulative values of radioactivity concentration and the radium depth profile in the soil indicate a vertical migration of radium from the surface to the depth. The volume of soil contamination that needs to be treated on-site has reached 25 cm, with relatively high values was recorded at 50 cm depth.

Keywords: NORM, Radium depth profile, Produced Water, Soil contamination.

* Associate professor, Department of Environmental Chemistry, Higher Institution for Environmental Researches, Tishreen University, Latakia, Syria. moghafar@gmail.com

دراسة التوزع العمودي للراديويم في التربة الملوثة بالنورم في موقع خزانات النفط الخام في منطقة بانياس

د. محمد غفر*

(تاريخ الإيداع 20 / 7 / 2022. قُبِلَ للنشر في 23 / 10 / 2022)

□ ملخص □

كميات كبيرة من المياه المرافقة للنفط تطرح في الأحواض الترابية لخزانات النفط الخام في بانياس، التخلص العشوائي من هذه المياه قائم منذ عقود وينتجته تزداد إبداعات العناصر المشعة الحادثة طبيعياً (النورم) في مكونات البيئة وهو ما ينطوي على مخاطر بيئية وصحية نتيجة إمكانية حدوث تلوث التربة والمياه بهذه العناصر في المنطقة. يهدف العمل إلى دراسة الإنتشار العمودي والتراكمي للراديويم عبر طبقات التربة المتأثرة بالمياه المرافقة وتقدير حجم تلوث التربة بهذا العنصر المشع. اختيرت مواقع الاعتيان بعد عملية مسح إشعاعي للمنطقة، حددت تراكيز الفعالية الإشعاعية للراديويم في عينات التربة عن طريق مطيافية غاما باستخدام كاشف جرمانيوم عالي النقاوة (HPGe) توصلت الدراسة إلى أن هناك ارتفاعاً في تركيز النشاط الإشعاعي للراديويم في الطبقات السطحية والطبقات تحت - سطحية للتربة المتأثرة بالمياه المرافقة في منطقة الدراسة، وتشير قيم تراكيز الفعالية الإشعاعية التراكمية المقاسة والصورة العامة لعمق الراديويم في التربة إلى حدوث هجرة عمودية للراديويم من السطح باتجاه العمق. وصل حجم تلوث التربة والذي يحتاج إلى معالجة في الموقع إلى 25 cm مع تسجيل قيم مرتفعة نسبياً عند العمق 50 cm.

الكلمات المفتاحية: النورم، الصورة العامة لعمق الراديويم، المياه المرافقة، تلوث التربة

* أستاذ مساعد - قسم الكيمياء البيئية - المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. moghafar@gmail.com

مقدمة:

توجد النظائر المشعة الطبيعية في كل مكونات البيئة، ينجم عن ذلك تسجيل كميات محددة من النشاط الإشعاعي في كل المواد ولو بدرجة الأثر. أهم هذه النظائر هي تلك الناتجة عن سلاسل التفكك الطبيعي لنوى الـ U^{235} , Th^{232} و U^{238} بالإضافة لنظير البوتاسيوم K^{40} . تعمل النشاطات البشرية المختلفة التي تتعامل مع الخامات الأولية الأرضية على تحسين تركيز هذه النظائر لتصنف ضمن مصطلح النورم NORM وهو اختصار لـ Natural Occurring Radioactive Materials الذي يعني المواد المشعة المتشكلة طبيعياً. وقد صنفت صناعة النفط والغاز من بين الصناعات التي تتعامل مع النورم في مرافقها المختلفة وكذلك في النفايات والمنتجات الناتجة عنها، وتعد المياه المرافقة أكبر تلك النفايات حجماً إذ يمكن أن تصل كميتها إلى عشرة أضعاف النفط المنتج [1]. يتم إدارة هذه الكميات الضخمة من المياه الناتجة عن إنتاج النفط على الشاطئ عن طريق حقن قسم منها في الآبار المستنفذة أو آبار حقن خاصة، والقسم الآخر يجمع في حفر ترابية ويترك للتبخير. إن التسريب الذي يحصل من هذه الحفر والفيض المنسكب منها وكذلك التخلص العشوائي من هذه المياه في البيئة يؤدي إلى إحداث التلوث بهذه المياه ومردده خصائص هذه المياه من قساوة عالية وحمولتها من المواد الهيدروكربونية المنحلة، والأهم والأخطر هو محتواها من النورم والتي تتمثل بشكل رئيس بنظائر الراديوم Ra^{224} , Ra^{226} , Ra^{228} التي يمكن أن يصل تركيزها إلى بضع مئات من البيكرل في اللتر [2]. ينتمي الراديوم إلى مجموعة العناصر القلوية الترابية (AII) وهو العنصر المشع الوحيد فيها ويملك 34 نظيراً من بينها كلها هناك أربعة نظائر موجودة طبيعياً متحدرة من سلاسل التفكك الإشعاعية الطبيعية وهي: Ra^{226} ($T_{1/2}=1600$ y) من سلسلة تفكك U^{238} ($T_{1/2}=11.43$ d) من سلسلة U^{235} ($T_{1/2}=3.66$ d) و Ra^{224} ($T_{1/2}=5.76$ y) من سلسلة تفكك Th^{238} . يتفكك Ra^{228} بإصداره جسيمات بيتا β فيما النظائر الثلاثة الأخرى تتفكك عن طريق إصدار جسيمات ألفا α ، ويعد النظير Ra^{226} الأكثر أهمية من بينها نظراً لطول عمره النصفى وكونه أكثرها وفرة في البيئة. يسلك الراديوم بشكل عام السلوك الكيميائي لباقي عناصر مجموعته، فنجد في البيئة بدرجة أكسدة +2 فقط ويشابه في سلوكه بشكل كبير عنصر الباريوم Ba نظراً للتقارب في نصف القطر الأيوني معه، وفي المحاليل المائية والمياه الجوفية وبوجود السلفات والكربونات مع الباريوم يحدث ترسيب متزامن للعنصرين على شكل $(Ra,Ba)SO_4$ و $(Ra,Ba)CO_3$. في التربة تلعب عملية التبادل الأيوني والامتزاز دوراً هاماً ومتحكماً في حركية وهجرة الراديوم، وهذه العمليات خاضعة لعدة عوامل منها تنوع التربة واختلاف خصائص المعادن الطينية المكونة لها، درجة الحموضة، وجود المادة العضوية وغيرها من العوامل التي تحكم حركية الراديوم وانتقاله إلى المياه السطحية والجوفية وإلى الفلورا النباتية ليدخل إلى السلسلة الغذائية. ومعروف عن الراديوم أنه يسبب سرطان العظام وسرطانات الدم عند ارتفاع تراكيزه المأخوذة من العظام والأنسجة الحيوانية الغنية بالكالسيوم [3,4]. هناك العديد من الدراسات البيئية حول العالم قامت تحت عناوين دراسة تلوث البيئة بالنورم نتيجة رمي المياه المرافقة للنفط والغاز، ودرست الآثار البيئية المترتبة على ذلك كزيادة جرعة التعرض الإشعاعي وارتفاع تراكيز النيوكليدات المشعة في التربة والمياه السطحية وكذلك المياه الجوفية [5-12]. باعتبار سورية إحدى الدول المنتجة للنفط والغاز فقد نشرت فيها دراسات مهمة قامت بتوصيف النورم في صناعة النفط والغاز وقطاع الطاقة وأعطت نتائج حول الفعالية الإشعاعية للنيوكليدات المشعة في الرواسب الحرفشية والأوحال والمياه المرافقة والتأثيرات البيئية الناتجة عنها، كحجم تلوث التربة ومقدار الجرعة الممتصة في حقول النفط وبعض منشآت الغاز [13-20]. ويأتي هذا العمل ضمن ذات الإطار حيث يدرس التأثير البيئي لتصريف المياه

المراقبة في منطقة خزانات النفط الخام في بانياس على تلوث التربة بالراديووم وحجم هذا التلوث وسلوك الراديووم في تربة المنطقة المدروسة التي تعد أحد قطاعات صناعة النفط والغاز في البلاد.

أهمية البحث وأهدافه:

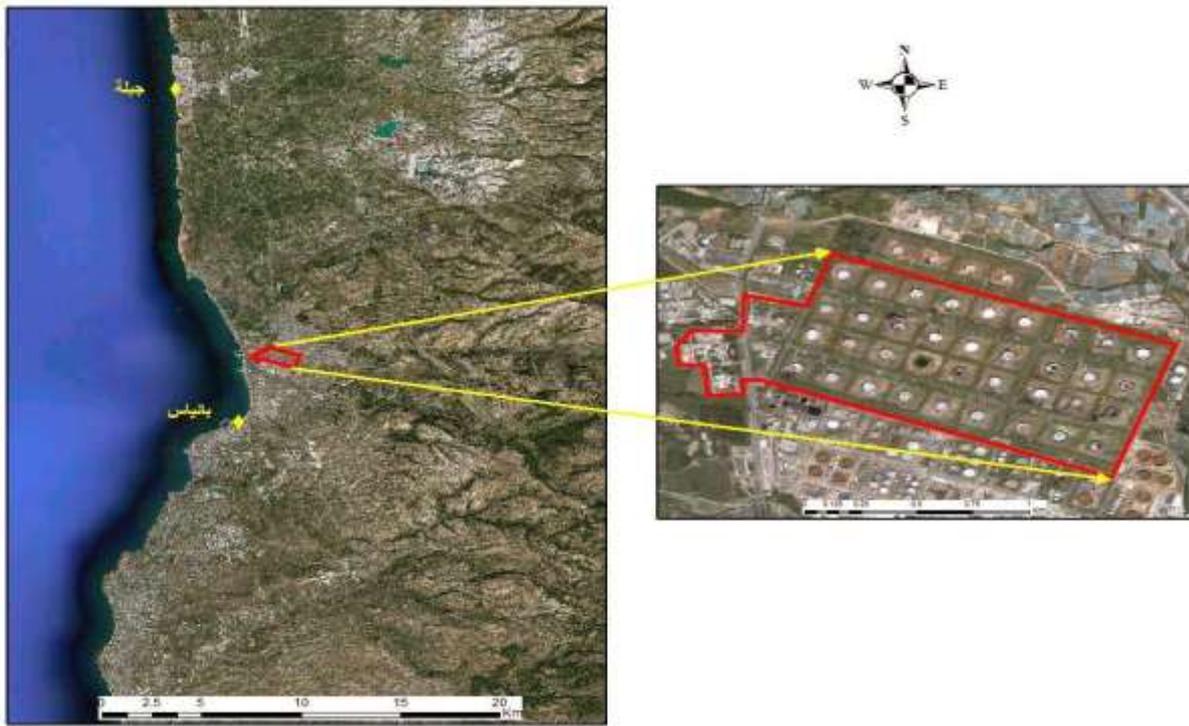
إن النشاط الرئيس القائم في منطقة خزانات النفط الخام هو عملية فصل المياه المراقبة عن النفط. تحوي هذه المياه على Ra بتركيز نشاط إشعاعي متغير يتراوح بين $0.002-1200 \text{ Bq.l}^{-1}$ [14]، وهذه العملية تتم في البيئة في الأحواض الترابية لكل خزان، ولاحقاً ترشح هذه المياه عبر سطح التربة وتسبب إيداعاً للراديووم فيها يؤدي إلى حدوث تلوث إشعاعي للتربة قد يصل إلى الطبقات الأعماق ويشكل تهديداً لمصادر المياه الجوفية كما السطحية [7]. إن عملية التخلص من المياه المراقبة بالصورة التي هي عليها قائمة منذ عقود وهذا يعطي الأهمية للهدف الذي تقوم عليها الدراسة وهو دراسة الانتشار العمودي والتراكمي للراديووم عبر طبقات التربة المتأثرة بالمياه المراقبة، حيث أنه يعطي معلومات مهمة حول تلوث المنطقة بالراديووم وتلعب دوراً مهماً وحيوياً في تحديد حدود المواقع الملوثة، مصادر التلوث، تأريخ حدوث التلوث والتنبؤ بمخاطر التلوث على المدى الطويل عبر تحديد عمق التلوث الحاصل في التربة، كما تؤمن الدراسة البيانات والمعلومات للدراسات البيئية المستقبلية التي يمكن أن تقوم في المنطقة [22,21] خصوصاً أن منطقة الدراسة تقع بالقرب من مصدر مهم لمياه الشرب هو بحيرة السن ويحدها من جهة الشمال نهر حريصون.

طرائق البحث ومواده:

يقوم البحث على دراسة الانتشار العمودي للراديووم في التربة وذلك من خلال تعيين تراكيز الفعالية الإشعاعية للراديووم بدلالة العمق في عينات التربة الملوثة بالنورم وللقيام بذلك يجب في البداية معرفة حدود ومستويات التلوث في منطقة الدراسة.

منطقة الدراسة

موقع الدراسة هو منطقة خزانات النفط الخام التابعة للشركة السورية لنقل النفط الواقعة على شاطئ بانياس، ويتوضع على خطي الطول $E35^{\circ}57'18'' - E35^{\circ}58'30''$ شرق خط غرينتش، وخطي العرض $N35^{\circ}13'30'' - N35^{\circ}12'54''$ شمال خط الاستواء الشكل (1). يتصف الهائل المطري السنوي للمنطقة بمجال تغير واسع فهو يتراوح بين 800 – 2000 mm في العام. أما قوام التربة في منطقة الدراسة فهو مكون من الكلس والدولوميت والحصى الصوانية ومن كتل ورمل تزيد سماكتها عن 10 m وتتلون باللون البني لاحتوائها على الغضار [23]. قمنا في عمل سابق [20] برسم خريطة إحدائية لتوزع قيم معدل الجرعة الإشعاعية الممتصة في المنطقة المدروسة وتقييم الخطر الإشعاعي فيها، وتم من خلاله تعيين الفعالية الإشعاعية للنيوكليدات المشعة الطبيعية Th, U, Ra في الطبقة السطحية للتربة من ثلاثة مواقع اثنان منهما مثلاً أعلى قيمتين للجرعة الإشعاعية الممتصة والثالث كان موقع مقارنة (شاهد B). في هذا العمل تم اختيار نفس المواقع الثلاثة المختارة سابقاً وهي: موقع الخزان 224، والخزان 281 والمنطقة المقارنة (الشاهد) المسماة المنطقة B الشكل (2)، وذلك لتقدير حجم التلوث في التربة ودراسة هجرة وحركية الراديووم في التربة عن طريق حساب الفعالية الإشعاعية للراديووم في عينات ترابية أخذت من آفاق متعددة لطبقات التربة.



الشكل (1) منطقة الدراسة

تحضير العينات

حددت في كل موقع من المواقع الثلاثة السابقة منطقة بأبعاد $2 \times 2 \text{ m}^2$ جمعت منها العينات من أربعة أفاق هي (a, b, c, e) الموافقة للأعماق التالية (0 - 10, 10 - 25, 25 - 50, 80 - 110) cm على الترتيب. تم جمع العينات الترابية الممثلة لكل عمق باستخدام المعول والجاروفة، وتركت لتجف هوائيا بدرجة حرارة الغرفة، ثم نخلت بمنخل شبكي بأبعاد 2 mm بعدها تمت مجانستها وحفظها بعلب بلاستيكية محكمة الإغلاق لمدة 30 يوما لتحقيق التوازن بين Rn^{222} وبناته مع Ra^{226} .

قياس الفعالية الإشعاعية

تم تعيين الفعالية الإشعاعية لـ Ra^{226} في العينات الترابية المحددة عند 186.2 keV (3.51%) باستخدام مطيافية غاما في مختبر هيئة الطاقة الذرية السورية بدمشق، باستخدام كاشف (N- type model GCD – 60 230 باستخدام HPGe (BRUKER) وكفاءة نسبية 60 % وقيمة لـ (FWHM) هي: 0.89 keV عند 122 keV و 2 keV عند 1332.4 keV. أنجزت معايرة الكفاءة باستخدام عينيات مرجعية (CRM – QCY48 – QCYB40) مزودة من قبل AEA Technology, UK.



الشكل (2) مواقع إعتيان العينات الترابية

الانتشار العمودي للنشاط الإشعاعي للراديو

يمكن من خلاله معرفة وتقدير عمق التلوث الإشعاعي في المنطقة المدروسة، ويتم بدراسة النشاط الراديوم بدلالة العمق في نقاط الإعتيان المحددة، وتكوين صورة عامة لعمق الراديوم في التربة Radium depth profile بحساب الفعالية التراكمية للراديو A_{accu} على مدى العمق h بتطبيق العلاقة التالية [21]:

$$A_{\text{cum } h} = 100 \times \sum_{k=1}^{k=h} A_k / \sum_{k=1}^{k=4} A_k \quad (1)$$

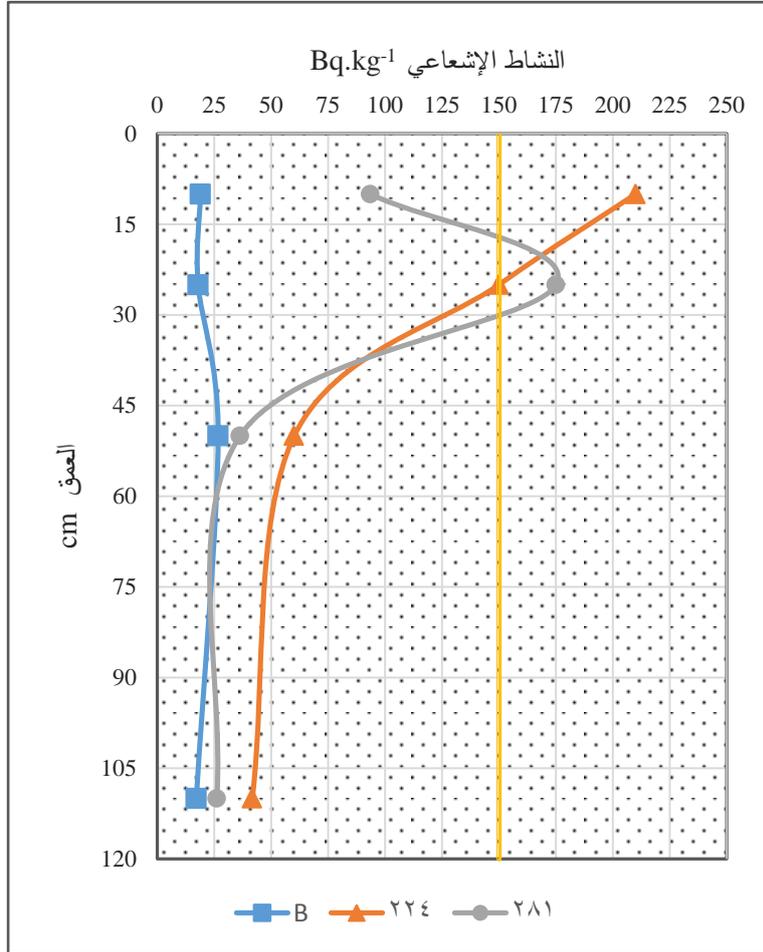
حيث A_k تمثل النشاط الإشعاعي للراديو Ra^{226} في الأفق k

K_h تمثل الطبقة k عند العمق h

النتائج والمناقشة:

الانتشار العمودي للنشاط الإشعاعي للراديو

لتكوين صورة عن التوزيع العمودي للراديويم في التربة تم تعيين النشاط الإشعاعي للراديويم في العينات الترابية المأخوذة من الأفاق المختلفة المتتالية من كل موقع من مواقع الإعتيان، يظهر الشكل (3) تغير تركيز النشاط الإشعاعي للراديويم بدلالة العمق في مواقع الإعتيان الثلاثة، يُلاحظ تقريبا ثبات قيمة هذا التركيز في العينات المأخوذة من المنطقة الشاهد



الشكل (3) تغير تركيز الفعالية الإشعاعية لـ Ra^{226} مع العمق

للموقعين الآخرين وصغر مساحة منطقة الدراسة، بالتالي هذا الاختلاف يعزى إلى عملية إغناء بالراديويم حصلت للتربة مصدرها المياه المرافقة المنسكبة على سطح التربة في الموقعين 224 و 281.

القيم التي حصلنا عليها لتركيز النشاط الإشعاعي للراديويم هي أعلى من تلك المسجلة في سورية وبالباغفة كقيمة متوسطة بـ 20 Bq.kg^{-1} وكذلك مع القيمة المتوسطة العالمية 32 Bq.kg^{-1} [24]. إن الإرتفاع في قيمة تركيز نشاط الراديويم مألوف ضمن بيئة صناعة النفط والغاز بشكل عام. مع ذلك فإن القيم التي سجلت في هذه الدراسة هي مرتفعة مقارنة مع تلك التي سجلتها دراسات مختلفة تناولت تلوث التربة بالنورم بفعل النشاطات المرتبطة بصناعة النفط والغاز [25-27].

إن الشكل (3) الموضح لتغير تركيز الفعالية الإشعاعية بدلالة العمق يثبت تأثير المياه المرافقة في رفع النشاط الإشعاعي لتركيز الراديويم في التربة، وذلك في كافة الأفاق المحددة وينسب متفاوتة متناسبة مع ازدياد العمق، من حيث أن مصدر هذه المياه هو من السطح باتجاه الأسفل ودائما بالمقارنة مع المنطقة الشاهد **B**.

B وفي كافة الأفاق رغم وجود ارتفاع طفيف في الأفق الثالث c، أما في الموقعين 224 و 281 فقد كانت القيم مرتفعة بالمقارنة بتلك المسجلة في المنطقة **B** وكافة الأفاق المدروسة، خاصة في الأفقين السطحين a, b وللذين يسلك تركيز الراديويم فيهما سلوكا مغايرا هو الآخر في الموقعين 224 و 281 مع ذلك فإن كلا الموقعين قد سجلا قيمة لتركيز الراديويم في المستوي الثاني كان ضمن المجال $0.15 - 5.2 \text{ Bq.g}^{-1}$ المحدد تبعا للمعايير السورية لتلوث التربة التي تتطلب معالجة في الموقع [13].

إن اختلاف قيمة تركيز نشاط الراديويم بين المنطقة **B** والموقعان 224 و 281 باعتباره حالة طبيعية لتغير تكوين التربة هو احتمال ضعيف نظرا لموقع المنطقة **B** بالنسبة

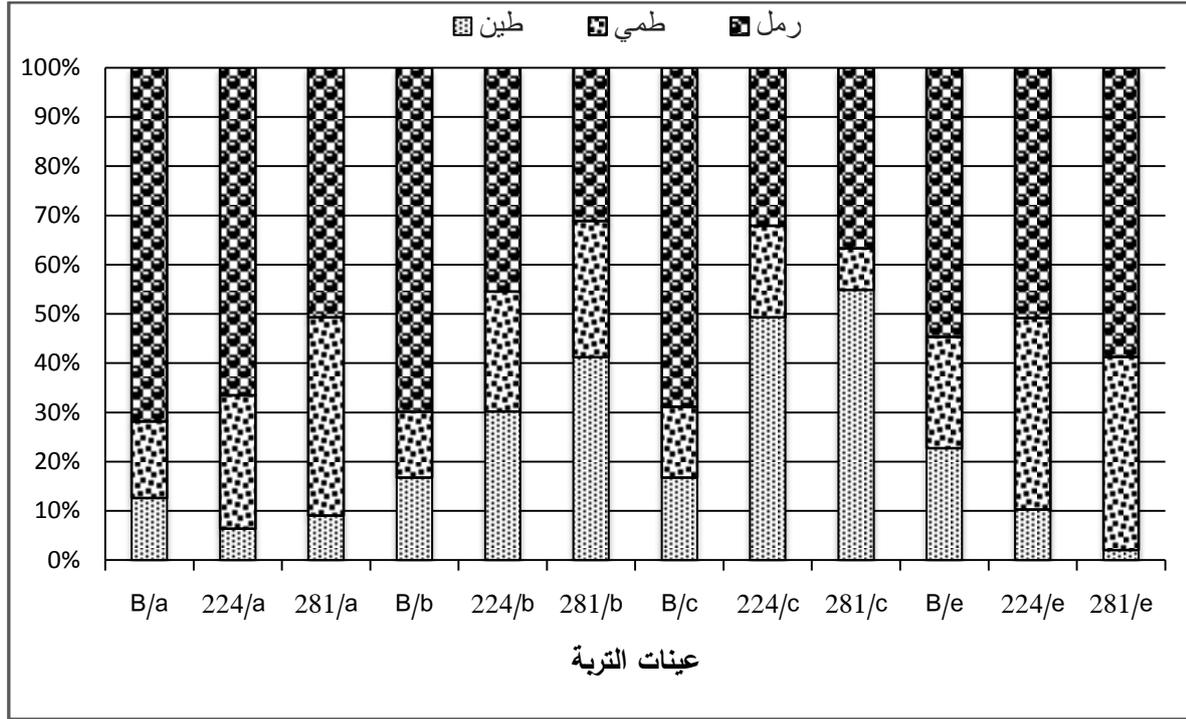
الجدول (1) معامل توزع الراديوم (Kd) في التربة تبعاً لمحتواها من الطين، الرمل، الطمي [28]

معامل توزع الراديوم Ra (Kd)	الطين %	الرمل %	قوام التربة
3.1×10^3	< 18	≥ 65	الرمل
1.1×10^3	18 – 35	65 - 82	الطمي
3.8×10^4	≥ 35		الطين

إن حركية الراديوم في التربة عملية محكومة بعدة عوامل، فنجد أن التبادل الأيوني يلعب دوراً هاماً في معدل الانتقال بين الحالة المنحركة والثابتة والتي يمثلها معامل التوزع K_d [28,4] الذي يعتمد بشكل كبير على مكونات المحلول (المياه المرافقة)، درجة الحرارة، pH وكذلك على خصائص السطح الصلب (معادن التربة) وهذه الأخيرة تختلف باختلاف أنواع التربة، لأجل ذلك تم تقدير النسبة المئوية لمحتوى العينات الترابية من الطين، الرمل والطين وفق طريقة الهيدروميتر. يظهر الشكل (4) التباين في قوام التربة في العينات المدروسة، وهذا الاختلاف يؤثر على درجة الألفة بين الراديوم ومكونات التربة حيث يغير من خصائص سعة التبادل الكاتيوني (Cation Exchange Capacity- CEC) والذي يظهر بالقيم المختلفة لمعامل التوزع K_d بينها وبين الراديوم

إن شدة الألفة بين الراديوم والمعادن الطينية تختلف باختلاف أنواع المعادن الطينية وقد سجلت تغيرات كبيرة في تراكيز الراديوم في التربة مرتبطة بقوام التربة، قيمة الـ pH والمادة العضوية ونسبة الكالسيوم [29]. وبذلك يمكن اعتبار الاختلاف في مكونات التربة بين المواقع المدروسة عاملاً مؤثراً في قيمة تركيز النشاط الإشعاعي للراديوم في العينة الممثلة لكل أفق من الأفاق المحددة، بمراجعة الشكل (4) نلاحظ قيمة مرتفعة لنسبة الرمال والطين في العينات من الأفق a في الموقعين 224، 281، وارتفاعاً في نسبة الطين في الأفقين b, c - مع ميل لأن يكون بنسبة أكبر في عينات الموقع 281 عما هو عليه في عينات الموقع 224 -، إن هذا التباين في النسب يؤثر على نفوذية التربة في المواقع، وهذا له تأثيره على هجرة الراديوم إلى الطبقات الأعمق من التربة عبر انتقاله مع مياه التصريف أو مع أملاح التربة أو حبيباتها الناعمة - الطين - الممتز عليها بعملية الرشح والتصويل (Leaching) من الطبقات السطحية إلى الطبقات الأعمق، والتي تتأثر بشكل رئيسي بالمكونات المعدنية للتربة، وتوزع وحجم الجزيئات بالإضافة إلى تواجد الكلس والهطل المطري الغزير [21].

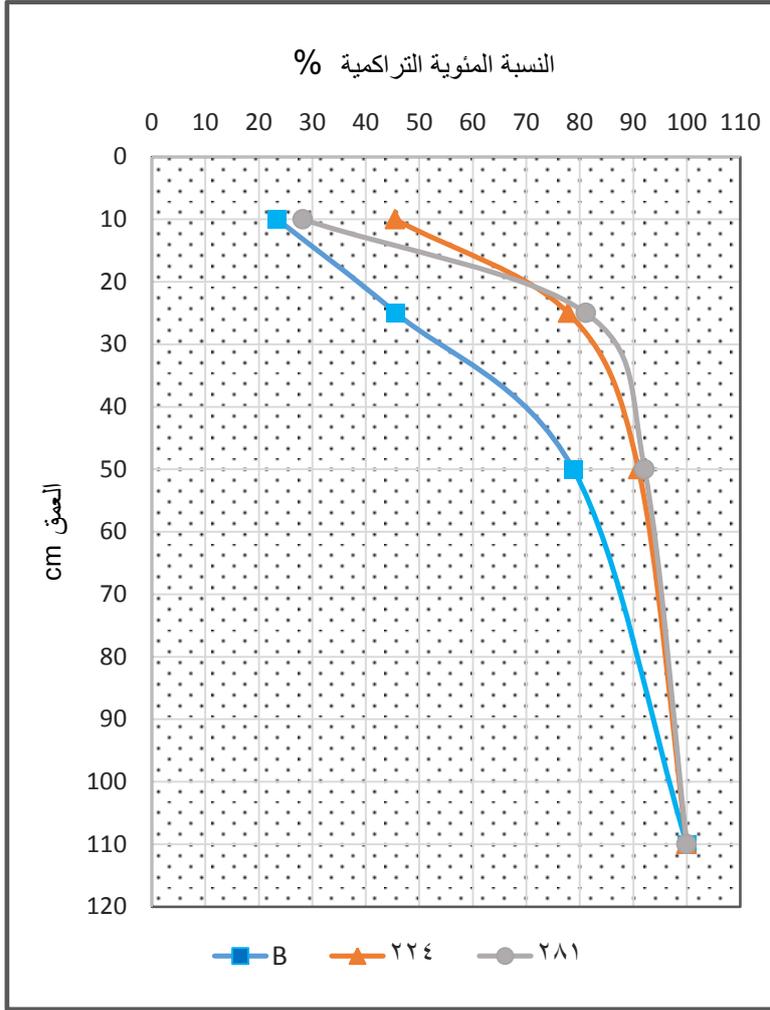
يكون الراديوم بدرجة أكسدة +2 وسلوكه مشابه لعناصر مجموعته في الجدول الدوري فهو لا يشكل معقدات بسهولة وحركيته في البيئة المائية تعتمد على حالته النوعية Ra^{2+} , RaOH^+ , RaCl^+ , RaCO_3^0 , RaSO_4^0 المدمصة على المعادن الطينية، المادة العضوية، والأكاسيد المعدنية Fe/Mn أو ترسبه على شكل معادن الكربونات والسلفات [4].



الشكل (4) النسب المئوية لمكونات قوام التربة

وهذه الحالة النوعية متغيرة بتغير الشروط المحيطة، مثلا إن وجود شروط الإرجاع وتغير قيم الـ pH يمكن أن يساهم في تحرر الراديويم مجددا من معادن الكربونات والسلفات. من المعروف وجود كبريتيد الهيدروجين في المياه المرافقة للنفط، وخلال وجود الاكسجين (ظروف هوائية) تحدث عمليات أكسدة H_2S إلى الكبريتات SO_4 بالتالي هذا يزيد من تثبيت الراديويم عبر ترسبه على شكل سلفات، لكن بالانتقال أعمق في طبقات التربة تبدأ الظروف اللاهوائية بأخذ مكانها فتحدث عمليات إرجاع للسلفات بفعل النشاط البكتيري فترجع البكتيريا السلفات إلى الكبريت العنصري، بالتالي تحرر الراديويم مجددا في الوسط. عملية الإرجاع هذه بطبيعة الحال مترافقة بانتقالات الكترونية تفضي إلى تحرر بروتونات إلى الوسط الأمر الذي يخفض من قيمة وهو ما يؤثر على انحلالية الكربونات وهو ما يعني أيضا تحررا للراديويم في الوسط [30].

يوضح الشكل (5) النسبة التراكمية للراديويم عبر طبقات التربة في المواقع الثلاثة كنتيجة لتطبيق المعادلة (1) التي تم استخدامها لحساب النسبة المئوية التراكمية لفعالية الراديويم A عبر العمق h. يظهر الشكل أن معظم النشاط الإشعاعي يتركز في الطبقات العليا من التربة، حيث كانت النسبة المئوية التراكمية لنشاط الراديويم في المستويين a, b الموقع 281 مساوية إلى القيم التالية: 81.14 , 28.25 % على الترتيب. و سجلت في الموقع 224 في نفس المستويين القيم 77.85 , 45.47 % على نفس الترتيب. أما في المستوى c فقد بلغت 92.11 , 90.97 % في الموقعين 281 , 224 على الترتيب. في حين سجلت القيمة 78.78 % في المنطقة B عند نفس المستوى.



من خلال الشكلين (4) و (5) نلاحظ أن عمق التلوث في التربة، والذي يقع ضمن فئة التربة التي تحتاج للمعالجة في الموقع وفقا للمعايير السورية قد بلغ العمق 25 cm في الموقعين 281 ، 224 مع وصول التلوث إلى عمق 50 cm في الموقع 224 حيث بلغت النشاط الإشعاعي للراديوم القيمة 60 Bq.kg^{-1} في هذا المستوى بنسبة زيادة وصلت إلى 225.09% عما هي عليه عند نفس المستوى من المنطقة B وإلى النسبة 300.5% من المعدل العام لتركيز الراديوم في التربة السورية [24].

إن البيانات العملية والنتائج التحليلية في هذه الدراسة تشير إلى أن هناك انتقالا عموديا حدث للراديوم من الطبقات العليا إلى الطبقات الأعمق للتربة وهو مستمر بفعل النشاط القائم

الشكل (5) النسبة التراكمية للراديوم في التربة

في منطقة الدراسة، هذه الزيادة في حركية الراديوم في محلول التربة وانتقاله إلى الطبقات الأعمق، يمكن أن يشكل تهديدا لمصادر المياه الجوفية والسطحية في المناطق القريبة والمحيطة [10,7] الأمر الذي يعزز من مسارات التعرض البشري الداخلية والخارجية للنيلولكيدات المشعة الطبيعية والتعرض لإشعاع غاما وارتفاع مؤشرات الخطر الإشعاعية [20,31].

الاستنتاجات والتوصيات:

توصلت الدراسة إلى أن هناك ارتفاعا في تركيز النشاط الإشعاعي للراديوم في الطبقات السطحية والطبقات تحت سطحية في تربة منطقة الدراسة بالمقارنة مع القيم المسجلة في الحالة الطبيعية للمنطقة، وأن هناك هجرة وانتقال عمودي حدث للراديوم من السطح إلى الطبقات الأعمق للتربة، وتشير بيانات النسبة التراكمية المحسوبة للراديوم أن حجم التلوث في التربة والذي يحتاج إلى معالجة في الموقع وصل إلى 25 cm مع تسجيل قيم مرتفعة نسبيا عند العمق 50 cm، ولذلك توصي الدراسة بمعالجة المياه المرافقة للنقط قبل الرمي ولا سيما فيما يتعلق بإزالة المواد المشعة

الطبيعية، والقيام بدراسة أوسع للسلوك البيئي للراديويم في تربة المنطقة المدروسة، والتوسع في دراسة الآثار البيئية الناجمة عن التلوث الإشعاعي في المنطقة المجاورة.

References:

- [1] AL-Masri, M.S. *Spatial and Monthly Variation of Radium Isotopes in Produced Water during Oil Production*. Applied Radiation and Isotopes, Vol. 64, No.5, 2006, 615 – 623.
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil and Gas Industry, Training Course Series No.40, Austria. 2010, IAEA. pp: 1, 105 – 110, 128.
- [3] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources and Effects of Ionizing Radiation, Report to the General Assembly. New York, Vol. II 2011.
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. The Environmental Behaviour of Radium: Revised Edition, Technical Reports Series No. 476. Vienna 2014.
- [5] LAUER, N. E, WARNER, N. R, VENGOSH, A. *Sources of Radium Accumulation in Stream Sediments near Disposal Sites in Pennsylvania: Implications for Disposal of Conventional Oil and Gas Wastewater*. Environ. Sci, Technol, Vol.52, No.3, 2018, 955-962.
- [6] MCDEVITT, B, MCLAUGHLIN, M, CRAVOTTA, C. A, AJEMIGBITSE, M. A, VAN SICE, K. J, BLOTEVOGEL, J, BORCH, T, WARNER, N. R. *Emerging investigator series: radium accumulation in carbonate river sediments at oil and gas produced water discharges: implications for beneficial use as disposal management*. Environ. Sci: Processes Impacts, Vol. 21, No.2, 2019, 324-338.
- [7] MCMAHON, P. B, VENGOSH, A, DAVIS, T. A, LANDON, M. K, TYNE, R. L, WRIGHT, M. T, KULONGOSKI, J. T, HUNT, A. G, BARRY, P. H, KONDASH, A. J, WANG, Z, BALLENTINE, C. J. *Occurrence and Sources of Radium in Groundwater Associated with Oil Fields in the Southern San Joaquin Valley, California*. Environ. Sci, Technol, Vol.53, No.16, 2019, 9398-9406.
- [8] ATOUFI, H. D, LAMPERT, D. J. *Impacts of Oil and Gas Production on Contaminant Levels in Sediments*. Current Pollution Reports, Vol. 6, No. 2, 2020, 43-53.
- [9] MICHALIK, B, WYSCOCCA, M, BONCZYK, M, SAMOLEJ, K, CHAMIELEWSKA, I. *long term behavior of radium rich deposits in a lake ecosystem*. Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 222, Article 106349.
- [10] ALI, M. M, ZHAO, H. LI, Z, AHMED, O. M. H, ALFASATLEH, I, MAGLAS, N. N. M. *The impact of the oil and gas industry on NORMs of groundwater and their annual effective dose in Ma'rib, central Yemen*. Acta Geophysica, Vol. 68, No. 5, 2020, 1421-1431.
- [11] BEGUM, M, KHAN, R, HOSSAIN, S. M, AL MAMUN, S. M. M. *Redistributions of NORMs in and around a gas-field (Shabazpur, Bangladesh): radiological risks assessment*. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 331, No. 1, 2022, 317-330.
- [12] EBAID, Y. Y, HASSAN, Y, ELSHEMEY, W. M. *Radioecological Impact and the Associated Hazards due to NORM from Oil and Gas Production Facility in the Western Desert of Egypt*. Radiation Protection Dosimetry, Vol. 190, No. 2, 2020, 165-175.
- [13] AL- MASRI, M. S, SUMAN, H. *NORM Waste in the Oil and Gas Industry: the Syrian Experience*. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. Vol. 256, No. 1, 2003,159-162.
- [14] AL- MASRI, M.S. *Spatial and Monthly Variation of Radium Isotopes in Produced Water during Oil Production*. Applied Radiation and Isotopes. Vol. 64, No.5, 2006, 615-623.

- [15] AL- MASRI, M. S. ; SHWIEKANI, R. *Radon Gas Distribution in Natural Gas Processing Facilities and Work Place Air Environment*. Journal of Environmental Radioactivity. Vol. 99, No. 4, 2008, 563-772.
- [16] AL-MASRI, M. S. ; ABA, A. *Distribution of Scales Containig NORM in Different Oilfield Equipment*. Applied Radiation and Isotopes. Vol.63, No.4, 2005, 457-463.
- [17] AL- MASRI, M.S. ; HADDAD, KH. *NORM Emissions from Heavy Oil and Natural Gas Fired Power Plants in Syria*. Journal of Environmental Radioactivity. Vol.104, 2012, 71-74.
- [18] AL-MASRI, M. S, HADDAD, KH, DOUBAL, W.A, AWAD, I, AL-KHATIB, Y. *Assessment of Soil Contamination by Po^{210} and Pb^{210} around Heavy Oil and Gas Fired Power Plants*. Journal of Environmental Radioactivity. Vol.132, 2014, 89-93.
- [19] ABDELLAH, M. W, AL-MASRI, M.S. *Treatment of NORM Contaminated Soil from the Oilfields*. Journal of Environmental Radioactivity. Vol. 129, 2014, 63-67.
- [20] Ghafir, Muhammad, Marrushiya, Faisal, Diop, Rami. Evaluation of the radioactivity and potential radiological hazard of Norm waste due to the discharge of associated water in the area of crude oil reservoirs in Baniyas. Tishreen University Journal of Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series, 2017, 39(3), 195-210.
- GHAFFAR, M, MARROSHIAH, F, DAYOUB, R. *Evaluation of Radioactivity and Potential Radiation Hazard of NORM waste due to Produced Water Draining in Crude Oil Tanks Area in Banyas*. Tishreen University Journal-Basic Sciences Series, 2017, Vol. 39, No. 3, 195-210.
- [21] Haddad, Kh, Al-Masri, M. S, Doubal, A. W. *Determination of ^{226}Ra Contamination Depth in Soil Using the Multiple Photopeaks Method*, Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 128, 2014, 33 – 37.
- [22] Michalik, B. *NORM Contaminated Area Identification Using Radionuclides Activity Concentration Pattern in a Soil Profile*. Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 173, 2017, 102 – 111.
- [23] The Syrian geological map of the Qadmus and Baniyas patches. Explanatory note. Directorate of Geological Survey and Studies, General Organization for Geology and Mineral Resources, Ministry of Oil and Mineral Resources, Damascus, 1980.
- [24] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATIO (UNSCEAR), Sources and Effects of Ionizing Radiation, Report to the General Assembly. New York. USA, 2000, IAEA. pp: 86, 90, 93 – 97, 111, 116, 374 – 377.
- [25] SALAH EL DIN, KH, RASHED, W. *ASSESSMENT OF NORM LEVELS AND RADIOLOGICAL HAZARDS FROM PETROLEUM EXTRACTION IN THE ONSHORE OIL FIELDS, EGYPT*. Radiation Protection Dosimetry, 2021, Vol. 194, No. 4, 223-232.
- [26] LLORI, O. A, AHETTY, N. *Activity concentrations and radiological hazard assessments of Ra^{226} , Th^{232} , and K^{40} in soil samples producing areas of South Africa*. (Abstract), International Journal of Environmental Health Research, Published online: 03 Oct 2021.
- [27] Shams, H. M, Bradley, D. A, Regan, P. H. *Determination of Levels of Naturally Occurring Radioactive Materials in Lagoon Samples Containing Produced Water from the Minagish Oil Field in the State of KUWAIT*. Radiation Physics and Chemistry, Author's Accepted Manuscript, 2016, <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2016.03.006>
- [28] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Quantification of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments for Radiological Assessments, IAEA-TECDOC-1616, Austria, 2009.

- [29] Al-Abdullah, J, Al-Masri, M.S, Amin, Y, Awad, I, Sheaib, Z. *Chemical Fractionation of Radium-226 in NORM Contaminated Soil from Oilfields*, Journal of Environmental Radioactivity. 2016, Vol. 165, 47 – 53.
- [30] MCDEVITT, B, MCLAUGHLIN, M. C, BLOTEVOGEL, J, BROCH, T, WARNER, R. N. Oil & gas produced water retention ponds as potential passive treatment for radium removal and beneficial reuse. *Environ. Sci: Processes Impacts*, Vol. 23, No. 3, 501-518.
- [31] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation protection*. IAEA safety standards series, No. RS-G1.8, VIENNA, 2005.