تقييم الشواذ الإشعاعية المكتشفة في إقليم كوردستان العراق

محمد عبد الأمير مهدي* و مهل رشيد عبد الدليمي**

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

الكلمات الدالة: الخامات المعدنية، الشواهد الإشعاعية، زاكروس، المقتحمات الصهيرية، العراق

المستخلص

أظهرت نتائج الأعمال الجيولوجية والتنقيبية عن الخامات المعدنية المشعة التي نفذت خلال الفترة من 1971 – 1989 العديد من الشواهد الإشعاعية المهمة في مواقع مختلفة من مناطق نطاق اندفاعات زاكروس والنطاق المتراكب في الشمال والشمال الشرقي من إقليم كوردستان العراق. توجد احتمالات مشجعة لوجود تمعدنات للخامات المشعة المهمة إضافةً للمثبتة سابقاً في الإقليم. تكمن أهمية هذه الاحتمالات في، أولاً: الطبيعة الجيولوجية لنطاق الاندفاعات وما صاحبتها من ظواهر بنيوية كالصدوع المختلفة والصخور الملائمة لتكون الخامات المعدنية المشعة، حيث أصبحت الصدوع قنوات للمقتحمات الصهيرية السطحية والضحلة والصخور الحاضنة لها. ثانياً: ما عكسته تلك الظواهر الجيولوجية المختلفة من خلال احتوائها على شواذ إشعاعية عالية جداً في صخورها.

بينت نتائج الفحوصات الراديومترية والمعدنية والبتروغرافية وجود نشاط إشعاعي وصل إلى C/S 3500 وبتراكيز وصلت إلى 2640 ppm لليورانيوم و 30500 ppm للثوريوم في عروق كرانيتية - بغماتايتية، واكتشاف معادن مشعة في مواقع منطقة قلعة دزة (جبل شاخ رش، جبل ديبزة، نيسي، كاني ميوش وكيلي كيبوي) في صخور لعروق كرانيتية - بغماتايتية وصخور المرمر الاوليفيني والسربنتيني. ان أصل النشاط الإشعاعي قد يعود الى إحلال عنصر اليورانيوم بدلاً من بعض العناصر مثل الزركونيوم والكالسيوم في معادن البلاجيوكليس والبايروكسين.

أثبتت الدراسات السابقة ان الشواذ الإشعاعية مرتبطة بنوع محدد من الصدوع. وقد تكون الصدوع من النوع المهشمة وذات التفرعات الواسعة التي تسمح بمرور السوائل الحارة وتكوين التمعدنات.

ان نسبة تراكيز اليورانيوم الى الثوريوم عالية جداً في صخور مناطق قلعة دزة، بينما النسبة الثابتة الاعتيادية في الصخور الحامضية تكون 3:1، وهذا مؤشر لحدوث خلب وهجرة لليورانيوم خارج صخورها، باستثناء موقع ديبزة، حيث يمكن ان تكون الهجرة الى الداخل. كما إن هناك نشاطاً إشعاعياً تتراوح شدته بين (200 - 800) C/S حول مواقع صخور الكرانيت في منطقة بنجوين وبتراكيز لليورانيوم بحدود 40 ppm ومرتبط بزيادة في تركيز عنصر الحديد.

لم يظهر أي نشاط إشعاعي في مناطق جوارتة وماوات وكانت ضمن الخلفية الإشعاعية العامة وبحدود (20 - 50) C/S وبتراكيز تتراوح بين (0.2 - 3.5) ppm لليورانيوم. ظهرت شواهد إشعاعية في مناطق كلالة - رايات في الصخور الجيرية وصخور السجيل الأسود الحاوية على المواد الكاربونية وصلت بين (200 - 400) C/S وبمعدل تركيز وصل إلى 60 ppm في بعض عروق الفحم قرب قرية بارسرين و700 C/S في منطقة بانك شمال زاخو، وان النشاط الإشعاعي مرتبط بالمواد الكاربونية.

على ضوء النتائج الإشعاعية وأهميتها، تم استنتاج أهمية منطقة قلعة دزة من الناحية التمعدنية للخامات المشعة وارتباط تلك الشدة الإشعاعية بنوعية الصخور ونوع التصدع وعمقه. كما ظهر من خلال عمليات حفر الخنادق إن الإشعاعات لها امتدادات في العمق.

أوصت الدراسة بأجراء أعمال تنقيبية مفصلة وخاصة في منطقة قلعة دزة ودراسة أنواع الصدوع الحاضنة للخامات المشعة ومن ثم أجراء تحريات تحت سطحية بحفر آبار موجهة لمتابعة العروق الصخرية المشعة في العمق، وكذلك يمكن استخدام الطريقة الانبعاثية للرادون لتحديد مواقع التمعدنات تحت السطح واكتشاف الخامات المعدنية الدفينة المحتملة في العمق.

* خبير متقاعد، e-mail: m_altamimi4@yahoo.com

** رئيس جيولوجيين أقدم، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، ص. ب. 986، بغداد، العراق

ASSESSMENT OF RADIOACTIVE ANOMALIES IN KURDISTAN REGION, NORTH AND NORTHEAST IRAQ

Mohammed A. A. Mahdi and Muhal R. Al-Delaimi

ABSTRACT

The results of the geological exploration for the radioactive ore minerals, which were performed during the years 1971 – 1989, showed many interesting localities of radioactive anomalies, linked with thrust faults in N and NE of Kurdistan region, Iraq. There are many possibilities for the presence of interesting mineralizations of radioactive ore minerals, beside the previously proved anomalies. The importance of these mineralizations is referred to: Firstly: the geological nature of the thrust faults and their associations with favorable rocks for hosting radioactive ore minerals, (such as surfacial and shallow magmatic injections and their country rocks). Secondly: many geological evidences reflect high radioactive intensity in the involved rocks.

The radiometric, mineralogical and petrographical properties, showed some radioactive anomalies reaching up to 3500 C/S, with uranium and thorium concentrations, reaching up to 2640 ppm and 30500 ppm, respectively in veins of pegmatite – granite. Radioactive minerals had been discovered in some localities within Qalat Diza, like Jabal Shachi Rash, Jabal Dupezch, Kani Mewish, Nessi, Kelikaboy, as well as pegmatite – granite veins and marble – olivine, marble – serpentine rocks, with consistent enrichment of uranium in granite and other acidic igneous rocks. The enrichment may be partly due to diadochic substitution of uranium for zirconium. The results indicate that uranium in Qalat Diza localities migrated outside their host rocks, except in Dupezch locality, where the migration was towards inside of the rocks.

In Penjwin area, the radioactive intensity was measured to be in range of (200 – 800) C/S, with 40 ppm uranium concentration, which is related to the increase of iron concentration in the rocks. No interesting radioactive anomalies were detected in areas of Rayat – Galala and Zahko, except those identified in calcareous rocks and black shale, which reach up to 400 C/S, with 60 ppm uranium concentration in black shale, near Barsarin village, which is connected with organic materials.

As a result of these studies, it is concluded that the area of Qalat Diza is the most promising and interesting area for further exploration, the radioactive intensities are connected with the rocks nature, type of faulting and their extensions with depth. Therefore, it is recommended to execute detailed exploration, especially in Qalat Diza, to study types of the faults that hausted the radioactive ores and to execute subsurface exploration by oriented drilling to follow-up the radioactive rock veins, in depth. It is also possible to use the radon emission method to identify the subsurface mineralization localities to discover the possible minerals, in depth.

المقدمة

ان أهمية العمليات الاستكشافية والتنقيبية عن الخامات المعدنية المشعة التي نفذت في إقليم كوردستان العراق (الشكل 1)، تكمن في الطبيعة الجيولوجية لمنطقة نطاق الاندفاعات وصدوع زاكروس كونها تراكيب جيولوجية بنيوية تصاحبها ظواهر وصخور ملائمة لتكوّن الخامات المشعة، كالصدوع المختلفة والتشققات والتدفقات الصهيرية السطحية والضحلة والرسوبيات الفتاتية المتحولة المتاخمة للأجسام الصهيرية والأجسام الـگرانيتية والصخور النارية القلوية والأجسام الـگرانيتية – البغماتايتية، وكذلك الصخور الجيرية والطينية المتاخمة لصخور بركانية (عبد القادر وآخرون، 1971 و 1975). وقد عكست مناطق نطاق اندفاعات زاكروس ونطاق التراكب وجود بعض هذه الظواهر المتكونة في إقليم كوردستان العراق.

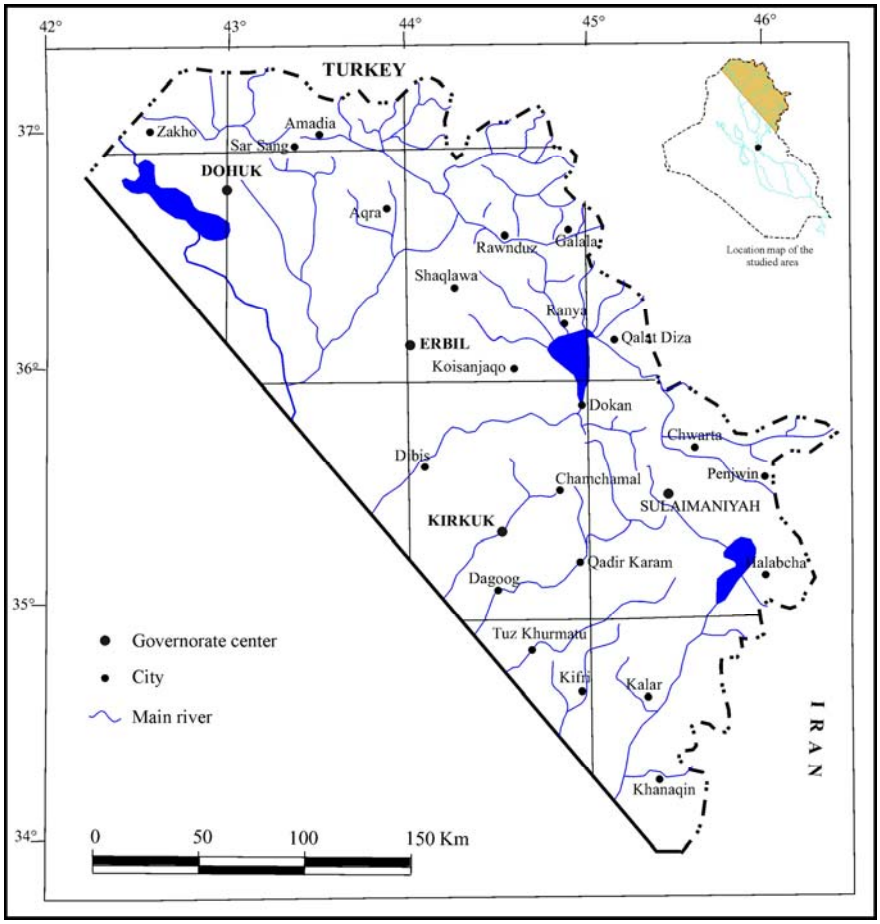
ونتيجة لهذه الدراسات الأولية خضعت مناطق كوردستان إلى سلسلة من العمليات الاستكشافية والتنقيبية عن الخامات المعدنية المشعة. إن أولى الدراسات الجيولوجية تمت من قبل شركة النفط العراقية (IPC) في مواقع أنطقة

الاندفاعات والطيات وأعمال الشركة الإنكليزية (Site Investigation Co.) (Bolton, 1955)، ثم دراسة Polnikov and Nikolalev (1962)، حيث أوصت بدراسة صخور السجيل الكاربوني الأسود في منطقة بارسرين (في قضاء راوندوز) وفي زاخو.

إن أهم وأوسع أعمال التحريات الإشعاعية والمعدنية هي تلك التي نفذت من قبل قسم الجيولوجيا النووية في منظمة الطاقة الذرية العراقية للجزء الشمال الشرقي من إقليم كوردستان وبعض مواقع الطيات المتموجة للفترة من 1971 لغاية 1989 (الشكل 1) وكما يلي:

عبد القادر وآخرون (1971) في منطقة قلعة دزة، العاني وآخرون (1972) في منطقة جوارتة وماوت، القصاب وآخرون (1972) في منطقة قلعة دزة، القزاز وآخرون (1972) في منطقة بارسرين ومحمد وآخرون (1977) في منطقة قلعة دزة، العطية وآخرون (1976) في منطقة قلعة دزة، عبد القادر وآخرون (1975) في منطقة قلعة دزة، الهرمزي وآخرون (1976) في منطقة قلعة دزة والشبل وكتانة (1974) في منطقة بنجوين. أظهرت نتائج التحريات المعدنية وجود مؤشرات جيولوجية عديدة تساعد في تكوين تمعدنات مشعة في المنطقة، حيث تم تحديد عدد كبير من الشواهد الإشعاعية ذات الشدة الإشعاعية العالية والتي تحتوي على تراكيز عالية للثوريوم واليورانيوم وبعض التمعدنات لمعادن مشعة.

ان الدراسة الحالية ركزت على عرض نتائج الأعمال السابقة ومناقشتها لغرض إبراز أهميتها وتحديد بعض الاحتمالات المشجعة لأماكن وجود تمعدنات الخامات المشعة، ثم دراسة بعض النتائج التي تركت بدون مناقشة وتفسير، مثل ارتباط الشواذ الإشعاعية بأنواع محددة من الصدوع لم تذكر الدراسات السابقة طبيعتها، وكذلك الاختلاف الكبير في توازن قيم نسب وجود اليورانيوم الى الثوريوم في الصخور الحاضنة لها وذلك بهدف وضع خطط دقيقة لمتابعة التحريات المعدنية السابقة وتنفيذ التوصيات التي جاءت في الدراسات المختلفة.



شكل 1: مواقع التحريات المعدنية والتنقيبية في منطقة الفوالق من إقليم كوردستان العراق

جيولوجية منطقة اندفاعات زاكروس

أن منطقة إقليم كوردستان تقع ضمن نطاق اندفاعات زاكروس والرصيف غير المستقر الذي يمثل الجزء المنخفض من الصفيحة العربية، حيث حدث هذا الانخفاض خلال العصر الجوراسي المتأخر وبلغ أقصاه خلال العصر الطباشيري المتأخر خلال انزلاق الاوفيولايت على الأطراف الشمالية الشرقية للصفيحة العربية أثناء التصادم القاري في الباليوسين الأوسط بين الصفيحة العربية والأوروسية، لذا يتميز الرصيف غير المستقر بتغير السحنات واتجاه التراكيب التي تكون موازية الى نطاق اندفاعات زاكروس كما تتميز الطيات بسطوحها المتنوعة وتتألف المنطقة من الانطقة التالية (Jassim and Goff, 2006) (الشكل 2):

– نطاق الطيات الواطئة
– نطاق الطيات العالية
– نطاق المتراكب
– نطاق التحام زاكروس

سيتم التركيز في هذه الدراسة على جيولوجية منطقة نطاق اندفاعات زاكروس لتعرضها لعمليات بنيوية مختلفة نتيجة التصادم القاري وظهور التصدعات المختلفة في الصخور والمقتحمات الصهيرية والصخور البركانية والمتحولة، حيث أن جميعها تساعد على تكوين تمعدنات مختلفة. تكونت منطقة وحدات التحام زاكروس ضمن بحر التيثس الجديد التي زحفت فوق الصحيفة العربية خلال مرحلتي التصادم والانزلاق التي حدثت في العصر الطباشيري المتأخر والباليوسين الأوسط.

حددت ثلاث أنطقة بنيوية ضمن منطقة العمل (Jassim and Goff, 2006) وهي (من الجنوب الغربي):

- **نطاق كلكلة – خواكورك**

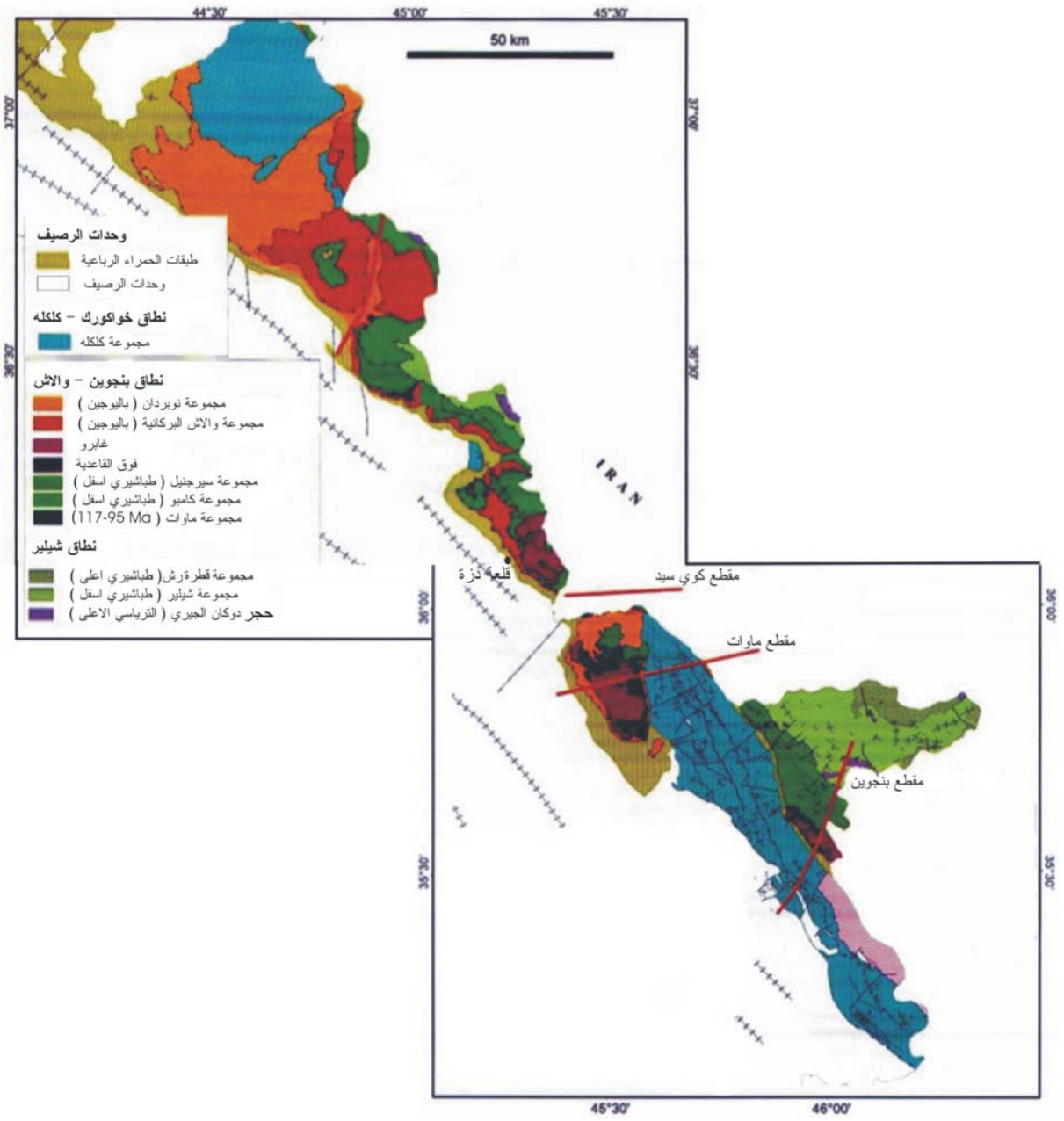
يشكل الوحدات الجنوبية من التيثس الجديد، حيث تعرض الى الطي الشديد والانزلاق والتحم بالصحيفة العربية خلال الطباشيري الأسفل. يحتوي النطاق على ترسبات سحنات المياه العميقة مثل الراديوليريا - الصوان، الأطيان والحجر الجيري مع ازدياد نسب المواد البركانية القاعدية في الشمال الشرقي ووجود المدملكات في الأجزاء العليا. يتميز النطاق بطيات متناسقة مقطوعة بصدوع عكسية. تظهر في هذا النطاق ثلاث تكشفات منفصلة وهي:

— تكشفات بين منطقة خواكورك في الشمال الغربي ومنطقة حلبجة في الجنوب الشرقي، وتتكون من صخور بركانية قاعدية وصخور فوق قاعدية مرافقة مع الراديوليريا - الصوان. منطقة التكشف تمثل الوحدة المركزية ضمن التيثس الجنوبي.
— تكشفات صغيرة (تمثل مجموعة كلكلة) قرب كلكلة شمال قلعة دزة ويتكون من صخور الراديوليريا - الصوان، الحجر الجيري والمدملكات وعدم تواجد المواد البركانية.
— تكشفات ذات امتدادات كبيرة، تقع بين ماوات في الشمال الغربي ونهر سيروان قرب حلبجة في الجنوب الشرقي. تتكون مجموعة كلكلة في هذه المنطقة بشكل رئيسي من صخور رسوبية مع بعض المواد البركانية باتجاه الشرق، التي تكون منزلقة فوق الصفيحة الكاربونية الجوراسية والطباشيرية.

تعرض هذا النطاق للتشويه خلال عصر السينومينيان مع طي شديد وارتفاع الأنطقة الداخلية الشرقية، بدلالة وجود ترسبات المدملكات مع حصى الصوان. حدث أقصى انزلاق خلال الكامبينيان والماستريختيان، حيث نتج عن ذلك طي متماثل وزحف وترسيب الفليش. انخفض جانبي الكتل المنزلقة خلال الماستريختيان المتأخر والباليوجين مع ترسيب سلسلة الطبقات الحمراء الفتاتية. وبصورة عامة ان النطاق تحرك بحدود 15 كم فوق نطاق بالمبو - تانجيرو. كما ان عمق القاعدة قبل الكامبيري في النطاق يبلغ 14 كم (Jassim and Goff, 2006).

- **نطاق بنجوين – والاش**

يتألف من تعاقب صخور رسوبية – بركانية تكونت خلال العصر الطباشيري موزعة في التيثس الجديد وقوس الباليوجين البركاني مع الصهير القاعدي المتكون في نهاية انغلاق بحر التيثس. لذا يمثل النطاق بقايا التيثس الجديد الذي كان زاحفاً فوق الصحيفة العربية خلال المايوسين – البلايوسين. يشكل النطاق حزاماً على طول الحدود العراقية – الإيرانية ويكون زاحفاً فوق نطاق كلكلة – خواكورك أو نطاق بالمبو – تانجيرو. تتمثل معظم تعاقب ترسبات الميسوزويك بالعصر الطباشيري، وهو يتألف من تعاقب طبقات طينية وكاربونية مع بركانية وفتاتية متحولة خلال العصر الطباشيري المتأخر، وأحياناً خلال عمليات التحول الحراري للصخور قرب أجسام الغابرو، وان المواد البركانية والمقتحمات الصهيرية هي قاعدية.



شكل 2: خريطة جيولوجية لمنطقة نطاق التحام زاكروس (Jassim and Goff, 2006)

ان هيئة التراكيب لنطاق بنجوين – والاش هي عبارة عن صفائح اندفاعية زاحفة وبعض الأحيان مقطوعة بواسطة الصدوع العكسية، حيث تكون الوحدات الطباشيرية أحادية التحدب أو بشكل قبب كبيرة، أينما وجدت مقتحمات صهيرية. كما ان وحدات الترسبات الرباعية تكون شديدة الطي مكونةً تراكيب كبيرة. ان وحدة والاش البركانية تحتوي موقعياً على فوهات بركانية كبيرة (Jassim and Goff, 2006). النطاق يحتوي على ثلاث صفائح اندفاعية زاحفة، وتركيبياً تكون السفلى ناوبردان، والوسطى والاش والعليا قنديل وهذه تحتوي على صخور نارية قاعدية.

▪ **نطاق شلير (سناندج - سيرجان)**

ان نطاق شلير جزء مكمل لنطاق سناندج – سيرجان في إيران، ويتألف من الصخور المتحولة (ما قبل البيرمي الأعلى)، حيث تكون في العراق مغطاة بالصخور الرسوبية وصخور الاانديسايت البركانية ذات العمر الجوراسي – الطباشيري المتأخر، ان هذه الصخور متراكبة مع الصخور الجيرية ذات العمر الترياسي المتأخر. ان معظم الصخور المتحولة في النطاق تكوّن تركيبياً أعلى الصفائح الزاحفة في العراق. ان تكشفات النطاق في وادي شلير، شمال شرق مدينة بنجوين، هي تكشفات صغيرة ومعزولة تكوّن الصفيحة الزاحفة على امتداد الحدود العراقية – الإيرانية في جبل قنديل، شمال شرق قلعة دزة. ان الصخور الطباشيرية في هذا النطاق متأثرة بدرجة تحول واطئة. يتميز تركيب النطاق بوجود طية محدبة كبيرة وتكون ترسبات الألبيان مع تراكب صخور من العصر الترياسي في لب الطية وصخور من عمر الألبيان – السينومانيان على جانبي الطية.

الصخور المتكشفة

ان أنواع الصخور المتكشفة في مناطق الدراسة هي:

▪ **منطقة بنجوين**

يؤلف وادي شلير طية محدبة غير متناظرة باتجاه الجنوب، واللب المتعري من هذا التحدب يؤلف الصخور الموجودة في وادي شلير نفسه حيث يتكون من صخور الفيلايت والشيست لمجموعة قنديل (الطباشيري المبكر). أما المنحدرات الشاهقة في الشمال والجنوب من وادي شلير فتتألف من صخور بركانية لمجموعة والاش (الايوسين – الباليوسين) وعدد من الأجسام الـگرانيتية المتكشفة خلال مناطق التماس (عبد القادر وآخرون، 1971).

▪ **منطقة جوارتة - ماوات**

توجد صخور گرانيتية قلوية عند قرية بيت فات في منطقة جوارتة متخللة صخور قاعدية وفوق قاعدية متكونة من كابرو وبريدوتايت وبايروكسينايت. أما في منطقة ماوات، فيوجد جسم گرانيتي واحد الى الشرق من قرية جاخلة ويوجد ضمن صخور مجموعة والاش. ان الصخور المحاذية لهذا الجسم هي بريدوتايت في مناطق جبل شاخ رش، وادي نيسي، كاني ميوش، نيسي، ديبزة وصخور جيرية ورخام وأراغونايت (العاني وآخرون، 1972).

▪ **منطقة قلعة دزة**

تغطي الصخور التابعة لمجموعة قنديل أغلب المناطق حول قريتي هيرو وهالشو لغاية الحدود العراقية – الإيرانية، حيث تتألف من صخور قاعدية ومتحولة تخترقها صخور نارية حامضية الى متوسطة. أما مجموعة والاش التي تتألف من صخور بركانية فتشغل مساحة ضيقة الى الغرب من منطقة قلعة دزة، وهي صخور نارية فوق قاعدية تشمل الدونايت والبايروكسينايت والسربنتينايت والرخام. أما الصخور القاعدية فأغلبها غابرو وامفيبولايت ونايس وصخور متوسطة مثل الدايورايت والسيانايت وصخور حامضية إضافة الى الشيست والفيلايت (عبد القادر وآخرون، 1975).

▪ **منطقة كلالة – رايات**

توجد صخور بركانية حامضية وصخور السجيل الكربوني (الجوراسي) في منطقة النطاق المتراكب جنوب نهر راوندوز. تعود الصخور البركانية الى مجموعة الناوبردان وصخور السجيل الأسود الى تكوين بارسرين. كما ان هنالك صخور متحولة من الفيلايت والشيست والرخام وغيرها. إضافة الى ذلك، تتخلل هذه الصخور مقتحمات للسيانايت والدايورايت، ولا توجد صخور كرانيتية في هذه المجموعة (عبد القادر وآخرون، 1971). توجد صخور السجيل الأسود عند نهر راوندوز تتخللها صخور جيرية متدلمتة وأحزمة رقيقة من الفحم وطبقات من الصخر الرملي كما ظهرت نفس هذه المجموعة عند قرية بارسرين، حيث تعود هذه الصخور الى تكويني بارسرين وناوكليكان (عصرالجوراسي المتأخر) (القزاز وآخرون، 1972).

النتائج

بينت العمليات الجيولوجية والاستكشافية التنقيبية عن الخامات المشعة في إقليم كوردستان العراق نتائج مهمة جديرة بالمناقشة والتفسير في مواقع عديدة (الجدولين 1 و 2 والشكلين 3، 4) وهي:

- **منطقة قلعة دزة**

— إن الصخور الموجودة على المنحدر الشمالي الشرقي لجبل شاخي رش تحوي شواذ إشعاعية عالية وصلت الى C/S 3500 في عروق كرانيتية – بغماتايتية في صخور حاضنة تتكون من النايس (Gneiss) وتتخللها صخور الدايورايت والمونوزايت، كما تم اكتشاف معدن مشع جديد سمي "Iraqite"، وجد في أماكن التماس بين صخور گرانيتية خشنة التبلور مع الرخام الدولومايتي غير النقي والحاوي على الاوليفين والدايوبسياد في جبل شاخ رش في منطقة هيرو (الهرمزي وآخرون، 1975). ان المعدن الجديد هو ذو لون اصفر مخضر فاتح، وزنه النوعي 2.9 وصلابته 4.5 وذو تركيب كيميائي:
(SiO_2 51.7%، Fe_2O_3 0.27%، MgO 0.02%، CaO 12%، ThO_2 24.6%، U_3O_8 0.68%، Na_2O 0.27%، K_2O 2.76%، PbO 0.35%، CuO 0.07%، ZrO_2 0.17%، H_2O 3.5%، F 0.07%، SO_3 0.35%، CO_2 1.0%، P_2O_5 0.01%).

— بعض صخور جبل كيلي كيبوي تتألف من الرخام السربنتيني المرافق للدونايت، ذات نشاط إشعاعي بلغ C/S 700 بالمقارنة مع الخلفية العامة (C/S 50) وبتراكيز وصلت الى 24 ppm لليورانيوم و 860 ppm للثوريوم.

— يوجد موقع في جبل ديبزة، يقع بحدود 5.5 كم الى الشمال من قرية هيرو تتكون صخوره من الرخام الأوليفيني. توجد بعض المواقع ذات شدة إشعاعية بلغت C/S 2700 بالمقارنة مع الخلفية الإشعاعية العامة (C/S 50) وبتراكيز تصل الى 830 ppm لليورانيوم ولا يحتوي على الثوريوم في صخور الرخام والدونايت والبايروكسينايت.

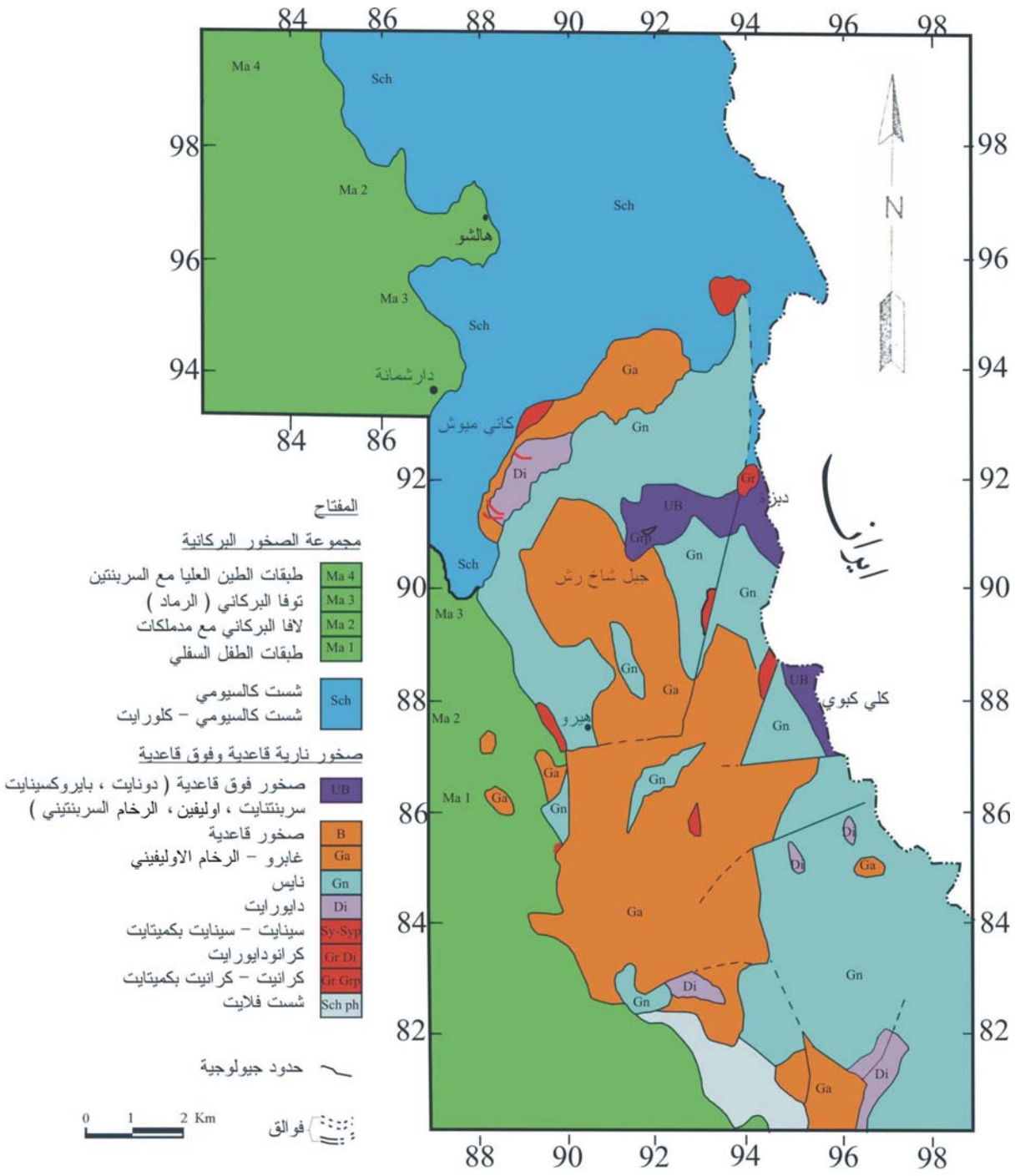
— منطقة كاني ميوش، تقع على بعد 1 كم شمال شرق قرية بيلكو. ان الصخور الحاضنة للمواد المشعة هي عروق بسمك (50 - 100) سم تمتد إلى اكثر من 70 متر لمعادن الفلدسبار والأنورثوسايت وربما أيضاً السيانايت البغماتايتي. وصلت شدة الإشعاع إلى C/S 3000 بالمقارنة بالخلفية الإشعاعية العامة للصخور المحيطة التي بلغت C/S 40 وبتراكيز تصل إلى 513 ppm لليورانيوم و 500 ppm للثوريوم.

جدول 1: توزيع النشاط الإشعاعي في صخور منطقة قلعة دزة العائدة لمجموعتي قنديل و والاش (عبد القادر وآخرون، 1971 و 1975، القزاز وآخرون، 1976 والهرمزي وآخرون، 1976)

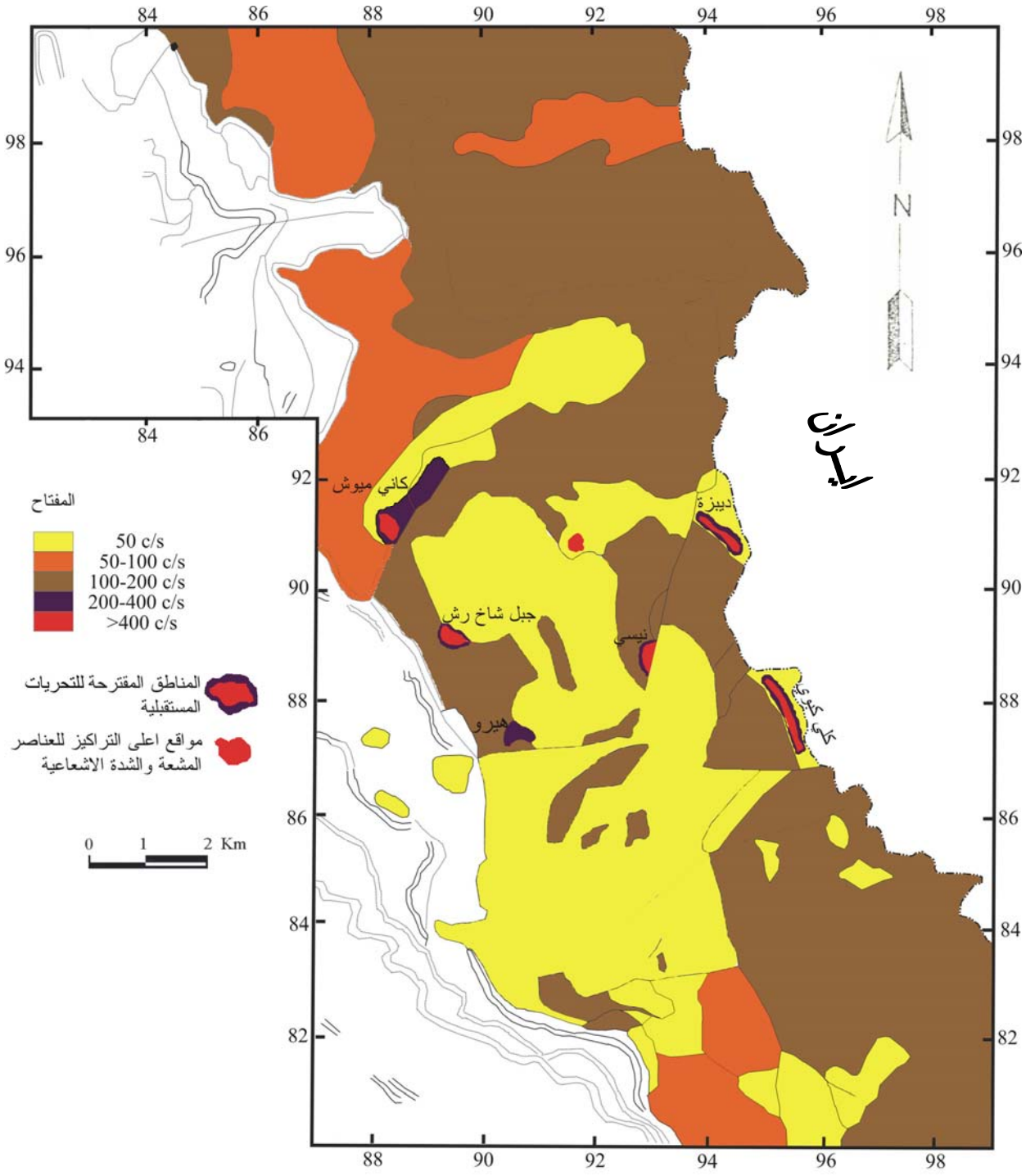
الشدة الإشعاعية أقل من C/S 50 ضمن الخلفية الإشعاعية العامة	**نوع الصخور**	أمفيبولايت	غابرو	دايورايت	رخام نقي	صخور فوق قاعدية
	الشدة الإشعاعية (C/S)	30	30	33	35	20
الشدة الإشعاعية واطئة بحدود C/S 60	**نوع الصخور**	شيست كالسيومي			نايس وهورنفليس	
	الشدة الإشعاعية (C/S)	60			75	
الشدة الإشعاعية متوسطة C/S (200 –100)	**نوع الصخور**	شيست		فلايت	سيانايت ونايس	
	الشدة الإشعاعية (C/S)	130		165	125	
الشدة الإشعاعية عالية أعلى من (C/S) 200	**نوع الصخور**	رخام أوليفيني		رخام سربنتيتي	عروق أنورثوسايت وسيانايت - بغماتايتية وگرانيت - بغماتيتية	
	الشدة الإشعاعية (C/S)	1400 - 1200		1400 - 700	3500	

جدول 2: تراكيز اليورانيوم والثوريوم في الصخور المشعة في مواقع قلعة دزة
(الهرمزي وآخرون، 1976 وعبد القادر وآخرون، 1975)

الموقع	رقم النموذج	اليورانيوم ppm	الثوريوم ppm	نوع الصخور المشعة	الصخور النارية المرافقة	ملاحظات
نيسي (قلعة دزة)	II	650	3140	رخام أوليفيني - گارنت- دونايت	دونايت	رخام أوليفيني (المعدن المشع يورانوثورايت)
	I	1010	10170			
	5a	2640	8830			
	5b	1250	7530			
	ro	1590	8550			
جبل ديبزة (قلعة دزة)	A1	307	لايوجد	رخام أوليفيني - گارنت	دونايت	رخام أوليفيني مع وجود عروق مختلفة
	AB	650		رخام أوليفيني		
	A5	830				
	A10	210				
	A13	230				
	At	432				
جبل شاخ رش (قلعة دزة)	D1	845	50	صخر اخضر	صخور فوق قاعدية	عروق رقيقة عالية الإشعاع جداً
	D2	6	226	زيوسايت نايس		
	A1	750	30500	عروق لصخور گرانيتية - بغمتاياتية في الرخام		
	A2	850	27300			
	A3	38	470			
كيلي كبوي	3a	148	160	رخام أوليفيني	بايروكسينايت	رخام سربنتيني
(قلعة دزة)	A1	4.2	180	رخام سربنتيني	دونايت	مرافق للدونايت ومشابه لصخور
	AB	5.5	24			
	A12	24	860	رخام سربنتيني	دونايت	ديبزة
	At	4.7	260			
	A5	113	825			
كاني ميوش (قلعة دزة)	C15	67	250	أنورثوسايت – بغماتايت	دايورايت – اوليفين غابرو ودونايت	عروق لمعادن الفلدسبار والانورثوسايت
	C16	103	630	سينايت- بغماتايت		
	C23	118	250			
	C25	613	500			
	C18	222	50			



شكل 3: خريطة توزيع أنواع الصخور في منطقة قلعة دزة (هيرو – هالشو) (عبد القادر وآخرون، 1975)



شكل 4: خريطة راديومترية في قلعة دزة (عبد القادر وآخرون، 1975)

— منطقة وادي نيسي، تقع الشاذة على بعد 3.5 كم شمال شرق قرية هيرو، حيث ترتبط بسطوح التصدعات في صخور المرمر الأوليفيني. بلغت أقصى شدة إشعاعية بحدود C/S 1200 وبتراكيز تصل إلى 2640 ppm لليورانيوم و10170 ppm للثوريوم، كما أظهرت الفحوصات إن تراكيز الثوريوم أعلى بكثير من تراكيز اليورانيوم، عرض الشاذة بحدود 1 متر. تم التأكد بشكل واضح ان منطقة قلعة دزة حدثت فيها كثير من الإندفاعات لصخور قاعدية بغماتايتية في صخور الأم والتي تتكون من سايانايت، نايس، بايروكسينايت، سربنتين ودونايت. ان النشاط الإشعاعي مرتبط مع هذه الاندفاعات بالصخور التي تكون على شكل عروق. وتبين ان صخور السايانايت - البايروكسينايت القاعدية والدونايت تتميز بإشعاع عالي (القزاز وآخرون، 1976).

- **منطقة بنجوين،** لقد أفرزت منطقة دمامنة في بنجوين نشاط إشعاعي يتراوح بين (200 - 800) C/S وبتراكيز لليورانيوم تصل الى 40 ppm في صخور الكرانيت، وأظهرت الدراسات المعدنية إن التراكيز العالية لليورانيوم ترتبط بزيادة أوكسيد الحديد (الشبل وكتانة، 1976).

- **مناطق جوارتة وماوات،** لم تظهر الصخور الـگرانيتية أي نشاط إشعاعي متميز، فهي ضمن الخلفية الإشعاعية التي تتراوح بين (25 - 30) C/S ولاتتجاوز تراكيز اليورانيوم في صخور المنطقتين عن 3 ppm، وهي أقل من المعدل بالنسبة لصخور الـگرانايت (العاني وآخرون، 1976).

- **منطقة راوندوز،** قرب قريتي بارسرين وناوكليكان. ظهرت شواذ إشعاعية واضحة في الصخور الجيرية الدولومايتية وصخور السجيل الأسود الحاوية على المواد الكاربونية، حيث تراوحت شدة النشاط الإشعاعي بين (200 - 400) C/S وتراكيز اليورانيوم فيها تراوحت مابين (20 - 100) ppm وبمعدل 60 ppm في عروق رقيقة من الفحم (القزاز وآخرون، 1976). كما إن الشدة الإشعاعية في مناطق رايات وكلالة كانت ضمن الخلفية الإشعاعية العامة (عبد القادر وآخرون، 1971).

- **منطقة زاخو،** في موقع قرب قرية بانك، تبين وجود شواذ إشعاعية وصلت الى 700 C/S في صخور السجيل الأسود الذي يحتوي على مواد كاربونية وفيها نسبة عالية من القير (خليف وياسين، 2006).

- أظهرت الدراسات المختلفة وخاصة في منطقة قلعة دزة وجود ثلاثة نظم للتصدع، وان النشاط الإشعاعي والتمعدن لا يرتبط بجميعها ولكن ارتباطه محدد بنوع معين قد يعود الى مصدر وعمق التصدع.

- أثبتت الدراسات ان الرخام الذي يحتوي على نشاط إشعاعي يتميز بوجود تراكيز لبعض العناصر مثل Sr، Y، Zr و Nb.

- أثبتت الدراسات البتروغرافية والمعدنية ان هناك انتشار لحبيبات سوداء داكنة في العديد من صخور مناطق شاخ رش وكاني ميوش ذات نشاط إشعاعي عالي لم يتم التعرف عليها وتحديد سبب نشاطها الإشعاعي.

- أكدت الدراسات الجيوكيميائية الموجهة في منطقة قلعة دزة (هيرو – هالشو) من خلال 530 نموذج لترسبات ومياه الأنهار والترب ومياه العيون، إن تراكيز اليورانيوم في ترسبات الوديان تتراوح بين (15 - 400) ppb وبمعدل 40 ppb وفي مياه الوديان تتراوح بين (0.1 - 8.4) ppb وبمعدل 1.5 ppb وفي مياه العيون تتراوح بين (0.2 – 4.2) ppb وبمعدل 0.3 ppb، مقارنةً بتراكيز اليورانيوم في مياه الأنهار التي تبلغ 0.5 ppb حسب Koczy *et al.* (1963) في عبد القادر وجاسم (1985). وتم تثبيت 17 شاذة إشعاعية، حيث كانت 5 من ضمن مواقع الشواذ القديمة، وتشير الدراسة إن سبب الإشعاع يعود إلى مصادر مشعة في العمق (العطية وآخرون، 1976).

المناقشة

تم مناقشة عدد من المحاور التي لها علاقة في تكوين الخامات المعدنية المشعة في مناطق إقليم كوردستان العراق وحسب المعلومات المستنبطة من هذه الدراسة:

- **الطبيعة الجيولوجية**

تتكون منطقة نطاق اندفاعات زاكروس من شريط طولي ضيق في أقصى الشمال والشمال الشرقي من العراق (الشكل 1). تكمن أهمية المنطقة من الناحية التمعدنية بكونها تعرضت لمرحلتي التصادم والانزلاق خلال العصر الطباشيري المتأخر - الباليوسين الأوسط بين الصفيحتين العربية والإيرانية (Jassim and Goff, 2006) وانعكس ذلك على ظهور تراكيب وظواهر جيولوجية بنيوية وآثار لعمليات مختلفة، مثل أنظمة صدوع مختلفة ومن خلالها ظهرت مقتحمات صهيرية سطحية وضحلة وعميقة كالأجسام الـگرانيتية - البغماتايتية وعروق وصخور بركانية ومتحولة (عبد القادر وآخرون، 1971 و 1975). أكدت نتائج الدراسات السابقة ان الشواذ التمعدنية الإشعاعية مرتبطة ببعض أنواع الصدوع وليس جميعها (عبد القادر وآخرون، 1975)، ولم تحدد الدراسات السابقة طبيعة هذه الصدوع ولا أسباب هذا الارتباط، ولكن بعض الدراسات العالمية الحديثة في بعض المناطق التمعدنية الإشعاعية، كما في جنوب الصين، بينت بأن الصدوع الملائمة في نقل وتوزيع المحاليل الصهيرية الحارة وتهيئة المتطلبات اللازمة لتكوين الخامات المعدنية ومن ضمنها الخامات المشعة، هي الصدوع المتدرجة - المهشمة والصدوع ذات التراكيب المفلطحة والمتفرعة وكذلك الصدوع ذات الرؤوس المتعددة، وذلك لكون هذه الصدوع تحتوي على فراغات كثيرة وتكون أكثر مسامية مما يسهل عملية انتقال وتوزيع السوائل الصهيرية الصاعدة والمياه الجوفية النازلة وبالتالي حدوث خلط هذه السوائل وخلق بيئة جيوكيميائية ملائمة تساعد على تكوين التمعدنات ومنها الخامات المشعة (Jianwei *et al*., 2002).

- **توزيع النشاط الإشعاعي ومسبباته**

إن اليورانيوم في صخور القشرة الأرضية يزداد بصورة عامة في الصخور الحامضية، (Rogers and Adams, 1969) وان معدلات تراكيز اليورانيوم في هذه الصخور، حسب Bowies (1970) في القزاز وآخرون (1976) هي: 3.5 ppm لليورانيوم في الصخور النارية الحامضية و 1.8 ppm لليورانيوم في الصخور النارية المتوسطة و 0.8 ppm لليورانيوم في الصخور النارية القاعدية و 0.03 ppm لليورانيوم في الصخور النارية فوق القاعدية. ان ضعف تركيز اليورانيوم في الصخور النارية القاعدية يعود الى كبر حجم الأيون والتكافؤ الرباعي لأيون اليورانيوم الذي يسبب صعوبة في تكوين المتطلبات اللازمة لزيادة تركيزه في الصهير (Mckelvey *et al.*, 1956) حيث ان اليورانيوم لا يترسب كمعدن مستقل ولا تحدث عملية التبادل المتماثل في البلاجيوكليس والصخور الأخرى المكونة للمعادن، لذا فأن تركيز وتمعدن اليورانيوم يمكن أن يكون في المراحل الأخيرة من التبلور الصهيري.

تحتضن منطقة نطاق إندفاعات زاكروس في إقليم كوردستان على جميع هذه الأنواع من الصخور النارية (فوق القاعدية والقاعدية والمتوسطة والحامضية) وإن جميع هذه الصخور متداخلة مع الصخور المتحولة. كما أن المنطقة تعرضت لعمليات بنيوية عديدة ومقتحمات صهيرية مختلفة عبر عدد من أنظمة الصدوع المختلفة في النوع والعمق والتي بدورها أدت إلى تمعدنات مهمة وخاصة المواد المشعة (ساسربودا، 1975).

أظهرت الفحوصات الراديومترية والفحوصات المعدنية والبتروغرافية إن المواقع المدروسة في منطقة قلعة دزة تتميز بوجود نشاط إشعاعي عالي جداً، وخاصة في مواقع شاخ رش وكاني ميوش ونيسي وديبزة، حيث تراوحت الشدة الإشعاعية بين (700 - 3500) C/S مقارنةً بالخلفية الإشعاعية العامة للصخور المحيطة التي تتراوح بين (20 - 50) C/S وبتراكيز للعناصر المشعة وصلت إلى 2640 ppm لليورانيوم و30500 ppm للثوريوم (الجدولين 1 و 2) (عبد القادر وآخرون،1971 و1975).

أثبتت الدراسة المعدنية والبتروغرافية ارتباط هذه الشواذ الإشعاعية في المواقع المذكورة بصخور الرخام الاوليفيني وعروق الصخور الـگرانيتية – البغماتايتية الموجودة في بعض أنواع التصدعات وليس جميعها وفي مواقع التماس مع الصخور الحاضنة وهذا قد يعود إلى نوع التصدع وعمقه (Li Jianwei *et al*., 2002) وكذلك لأسلوب ومتطلبات التمعدنات التي حصلت. ان تراكيز الثوريوم أعلى بكثير من اليورانيوم في هذه العروق (جدول 2) بينما تبلغ النسبة الاعتيادية في الصخور الـگرانيتية في البيئة الجيولوجية المغلقة 3:1 (Rogers and Adams,1969). إن هذا التوازن في نسبة Th/ U تنشأ عادة خلال تكون أطوار المعادن المختلفة خلال المراحل المتأخرة من عملية التجزئة الصهيرية، عندما تتغير الظروف باتجاه البيئة التأكسدية التي تؤدي الى تغير تكافؤ اليورانيوم من U^{+4} الى U^{+6}، حيث ان الأخير يكون سريع الذوبان في المحاليل السائلة، بينما الثوريوم ذو التكافؤ الرباعي ثابت ولا يتأثر بالظروف التأكسدية ولا يذوب، لذا يتم فصل اليورانيوم عن الثوريوم في المحاليل الحارة وخلال مراحل الصهير المتأخر، وعليه فإن التفاوت في درجة الإذابة للعنصرين سوف يؤدي الى التفاوت في نسبة التبلور البغماتايتية وفي العروق (Adams *et al*., 1959). ان نسبة تراكيز اليورانيوم الى الثوريوم في مواقع قلعة دزة عالية جداً مقارنةً بالنسبة الاعتيادية التي تبلغ 3:1، حيث وصلت

النسبة الى أكثر من 40:1 في بعض النماذج لصخور المنطقة، ان هذه النسبة العالية قد تعود الى وجود معادن للثوريوم (القزاز وآخرون، 1976)، وان المعدن الرئيسي المشع يرجح ان يكون يورانوثورايت (محمد وجميل، 1976).

ان الدراسة الحالية تقترح احتمالية وجود سبب آخر في عدم توازن قيم النسبة بين اليورانيوم والثوريوم والذي يعود الى خلب وهجرة اليورانيوم من صخوره بعد المرحلة الصهيرية المتأخرة. لذا يمكن اقتراح استخدام نسبة Th/ U كمقياس جيوكيميائي جيد لدراسة هجرة اليورانيوم وترسيبه في أماكن أخرى (NMA, 1999)، واعتبار الثوريوم كدالة لدراسة هجرة اليورانيوم، كونه ثابت ولا يتأثر بالظروف التأكسدية، لذا فأن أي إخلال في توازن نسبة Th/ U في الصخور الحاضنة يمكن اعتباره إعادة توزيع لليورانيوم بعد المرحلة الصهيرية المتأخرة، سيما ان أنصاف أعمار اليورانيوم والثوريوم طويلة جداً لذا يمكن اعتبار نسبة Th/ U اصلية في بيئة مغلقة (Abu-Deif *et al*., 2001)، وعلى أساس ذلك يمكن اعتبار اليورانيوم في مواقع قلعة دزة قد تعرض الى عمليات خلب وهجرة واسعة خارج الصخور الحاضنة له باستثناء موقع ديبزة الذي تعرض الى هجرة باتجاه الصخور الحاضنة.

بينت الدراسات السابقة إن شدة الإشعاع تزداد بازدياد العمق من خلال حفر الخنادق، مما يرجح وجود مكامن لتمعدنات معدنية مشعة في العمق، وهذا ما أكدته المسوحات الجيوكيميائية الموجهة من خلال وجود تراكيز لليورانيوم في مياه العيون وصلت الى 14 مرة أكثر من معدله (العطية وآخرون، 1975).

تصل شدة الإشعاع في جبل شاخ رش إلى C/S 3500 مقارنةً بالخلفية الإشعاعية العامة لصخور المنطقة التي تصل إلى C/S 50. تنتشر في المنحدر الشمالي الشرقي لجبل شاخ رش عروق مكونة من صخور بغماتايتية قلوية تتخلل صخور الرخام وصخور فوق قاعدية، وبعض هذه العروق تحتوي على رقائق الكرافيت التي بلغت شدتها الإشعاعية C/S 3500، وأظهرت الفحوصات لعدد من الحبيبات في هذه العروق إنها تحوي على ppm 97000 للثوريوم و ppm 5300 لليورانيوم. إن ظهور مثل هذه العروق ربما تعود إلى وجود أجسام گرانيتية – بغماتايتية دفينة يمكن ان تحتضن ترسبات اقتصادية للخامات المشعة، وأفضل دليل على ذلك اكتشاف المعدن المشع "الأيراكايت" (Iraqite) يحتوي على 0.68 % يورانيوم و 24.6 % ثوريوم (الهرمزي وآخرون، 1976). فسرت الدراسات السابقة ان تكون هذه التمعدنات تمت بعملية الإحلال لبعض العناصر في بعض المعادن كالزركون والزينوتيم (محمد وآخرون، 1976).

وصلت شدة الإشعاع في الخنادق المحفورة في منطقة كاني ميوش إلى C/S 3000. إن الصخور الحاضنة للعناصر المشعة هي عروق بسمك (50 – 100) سم ذات امتداد كبير لمعادن الفلدسبار والانورثوسايت وربما السيانايت البغماتايتي وغني بمعدن البيوتايت. وبينت دراسة محمد وآخرون (1976) ان الإشعاع سببه وجود معدن الزركون في صخور العروق. وان النتائج أظهرت بأن التوازن الإشعاعي لصالح اليورانيوم، مما يرجح وجود مصدر آخر لليورانيوم (القزاز وآخرون، 1976). ان العروق تنتشر في صخور الدايورايت والگابرو والدونايت ويزداد الإشعاع في العمق.

وصلت الشدة الإشعاعية في جبل ديبزة الى حوالي C/S 2700 في صخور الرخام الأوليفيني وبتركيز لليورانيوم وصل الى ppm 30 وتركيز الثوريوم في هذه الشاذة ضئيل جداً ويعتقد بان هذه الشاذة تختلف من حيث أصل التكون عن المواقع الأخرى (محمد وجميل، 1976)، ويمكن ان تكون المنطقة بعيدة نسبياً عن موقع التصادم مقارنة بالمواقع الأخرى، لذا قد تكون أنواع الصدوع التي نشأت تختلف عن الصدوع في المناطق الأخرى ذات الإشعاعات العالية.

ان معطيات نتائج المسح الجيوكيميائي الموجه في قلعة دزة منطقة هيرو – هالشو أظهرت مؤشرات بأن الشواذ الإشعاعية في المنطقة لها امتدادات في العمق وذلك من خلال ظهور تراكيز عالية لليورانيوم في 36% من عيون المياه التي عددها 69، كما أظهرت الدراسة فعالية هذا النوع من التحري في تحديد مواقع الشواذ الإشعاعية وخاصة في المناطق المشابهة طوبوغرافياً لإقليم كوردستان، وأفضل أنواع النماذج التي تحقق ذلك هي نماذج المياه بنوعيها العيون والوديان، لكون اليورانيوم سريع الذوبان والانتقال في المياه (Levnsion, 1974).

الاستنتاجات والتوصيات

أكدت معطيات نتائج المسوحات الاستكشافية السابقة التي نفذت في المنطقة، إن الطبيعة الجيولوجية لمنطقة نطاق اندفاعات زاكروس وما صاحبها من تراكيب وظواهر بنيوية مختلفة، جميعها أو بعضها عملت أو ساعدت على ترسيب العناصر المشعة في صخور المنطقة وخاصة في مواقع قلعة دزة، وقد توصلت الدراسات السابقة والحالية الى عدة استنتاجات وهي:

- يختلف توزيع الشدة الإشعاعية بصورة عامة وفق نوعية الصخور والظواهر الجيولوجية التركيبية.
- درجة الشدة الإشعاعية تتناسب مع ازدياد وجود الصخور الحامضية الصاعدة مثل الصخور الـگرانيتية – البغماتايتية، وفي مواقع تماس العروق مع الصخور المحيطة.
- لا ترتبط الشدة الإشعاعية وتراكيز العناصر المشعة بجميع أنواع التصدعات وإنما بنوع محدد، لم يميز هذا في الدراسات السابقة. وقد يعود ذلك الى ان بعض الصدوع تكون فيها فراغات وتفرعات تساعد في نقل وتوزيع المحاليل الصهيرية الحارة وبالتالي تهيئ المتطلبات اللازمة لتكوين التمعدنات المشعة وغيرها من الرواسب المعدنية.
- ان دراسة تركيز نسبة اليورانيوم الى الثوريوم في معظم نماذج منطقة قلعة دزة غير متوافقة مع النسبة الاعتيادية في الصخور الحامضية التي تبلغ 3:1 وتشير هذه الظاهرة الى ان هناك هجرة كبيرة لليورانيوم من الصخور الحاضنة له الى أماكن أخرى.
- تميزت مواقع منطقة قلعة دزة عن المناطق الأخرى في إقليم كوردستان بنشاط إشعاعي وتمعدنات لخامات معدنية مثل المعدن المشع الجديد "ايراكايت" (Iraqite) في جبل شاخ رش ويورنوثورايت (Urnothorite) وبعض الحبيبات السوداء الداكنة التي لم يتم التعرف عليها في الدراسات السابقة في وادي نيسي. أما في مناطق بنجوين وكلالة ورايات فلا توجد شواذ إشعاعية أو تراكيز مهمة لليورانيوم باستثناء شاذة لليورانيوم في صخور السجيل الأسود في راوندوز وموقع في شمال زاخو.
- ان أغلب الدراسات الجيولوجية التفصيلية والجيوكيميائية الموجهة في قلعة دزة أكدت فعالية هذا النوع من الاستكشاف وكذلك وجود مصادر للخامات المعدنية في العمق. لقد توصلت معظم الدراسات التي نفذت في تلك المواقع الى عدد من التوصيات وهي:
  - إجراء مسوحات جوية إشعاعية لمنطقة نطاق اندفاعات زاكروس.
  - إجراء دراسات تفصيلية لتحديد أنواع وخصائص الصدوع المختلفة في المنطقة وتحديد النوعيات الحاضنة للخامات المشعة لغرض وضع خطة حفر آبار لمتابعتها في العمق.
  - إجراء دراسات بتروغرافية ومعدنية باستخدام الأجهزة الحديثة لدراسة التمعدنات المستكشفة وبعض المواد المشعة في الصخور التي لم تتمكن الدراسات السابقة من التعرف عليها في ذلك الوقت وخاصة في منطقة قلعة دزة.
  - استخدام الطريقة الإنبعاثية للرادون للتحري عن الخامات المعدنية المشعة الدفينة في مواقع كاني ميوش وجبل شاخ رش ونيسي والمواقع الأخرى، وكذلك تحديد مواقع التصدعات المصاحبة للشواذ الإشعاعية واتجاهاتها لتحديد مواقع الآبار المطلوب حفرها للتحري عن الخامات المشعة في العمق.

شكر وتقدير

نقدم الشكر والتقدير الى الدكتور خلدون البصام والأستاذ فاروجان خاجيك سيساكيان لملاحظاتهما القيمة والبناءة التي أغنت البحث وكذلك للسيد مروان محمد عبد الأمير التميمي (معاون باحث) في الهيئة العراقية للسيطرة على المصادر المشعة للمساعدة في تحديث الخرائط وإخراجها حاسوبياً وطبع البحث.

المصادر

الشبل، طارق وكتانة، ياوز، 1972. تحري راديومتري وجيولوجي في منطقة بنجوين، وادي شيلير. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير داخلي رقم 1615.

العطية، موسى جعفر ومهدي، محمد عبد الأمير والعبوسي، مهند، 1976. التحري الجيوكيميائي الموجه عن اليورانيوم في منطقة قلعة دزة. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير داخلي رقم 1671.

العاني، خالد وعبد الكريم، إبراهيم والسامرائي، نوري، 1972. تحري راديومتري عن التدفقات الـگرانايتية في جوارتة وماوات. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير داخلي رقم 1612.

القصاب، احمد، 1972. التحريات الراديومترية والجيولوجية في المواقع المقترحة شمال وشمال شرق قرية هيرو، منطقة قلعة دزة. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير داخلي رقم NGD6.

القزاز، حكمت وعبد، علي كلي ومهدي، محمد عبد الأمير، 1972. التحري عن تواجدات اليورانيوم والثوريوم في صخور الطفل الأسود الكاربوني في العصر الجوراسي في قرية بارسرين، راوندوز. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير داخلي رقم 1613.

القزاز، حكمت وعبد الحسين، جبار، 1976. فحوصات تنقيبية للتواجدات المشعة في وادي نيسي وكاني ميوش في قلعة دزة باتجاه خاص للإشعاع والجيولوجية والبتروغرافية. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير داخلي رقم 1656.

الهرمزي، حميد وكتانة، ياوز والقصاب، احمد، 1976. تحري راديومتري جيولوجي ودراسة بتروغرافية للصخور المشعة في وادي نيسي وكاني ميوش في قلعة دزة. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير داخلي رقم 1669.

خليف، حبيب عبد وياسين، علي طه، 2006. التحري عن الفحم في شمال زاخو. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير داخلي رقم 2965.

ساسربودا، ج، 1975. تقييم لتواجدات الخامات المشعة في قلعة دزة. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير رقم C 1656.

عبد القادر، وجدي والهرمزي، حميد وإبراهيم، هاني جميل، 1971. تحري استطلاعي راديومتري وجيولوجي في مناطق بنجوين وقلعة دزة وكلالة – رايات. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير داخلي رقم 1611.

عبد القادر، وجدي وإبراهيم، هاني جميل، 1975. دراسة العلاقة بين توزيع النشاط الإشعاعي وأنواع الصخور حول قريتي هيرو وهالشو، في قلعة دزة. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير داخلي رقم 1649.

عبد القادر، وجدي ومحمد، احمد جاسم، 1985. التحري والتنقيب عن الشواهد المعدنية في صخور المايوسين في منطقة القائم. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير داخلي رقم 1325.

محمد، محمود جاسم وإبراهيم، هاني جميل، 1976. بتروغرافية وجيوكيميائية الصخور المشعة في وادي نيسي وكاني ميوش، في قلعة دزة. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير داخلي رقم 1669.

Abu-Deif, A., Abouelnage, H.S.O. and Hassaneen, H.I.E., 2001. Distribution of radio elements and their relation to uranium migration. El-Erediya exploratory tunnels, Central Eastern Desert, Egypt. JKAU, Earth Sci., p. 19 – 40.

Adams, J.A.S., Osmond, K. and Rogers, J.J.W., 1959. The geochemistry of Thorium and Uranium. In: L.H., Ahrens, F., Pren, K., Rankama and S.K., Runeorn (Eds.). Physics and Chemistry of the Earth, Vol. III , Pergamon Press, London New York, Paris, Los Angeles.

Bolton, C.M.G., 1955. Report on the geology and economic prospects of the Qalat Diza area. Site Inv. Co. Report, GEOSURV, int. rep. no. 266.

Jassim, S.Z. and Goff. J., 2006 .Geology of Iraq. Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno, 341pp.

Li Jianwei, Meifu, Z., Xianfu, L.I, Fuzhaoren and Lizijin, 2002. Structural control on uranium mineralization in South China: Implications for fluid in continental strike-slip faults. Science in China (series), Vol.45, No.9.

Levinson, A.A., 1974. Introduction to Geochemical Exploration. Wilmette, 2nd edit. USA, 573pp.

McKelvey, V.E, Everhert, D.L. and Garrels, R.M., 1956."Summary of hypothesis of genesis of uranium deposits" Peaceful uses of atomic energy, Vol.6, United Nations, New York.

Nuclear Material Authority (NMA) of Egypt. 1999. Study of Abu-Zeneima area, Southern Sinai, Egypt. Scientific International Series, Cairo, Egypt.

Polnikov, G.A. and Nikolalev, R.F., 1962. Report on 1: 200 000 prospecting correlation of the Rania – Qalat Dizeh area carried out in 1961. Technoexport report, GEOSURV, int. rep. No.292.

Rogers, J.J. and Adams, J.S., 1969. Uranium, In: K.H., Wedepoph (Ed.). Handbook of Geochemistry, Vol.4, New York, Springer Verlag.