التقييم الأولي لمستوى تلوث المياه الجوفية باليورانيوم في مناطق الصحراء الغربية والجنوبية من العراق

محمد عبد الأمير مهدي* و مروان محمد عبد الأمير التميمي**

الاستلام:13/ 1/ 2009، القبول: 30/ 9/ 2009

المستخلص

نفذت العديد من مشاريع المسح الهيدروجيوكيميائي عن اليورانيوم في الصحراء الغربية والجنوبية من العراق للفترة بين (1975 – 1989) لغرض تقييم تراكيز اليورانيوم فيها. حيث جمع 70 نموذج من مياه العيون والآبار المائية الضحلة والعميقة المحفورة سابقاً، تراوحت تراكيز اليورانيوم في تلك المياه بين (5 – 261) µg/l وبمعدل 51.2 µg/l.

بينت المقارنة بين مستوى محتوى اليورانيوم في المياه الجوفية في تلك المناطق ومستوى الحد الأعلى للتلوث المحدد من قبل وكالة حماية البيئة الأمريكية (USEPA) والبالغة 20 µg/l يورانيوم وجود نسبة 70% من نماذج المياه الجوفية ومياه العيون في تلك المناطق تحتوي على تركيز يورانيوم يزيد عن 20 µg/l. كما تحتوي المياه الجوفية الضحلة على تراكيز لليورانيوم أعلى من المياه العميقة وذلك لقربها من المصادر الطبيعية للإشعاع وكذلك لعدم تجدد واختلاط هذه المياه بالخزانات الجوفية العميقة.

توجد محاذير صحية لمستخدمي هذه المياه الملوثة باليورانيوم، لما تسببه من تأثيرات سلبية على الجهاز الكلوي وباقي الأجهزة الأخرى في الإنسان. كما لهذه المياه تأثيرات سلبية على تلوث البيئة وتسبب أضراراً بالمزروعات، لذا توصي الدراسة بأجراء معالجة للمياه التي يزيد اليورانيوم فيها عن 100 µg/l، كما يتطلب إجراء دراسة لإعادة نمذجة المياه التي يزيد اليورانيوم فيها عن20 µg/l لتحديد التغييرات الحاصلة في محتوى اليورانيوم في المياه.

PRELIMINARY EVALUATION OF THE URANIUM CONTAMINANT LEVEL IN THE GROUND WATER, OF THE IRAQI SOUTHERN AND WESTERN DESERTS

Mohammed A.A. Mahdi and Marwan M. Al-Tamimi

ABSTRACT

Many hydro-geochemical survey projects were carried out during 1975 – 1989 in the Iraqi Southern and Western Deserts for preliminary evaluation of a hidden radioactive ore bodies. The ground water in these areas plays very important role in human living and land developments, the depth of the ground water varies from artesian or near ground surface; along the bank of Euphrates river to 300 m. The regional trend the ground water movement is towards the east and north east.

Seventy water samples were collected from water wells and springs, their concentrations range from (5 – 261) µg/l Uranium. Arithmetic average Uranium concentration for all samples was 51.2 µg/l. Seventy percent of the water samples of the ground water and springs, in these areas exceed the USEPA proposed maximum contaminant level (MCL) for Uranium, being 20 µg/l. The Uranium concentration in shallow ground water (hand dug wells) is higher than it's concentration in deep water well, because the shallow water is in contact with or near from the radioactive resource materials, besides, the shallow waters is not rejuvenated and mixed with other deep water aquifers.

A health risk exists for persons consuming water that contain Uranium exceeding 20 µg/l, due to it's chemical toxicity. Also there are harsh effects on the renal system for users of these tainted water. Appropriate water treatment is recommended for water supplies exceeding 100 µg/l Uranium.

* خبير متقاعد، e-mail: m_altamimi4@yahoo.com
** م. باحث، الهيئة العراقية للسيطرة على المصادر المشعة

المقدمة

نفذت العديد من مشاريع المسوحات الهيدروجيوكيميائية في مناطق الصحراء الغربية والجنوبية والمحددة من غرب نهر الفرات الى الحدود العراقية - الأردنية - السعودية خلال الفترة (1975 – 1989) (الشكل 1). جمع حوالي 70 نموذج مياه من الآبار المائية الضحلة والعميقة والعيون (Al-Atia and Mahdi, 1976 ومهدي وآخرون، 2005)، تراوحت تراكيز اليورانيوم في تلك المياه بين (5 – 261) µg/l والمعدل الحسابي بلغ 51.2 µg/l. ان الخزانات الجوفية الرئيسية ضمن مناطق الصحراء الغربية والجنوبية تكون ضمن التكوينات الجيولوجية التالية:

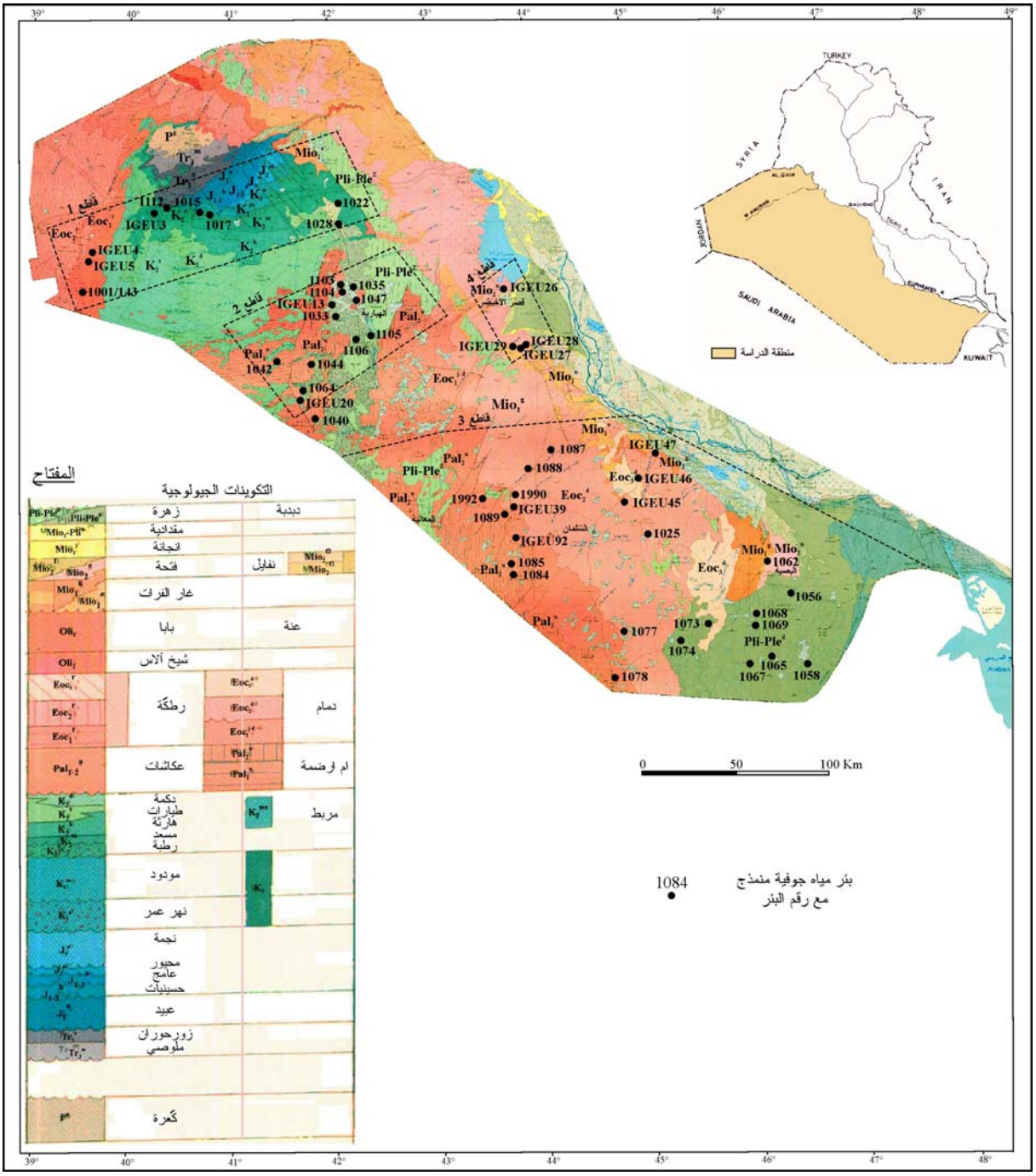
صوفي، الكعرة، ملوصي، عبيد، محيور، رطبة، مسعد، طيارات، أم ارضمة، عكاشات، الدمام، رطكة، الفرات، دبدبة وترسبات العصر الرباعي. يتراوح مستوى المياه الجوفية في الأجزاء الغربية والجنوبية الغربية ما بين 300 متر عن مستوى سطح الأرض أو قريبة من السطح وبعض الأحيان يكون ذاتية التدفق، ضمن مناطق التصريف المحاذية لنهر الفرات، أما الاتجاه العام لحركة المياه الجوفية فهي باتجاه الشرق والشمال الشرقي (Al-Jiburi and Al-Basrawi, 2007 and 2009).

عند مقارنة محتوى اليورانيوم في المياه الجوفية في مناطق الصحراء الغربية والجنوبية مع الحد المسموح به للاستخدامات البشرية والمقترح من قبل وكالة حماية البيئة الأمريكية (USEPA) والذي لا يزيد تركيز اليورانيوم فيها عن 20 µg/l (Kris, 1993)، تبين ان معظم المياه الجوفية في المنطقة وبعض مياه العيون تحتوي على تراكيز لليورانيوم تزيد كثيراً عن هذا المحتوى (Al-Atia and Mahdi, 1976 ومهدي وآخرون، 2005). وعلى هذا الأساس، فرزت نتائج التحليلات الكيميائية لليورانيوم وفق خطة مقترحة من قبل وكالة حماية البيئة الأمريكية، الذي يحدد المعدل الحسابي لجميع التراكيز الى ثلاثة أصناف وهي: **1)** ونسبة المياه التي تقل تراكيزها عن 20 µg/l يورانيوم. **2)** نسبة مجموعة التراكيز التي تتراوح بين (20 – 99) µg/l. **3)** نسبة مجموعة التراكيز التي تزيد عن 100 µg/l يورانيوم (الجدول 1). بناءاً على نتائج هذا الفرز، تم استخلاص استنتاجات حول مدى تلوث المياه الجوفية في مناطق الصحراء الغربية والجنوبية العراقية باليورانيوم وتحديد بعض التوصيات للمعالجة.

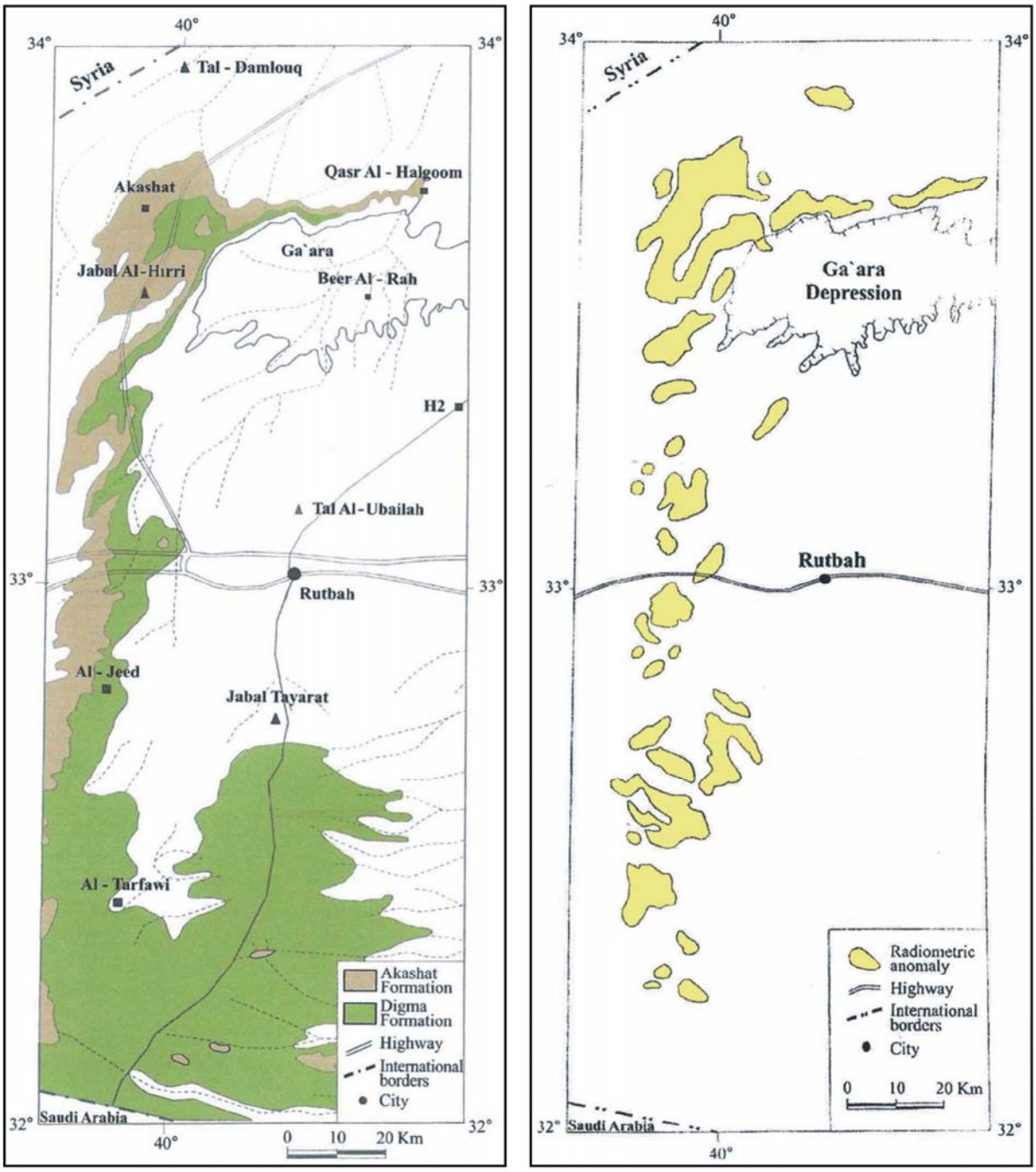
تهدف هذه الدراسة إلى تقييم أولي وإثارة الانتباه لمستوى تراكيز اليورانيوم في المياه الجوفية ومياه العيون في الصحراء الغربية والجنوبية العراقية ومستوى تلوثها باليورانيوم، كما يجب الأخذ بنظر الاعتبار إن عدد النماذج المدروسة قليلة مقارنةً بالمساحة الشاسعة للمناطق المدروسة.

جيولوجية المنطقة

تمتد الصحراء الغربية والجنوبية العراقية من غرب نهر الفرات الى الحدود العراقية - الأردنية - السعودية (الشكل 1)، وتقع ضمن الرصيف القاري المستقر. تكونت أشكال التضاريس نتيجةً للحركات البنيوية والصخارية والمناخ. يتراوح عمر الصخور المتكشفة من عصر البيرمي (المتمثلة بتكوين الكعرة) الى عصر البلايوسين - البلايستوسين (المتمثلة بتكوين الزهرة) (الشكل 1). تتميز المنطقة بميل قليل للطبقات باتجاه الشمال الشرقي. أن العمود الطباقي في الصحراء الغربية والجنوبية العراقية يتمثل بـ 32 تكوين متكشف، إضافةً الى ترسبات العصر الرباعي ذات الامتداد الجغرافي الواسع والسمك الكبير (Sissakian and Mohammed, 2007). ان الصخور المتكشفة ذات أصل بحري وقاري والمتمثلة بالصخور الجيرية، الجيرية المدلمة، الطينية الجيرية، الرملية الجيرية، الطفل، الحجر الرملي وصخور طينية مختلفة. تتكشف صخور فوسفاتية ذات امتدادات واسعة جداً في مناطق الصحراء الغربية والجنوبية (الشكلين 1 و 2)، كما تنتشر ترسبات الجبس قرب مناطق هيت. لعبت الخصائص الأولية والثانوية للصخور المتكشفة دوراً مهماً في تطوير وبناء الهضاب الصخرية. فمثلاً الصخور الصلبة أدت إلى بناء الهضاب، أما تداخل الصخور ذات الصلابة المختلفة أدت الى حدوث انقطاعات طوبوغرافية، وبناء هضاب متعاقبة ومنفصلة، كما أدى وجود الصخور التي لها قابلية ذوبان عالية الى تكوين ظواهر كارستية وبالوعات مختلفة الأشكال والأبعاد. تخترق المنطقة عدة وديان رئيسية كبيرة وتفرعاتها، حيث إن جميعها تنحدر باتجاه نهر الفرات (Hamza, 2007). ان مناخ المنطقة جاف حار في الصيف وبارد في الشتاء وهناك تفاوت كبير في درجة الحرارة. معدل الإمطار السنوي يتراوح بين (75 – 150) ملم ويزداد باتجاه الغرب، كما ان معدلات التبخر عالية في فصل الصيف (Hamza, 2007).



الشكل 1: خريطة جيولوجية لمنطقة الصحراء الغربية والجنوبية موضحاً عليها القواطع المدروسة والآبار التي تم نمذجتها (جمعت من Sissakian, 2000 و Al-Atia and Mahdi, 1976)



شكل 2: علاقة التوزيع الراديومتري للشاذة (R7) مع الصخور الحاضنة للترسبات الفوسفاتية في تكويني الدكمة والعكاشات في منطقة الرطبة (البصام، 2007)

المصادر الطبيعية لليورانيوم في المنطقة

توجد عدد من المصادر الطبيعية لليورانيوم في مناطق الصحراء الغربية والجنوبية وهي:

- **الصخور الفوسفاتية:** تنتشر في المنطقة تكشفات صخرية فوسفاتية ذات امتدادات وسماكات كبيرة في تكوينات الدكمة، عكاشات، الطيارات، أم ارضمة، وحتى تكوين الدمام يحتوي على أحزمة صخرية فوسفاتية (الشكلين1 و 2). تحتضن هذه الصخور تراكيز لليورانيوم تتراوح بين (20 – 45) ppm (Al-Bassam, 2007)، كما أشارت دراسات أخرى الى وجود تراكيز اليورانيوم تصل الى 180 ppm في بعض الأحزمة لتكوينات الطيارات وعكاشات وأم ارضمة (عبد القادر وآخرون، 1976، عبد الفتاح، 1977 والنجم وعبد الواحد، 1982). تمثل تواجدات اليورانيوم في هذه الصخور احتياطات كبيرة لليورانيوم بالرغم من المحتوى الواطئ للتراكيز. كما تنتشر لطخات وبقع صفراء (كارنوتايت) كثيرة تغطي سطوح التكسرات والشقوق والفواصل الطباقية في الصخور الفوسفاتية، مما يدل على حدوث عمليات إذابة لليورانيوم الموجود في الصخور خلال مواسم الأمطار وانتقاله عبر المسامات والشقوق واختلاطه بالمياه الجوفية أو ترسيبه عند توفر الظروف الجيوكيميائية الملائمة على هذه السطوح نتيجة التبخر الشديد خلال فصل الصيف.
- **صخور تكوين الفرات:** تحتوي صخور تكوين الفرات (المايوسين المبكر) التي تمتد غرب نهر الفرات على ترسبات أولية لليورانيوم تتراوح بين (20 – 300) ppm (Al-Bassam *et al*., 2006) وترسبات ثانوية لليورانيوم في منطقة أبو صخير تصل الى 580 ppm وبسمك 1.7 m (مهدي وآخرون، 2005). تخترق المنطقة عدة صدوع رئيسية أهمها صدع أبو الجير، وتنتشر على امتداده عدد كبير من عيون المياه (الشكل 3). ان هذه المياه تعمل على إذابة اليورانيوم من هذه الصخور ونقله الى سطح الأرض أو إعادة ترسيبه في مواقع أخرى ملائمة، أو حدوث عملية تلوث المياه عبر المياه الجوفية باليورانيوم المذاب، حيث أصبح تركيز اليورانيوم 250 µg/l في المياه الجوفية في منطقة أبو صخير و 50 µg/l في مياه عيون شثاثة في محافظة كربلاء.
- **الصخور الرملية الحاضنة للمعادن الثقيلة:** تحتوي الصخور الرملية في تكوين الكعرة (البيرمي) والصخور الرملية لتكويني الحسينيات والعامج (الجوراسي المبكر والأوسط) على تراكيز مهمة للمعادن الثقيلة مثل الزركون والروتايل والالمنايت، حيث تحتوي هذه المعادن على تراكيز لليورانيوم والثوريوم وصلت في رمال تكوين العامج الى 358 ppm يورانيوم و 3180 ppm ثوريوم، في بعض العروق السوداء (النجم وسعد الله، 1987). وفي رمال تكوين الحسينيات وصل تركيز اليورانيوم الى 20 ppm (خضير وسعد الله، 1984)، أما تراكيز اليورانيوم في رمال تكوين الكعرة فتراوحت بين (10 – 20) ppm.
- **صخور كاربوناتية – دولومايتية تحت سطحية:** في منطقة البريت، جنوب النخيب تحتوي هذه الصخور، التي تتراوح أعماقها بين (149 – 190) m على تراكيز لليورانيوم تتراوح بين (70 – 450) ppm في أحزمة كاربونية عضوية وذات امتدادات كبيرة والعائدة الى تكوين أم ارضمة (القزاز وعبد الحسن، 1987).
- **مياه العيون وترسباتها السطحية:** ضمن منطقة أبو جير، وخاصة في مناطق هيت والعوازل وأبو جير على تراكيز عالية من عنصر الراديوم حيث تراوحت بين (8 – 370) ppm وكانت أعلى القيم في منطقة العوازل، حيث وصل تركيزه الى 980 ppm في التربة و 396 ppm في ترسبات العيون. يعتبر هذا مصدر مهم جداً لتلوث المياه والترب حول العيون التي فيها كثير من المزروعات وأشجار النخيل، كما ان الشدة الإشعاعية لغاز الرادون تراوحت بين (2 – 23) عدة/ثا وتتركز في الترب والمواد القيرية حول العيون (Al-Atia *et al*., 1977).

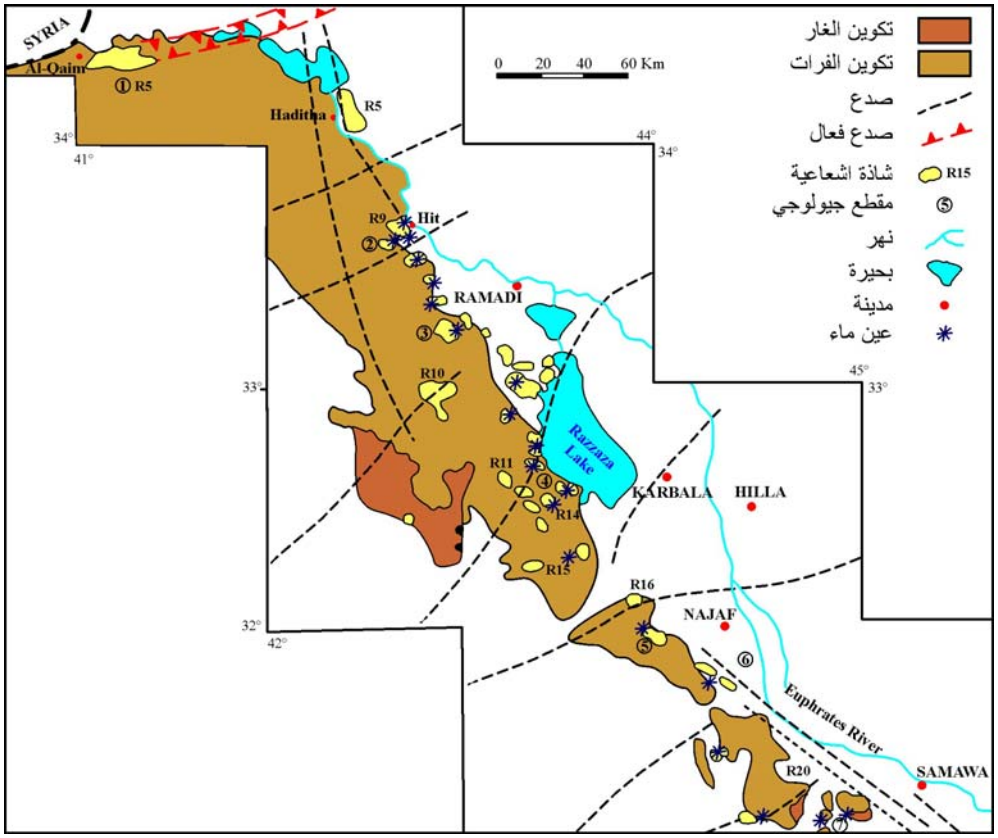
النتائج

تراوحت تراكيز اليورانيوم في مياه العيون والآبار الضحلة والعميقة بين (5 – 261) µg/l وبمعدل 51.2 µg/l. ان فرز المياه حسب محتواها من اليورانيوم وبموجب مقترح الحد المسموح لوكالة حماية البيئة الأمريكية البالغ 20 µg/l يورانيوم (Kris, 1993) كانت كما يلي:

- نسبة مجموعة نماذج المياه التي تقل اليورانيوم فيها عن 20 µg/l بلغت 30%، بينما المجموعة التي يزيد اليورانيوم فيها عن 20 µg/l بلغت 70%.
- نسبة مجموعة نماذج المياه التي يتراوح اليورانيوم فيها بين (20 – 99) µg/l بلغت 60%، بينما بلغت المجموعة التي يزيد اليورانيوم فيها عن 100 µg/l نسبة 10%.

فرزت نماذج المياه حسب عائديتها الى خزانات المياه الجوفية للتكوينات الجيولوجية واستناداً الى معدلات اليورانيوم الثلاثة المذكورة سابقاً والنتائج موضحة في الجدول (1).

- تحتوي مياه الآبار الضحلة على تراكيز عالية من اليورانيوم وصلت الى 261 µg/l مقارنةً بمحتوى خزانات المياه الجوفية العميقة (الدمام وأم ارضمة والكعرة) من اليورانيوم.



شكل 3: خريطة جيولوجية راديومترية وتركيبية لمنطقة غرب نهر الفرات
(البصام وآخرون، 2006)

جدول 1: فرز نماذج المياه الجوفية في خزانات التكوينات الصخرية وبموجب مقترح وكالة حماية البيئة الأمريكية

خزان المياه	عدد النماذج	المعدل U (µg/l)	U < 20 µg/l	U > 20 µg/l	U > 100 µg/l
تكوين الكعرة	5	89.6	–	60%	40%
تكوين أم ارضمة	11	50.6	9%	91%	–
تكوين الدمام	31	50.6	25%	61%	13%
تكوين الفرات	6	59.7	40%	40%	20%
تكوين الرص	7	27.3	42%	58%	–
تكوين الفتحة	4	43	–	100%	–
تحتوي مياه العيون التي مصدرها المكامن الهيدروكاربونية على تراكيز عالية للراديوم كما في عيون العوازل وهيت وأبو جير (Al-Atia *et al.*, 1977)					

المناقشة

تنتشر الصخور الفوسفاتية بشكل واسع في منطقة الدراسة وبسماكات كبيرة (الشكلين 1 و 2)، وتحتوي على تراكيز متباينة لليورانيوم، تراوحت بين (20 – 45) ppm (Al-Bassam, 2007)، كما أشارت دراسات أخرى بان بعض الأحزمة الفوسفاتية وصلت التراكيز فيها الى 180 ppm يورانيوم (عبد القادر وآخرون، 1976، عبد الفتاح، 1977 والنجم وعبد الواحد، 1982). كما تحتوي صخور تكوين الفرات (المايوسين المبكر) (الشكل 3) على تراكيز لليورانيوم الأولي تراوحت بين (10 – 300) ppm (Al-Bassam *et al.*, 2006). كما يحتوي على يورانيوم ثانوي الترسيب وصل الى 580 ppm (مهدي وآخرون، 2005)، وتحتوي صخور كاربونية عضوية تحت سطحية في جنوب النخيب على تراكيز لليورانيوم وصلت الى أكثر من 400 ppm (القزاز وعبد الحسن، 1987). ان هذه المصادر الطبيعية لوجود اليورانيوم في المنطقة هي المصدر الرئيسي لتغذية المياه الجوفية باليورانيوم، حيث ان المياه التي تهطل خلال مواسم

الأمطار على هذه الصخور تعمل على إذابة اليورانيوم من هذه الصخور ونقله أفقياً وعمودياً عبر التكسرات والشقوق والمسامات الصخرية ومن ثم اختلاط هذه المياه المحملة بايونات اليورانيوم بمياه الخزانات المائية الجوفية الرئيسية، لذا يتم إغناء هذه المياه باليورانيوم، وقسم من اليورانيوم المذاب يترسب إذا توفرت الظروف الجيوكيميائية الملائمة على شكل بقع صفراء (الكارنوتايت) على سطوح التكسرات والشقوق والفواصل الصخرية الطبقية.

أظهرت نتائج تحليلات اليورانيوم لـ 70 نموذج من المياه الجوفية ومياه العيون في الصحراء الغربية والجنوبية وجود نسبة عالية من المياه في هذه المناطق ملوثة باليورانيوم، بموجب الحد الأعلى المسموح للاستخدامات البشرية العامة الذي اعتمدته الوكالة الأمريكية لحماية البيئة (USEPA) والبالغ 20 µg/l يورانيوم (Kris, 1993). بلغت نسبة نماذج المياه المدروسة التي تحتوي على يورانيوم يزيد عن هذا الحد 70%، أي ان نسبة 70% من المياه تعتبر مياه ملوثة باليورانيوم. ان المياه التي تحتوي على هذا المستوى من التراكيز تكون لها تأثيرات صحية سلبية على الأشخاص اللذين يستخدمونها (Kris, 1993)، كما ان عملية فرز تراكيز اليورانيوم بموجب هذا الحد تُبين ان نسبة 10% من المياه تحتوي على تراكيز تزيد عن 100 µg/l يورانيوم، ويعتبر هذا المستوى عالي جداً ويتطلب إجراء معالجة للمياه قبل استخدامها.

أظهرت هذه الدراسة ان مياه الآبار المائية الضحلة تكون غنية باليورانيوم أكثر من المياه العميقة، بسبب قرب المياه الضحلة من مصادر تغذية اليورانيوم وهي الصخور الفوسفاتية أو المعادن الثقيلة أو صخور تكوين الفرات. كما يكون تجدد هذه المياه واختلاطها مع المياه الجوفية الرئيسية ضعيفاً ومحدوداً، لذا تكون المياه محملة باليورانيوم أكثر من المياه الجوفية العميقة المرتبطة بالخزانات الجوفية الرئيسية. على هذا الأساس يتطلب الحذر من الاستخدام البشري لهذه المياه، وخاصة الآبار المحفورة يدوياً في الصخور الفوسفاتية أو الرملية والتي تحتوي على نسب عالية من المعادن الثقيلة مثل رمال تكوين العامج.

ان توزيع عنصر الراديوم وغاز الرادون في مياه العيون القيرية وترسباتها في الترب والمواد القيرية لمناطق هيت والعوازل وأبو جير وبتراكيز عالية جداً، سببت تلوثاً كبيراً في بيئة المنطقة، وبالتأكيد ستؤدي الى أضرار على الإنسان والمزروعات. ان أصل هذه العناصر هي المكامن النفطية المتواجدة في العمق، حيث خلال مياه العيون تصعد هذه المياه الى السطح وتنتشر وتتركز في التربة (Collins, 1975).

الاستنتاجات والتوصيات

- تزداد تراكيز اليورانيوم في مياه الآبار المائية الضحلة، لكون هذه المياه قريبة من المصادر الطبيعية لليورانيوم (الصخور الفوسفاتية وصخور تكوين الفرات)، وكذلك ضعف تجدد المياه واختلاطها مع المياه الجوفية الرئيسية، لذا ستبقى المياه محملة بأيونات اليورانيوم. أما اليورانيوم في المياه الجوفية العميقة، والتي تمر بمسافات طويلة وتختلط مع مصادر أخرى للمياه لذا ستقل تركيز اليورانيوم فيها.
- تراكيز اليورانيوم في مياه الآبار الضحلة عالية، حيث وصلت الى 261 µg/l، لذا يتطلب الحذر عند استخدامها لأغراض الشرب لكونها تزيد بحوالي 25 مرة أكثر من الحد الأعلى المسموح 20 µg/l والمعتمد من قبل وكالة حماية البيئة الأمريكية.
- تنتشر في المناطق المحاذية لغرب نهر الفرات عدد كبير من العيون، قسم منها تحتوي على تراكيز عالية من اليورانيوم تصل الى 50 µg/l كما في شثاثة وقسم منها تحتوي على الراديوم ومواد هيدروكاربونية. ان جميع هذه المياه تعتبر ملوثة وفق الحد المسموح وغير صالحة لسقي المزروعات، حيث ان البيئة العامة للمواقع تكون ملوثة باليورانيوم والراديوم والمواد الهايدروكاربونية، لذا يتطلب إجراء فحوصات لبعض ثمار وأوراق النباتات والمزروعات والنخيل وخاصة في مناطق هيت والعوازل وشثاثة، وذلك لتحديد مستوى تراكيز اليورانيوم في تلك النباتات.
- توصي هذه الدراسة إجراء معالجة مناسبة للمياه الجوفية أو مياه العيون التي تزيد تراكيز اليورانيوم فيها عن 100 µg/l والحذر من استخدام المياه التي تحتوي يورانيوم بين (20 – 99) µg/l.
- إجراء فحص جديد لمياه الآبار والعيون التي تزيد عن 20 µg/l يورانيوم في مناطق الصحراء الغربية والجنوبية لغرض تحديد التغييرات الحاصلة في مستوى محتوى اليورانيوم في تلك المياه.
- من الجدير بالإشارة إلى إن عدد نماذج المياه المدروسة قليلة جداً مقارنةً بالمساحة الشاسعة للمنطقة المدروسة، لذا يمكن اعتبار نتائج هذه الدارسة أولية وعلى أساسها يمكن إجراء دراسات هيدروجيوكيماوية تفصيلية لليورانيوم في المنطقة.

المصادر

القزاز، حكمت وعبد الحسن، علي، 1987. شواهد اليورانيوم في منطقة النخيب – البريت في الصحراء الجنوبية الغربية. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير داخلي رقم 1700.

النجم، نجم وعبد الواحد، خالد، 1982. المسوحات الراديومترية الإقليمية في الصحراء الغربية (الشاذة R_7)، منطقة عكاشات. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير داخلي رقم 1318.

النجم، نجم وسعد الله، نضال، 1987. التحري الاستكشافي عن الخامات المشعة في الصخور الفتاتية، وادي عامج. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير داخلي رقم 1701.

خضير، محمد وسعد الله، نضال، 1984. الاستكشاف الأولي عن اليورانيوم في منطقتي الحسينيات وشرق الرطبة. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير داخلي رقم 1685.

عبد الفتاح، هيثم، 1977. تقرير عن العمل المنجز في منطقة المعانية - واكصة. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير رقم 1670.

عبد القادر، وجدي والقزاز، حكمت والسامرئي، نوري ومهدي، محمد عبد الأمير، 1976. التحري والتنقيب عن المواد المشعة في الصخور الفوسفاتية، الرطبة. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير داخلي رقم 1953.

مهدي، محمد عبد الأمير والعطية، موسى والبصام، خلدون، 2005. العوامل الحاكمة في توزيع اليورانيوم في الطبقة الرئيسية الحاملة له في راسب أبو صخير. منطقة النجف. مجلة الجيولوجيا والتعدين العراقية، المجلد 1، العدد 2، ص 23 - 34.

Al-Atia, M., Mahdi, M.A., Al-Aboosy, M. and Rashid, M., 1977. Geochemical investigation on the Hit and Shithatha radioactive thermal springs. GEOSURV, int. rep. no. NGD55.

Al-Atia, M., and Mahdi, M.A, 1976. Reconnaissance Hydrogeochemical Survey for uranium in Southern and Western Deserts of Iraq. GEOSURV, int. rep. no. 1653.

Al-Bassam, K.S., 2007. Uranium in the Iraqi phosphorites. Iraqi Bull. Geol. Min., Vol.3, No.1, p. 13 – 31.

Al-Bassam, K.S., Mahdi, M.A. and Al-Delaimi, M.R., 2006. Contribution to the origin of the syngenetic uranium enrichment in the Early Miocene Carbonates of the Euphrates Formation, Iraq. Iraqi Bull. Geol. Min., Vol.2, No.2. p. 1 – 21.

Al-Jiburi, H.A. and Al-Basrawi, N.H., 2007. Hydrogeology, In: Geology of Iraqi Western Desert. Iraqi Bull. Geol. Min., Special Issue, p. 125 – 144.

Al-Jiburi, H.A. and Al-Basrawi, N.H., 2009. Hydrogeology, In: Geology of Iraqi Southern Desert. Iraqi Bull. Geol. Min., Special Issue, p. 77 – 91.

Collins, A.G., 1975. Geochemistry of Oil Field Water, Elsevier, Amsterdam.

Hamza, N., 2007. Geomorphology, In: Geology of Iraqi Western Desert. Iraqi Bull. Geol. Min., Special Issue, p. 9 – 27.

Kris, D.R., 1985. A survey of naturally occurring uranium ground water in Southwestern – North Dakota .State Department of Health.

Sissakian, V.K., 2000. Geological Map of Iraq, scale 1: 1000 000, 3rd edit. GEOSURV, Baghdad, Iraq.

Sissakian, V.K. and Mohammed, B., 2007. Stratigraphy, In: Geology of Iraqi Western Desert. Iraqi Bull. Geol. Min., Special Issue, p. 51 – 124.