Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 12, Issue 1, January 2017
ISSN 1992 – 0849

Geochemical Variation and Environmental Assessment of Uranium in the Soil Profile and Ground Water for Kirkuk City/ Northern Iraq

Hassan Ahmed Aljumaily* ***Marwan Ahmed Albabouri***[#]

*Kirkuk University/ College of Science / Department of Applied Geology**

[*]**hassanalauk@yahoo.com**

[#]**marwan.albabouri@gmail.com**

Abstract

The present study includes determination the concentration of uranium in the soil profile and groundwater and it's behavior, distribution, source and emitted as well as the environmental assessment. Thirty sample of the soil were collected about (15) sample for the first depth (QA) and (15) sample for the second depth (QB), in addition to (7) sample for ground water (GW). Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (ICP-MS) technology has been used to measure the concentration of Uranium and other elements in these environments by laboratories of Acme company in Canada. The results showed that the average of uranium concentration in the first depth of soil (QA) was (1.672 ppm), and the second depth (QB) was (1.373 ppm), with increasing in surface depth more than the sub surface. The results showed that the average concentration of uranium in the groundwater was (4.256 ppb), and its concentration is less than the permitted values average of ground water (30 ppb). The environmental assessment study of uranium showed that the values of (Igeo) for soil sample occurs within the type uncontaminated to moderately contaminated, and the (CF) is classified as low contamination, while (EF) is reached within type deficiently to minimal enrichment. Size fraction for soil samples showed that the highest uranium concentration occurs in the clay fraction more than silt and sand fractions, respectively.

Key Words: Uranuim, Soil, Ground water, Contamination, Kirkuk.

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 12, Issue 1, January 2017
ISSN 1992 – 0849

التغاير الجيوكيميائي والتقييم البيئي لليورانيوم في آفاق التربة والمياه الجوفية لمدينة كركوك / شمالي العراق

حسن احمد علي الجميلي مروان احمد صالح البابوري

جامعة كركوك / كلية العلوم / قسم الجيولوجيا التطبيقية

المستخلص Abstract

تهدف الدراسة الحالية إلى قياس مستوى اليورانيوم في افاق التربة والمياه الجوفية ودراسة سلوكه وتوزيعه ومصدر إنبعاثه فضلاً عن التقييم البيئي لمحتواه فيهما. تم جمع (30) نموذج للتربة بواقع (15) نموذج للعمق الأول السطحي (QA) و(15) نموذج للعمق الثاني السفلي (QB), و(7) عينات من المياه الجوفية (GW). تم إستخدام تقنية بلازما مزدوجة الحث (ICP-MS) لتحديد تركيز اليورانيوم والعناصر الأخرى فيهما في مختبرات شركة أكمي Acme lab في كندا. أظهرت نتائج الدراسة الحالية بِأن معدل تركيز اليورانيوم في العمق الأول للتربة (QA) كان بقيمة (1.672ppm) وفي العمق الثاني (QB) بقيمة (1.373ppm), إذ يزداد في العمق السطحي أكثر من السفلي. وأظهرت النتائج بِأن معدل تركيز اليورانيوم في المياه الجوفية بلغت (4.256 ppb), إذ لم يتجاوز الحدود المسموح بها عالمياً والبالغة (30 ppb). وأشارت دراسة التقييم البيئي لليورانيوم في التربة بِأن دليل التراكم الأرضي (Igeo) يقع ضمن صنف (Uncontaminated to moderately contaminated), وان عامل التلوث (C.F) يصنف ضمن (Low contamination), بينما عامل الإغناء (E.F) يقع ضمن صنف (Deficiently to minimal enrichment). بيّن التحليل الحجمي لنماذج التربة بِأن تركيز اليورانيوم يكون عالياً في الجزء الطيني (Clay) مقارنة مع الجزء الغريني (Silt) والرملي (Sand) على التوالي.

الكلمات الدالة: اليورانيوم، التربة، المياه الجوفيه، التلوث، كركوك.

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 12, Issue 1, January 2017
ISSN 1992 – 0849

المقدمه Introduction

يوجد اليورانيوم في الطبيعة بثلاثة نظائر هي (U^{238}, U^{235} وU^{234}) وبنسب متفاوتة هي 99.27% , 0.7% و 0.004% على التوالي, ويمتلك خمس حالات تكافؤ موجبة هي ثنائية وثلاثية ورباعية وخماسة وسداسية، لكن أكثرهما استقراراً تحت الضروف السطحية في البيئة الجيوكيميائية هما الرباعي والسداسي بحسب [1] . ويبلغ مدى تركيزه في التربة (0.3 - 11.7 ppm) وبمعدل (1.8 ppm) [2] [3]. وتحتوي القشرة الارضية على عنصر اليورانيوم بمدى يتراوح من (<2-4 ppm) [4], وبمعدل (2.7 ppm) [5]. ان اليورانيوم في التربة المختزلة يكون رباعي التكافؤ(UO_2) وعديم الذوبان والناقلية, بينما في البيئات المؤكسدة يكون سداسي التكافؤ (UO_2^{+2}) وعالي الذوبان والناقلية [6] [7]. ان المياه الجوفية عموما شحيحة بمحتواها لعنصر اليورانيوم وبشكل عام تكون بمدى (0.1-1 ppb), وقد يصل تركيزه الى أضعاف ذلك عند تفاعلها مع المعادن الحاوية على اليورانيوم في الخزانات الجوفية [8], إذ يعتمد تركيزه في هذه المياه على عدة عوامل من أهمها الصخارية (lithology) والجيومورفولوجي (Geomorphology) وتذبذب مستوى المياه الجوفية (Ground water level) وعوامل جيولوجية أُخرى [9], وهناك ثلاثة عوامل مهمة تلعب دوراً مهماً ومميزاً في ترشيح وتوزيع وانتشار اليورانيوم من الصخور المصدرية الى المياه الجوفية وهذه العوامل هي التجوية الكيميائية, التعرية والصخارية [10]. وضعت منظمة الصحة العالمية الحدود المسموح بها لتركيزه في المياه الجوفية بحدود (30ppb) اعتماداً على سميته الكيميائية [11]. تعتمد ناقليته في التربة وترشيحه إلى المياه الجوفية على خصائص عديدة من أهمها الدالة الحامضية, جهد الأكسدة–الاختزال, مسامية التربة, حجم الحبيبات فضلاً عن كمية المياه المتوفرة [12]. إذ ان عملية إمتزازه الكيميائي على حبيبات التربة عالية بوجود الطين Clay وبِالتالي ستقل ناقليته إلى هذه المياه ويقل التلوث [13][14], كما ان كمية اليورانيوم التي قد تطلق إلى المياه السطحية أو تحت السطحية من المصادر الثانوية تعتمد على نسبة الإحلال وقابلية الإذابة للأطوار المعدنية والدالة الحامضية pH [15] . يتراوح مدى تركيز اليورانيوم في الرواسب بقيم بلغت (1.6 - 25.6 ppm) وبمعدل بلغ (4.7 ppm), وهذه القيمة واقعة بين تركيزه في صخور الكرانيت النارية Granite بمعدل (4.8 ppm) وتركيزه في القشرة الأرضية (2.7 ppm) [16]. وإن تركيزه في الصخور الرملية والحصى تراوح بمدى (0.1-62 ppm) وبمعدل (4.1 ppm) [17] . ويوجد بتراكيز نادرة جداً في جميع أنواع الصخور ولكن تزداد تراكيزه في الصخور الكرانيت النارية الحامضية (Granite), بينما يكون مستنفذ في الصخور القاعدية والفوق قاعدية [5]. لقد استخدم اليورانيوم في المدة الأخيرة في العديد من الأغراض الصناعية

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 12, Issue 1, January 2017
ISSN 1992 – 0849

وبالتالي زيادة تلوث التربة والمياه الجوفية بهذا العنصر الخطير [18], وان تربة المناطق الجافة وشبه الجافة كما في منطقة الدراسة أكثر اغتناءً باليورانيوم لِأن نسبة (20-30%) من تركيزه الأولي يترشح خِلالها [19].

تهدف الدراسة الحالية إلى تقدير مستوى اليورانيوم في آفاق التربة والمياه الجوفية ودراسة سلوكه وتوزيعه ومصدر انبعاثه فضلاً عن التقييم البيئي لمحتواه فيهما في مدينة كركوك – شمالي العراق.

موقع وجيولوجية منطقة الدراسة Location and geological setting of study area

تقع منطقة الدراسة ضمن مدينة كركوك في الجزء الشمالي من العراق والتي تقع بين خطي طول (E $35^{o}38'$ – $35^{o}50'$) ودائرتي عرض ($N44^{o}43'$ – $44^{o}32'$) وبارتفاع (367 م) عن مستوى سطح البحر, وتبلغ مساحة المحافظة (9676 كم^2) وبنسبة مقدارها 2.2% من مساحة العراق وتقع على بعد 255 كم شمال العاصمة بغداد شكل (1).

إن مدينة كركوك مغطاة بعدة تكاوين جيولوجية ورواسب حديثة تتراوح أعمارها بزمن (Middle Miocene- Holocene) [20], ومن اهم التكاوين الجيولوجية المتكشفة في كركوك من الأقدم إلى الأحدث هي:

١- تكوين الفتحة (Middle Miocene) Fatha Formation:- يتالف من تعاقبات لطبقات الحجر الجيري (Limestone), المارل (Marble), الحجر الطيني (Claystone), والصخور الفتاتية (Clastic) فضلاً عن وجود عدسات ضمن هذه الصخور من الانهايدرايت (Anhydrite), الجبسوم (gypsum) والملح الصخري (Saliferous beds) [21] [22].

٢- تكوين انجانة (Upper Miocene) Injana Formation:- يتكون من تعاقبات من صخور فتاتية تضمنت الحجر الطيني (Claystone) بأنواعها, الحجر الغريني (Siltstone) والحجر الرملي (Sandstone) مع وجود آفاق قليلة من الطَفَلْ (Shale) [21].

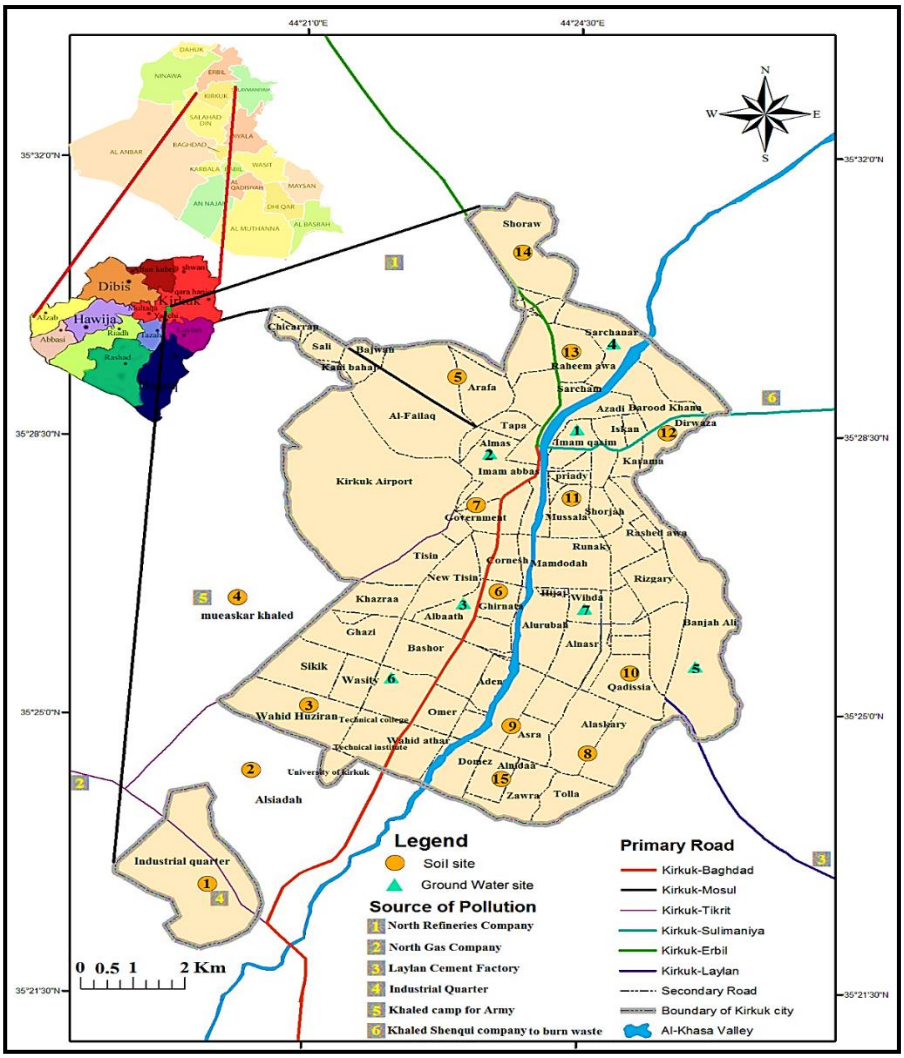
٣- تكوين المقدادية (Upper Miocene-Pliocene) Mukdadia Formation:- يتألف من وحدات صخرية تضمنت الحجر الرملي (Sandstone), الطيني (Claystone) والغريني (Siltstone) [23].

٤- تكوين باي حسن (Pliocene – Pleistocene) Bai Hassan Formation:- يحتوي هذا التكوين على الحصى (Conglomerate) والحجر الطيني (Claystone) والحجر الغريني (Siltstone) ويكون غالباً مغطى بالترسبات الحديثة [24] [21].

رواسب العصر الرباعي Quaternary Deposits:- تُغطي هذه الرواسب مساحات واسعة من محافظة كركوك, إذ إن اغلبيتها رواسب متعددة المنشأ (Polygenetic Deposits) والتي تغطي أغلبية الجهة الغربية فضلاً عن رواسب السهل الفيضي (Flood Plain) ورواسب المصاطب النهرية (River terraces) ورواسب

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 12, Issue 1, January 2017
ISSN 1992 – 0849

ملء المنخفضات (Depression fill Deposits) ورواسب التربة (Soil Deposits) التي تغطي بقية المناطق فضلاً عن إنها تغطي التكاوين الصخرية الأقدم مثل تكوينا باي حسن والمقدادية [21].



شكل (١) خارطة توضح مواقع نماذج التربه والمياه الجوفيه في مدينة كركوك

المواد وطرائق العمل Material and Methodology

جمعت عدد من نماذج التربة والنماذج المائية لمنطقة الدراسة, وشملت على جمع (30) نموذجاً موزع على (15) منطقة يرمز لها بالرمز(Q), اذ تم اخذها على عمقين لكل منطقة سميت (QA) للعمق السطحي (0-20 cm) و(QB) للعمق الثاني السفلي (20-40 cm), ونماذج المياه الجوفية (G.W) البالغه (7) نماذج كما في الشكل (1). وتمت عملية النمذجة في شهر تشرين الأول (October) لعام (2015), إذ تم جلبها إلى مختبر الجيوكيمياء في قسم الجيولوجي في كلية العلوم بجامعة كركوك, وتم تجفيفها بدرجة حرارة

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 12, Issue 1, January 2017
ISSN 1992 – 0849

(55 C^o) لمدة (ساعتين إلى ثلاث) إلى أن جفت وطحنت جيداً في هاون خزفي، ثم تم غربلتها بالمنخل (200 mesh) وجمع (15) غم من النماذج العابرة من المنخل (200 mesh) ووضعت في اكياس حافظة بلاستيكية صغيرة محكمة الغلق ورقمت وتم ترميزها, وكذلك تم إجراء التحليل الحجمي لبعض النماذج (size fraction) حسب الطريقة المقترحة من قبل [25] [26]. اما نماذج المياه الجوفية فانها جمعت من الآبار المحفورة والمنتشرة في المدينة بعد تشغيل المضخات لفترة من الزمن ليخرج الماء المخزون في الانبوب وترشيحها بورقة ترشيح من نوع (Sartorius AG, Germany) بحجم المسامات (0.45 µm) وباستخدام قمع زجاجي ووضعت النماذج في قناني البولي اثلين العالي الكثافة (High density poly ethylene) سعة (100 ml) وغسلت جيداً بالماء المقطر وماء النموذج التي تم جمعه, وتم غلقها بأحكام ورقمت وتم ترميزها. وتم إرسال النماذج إلى مختبرات شركة اكمي (Acme) في كندا وحللت باستخدام جهاز البلازما مزدوجة الحث (ICP-MS).

النتائج والمناقشة Results and discussion

A- جيوكيميائية اليورانيوم في افاق التربة Geochemistry of uranium in soil zones

يعرض الجدول (1) معدل ومدى تركيز اليورانيوم والعناصر الكيميائية الأُخرى فضلاً عن الخواص الفيزيائية والكيميائية لتربة مدينة كركوك, كما ويعرض الجدول (2) تركيز اليورانيوم في آفاق االتربة, إذ وصل معدله للعمق الأول السطحي إلى (1.672 ppm) وبمدى (1.3-2.3 ppm), بينما بلغ معدله للعمق الثاني السفلي بقيمة (1.373 ppm) وبمدى (1.1-1.8 ppm), وبهذا نلاحظ بِأن تركيزه في العمق السطحي (QA) هو اكثر مِما في العمق السفلي (QB) وهذا يدل على ناقليته الضعيفة بسبب إمتزازه على المعادن الطينية, إذ ان نوع اليورانيوم الذي تسود عليه خاصية الإمتزاز وقلة حركته وناقليته هو الرباعي (U^{+4}) حسب [7], في حين أشار [19] بِان ناقليته الضعيفة تعود إلى ظروف التعادل أو القلوية للتربة أو للمياه الجوفية, وبِما ان تربة مدينة كركوك ذات دالة حامضية قلوية او قريبة للتعادل اذ وصل معدلها إلى (7.36) وبمدى (7.15-7.55) جدول (1) والتى ينتج عنها ناقلية قليلة وتركيز عالي في الأنطقة السطحية لمنطقة الدراسة, وبعد ربطها بمخطط (Eh-pH) لليورانيوم شكل (٢) وتحديد قيمهم على المخطط تبين بِأن معدنه السائد Uraninite (UO_2) بسبب خاصيته الذي يمتاز بها وهي قلة حركته وذوبانه وبيئة تواجده المختزلة, وأن ترشيحه يزداد سريعاً إلى الأنطقة الأعمق عند البيئة المؤكسدة والحامضية.

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 12, Issue 1, January 2017
ISSN 1992 – 0849

جدول (1) مديات ومعدلات والانحراف المعياري لليورانيوم الكلي وبعض العناصر الرئيسية والاثرية والمادة العضوية فضلاً عن الدالة الحامضية ومفقودات الحرق لتربة مدينة كركوك.

Element	Mean	Range	Element	Mean	Range
SiO_2 %	40.81	31.16 – 56.605	Th ppm	5.42	4.6 – 6.1
Al_2O_3 %	8.69	7.36 – 9.685	Sr ppm	473.2	279.5 – 1047
Fe_2O_3 %	4.39	3.72 – 4.92	Cd ppm	0.40	0.25 – 0.55
MgO %	3.90	3.25 – 4.54	Sb ppm	0.86	0.65 – 1.4
CaO %	22.06	17.605–39.865	V ppm	95.2	81 – 107
Na_2O %	0.69	0.5 – 0.985	P %	0.07	0.051 – 0.162
K_2O %	1.39	1.225 – 1.585	La ppm	21.91	17.8 – 26.75
TiO_2 %	0.59	0.485 – 0.675	Cr ppm	208.9	117.5 – 367.5
P_2O_5 %	0.16	0.07 – 0.51	Ba ppm	293.37	160 – 379
MnO %	0.15	0.08 – 0.9	W ppm	0.79	0.65 – 0.9
O.M %	2.43	1.245 – 4.22	Zr ppm	60.44	40.65–240.85
pH	7.36	7.15 – 7.55	Ce ppm	40.93	33.5 – 58.5
LOI %	23.88	20.75 – 27.2	Sn ppm	2.02	1.35 – 3.05
U ppm	1.52	1.2-2.05	Y ppm	15.64	14.2 – 16.9
Mo ppm	1.31	0.8 – 2.2	Nb ppm	8.32	7.6 – 9.15
Cu ppm	33.15	25.75 – 42.45	Ta ppm	0.58	0.55 – 0.65
Pb ppm	29.81	13.95 – 68	Sc ppm	11.47	9.5 – 13.5
Zn ppm	84.33	58.5 – 150.5	Li ppm	27.22	24 – 30.9
Ni ppm	124.89	102 – 152.45	Rb ppm	45.01	22.85 – 53.65
Co ppm	26.38	17 – 120.6	Hf ppm	1.35	1.2 – 1.5
As ppm	8.8	7.5 - 11	Te ppm	2.27	1.5 – 2.95

O.M: Organic Matter, LOI: Loss On Ignition

جدول (2) تركيز ومدى ومعدل عنصر اليورانيوم في آفاق التربة للعمقين السطحي والسفلي لمدينة كركوك.

Names of site	Symbol of sites	U ppm in depth	Symbol of sites	U ppm in depth	Mean

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 12, Issue 1, January 2017
ISSN 1992 – 0849

		(0–20)		(20–40)	
الحي الصناعي	Q1 A	1.7	Q1 B	1.5	1.6
جامعة كركوك	Q2 A	1.8	Q2 B	1.2	1.5
واحد حزيران	Q3 A	1.9	Q3 B	1.8	1.85
معسكر خالد	Q4 A	1.5	Q4 B	1.3	1.4
عرفة	Q5 A	1.3	Q5 B	1.2	1.25
غرناطة	Q6 A	1.9	Q6 B	1.3	1.6
منطقة المحافظة	Q7 A	1.3	Q7 B	1.1	1.2
الحي العسكري	Q8 A	1.7	Q8 B	1.2	1.45
الاسرى والمفقودين	Q9 A	1.4	Q9 B	1.1	1.25
القادسية الأولى	Q10 A	1.5	Q10 B	1.4	1.49
المصلى	Q11 A	1.4	Q11 B	1.3	1.35
دروازة	Q12 A	2.2	Q12 B	1.7	1.95
رحيم ئاوة	Q13 A	1.4	Q13 B	1.2	1.3
منطقة شوراو	Q14 A	2.3	Q14 B	1.8	2.05
حي النداء	Q15 A	1.7	Q15 B	1.5	1.6
Mean		1.672		1.373	1.523
Range		1.3 – 2.3		1.1 – 1.8	1.2-2.05

من خلال ملاحظة تركيز اليورانيوم في الجدول (2) يتبين بأن مناطق الحي الصناعي (Q1), جامعة كركوك (Q2), واحد حزيران (Q3), غرناطة (Q6), الحي العسكري (Q8), دروازه (Q12), شوراو (Q14) وحي النداء (Q15) ذات تراكيز عالية نسبياً بلغت ppm (1.7), (1.8), (1.9 و1.8), (1.9), (1.7), (2.2 و1.7), (2.3 و 1.8) و(1.7) على التوالي, وقد يكون السبب في زيادة تركيز اليورانيوم في الموقع (Q1) والذي يمثل منطقة الحي الصناعي بِأن هذه المنطقة تحتوي على ورش تصليح وطرح الفضلات الصناعية فيها وبالتالي زيادة تركيز هذا العنصر في هذه المنطقة وهذا يتفق مع ماذكره [27] حول مصدر انبعاث اليورانيوم إلى البيئة, اما الموقع (Q2) الذي يمثل جامعة كركوك إذ قد يكون زيادة تركيزه في هذه المنطقة هو الفضلات المطروحة من عمليات الإعمار وعلى وجه الخصوص الإسمنت والطابوق, اذ ذكر [28]بِأن هذه المواد غنية بعنصر اليورانيوم وتعد إحدى اهم مصادره الصناعية, فضلاً عن موقعها القريب من معسكر خالد الذي تعرض للقص الامريكي خلال مدتي (1991-2003) الذي بعث قيم عالية لليورانيوم

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 12, Issue 1, January 2017
ISSN 1992 – 0849

المنضب في هذه المناطق, وهذا يتفق مع ماذكره [29] بِأن المخلفات العسكرية تعد من أهم مصادر انبعاث اليورانيوم في التربه. اما تركيزه العالي في الموقع (Q6) والذي يمثل منطقة غرناطة كونها منطقة تشتهر بفضلاتها الصناعية لِإطارات وبطاريات السيارات, اذ ذكر [27] بِأن اليورانيوم يزداد في المخلفات النفطية التي تشمل الاطارات وبالتالي زيادة تركيزه فيها. والتراكيز العالية لليورانيوم في الموقع (Q8) المتمثل بالحي العسكري الذي يقع بالقرب من معمل سمنت ليلان الذي يطرح ملوثاته البيئية جواً وانتقالها إلى المناطق السكنية القريبة منها وترسيبها على تربها, وفي منطقة دروازه (Q12) التي تقع قرب محرقة النفايات التابعة لشركة خالد شينكي على طريق السليمانية, إذ يتم جمع نفايات المدينة وحرقها بين مدة وأُخرى مما ينتج عنهُ انتقال الملوثات جواً وترسيبها في المناطق المجاوره لها وهذا يتفق مع ماذكره [27] عن مصدر انبعاث اليورانيوم من الفضلات المنزلية والمصادر الصناعية, أما منطقة شوراو (Q14) القريبة من شركة نفط الشمال فضلاً عن الفضلات الناتجة من عمليات البناء التي تشمل طابوق آسو (Aso Brick) وأنواع الإسمنت المستخدمة للإعمار, وهذا يتفق مع ماذكره [30] بِأن مواد البناء تحتوي على بعض العناصر المشعة مثل اليورانيوم.

عند إجراء مقارنة لمعدل تركيز اليورانيوم في تربة مدينة كركوك مع دراسات محلية وإقليمية وعالمية فضلاً عن معدله في القشرة الأرضية جدول (3) تبين بِأن معدله في التربة قيد الدراسة بلغ (1.57 ppm) وهو أقل من معدله بالقشرة الأرضية والبالغة (2.5 ppm), وعند مقارنة تركيزه مع الدراسات المحلية في العراق تبين بأنه أقل من وجوده في تربة محافظة ذي قار, البصرة (القرنة), مدينة بغداد, الأنبار (القائم) والكوت وبقيم (16.38, 16.1, 3.82, 2.82 و 1.96 ppm) على التوالي, بسبب تلوث تربة المحافظات الجنوبية نتيجة القصف الأمريكي التي تعرض لها العراق للمدتين (1991-2003) [31]. وبالمقارنة مع بعض الدراسات الإقليمية والعالمية تبين بِأن تركيزه ضمن مدى ما منشور للكويت بقيمة (0.3-1.85) ppm [32], وأقل مِما في الهند (0.24-9.20), تشيك (2-4) والبرازيل (0.001-2.12) كونها تحتوي على مناجم (Mines) لاستخراج خام اليورانيوم الصناعي وبذلك تتلوث تربها [33] [34] [35].

جدول (3) معدل تركيز اليورانيوم في الدراسة الحالية بالمقارنة مع بعض الدراسات المحلية والإقليمية والعالمية.

Study area	U (ppm)	References
Kirkuk city	1.57	present study
Baghdad City	3.82	[36]

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 12, Issue 1, January 2017
ISSN 1992 – 0849

Basra (Qurna)	16.1	[31]
Karbala	0.97	[31]
Diyala	1.01	[31]
Al-Anbar (Al-Qaim)	2.82	[31]
Babylon	0.98	[31]
Al-Kut	1.96	[31]
The-Qar	16.38	[31]
Kuwait	(0.30 - 1.85)	[32]
India	(0.24 - 9.20)	[35]
Czech Republic	(2 – 4)	[34]
Brazil	(0.001-2.12)	[33]
Earth Crust	2.5	[3]

العلاقة بين محتوى اليورانيوم والمكونات الكيميائية للتربة

Relationship between Uranium content and chemical composition of soil

للتعرف على علاقة محتوى اليورانيوم الكلي مع العناصر الكيميائية الأُخرى فضلاً عن الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة تم الاستناد على إيجاد معاملات الارتباط الثنائية (Pearson correlation matrix) باستخدام البرنامج الإحصائي (SPSS version 22) جدول (4).

إنَّ لليورانيوم علاقات مختلفة مع المكونات الكيميائية للتربة ومنها امتزازه على أسطح الحبيبات الناعمة, المادة العضوية وأكاسيد العناصر, إذ يمتز اليورانيوم سداسي التكافؤ (UO_2^{+2}) على الكوارتز متأثراً بوجود العناصر الأرضية القلوية, وبغياب هذه العناصر فأن 90% من اليورانيوم سداسي التكافؤ يمتز على سطح الكوارتز عند pH (6.5–9) , أما بوجود عناصر (Mg, Ca, and Sr) فأن إمتزازه على سطح الكوارتز يتناقص بشكل ملحوظ وهذا دليل على وجود العناصر الأرضية القلوية مثل Uranyl carbonate complexes [37], وكما ذكرنا سابقا بِأن نوع اليورانيوم السائد في تربة منطقة الدراسة هو الرباعي (UO_2) , اذ ليس له علاقة إمتزاز على أسطح معادن الكوارتز (SiO_2) وهذا يؤكد نتائج علاقة الارتباط الثنائية بين اليورانيوم والسلكا (SiO_2) الضعيفة والعكسية والبالغة (-0.29), التي توحي بعدم وجود يورانيوم بهيئة سداسية (UO_2^{+2}) في تربة منطقة الدراسة.

جدول (4) معاملات الارتباط الثنائية Pearson correlation matrix بين اليورانيوم وبعض العناصر الكيميائية في تربة مدينة كركوك.

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 12, Issue 1, January 2017
ISSN 1992 – 0849

	U		U		U		U
SiO_2	-0.29	**pH**	0.34	**Sb**	-0.1	**Nb**	0.26
Al_2O_3	0.05	**OM**	-0.38	**V**	-0.06	**Ta**	-0.17
Fe_2O_3	-0.09	**Mo**	0.81**	**P**	-0.24	**Y**	-0.25
MgO	-0.06	**Cu**	-0.32	**La**	-0.38	**Hf**	0.67**
CaO	0.02	**Pb**	-0.24	**Li**	0.41	**Te**	- 0.03
Na_2O	-0.05	**Zn**	-0.33	**Sc**	-0.16	**Ba**	0.22
K_2O	-0.18	**Co**	0.56 *	**Ce**	-0.36	**W**	-0.05
TiO_2	-0.43	**Ni**	-0.18	**Rb**	-0.01	**Zr**	-0.01
MnO	0.33	**As**	0.68**	**Sr**	-0.62 *		
P_2O_5	-0.04	**Th**	-0.06	**Cr**	0.57*		
LOI	0.31	**Cd**	0.19	**Sn**	-0.36		

**. significant at (0.01) level
*. significant at (0.05) level

من ملاحظة الجدول (4) تبين بِأن هنالك علاقة معنوية عالية وموجبة لليورانيوم مع المولبيديوم والزرنيخ وبقيمة (0.81 و 0.68) على التوالي, نتيجة التصاحب الجيوكيميائي بينهما وترافقهما في بعض المركبات المهمة مثل (Uranyl Molybdates) و (Uranyl Arsenates) [38], والعلاقة المعنوية الموجبة لليورانيوم مع الهفانيوم والسترونشيوم بقيمة (0.67 و 0.62) على التوالي, نتيجة لعلاقة التصاحب الجيوكيمائي بينهما إذ يقعان ضمن العناصر الليثوفيلية (Lithophile element) [39]. غير أن العلاقة المعنوية الموجبة بين اليورانيوم والكوبلت بقيمة (0.56) قد تكون بسبب وجود مصادر انبعاثهما المشتركة في تربة مدينة كركوك مثل الفضلات المنزلية وحرقها فضلاً عن المصادر ألصناعية، فضلاً عن إن عناصر (Mo, As, Hf, Sr و Co) يرتبط تواجدها بالمعادن الفتاتية ومن اهمها المعادن الطينية التي يمتز عليها عنصر اليورانيوم, وهذا يؤكد علاقته المعنوية الطردية الموجبة بهذه العناصر, بينما العلاقة المعنوية السالبة بين اليورانيوم والكروم (-0.57) قد تكون بسبب إختلاف مصادر انبعاثها في التربة إذ إن مصادر الكروم الرئيسة هي فضلات الأصباغ والمجاري والدباغة [40].

توزيع اليورانيوم في الأجزاء الحجمية للتربة

Distribution of Uranium in size fractions of soil

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 12, Issue 1, January 2017
ISSN 1992 – 0849

يعرض الجدول (5) معدل تركيز اليورانيوم في الأجزاء الحجمية لتربة مدينة كركوك, إذ يظهر بِأن أعلى قيمة لهُ وجدت في الجزء الطيني (Clay) بقيمة (1.67 ppm), إذ تكون أعلى من تركيزه على الحبيبات الأكثر خشونة المتمثلة بالغرين (Silt) والرمل (Sand) بقيمة (1.43 ppm و0.86 ppm) على التوالي, بسبب إمتزازه العالي على حبيبات المعادن الطينية الصغيرة الحجم, إذ ذكر [18] بِأن تركيز اليورانيوم في أغلب الأحيان يزداد بصورة تدريجية في الحبيبات الأصغر من (250µm) وهي الغرين والطين كما في تربة منطقة الدراسة.

جدول (5) توزيع محتوى اليورانيوم في الأجزاء الحجمية لتربة مدينة كركوك.

Sample	Clay	Silt	Sand
Q7 A	1.45	1.3	0.84
Q11 B	1.73	1.42	0.78
Q14 B	1.82	1.57	0.95
Average	1.67	1.43	0.86

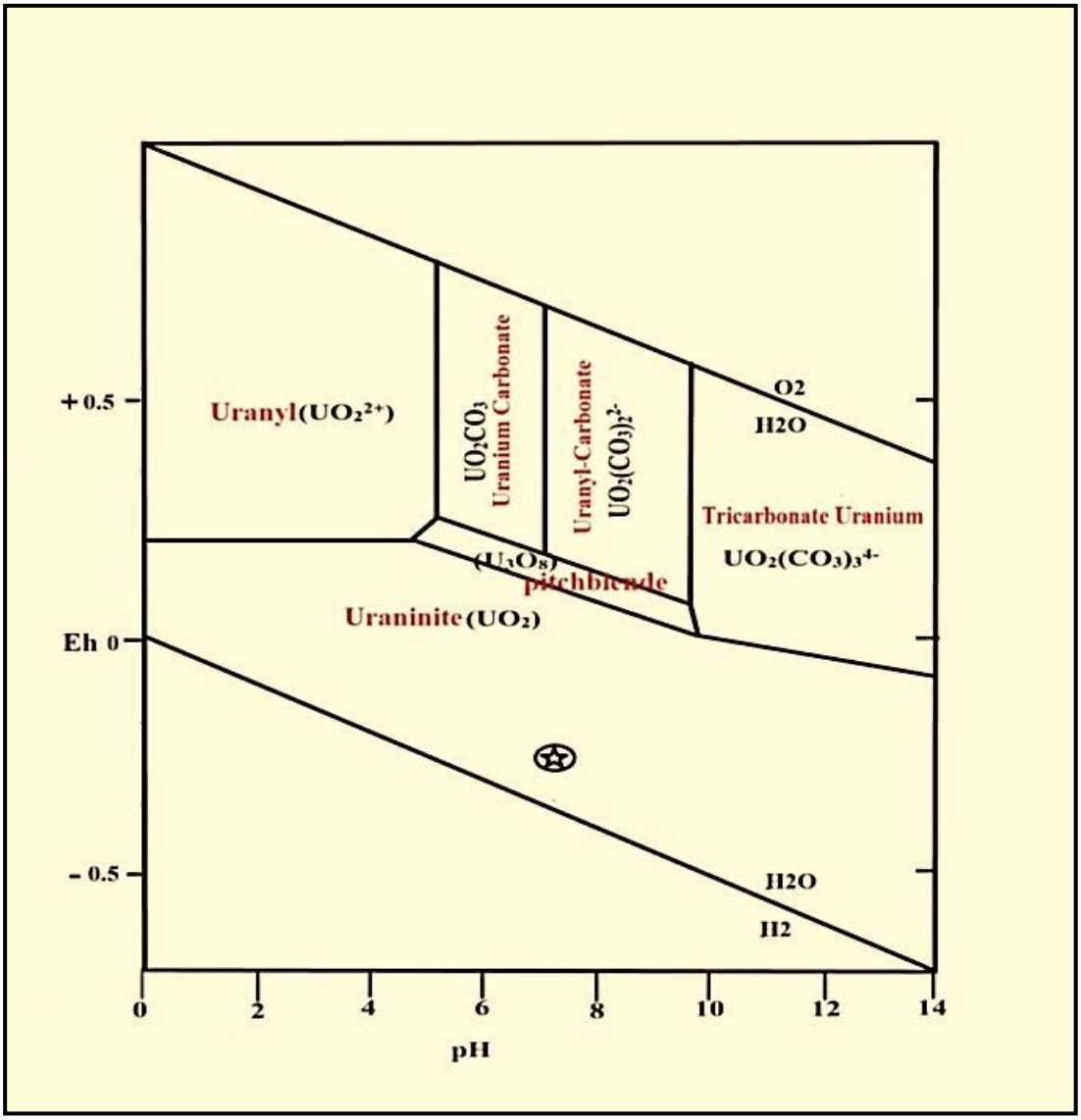
العلاقة بين اليورانيوم وجهد الاكسدة والاختزال (Eh-pH) في آفاق التربة

Relationship between Uranium and Eh-pH diagram in soil profile

يوجد اليورانيوم في القشرة الارضية بشكل عام كأوكسيد مثل Uranium dioxide (UO_2) و Triuranium Octaoxide (U_3O_8), إذ انه يظهر في التربة بنسبة (80-90%) بحالة تكافؤ سداسية وكأيون اليورانيل (UO_2^{+2}), وان أنواعه في التربة والنظام المائي تعتمد على الدالة الحامضية, وبهذا فعند انخفاض قيمة الدالة الحامضية فان احتمالية وجود (UO_2^{+2}) في التربة تعد الأكثر سيادة.

ان تربة مدينة كركوك ذات دالة حامضية قلوية او قريبة للتعادل بمعدل (7.36) وبمدى (7.15- 7.55) ولها جهد اختزال Eh (-0.34), مما يدل على ان المعدن السائد لليورانيوم في منطقة الدراسة هو نوع Uraninite (UO_2) شكل (2), وكما ذكرنا سابقا سيادة تراكيزه في العمق السطحي التي توحي بعدم ناقليته وحركته وقوة امتزازه فضلاً عن علاقته العكسية مع السلكا (SiO_2) من الخصائص المهمة التي يمتاز بها اليورانيوم الرباعي (UO_2) والتي تظهر في تربة منطقة الدراسة, إذ تزداد ناقليته إلى الأفق السفلي عند الدالة الحامضية المؤكسدة والحامضية وبهيئة يورانيوم سداسي التكافؤ (U^{+6}) [41][7].

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 12, Issue 1, January 2017
ISSN 1992 – 0849



شكل (2) مخطط (Eh-pH) يبين نوع اليورانيوم في تربة مدينة كركوك.

B- اليورانيوم في المياه الجوفية Uranium in ground water

يعرض الجدول (7) معدل ومدى تركيز اليورانيوم والعناصر الكيميائية الاخرى فضلا عن الخواص الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفيه في بعض الابار لمدينة كركوك, ويعرض الجدول (6) معدل ومدى تركيز اليورانيوم في مياه الابار الجوفيه لمدينة كركوك. يعد التغيير في حركة المياه الجوفية, التاريخ الهايدرولوجي للاوساط المساميه, زمن المكوث فضلا عن التفاعلات السطحية والتحت سطحية من المؤثرات على ديناميكية سلوك تحرير وانتقال اليورانيوم, فاذا زاد زمن المكوث ازداد معه تحريره وانتقاله فضلا عن العمليات الجيوكيميائية مثل الاحلال والترسيب التي تحصل نتيجة للتبادل الايوني [42].

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 12, Issue 1, January 2017
ISSN 1992 – 0849

جدول (6) معدل ومدى تركيز عنصر اليورانيوم في مياه الآبار الجوفية لمدينة كركوك وبوحدة (ppb).

U	Symbol	موقع البئر
1.78	G.W1	بئر امام قاسم
3.38	G.W2	بئر حي الماس
3.52	G.W3	بئر حي البعث
5.02	G.W4	بئر منطقة سرجنار
2.14	G.W5	بئر منطقة بنجا علي
6.51	G.W6	بئر حي الواسطي
7.44	G.W7	بئر حي الوحدة
4.256		Mean
1.78-7.44		Range

جدول (7) معدلات ومديات اليورانيوم وبعض العناصر والصفات الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية لمدينة كركوك.

Element	Mean	Range	Element	Mean	Rage
U ppb	4.256	1.78-7.44	Mn ppb	4.97	1.48-8.81
Ca^{+2} ppm	263.1	223-294	Mo ppb	3.64	1.2-5.6
Mg^{+2} ppm	59.29	35.73-81.8	Pb ppb	38	19-67
K^{+} ppm	23.14	14.01-34.7	Rb ppb	2.36	1.36-3.23
Na^{+} ppm	52.61	28.5-72.38	Rh ppb	0.09	0.05-0.12
Cl^{-} ppm	49.43	19-63	Sb ppb	0.87	0.78-0.98
SO_4^{-2} ppm	729.99	506-920	Se ppb	1.79	1.23-2.51
HCO_3^{-} ppm	262.71	175-366	Si ppb	11652	10789-13372
Al ppb	6.143	2-10	Sn ppb	0.09	0.06-0.16
As ppb	2.03	0.8-3.2	Sr ppb	4751.9	1151-14635
B ppb	100.86	68-132	V ppb	9.11	4.9-12.7
Ba ppb	48.42	36.1-62.6	Zn ppb	156.8	49.1-382.8
Br ppb	77.86	43-95	pH	7.45	7.21-7.78
Co ppb	0.077	0.03-0.16	EC*	1.66	1.09-2.18
Cr ppb	23.06	17.2-27.4	TDS ppm	1440.3	1001- 1684
Cu ppb	4.84	3.1-6.7	DO ppm	1.76	1.14-2.21
Li ppb	21.03	11.5-28.5	T C^{o}	18.57	17-20

* EC Unit: (ml mohs/cm).

بلغ معدل تركيز اليورانيوم في المياه الجوفية لمدينة كركوك (4.256 ppb) وبمدى (1.78-7.44) جدول (6), وان تركيزه في هذه المياه يعتمد على الصخارية lithology, الجيومورفولوجي Geomorphology فضلاً عن الظروف الجيولوجية للمنطقة [43] [44] [45], إذ إن أعلى تركيز له في

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 12, Issue 1, January 2017
ISSN 1992 – 0849

منطقة الدراسة قد وجد في كل من (بئر الوحدة, الواسطي وبئر سرجنار) بقيم بلغت ppb (7.44, 6.51 و5.02) على التوالي. وبِما أن تربة مدينة كركوك تمتاز بطابعها الرسوبي وأحتوائها على العديد من التكاوين الجيولوجية المهمة والرواسب الحديثة فيها، فان تأثير مكونات تكوين الفتحة بشكل خاص الغني بصخور الجبسوم (Gypsum) والهلايت (Halite) والدولومايت (Dolomite) ربما يعكس ذلك ، فضلاً عن ذلك فان نوعية مياه الآبار الجوفية قيد الدراسة تحتوي علي توصيليه كهربائية بقيمة (1.66 mlmohs/cm) وعلى مواد صلبة ذائبة بقيمة (1440.3 ppm) قد تعكس تباين اليورانيوم فيها وزيادته في منطقة دون أخرى وبهذا لايتواجد عنصر اليورانيوم بتراكيز عالية في الآبار قيد الدراسة نتيجة الترشيح الحاصل له من التربة والرواسب الحديثة إلى هذه المياه.

وعند مقارنة تركيز اليورانيوم في المياه الجوفية لمدينة كركوك مع بعض الدراسات المحلية والإقليمية والعالمية جدول (8) تبين بِأن تركيزه أقل مِما في آبار مدينة عكاشات نتيجة لكونها تغتني بالصخور الفوسفاتية الغنية بخام اليورانيوم [46], بينما تركيزه في مياه آبار النجف يكون ضمن مدى تواجده في هذه المياه وبالتالي تدل على المصادر الطبيعية لأنبعاثه. وعند مقارنته مع المياه الجوفية للأردن تبين بِأن هنالك تبايناً كبيراً لقيمه فيها, إذ إن قيمه العالية تدل ايضاً على ترشيحه من الصخور الفوسفاتية الواسعة الانتشار في الأردن [47]. وأما عند مقارنته مع المياه الجوفية للهند والنرويج تبين بِأنها أعلى من وجوده في مياه آبار مدينة كركوك بسبب طبيعية صخورها الكرانايتية النارية (Granite rocks) فضلاً عن وجود خامات لليورانيوم فيها.

جدول (8) تركيز اليورانيوم في المياه الجوفية لمدينة كركوك مقارنة مع بعض الدراسات المحلية والاقليمية والعالمية.

Study	U ppb	Reference
Kirkuk	4.256	Present study
AL-Anbar (Aucashat city)	10.23	[46]
AL-Najaf	1.617 - 5.079	[48]
Jordan	0.04 - 1400	[47]
Punjab-india	5.4 - 43.4	[49]
Norway	<0.02 - 170	[50]

العلاقة بين محتوى اليورانيوم والمكونات الكيميائية للمياه الجوفية

Relationship between Uranium and chemical composition of Ground water

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 12, Issue 1, January 2017
ISSN 1992 – 0849

ان الهدف الرئيس من معرفة علاقة اليورانيوم بالمركبات الكيميائية في المياه الجوفية هو معرفة أنواع الصخور الحاضنة له وعلاقتها بزيادة ونقصان تركيزه في هذه المياه.

جدول (9) علاقة اليورانيوم مع بعض العناصر والصفات الفيزيائية والكيميائية للمياه الجوفية لبعض الآبار الجوفية في مدينة كركوك.

	U		U		U		U
Ca^{+2}	-0.231	Co	0.587	Rh	0.813*	Sn	-0.262
Mg^{+2}	0.908**	Cr	0.36	Mn	0.158	Sr	0.383
K^{+}	-0.597	Cu	0.019	Mo	-0.572	V	-0.384
Na^{+}	0.793*	B	0.38	Pb	-0.619	pH	0.305
Cl^{-}	0.723*	Zn	0.353	Rb	-0.632	TDS	0.491
SO_4^{-2}	0.297	Ba	0.035	Sb	-0.584	EC	0.282
HCO_3^{-}	0.557	Br	0.708*	Se	-0.255	DO	0.543
Al	0.301	Li	0.857*	Si	-0.441	T ^{o}C	0.604
As	-0.802*	**. Significant at the 0.01 level *. significant at the 0.05 level					

اشارت معاملات الأرتباط الثنائية لليورانيوم مع بعض العناصر الرئيسة والثانوية في المياه الجوفية لمدينة كركوك في جدول (9), بِأن لهُ علاقه قوية معنوية وموجبة مع المغنيسيوم وبقيمة (0.908) بسبب وقوعهما ضمن مجموعة العناصر الليثوفيلية (lithophelic elements) [39], فضلاً عن تكوينهما معقدات غنية بكلا العنصرين مثل Magnesium-Uranyl ($MgUO_2(CO_3)_3^{-2}$) [51], ويعد المغنيسيوم من العناصر الأساسية في صخور الدولمايت الموجوده في تكوين الفتحة, وكذلك له علاقة معنوية وموجبه مع الصوديوم والكلور وبقيم (0.793 و0.723) على التوالي, وبالتالي له علاقة مع صخور Halite الملحية الذي يعد من أجزاء تكوين الفتحة الرئيسة (Fatha Formation) , إذ قد يكون لهذه الصخور دوراً مميزاً في زيادة تركيز اليورانيوم في بعض الآبار الغنية بالصخور الملحية [52], فضلاً عن وقوع هذه العناصر ضمن مجموعة العناصر الليثوفيلية [39].

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 12, Issue 1, January 2017
ISSN 1992 – 0849

لليورانيوم علاقة معنوية وموجبة مع الليثيوم والبروم وبقيمة مضاهاة (0.857 و 0.708) بسبب التصاحب الجيوكيميائي حسب [39]، كما إنَّ له علاقة معنوية موجبة مع الروديوم بقيمة مضاهاة (0.813) بسبب وقوعهما ضمن صنف العناصر المقاومة حسب تصنيف [53]. أما علاقته المعنوية السالبة مع الزرنيخ بقيمة مضاهاة (-0.802) بسبب اختلاف مصادر انبعاثهما إلى بيئة المياه الجوفية.

C- التقييم البيئي لليورانيوم في التربة والمياه الجوفية

Environmental assessment of uranium in soil and ground water

١- تقييم تلوث التربة باليورانيوم

من أجل تقييم تلوث التربة باليورانيوم هنالك طرق كثيرة وقوانين عديدة نستند عليها للتعرف على مدى تركيز اليورانيوم في تربة منطقة الدراسة وهي كالاتي:

دليل التراكم الارضي (I_{geo}) Geo-accumulation index (:- لقد أقترح استخدام قانون دليل التراكم الأرضي لحساب مدى تلوث التربة بالفلزات حسب المعادلة الاتية [54]:

$$\mathbf{Igeo} = \boldsymbol{log2}\left[\frac{\boldsymbol{Cn}}{\mathbf{1.5} * \boldsymbol{Bn}}\right] \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (\mathbf{1-3})$$

إذ إن $\boldsymbol{Cn}$ تمثل محتوى العنصر في تربة منطقة الدراسة و $\boldsymbol{Bn}$ تمثل التركيز المرجعي للعنصر في القشرة الأرضية وتساوي (1.7 ppm) لليورانيوم حسب [4], وصنف [54] دليل التراكم الأرضي (I_{geo}) إلى سبعة أصناف هي (Class 0) بقيمة ($I_{geo} \leq 0$) ووصف practically unpolluted, (Class 1) بقيمة ($0 < I_{geo} \leq 1$) ووصف Uncontaminated to moderately contaminated, (Class 2) بقيمة ($1 < I_{geo} \leq 2$) ووصف Moderately contaminated, (Class 3) بقيمة ($2 < I_{geo} \leq 3$) ووصف Moderately to strongly contaminated, (Class4) بقيمة ($3 < I_{geo} \leq 4$) ووصف strongly contaminated, (Class 5) بقيمة ($4 < I_{geo} \leq 5$) ووصف Strongly to extremely contaminated و(Class 6) بقيمة ($5 < I_{geo} \leq 6$) ووصف Extremely contaminated.

لقد تبين بأن تربة منطقة الدراسة Uncontaminated to moderately contaminated أي غير ملوثة إلى متوسطة التلوث باليورانيوم, اذ بلغت قيمة I_{geo} (0.18) جدول (10) وهذا قد يعود إلى قلة المنشئات الصناعية والفعاليات البشرية المنشأ في أغلبية مناطق المدينة وبالتالي قلة تلوثها.

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 12, Issue 1, January 2017
ISSN 1992 – 0849

عامل التلوث Contamination Factors (CF):- تم استخدام عامل التلوث (CF) لتقييم تلوث التربة باليورانيوم كما في المعادلة الاتية:

$$CF = \frac{C_m\ Sample}{C_m\ background} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2-3)$$

إذ إن C_m sample تمثل معدل تركيز العنصر في الدراسة الحالية, C_m background هو معدل تركيز العنصر المرجعي في القشرة الارضية ويساوي (1.7 ppm) لليورانيوم [4], لقد صنفت درجة التلوث اعتماداً على عامل التلوث حسب [55] إلى أربع أصناف هي (Class 1) بقيمة (CF<1) بوصف low contamination, (Class 2) بقيمة ($1\leq CF <3$) بوصف Moderate, (Class 3) بقيمة ($3\leq CF<6$) بوصف Considerable و(Class 4) بقيمة ($CF\geq 6$) بوصف Very high.

إذ يظهر من خلال الجدول (١٠) بأن تربة منطقة الدراسة اعتماداً على عامل التلوث عموماً صنفت بِأنها قليلة التلوث (Low contamination) ماعدى ثلاث مناطق كانت متوسطة التلوث (Moderate contamination) وهي منطقة شوراو, دروازه وواحد حزيران وبقيم (1.21, 1.15 و1.09) على التوالي, إذ إن مصدر التلوث في منطقة شوراو رُبما بفعل التلوث الهوائي من شركة نفط الشمال وفي منطقة دروازه قد يعود إلى حرق نفايات المدينة قرب هذه المنطقة من قبل شركة خالد شينكي بينما في منطقة واحد حزيران القريبة من معسكر خالد نتيجة القصف الأمريكي للمعسكر والمناطق المحيطة به خلال المدة (1991-2003).

عامل الاغتناء Enrichment Factors (EF) :- يعرف هذا العامل بِأنهُ الوفرة النسبية للعناصر الكيميائية في التربة مقارنة بصخور القشرة الأرضية ويستخدم للتمييز بين المصادر الطبيعية والبشرية للعناصر في التربة وبالتالي يعكس حالة تلوثها[56], ولحسابه وضع الباحثان [57] المعادلة الاتية:

$$EF = \frac{\left(\frac{Cn}{C_{ref}}\right)_{\text{sample}}}{\left(\frac{Bn}{B_{ref}}\right)} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (3-3)$$

إذ إن C_n (sample) هو تركيز العنصر الكيميائي الذ تم فحصه في الدراسة الحالية, و C_{ref} (sample) هو تركيز العنصر الكيميائي المرجعي في القشرة الأرضية (1.7 ppm) لليورانيوم [4], B_n هو تركيز العنصر المستخدم مصدراً مرجعياً للنموذج المفحوص, إذ تم اختيار عنصر السكانانديوم (Sc) في الدراسة الحالية بحسب[58][59][60] , وB_{ref} مثل تركيز العنصر الكيميائي الذي تم اختياره كمصدر مرجعي في القشرة الأرضية (Sc) بقيمة (16 ppm), لكونه أحد أهم العناصر المستخدمة مصدراً مرجعياً مثل (Sc,

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 12, Issue 1, January 2017
ISSN 1992 – 0849

Al, Ti, V و Mn) [61]. لقد صنفت درجة التلوث اعتماداً على عامل الاغناء حسب [62] إلى خمسة أصناف هي (Class 1) بقيمة (*EF* <2) بوصف Deficiently to minimal enrichment, (Class 2) بقيمة (*2≤EF<5*) بوصف Moderate enrichment, (Class 3) بقيمة (*5≤EF<20*) بوصف Significant enrichment, (Class 4) بقيمة (20≤*EF*<40) بوصف Very high enrichment و(Class 5) بقيمة (*EF≥40*) بوصف Extremely high enrichment.

أشارت نتائج عامل الاغتناء لتربة مدينة كركوك بِأنها تقع ضمن صنف (EF<2) الذي يوصف بأنهُ deficiently to minimal enrichment وبقيمة (1.25) جدول (10).

جدول (10) نتائج دليل التراكم الأرضي I_{geo}, عامل التلوث CF وعامل الاغناء (EF) لتربة مدينة كركوك في للدراسة الحالية.

Name of Site	U ppm	Cf	I_{geo}	Sc ppm	Ef
الحي الصناعي	1.6	0.94	0.19	9.5	1.59
جامعة كركوك	1.5	0.88	0.18	12	1.18
واحد حزيران	1.85	1.09	0.22	10	1.74
معسكر خالد	1.4	0.82	0.17	12	1.10
عرفة	1.25	0.74	0.15	11.5	1.02
غرناطة	1.6	0.94	0.19	13.5	1.12
منطقة المحافظة	1.2	0.71	0.14	11	1.03
الحي العسكري	1.45	0.85	0.17	11.5	1.19
الاسرى والمفقودين	1.25	0.74	0.15	13	0.90
القادسية الاولى	1.49	0.88	0.18	12	1.17
المصلى	1.35	0.79	0.16	12	1.06
دروازة	1.95	1.15	0.23	11	1.67
رحيم ئاوة	1.3	0.76	0.15	11	1.11
منطقة شوراو	2.05	1.21	0.24	12.5	1.54
حي النداء	1.6	0.94	0.19	9.5	1.59
Mean	1.523	0.90	0.18	11.47	1.25

2- تقييم تلوث المياه الجوفيه باليورانيوم

من أجل تقييم تلوث المياه الجوفية باليورانيوم ومعرفة مدى صلاحيتها للشرب drinking water، تم استخدام المعامل الفلزي Metal index (MI) حسب [63] كما في المعادله الآتية:

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 12, Issue 1, January 2017
ISSN 1992 – 0849

$$MI = \sum_{i=1}^{n} \frac{\mathrm{Ci}}{(\mathrm{MAC})\mathrm{i}}$$

إذ تمثل C_i: تركيز العنصر الكيميائي المحلل, (MAC): القيمة المسموح بها عالمياً للعنصر الكيميائي والبالغه (20 ppb) لليورانيوم, واعتماداً على قيمة جودة المياه حسب (MI) تم تقسيم درجة التلوث إلى ثلاث اصناف هي Potable (MI<1), Non-potable (MI>1), On the threshold of danger of drinking (MI=1). إذ تبين بأن نوعية المياه الجوفية لآبار مدينة كركوك صالحة للشرب potable of drinking water اعتماداً على محتوى اليورانيوم جدول (11).

جدول (11) نتائج تقييم جودة مياه الشرب باستخدام مؤشر (MI) لمياه الآبار في مدينة كركوك للدراسة الحالية.

Name of the site	Symbol	U ppb	MI
بئر امام قاسم	G.W1	١,٧٨	0.059
بئر حي الماس	G.W2	٣,٣٨	0.113
بئر حي البعث	G.W3	٣,٥٢	0.117
بئر منطقة سرجنار	G.W4	٥,٠٢	0.167
بئر منطقة بنجا علي	G.W5	٢,١٤	0.071
بئر حي الواسطي	G.W6	٦,٥١	0.217
بئر حي الوحدة	G.W7	٧,٤٤	0.248
Mean	Mean	٤,٢٥٦	0.142

الاستنتاجات Conclusion

١. زيادة تركيز اليورانيوم وتجمعه في العمق السطحي (QA) للتربة بمعدل (1.672 ppm) عن العمق السفلي (QB) بمعدل (1.373 ppm) بسبب ناقليته الضعيفة.

٢. عند إجراء مقارنة لمعدل تركيز اليورانيوم في تربة مدينة كركوك والبالغة (1.57 ppm) مع معدله في القشرة الأرضية تبين بأنه أقل من معدله في القشرة الأرضية والبالغة (2.5 ppm), اما عند مقارنة تركيزه مع الدراسات المحلية في العراق تبين بأنه اقل من وجوده في تربة المحافظات الجنوبية التي تعرضت للقصف الأمريكي للمدة (1991-2003).

Kirkuk University Journal /Scientific Studies (KUJSS)
Volume 12, Issue 1, January 2017
ISSN 1992 – 0849

٣. زيادة تركيز اليورانيوم في الجزء الطيني (Clay) بقيمة (1.67 ppm) مقارنة بالجزء الغريني (Silt) والرملي (Sand) (1.43 ppm و0.857 ppm) على بسبب إمتزازه العالي على حبيبات المعادن الطينية.

٤. اشارت معاملات التلوث للتربة بِأن قيمة دليل التراكم الأرضي (Igeo) للتربة تقع ضمن صنف (Uncontaminated to moderately contaminated), وعامل التلوث للتربة يصنف بِأن درجة التلوث هي (Low contamination), بينما عامل الاغناء للتربة يقع ضمن صنف (Deficiently to minimal enrichment).

٥. ان المعدن السائد لليورانيوم في تربة منطقة الدراسة حسب مخطط جهدا الأكسدة والاختزال والدالة الحامضية هو Uraninite (UO_2).

٦. عند مقارنة تركيز اليورانيوم في المياه الجوفية لمدينة كركوك مع بعض الدراسات المحلية والإقليمية تبين بِأنه أقل تركيزاً من آبار مدينة عكاشات الغنية بالصخور الفوسفاتية الحاوية على تراكيز عالية لليورانيوم, بينما عند مقارنته مع المياه الجوفيه للأردن تبين بأن هنالك تبايناً كبيراً لقيمه فيها إذ إن قيمه العالية تدل على ترشيحه من الصخور الفوسفاتية.

٧. أظهر المعامل الفلزي (MI) للتلوث في مياه الآبار الجوفية بأنها مياه صالحة للشرب أعتماداً على محتوى اليورانيوم.

المصادر References

[1] Krauskoph K.B. (1967): ***Introduction to Geochemistry***, McGrawHill Book Company, N.Y., 721p

[2] Meinrath A., Schneider P. and Meinrath G., (2003): ***Uranium ores and depleted uranium in the environment, with a reference to uranium in the biosphere from the Erzgebirge/Sachsen***, Germany. J. Environ. Radioact, Vol.64, pp. 175-193.

[3] UNSCEAR, (2000): ***Exposures from natural radiation sources***. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with scientific annexes. United Nations, New York: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.

[4] Turkian and Wedepohl, (1961): ***Distribution of the elements in some major units of the earth's crust***. Geol. Soc. of Am. Bull. Vol.721, pp.75-192.

[5] Siegel M.D. and Bryan C.R., (2004): ***Environmental geochemistry of radioactive contamination***. In H. d. Holland and k. k. Turekian (Eds.), tratise on geochemistry, Amsterdam, Elsevier, Vol.9, pp. 205-262.

[6] Sheppard S. and Evenden W., (1987): ***Review of effects of soil on radionuclide uptake by plants.*** Research report prepared for the Atomic Energy Control Board, Ottawa, Canada, March 31, INFO-0230.

[7] Alloway B.J., (2013): ***Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability***, Environmental Pollution (22) Springer Science+ Business Media Dordrecht, pp. 565-577.

[8] Bucur C., Olteanu M., and Pavelescu M., (2006): ***Radionuclides diffusion in geological media***. Romania Journal of Physics, Vol. 51, pp.469-478.

[9] Michel J., (1991): ***Relationship of radium and radon with geological Formations***. In C. R. Cothern, P. A. Rebers (Eds.), Chapter 7 in Radon , Radium and Uranium in drinking water. Boca Raton, Fl: Lewis Publishers, pp. 83-96.

[10] Gueniot B., Munier-Lamy C., and Berthelin J., (1988): ***Geochemical behavior of uranium in soil, part II. Distribution of uranium in hydromorphic soils and soil sequences. Application for surficial prospecting***. Journal of geochemical Exploration, Vol.31, Issue 1, pp.39-55.

[11] WHO (world Health Organization), (2012): ***Geuidelines for drinking-water quality***. (3rd edn, Vol. 1, Recommendations).Geneva. ISBN: 92 4 154696.

[12] Bibler J.P. and Marson, D.B., (1999): ***Behavior of mercury, lead, cesium and uranyl ions on four SRS soils, In: Toxicological Profile for Uranium*** (Eds. KEITH, S., SPOO, W., CORCORAN, J.). Atlanta (USA): Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 462p.

[13] Allard B., Olofsson U., Torstenfeelt B., and Andersson K., (1982): ***Sorption of actinides in welldefined oxidation states on geologic media.*** Mater. Res. Soc. Symp. Proc., Vol.11, pp. 775-782.

[14] Sheppard M.I., Thibault D.H. and Mitchell J.H.(1987): ***Element leaching and capillary rise in sandy soil cores***. Experimental results. J. Env. Qual., Vol.16, pp. 273-284.

[15] Burns P.C., Finch R., (1999): ***Uranium–Mineralogy, Geochemistry and the Environment.*** Reviews in Mineralogy 38, Washington: Mineralogical Society of America.

[16] Taylor, S.R., (1964): ***Abundance of chemical elements in the continental crust***: Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol.28, pp.1280-1281.

[17] Wollenberg H.A. and Smith A.R., (1990): ***A geochemical assessment of terrestrial x-ray absorbed dose rates***. Health Physics, Vol.58, pp. 183-189.

[18] Landsberger S., Tamalis D., Meadows T. and Clanton B., (2013): ***Leaching dynamics of uranium in a contaminated soil site***. J Radioanal Nucl Chem. Vol.296, pp.319-322.

[19] Vodyanitskii Y.N., (2011): ***Chemical Aspects of Uranium Behavior in Soils: A Review.*** Dokuchaev Soil Science Institute, Russian Academy of Agricultural Sciences, per. Pyzhevskii 7, Moscow, 119017 Russia. pp. 862–873.

[20] Ali L.A.A, (2013): ***Environmental Impact Assessment of Kirkuk Oil Refinery***. University of Baghdad, College of Science. 213p.

[21] Buday T., (1980): ***The Regional Geology of Iraq***. Vol.1, Stratigraphy and Paleogeography. In: I.I., Kassab and S.Z., Jassim (Eds.). GEOSURV, Baghdad, 445p.

[22] Bellen R.C., Dunington H.V., Wetzel R. and Morton D.M., (1959): ***Lexique sratigraphique international***, Asie Fascicalc. 100, Iraq Central, National researcher scientifique, Paris, 333P.

[23] Jassim S.Z., Karim S.A., Basi M.A., Al-Mubarak M. and Munir J., (1984): ***Final report on the regional geological survey of Iraq,*** Stratigraphy. GEOSURV, int. rep, Vol.3, 1447.

[24] Jassim S. Z. and Goff T., (2006): ***Phanerozoic development of the northern Arabian Plate***, In: Jassim S.Z., Goff, J. C., Geology of Iraq, publication of Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno, 341p.

[25] Folk R.L., (1974): ***Petrology of sedimentary rocks***. Ham Phil, Austin, 182p.

[26] Carver R.E., (1971): ***Procedures in sedimentary petrology***. John Willey and Sons, Inc., New York, 653p.

[27] Bowen H. J., (1979): ***Environmental chemistry of the elements***. London: Academy.

[28] Birke M., Rauch U. and Lorenz H., (2009): ***Uranium in stream and mineral water of the Federal Republic of Germany***. Environ Geochem Health, vol. 31, pp.693–706.

[29] Kadhim N.H., Kassim R.Y. and Jabbar S. J., (2012): ***Concentration of Uranium for some Areas Soil of Baghdad City/ Iraq***. Nahrin University Journal Vol.15, Issues.2, pp. 1-5.

[30] Amrani D. and Tahtat M., (2001): ***Natural radioactivity in Algerian building materials.*** Appl Radiat Isot. pp. 54:687–689.

[31] Fadil N.T., Abdulah N.H. and Bedin S.A., (2011): ***Measurement of Uranium Concentration in Soil of Middle of Iraq using CR – 39 Track Detector***. Baghdad Journal for scince vol.2, pp. 451-455.

[32] Bou–Rabee, (1995): ***Estimating the concentration of Uranium in some environmental samples in Kuwait after the 1991 Gulf War***. Applied Radiation Isotopes, vol.46, pp.217–220.

[33] Perez D. V., Saldanha M. F. D., Moreira J. C., and Vaitsman D. S., (1998): ***Total concentration of uranium and thorium in some Brazilian soils.*** Pesquisa Agropecuaria Brasileira 33(8), 1417–1423.

[34] Ledvina R., Kolar L., and Frana J., (1996): ***Uranium, thorium and some other elements in topsoils of the Trebon region from the aspect of production contamination***. Rostlinna Vyroba, Vol.42, Issues.2, pp.73–78.

[35] Singh A.K., Kumar A., Jojo P.J., and Prasad R., (1998): ***Microanalyses of uranium in Indian soil samples using solid state nuclear track detection technique***. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol.238, Issue.1–2, pp.21–24.

[36] Drweesh E. M., Salih L. M., and Abdulla R. T., (2009). ***Determination of Uranium Concentrations in Some Plants and Soils Samples from Baghdad-Iraq Using CN-85 Track Detector.*** Department of physics, College of Science, Al-Nahrain University, Baghdad, Iraq. pp11.

[37] Nair S. and Merkel B.J., (2011): ***Impact of Alkaline Earth Metals on Aqueous Speciation of Uranium (VI) and Sorption on Quartz***. Springer Science + Business Media B.V. pp. 209–219.

[38] Finch R.J. and Murakami, T., (1999): ***Systematics and paragenesis of uranium minerals. In: Uranium: Mineralogy, Geochemistry and the Environment*** (Eds. BURNS, P.C. and FINCH, R.). Reviews in Mineralogy, vol.38, pp. 91-180.

[39] Goldschmidt V. M. (1954): ***Geochemistry***. Clarendon oxford. P 730.

[40] Sherene T., (2010): ***Mobility and transport of heavy metals in polluted soil environment.*** Biological Forum-An International Journal, 2(2), PP112-121.

[41] Luo W. and Gu B., (2009): ***Dissolution and Mobilization of Uranium in a Reduced Sediment by Natural Humic Substances under Anaerobic Condition***, Environ. Sci. Technol. Vol.43, pp.152-156.

[42] Shang J., Liu C., Wang Z. and Zachara J., (2014): ***Long-term kinetics of uranyl desorption from sediments under advective conditions***. Water Resour Res, Vol.50m pp.855–870.

[43] Schot P.P. and Wal V.D., (1992): ***Human impact on regional groundwater composition through intervention in natural flow patterns and changes in land use.*** J Hydrol, Vol.134, pp.297–313.

[44] Nisi B., Buccianti A., Vaselli O., Perini G., Tassi F. and Minissale A., (2008): ***Hydro geochemistry and strontium isotopes in the Arno river basin (Tuscany, Italy): constraints on natural controls by statistical modeling***. J Hydrol, Vol.360, pp.166–183.

[45] Bhatt K. and Saklani S., (1996): ***Hydrogeochemistry of the upper Ganges River***, India. J Geol Soc India, vol. 3(48), pp.171–182.

[46] Tawfiq N. F. (2013): ***Uranium and radon concentration in ground water in Aucashat city (Iraq) and the associated health effects***. Pelagia Research Library, Adv. Appl. Sci. Res., Vol.4, Issues.3, pp.167-171.

[47] Gedeon R., Smith B., Amro H., and Jawadeh J., (1994): ***Natural radioisotopes in groundwater from the Amman-Zarka basin Jordan.*** Hydrochemical and regulatory implications. Applications of tracers in arid zone hydrology. Wallingford, UK: IAHS Press. IAHS Publication 232.

[48] Abojassim A., (2014): ***Uranium Concentrations measurement for Ground Water and Soil Samples in Al-Najaf/Iraq.*** IOSR Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC), Vol.6, Issue.5, pp. 61-65.

[49] Mehra R., Singh S., and Singh K., (2007): ***Uranium studies in water samples belong to malwa region in Punjab by track etching technique***. Radiation Measurements, Vol.42, Issues.3, pp. 441-445.

[50] Banks D., Royset O., Strand T. and Skarphagen H., (1995): ***Radioelement (U, Th, Rn) concentrations in Norwegian bedrock groundwaters.*** Environmental Geology, pp. 165-180.

[51] Dong W. and Brooks S., (2006): ***Determination of the formation constants of ternary complexes of uranyl and carbonate with alkaline earth metals (Mg2+, Ca2+, Sr2+, and Ba2+) using anion exchange method.*** Environ Sci Technol, vol. 40, pp.4689-4695.

[52] Sissakian V.K., (1993): ***The geology of Kirkuk Quadrangle Sheet NI-38-2 scale 1:250000, State Organization of Minerals***, General Directorate for Geological Survey and Mineral Investigation.

[53] McDonough W.F. and Sun S.S., (1995): ***the composition of the earth***. Chemical geology 120, pp. 223-253.

[54] Müller G., (1969): ***Index of geoaccomulation in sediments of the Phine River***. Geol. Jour, vol.2, pp.109-118.

[55] Hakanson L., (1980): ***An ecological risk indexes for aquatic pollution control a sedimentological approaches***. Water research, Vol.14, Issues.8, pp.975-1001.

[56] Zhao D., Wan S., Yu Z. and Huangl J., (2015): ***Distribution, enrichment and sources of heavy metals in surface sediments of Hainan Island Rivers***, China, Springer-Verlag Berlin Heidelberg (Environ Earth Sci). 14p.

[57] Buat-Menard P. and Chesselet R., (1979): ***Variable influence of atmospheric flux on the trace metal chemistry of oceanic suspended matter***, Earth and Planetary Science Letters, No.42, 398–411.

[58] Bhuiyan M., Suruvi N., Dampare S., Islam M., Quraishi S., Ganyaglo S. and Suzuki S., (2011): ***Investigation of the possible sources of heavy metal contamination in lagoon and canal water in the tannery industrial area in Dhaka, Bangladesh***. Environ Monti Assess vol. 175, pp.633–649.

[59] Bergamaschi L., Rizzio E., Giaveri G., Giordani L., Profumo A. and Gallorini, M., (2005***): INAA for the determination of trace elements and evaluation of their***

enrichment factors in lichens of high altitude areas. J. Radioanal. Nucl. Chem., vol. 263(3), pp. 721-724.

[60] Bargagli R., Brown D.H. and Nelli, L., (1995): ***Metal biomonitoring with mosses: Procedures for correcting for soil contamination***. Environ. Pollut, vol. 89, pp.169-175.

[61] Schiff K.C. and Weisberg S.B., (1999): ***Iron as a reference element for determining trace metal enrichment in Southern California coastal shelf sediments***. Mar Environ Res, Vol.48, pp.161-176.

[62] Mmolawa K., Likuku A., and Gaboutloeloe G., (2011): ***Assessment of heavy metal pollution in soils along roadside areas in Botswana***. African Journal of Environmental Science and Technology, Vol.5, Issues.3, pp.186-196.

[63] Tamasi G. and Cini R., (2004): ***Heavy metal in drinking waters from Mount Amiata (Tuscany, Italy) possible risks from arsenic for public health in the province of Siena***, Sci. Total Environ. 327, pp 41-51.