التقييم الأولي للزركون و الروتايل في الصخور الرملية لتكوين الكعرة – غرب العراق

مازن يوسف تمر أغا* و ياووز عبد الله كتانة** و صباح احمد إسماعيل*

المستخلص

توجد تراكيز شاذة لمعدني الزركون والروتايل ضمن مجموعة المعادن الثقيلة في الصخور الرملية التابعة لتكوين الكعرة (بيرموكاربوني) ، التي تنكشف في منخفض الكعرة شمال مدينة الرطبة في غرب العراق وتصنف هذه الصخور ضمن مجموعة الكوارتز أرينايت وهي ذات أصل نهري وتعكس نضوجاً معدنياً ونسيجياً عاليين. تبلغ نسبة المعادن الثقيلة 0.03 – 4% من الوزن الكلي للصخور وتتركز في الحجوم الحبيبية بين 45 - 200 مايكرون وتوجد على شكل جيوب صغيرة وغير منتظمة ومعظمها معادن معتمة (جوثيت،هيمتيت،مغنيتيت،إلمنيت وليكوكسين) أما البقية فهي مجموعة المعادن الشفافة فوق المستقرة (زركون،روتايل وتورمالين).

بينت نتائج التحليل الكيميائي لـ 1640 عينة قناتية أن قيمتي الخلفية (background) والعتبة (threshold) للتيتانيا هي: 0.15 و 0.7% على التوالي، وأن قيمتي الخلفية والعتبة لعنصر الزركونيوم محللة في 1327 عينة هي: 210 و950 (ج م م) على التوالي. تم جمع ودراسة 18 عينة تمثل الجيوب الأكثر سماكة والتي لها تراكيز أعلى من قيمة العتبة للزركونيوم والتيتانيا فتبين بأن للزركون نمط توزيع إما أحادي (يظهر أعلى تركيز في الحجوم الحبيبية أقل من 63 مايكرون) أو ثنائي (متركزا في الحجوم الحبيبية الأقل من 63 مايكرون و 71 - 100 مايكرون). أما الروتايل فتبين بأنه (في معظم العينات) ذا نمط توزيع أحادي ويتركز في الحجم الحبيبي 71 - 100 مايكرون.

تمت دراسة إمكانية الإستخلاص للمعدنين مختبريا بالاعتماد على الخصائص الفيزيائية (الجذبية والمغناطيسية)، فكانت نقاوة الزركون 90 – 95 % وبنسبة استرجاع تتراوح بين 52 – 86 %، بينما تراوحت نقاوة الروتايل بين 85 - 90 % وبنسبة استرجاع قدرها 56 – 95 %.

PRELIMINARY ASSESSMENT OF ZIRCON AND RUTILE CONCENTRATION FROM GA'ARA SANDSTONE (PERMOCARBONIFEROUS), WESTERN IRAQ

ABSTRACT

Zircon and rutile show anomalous concentrations in the heavy mineral fraction of the Ga'ara sandstone (Permocarboniferous) which crops out in the Ga'ara depression, about 40 km north of Rutba town, western Iraq. The Ga'ara sandstone is quartz arenite of fluvial origin and is characterised by high textural and mineralogical maturity.

The heavy minerals are concentrated in the size fraction ranging from 45 to 200 microns representing 0.03 to 4 % of the sandstone and occur as irregular and small pockets. They are mostly opaques (goethite, hematite, ilmenite and leucoxene) and ultrastable transparent minerals (zircon, rutile and tourmaline).

Chemical analysis of 1327 channel samples for zirconium and 1640 channel samples for titania showed that background and threshold values for Zr and TiO_2 are 210 (ppm), 950 (ppm), 0.15% and 0.7%, respectively. Eighteen locations were sampled representing the richest and thickest pockets and the heavy minerals were separated and counted in various size fractions. Zircon showed either unimodal distribution with respect to grain size and is richest in the size fraction finer than 63 microns, or bimodal distribution and is rich in the size fraction finer than 63 microns and 71-100 microns. Rutile content showed unimodal distribution with respect to grain size and is richest in the 71 - 100 microns size fraction.

Zircon and rutile were separated from five samples by gravitational and electromagnetic methods. The purity of zircon concentrate is 90 to 95% with recovery 52 to 86% whereas the purity of rutile concentrate is 85 to 90% with recovery 56 to 95%.

* قسم علوم الأرض، كلية العلوم، جامعة بغداد، الجادرية، بغداد، العراق.

** Life Science Center, Dept. of Earth Sciences, Dalhousie Univ., Halifax, NS, B3H 3J5,Canada

المقدمة

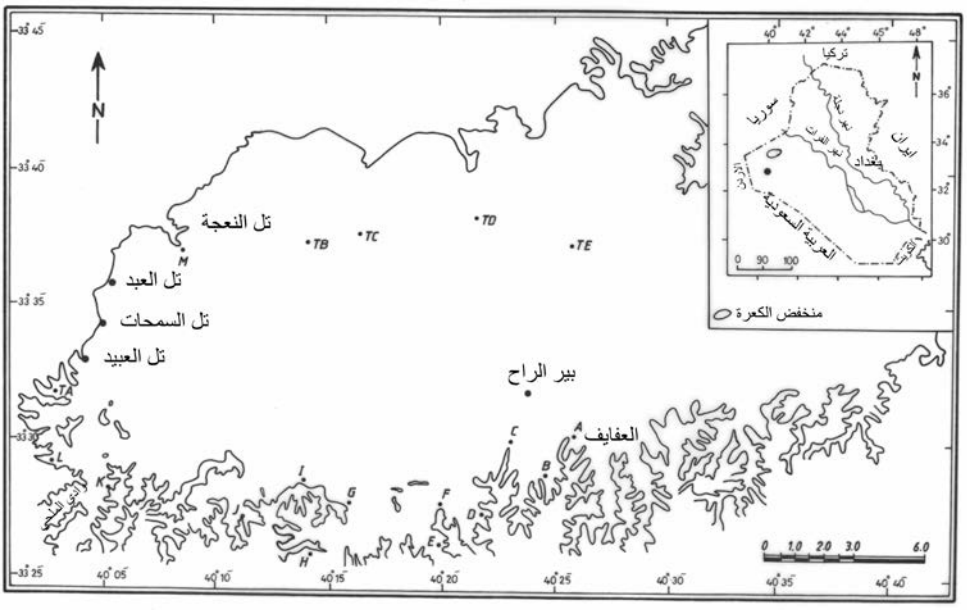
توجد الكثير من المعادن والعناصر في الصخور الطبيعية بنسب قليلة جداً، مما يجعل استخراجها واستثمارها غير اقتصادي ولكن لظروف جيولوجية وبيئية معينة قد تتركز هذه المعادن على شكل رواسب في الصخور الرملية ورمال السواحل وبذلك يمكن إستثمارها بشكل اقتصادي . يوجد الزركون ($ZrSiO_4$) والروتايل (TiO_2) ضمن المعادن الثقيلة في الصخور الرملية وتشكل المعادن الثقيلة عادة نسبة قليلة من مجموع المكونات المعدنية الفتاتية ،إذ تتراوح بين 0.01 – 1.0 % عدا الحالات التي تتركز فيها هذه المعادن لتصل الى 6% او أكثر (Pettijhon et al., 1973).

استثمرت المعادن الثقيلة لأول مرة عام 1895 في الولايات المتحدة الأمريكية وأفتتح أول منجم لها في كليفلاند – كارولينا الشمالية لإنتاج المونازيت واستخلاص عنصر الثوريوم منه (Garner, 1980) . وقد شهد القرن العشرين تطورًا صناعياً كبيرًا أظهر الحاجة الى استثمار معادن عديدة أخرى منها: الكاستيريت ، المغنيتيت ، المونازيت ، الزركون ، الباديليت و الولفروميت في الصناعات المختلفة (Hargreaves and Fromson, 1983) ينتشر معدن الزركون في الكثير من الصخور النارية والمتحولة إلاّ أن نسبته فيها قليلة باستثناء نوع معين من الصخور النارية وهو الزركون سايانيت، علماً بأن هذا النوع محدود الأنتشار (Speer, 1982) ومعظم الزركون المستخدم في الصناعة مصدره المعادن الثقيلة الموجودة في الصخور الرملية.

قام عدد من الباحثين بدراسة المعادن الثقيلة في الصخور الرملية لتكوين الكعرة بوصفها جزء من الدراسة الصخارية للتكوين وللتعرف على صخور المصدر وقد جاء فيها ذكر الزركون والروتايل ضمن المعادن الثقيلة ومن هذه الدراسات : Philip et al. (1968) ، Salman (1977) ، طوبيا (1983) ، صادق (1985) واليوزبكي (1989) ولكن أول من أشار إلى وجود شواهد اقتصادية لهذه الرواسب هو Tamar – Agha (1986) من خلال تحليلاته الكيميائية لعدد كبير من الصخور الرملية وفصله للمعادن الثقيلة. تلته دراستين تفصيليتين حول التقييم الاقتصادي الأولي قام بها إسماعيل (1989) و Tamar – Agha et al. (1991) . تسعى الدراسة الحالية الى التعرف على طبيعة وجود وانتشار الزركون والروتايل وكذلك معرفة الجزء الحجمي الذي يتركزان فيه ومن ثم محاولة فصلهما مختبرياً عن الصخور الرملية الأخرى كمحاولة لتركيزهما.

الإطار الجيولوجي

يتكشف تكوين الكعرة (البيرموكربوني) في حافات وقاع منخفض الكعرة الواقع حوالي 40 كيلومتر شمال مدينة الرطبة في غرب العراق (الشكل1). وهو منخفض تعروي يعد جزءاً من منطقة الرف القاري المستقر التابع للدرع النوبي – العربي وفي أعلى بقعة من نهوض الرطبة وتبلغ مساحته حوالي 2000 كيلومتر مربع. تتألف مكاشف هذا التكوين من وحدتين : وحدة عليا تتكون من تعاقبات من الصخور الرملية والأطيان مكونة ما يعرف بدورات النعومة نحو الأعلى (الشكل 2) ووحدة سفلى تتكون في غالبيتها العظمى من الصخور الرملية . وتوجد هذه الصخور بألوان مختلفة(أبيض وأحمر وبني) وهي صخور هشة وتحتوي على معادن ذات استقرارية عالية أي أنها تحتوي على غالبية من معدن الكوارتز (أكثر من 95%) ومحتوى الحشوة لا يزيد عن 3% (تتكون غالبية الحشوة من الكوارتز بحجم الغرين والمعادن الطينية)؛ و بذلك فهي صخور رملية من نوع كوارتز أرينايت ناضجة معدنيا ونسيجياً. اما الصخور الطينية فهي كاؤولينية ذات الوان مختلفة منها: الرمادي،الأصفر،الأحمر والأرجواني وكثيراً ما تكون غرينية.

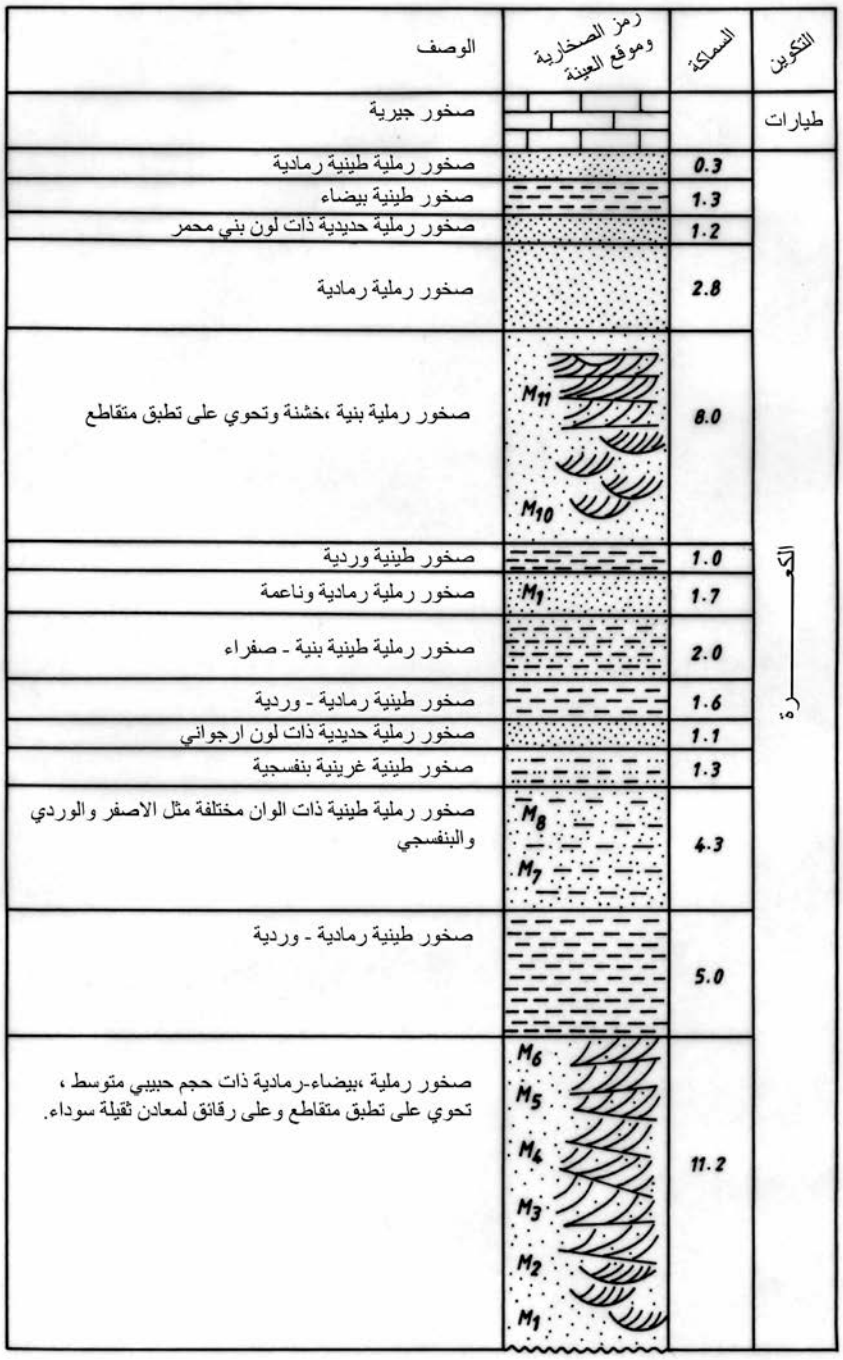


شكل (1): خريطة لموقع الدراسة

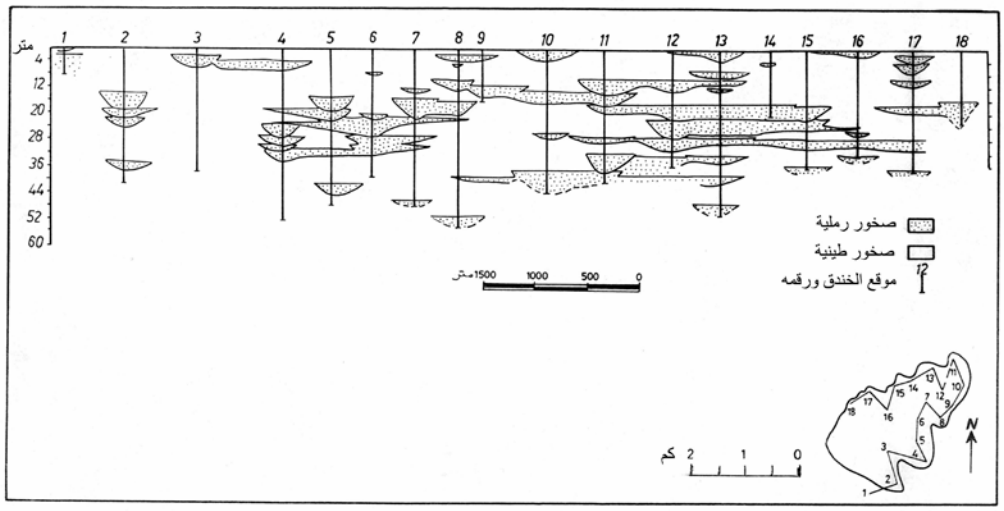
تمثل صخور تكوين الكعرة ترسبات نهرية حيث تجمعت الرمال في القنوات الفعالة، ظفائرية (braided) في الوحدة السفلى والتوائية (meandering) في الوحدة العليا، بينما تمثل الصخور الطينية ترسبات السهول الفيضية المتاخمة للانهار والبحيرات القوسية والقنوات المهجورة (Tamr-Agha, 1986 , 1993). توجد المعادن الثقيلة في هذه الصخور جميعاً (الرملية منها والطينية) لكنها تجمعت على شكل جيوب غير منتظمة في الصخور الرملية و بنسب عالية نوعاً ما.

طبيعة الصخور المضيفة للمعادن الثقيلة

تبين من دراسة السحنات الرسوبية للصخور الرملية لتكوين الكعرة بأن الترسيب تم في بيئة نهرية إلتوائية (Tamar-Agha, 1986) وبينت المسوحات التي تمت على الترسبات الصخرية المضيفة للمعادن الثقيلة بأنها غالباً ما تكون على هيئة عدسات محدودة الحجم ومحصورة في الالتواءات النهرية ، مما يصعب تحديد أماكن و حجم هذه العدسات. ويتجلى ذلك في طبيعة رواسب تكوين الكعرة وتوزيع عدسات الرمل فيها أفقيا وعموديا (الشكل 3). ويوضح ذلك طبيعة عدسات الرمل في الأنهار الإلتوائية، وأسس المضاهاة في مثل هذه الرواسب. ويزداد الأمر تعقيداً عند حساب احتياطيات جيوب المعادن الثقيلة في عدسات الرمل هذه، مما يتطلب التعرف على الأنموذج السحني بدقة بالغة ،وكذلك يتطلب اسلوباً خاصاً اثناء اجراء المضاهاة بين المقاطع الصخارية المختلفة المستنبطة من المسارات ومثلما موضح في الشكل (3) لتوجيه عمليات التنقيب بحسبه. ولهذا السبب تكون القيمة الاقتصادية لوجود المعادن الثقيلة في هذه البيئات اقل اهمية من وجودها في الترسبات الدلتاوية وفي ترسبات الرمال الحديثة على شواطئ البحار .



شكل (2): مقطع صخاري عمودي للمقطع M في موقع تل النعجة مثبت عليه موقع وارقام العينات كما يبين العلاقة العمودية للسحنات



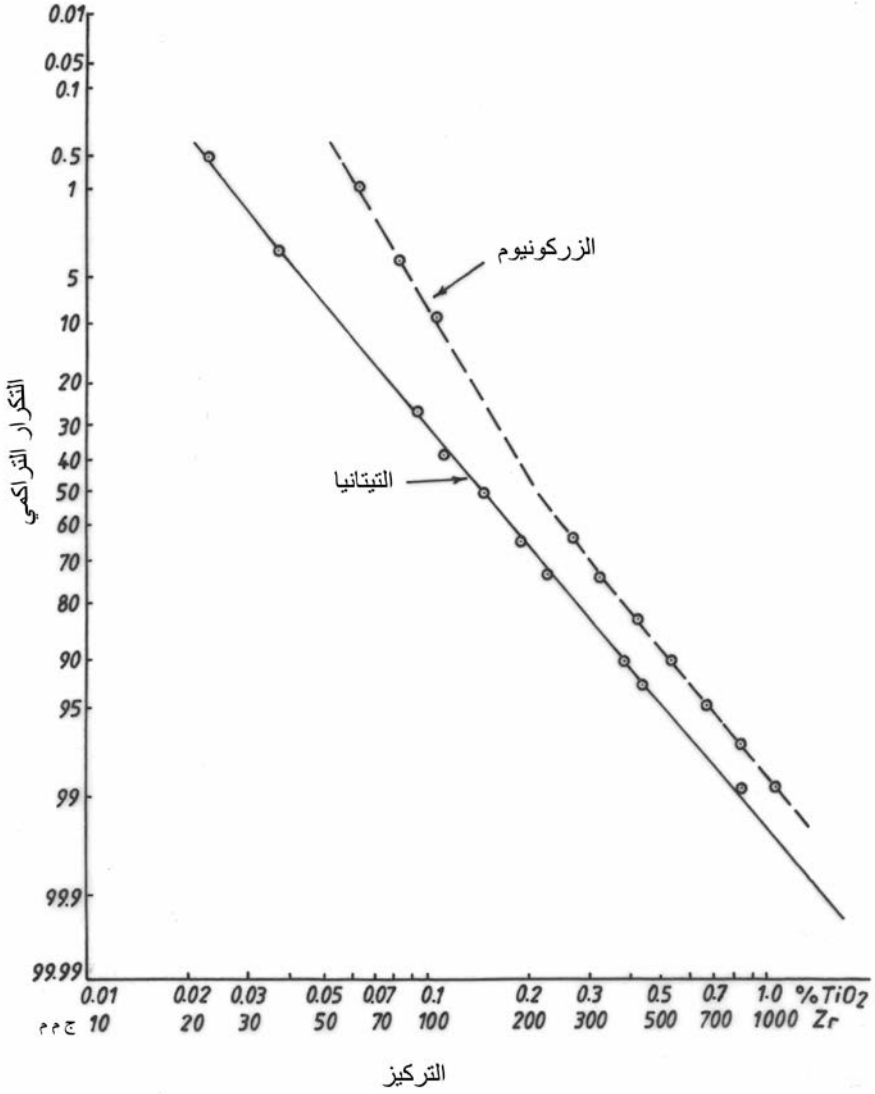
شكل (3): مخطط مضاهاة يبين التوزيع الأفقي والعمودي للسحنات غرب وادي الملصي والجزء الجنوبي الغربي في المنخفض

أسلوب العمل

قامت الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين بمسوحات جيولوجية تفصيلية و تحريات معدنية في منخفض الكعرة خلال الأعوام 1983 - 1990 وتم لهذه الأغراض وصف 470 مساراً لمكاشف صخور تكوين الكعرة موزعة على حافات المنخفض لمسافة بينية حوالي نصف كيلومتر، فضلا عن 254 أخدود موزع في أرضية المنخفض . تمت الاستعانة أثناء الوصف بالعداد الوميضي (GR110) لتحديد النشاط الإشعاعي الذي يعكس وجود معدن الزركون وكذلك تم حفر 436 بئر ضحلة يتراوح عمقها بين 35 الى 60 متراً؛ لاستخراج اللباب وللتقييمات الجيولوجية والاقتصادية المختلفة (Tamar-Agha,1986 و Tamar-Agha et al.,1991).

اعتمدت هذه الدراسة نتائج تحاليل 1640 عينة قناتية (channel sample) (معدل سمكها حوالي 2.7 متراً) من المكاشف الصخرية والخنادق والآبار المحفورة تمثل الصخور الرملية لتكوين الكعرة بوحدتيه وكان الطول الكلي للعينات 4448 متر ، التيتانيا محللة في جميعها، غير أن الزركونيوم محلل في 1327 عينة منها فقط (تمثل 3848 متراً). أجريت التحليلات الإحصائية على النتائج لحساب الخلفية (background) والعتبة (threshold) للزركونيوم والتيتانيا (الشكل4) مثلما جاء في الطرائق المقترحة من قبل Tennant and White (1959) ، Lepeltier (1969)، Sinclair(1976) و Beus and Grigorian (1977) وكذلك تم تمثيل النتائج على مدرج تكراري (الشكل 5)؛ وعلى هذا الأساس تم تحديد المواقع التي يزيد فيها محتوى هذه المكونات عن قيمة العتبة على خرائط أساس بمقياس 1:25 000 (الشكل 6- يبين التوزيع بعد التصغير).

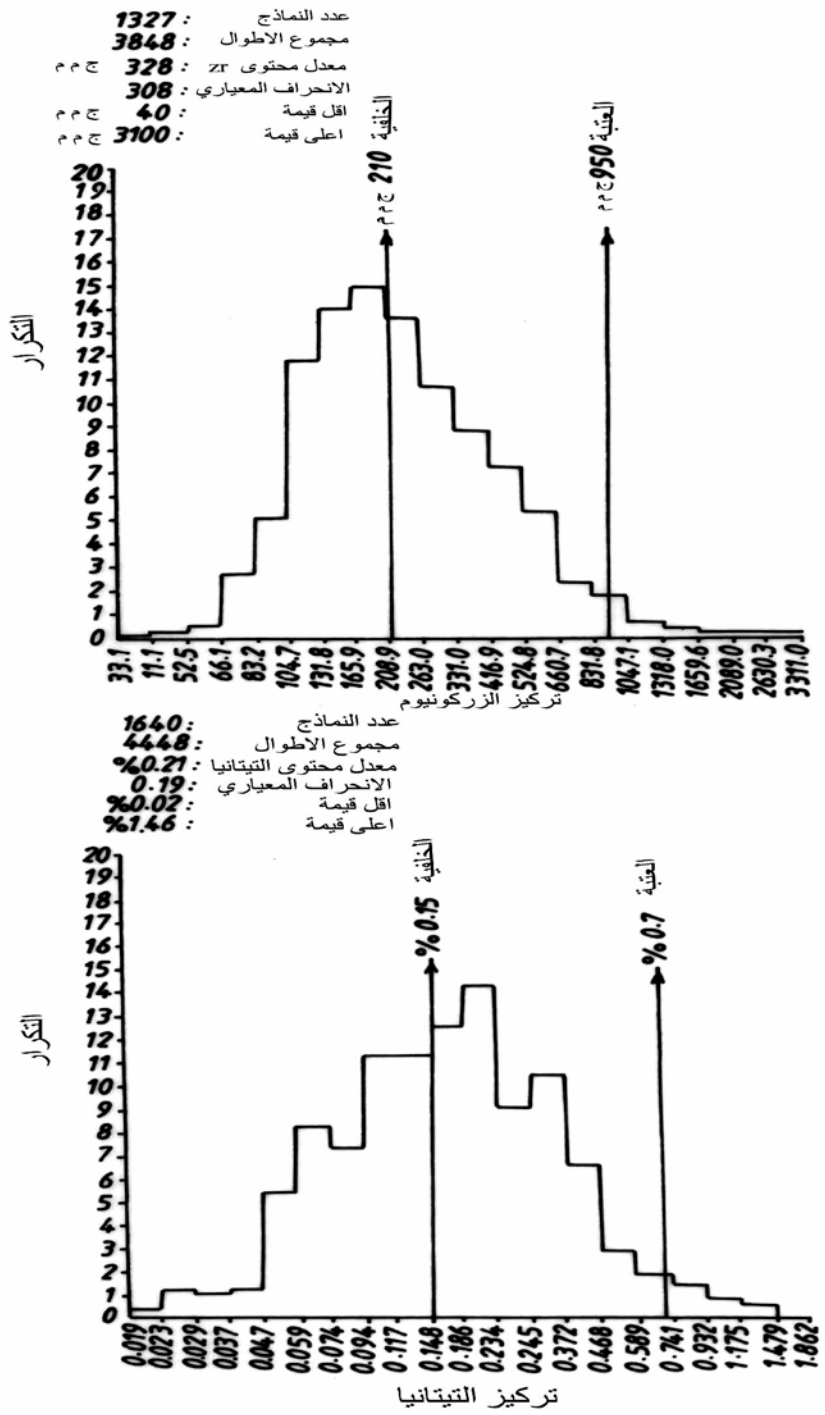
تم بعد ذلك جمع 129 عينة نقطية تمثل 18 موقعاً (13 مكشفاً صخرياً و 5 أخاديد) (الأشكال 1 و6 و 7 والجدول 1) اخذين بعين الإعتبار نمذجة أعلى التراكيز لعنصر الزركونيوم ومن مختلف مناطق منخفض الكعره . لإختيار موقع العينات تم استخدام العداد الوميضي (GR 110) لتحديد النشاط الإشعاعي لهذه الوحدات ميدانياً، لوجود علاقة طردية عامة بين محتوى الزركون وإشعاعية الصخور



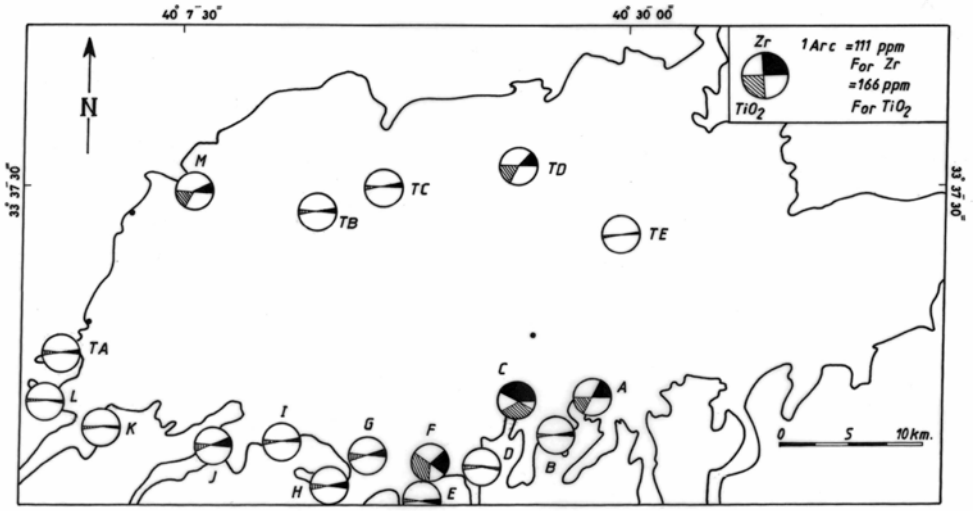
شكل (4): منحنيات التكرار التراكمي للزركونيوم والتيتانيا

الحاوية عليه . تم اجراء التحاليل الكيميائية لكافة العينات؛ لإيجاد قيم عنصري الزركونيوم والتيتانيوم؛ بإستخدام جهاز الاشعة السينية الوميضة (XRF) من نوع Phillips PN1450.

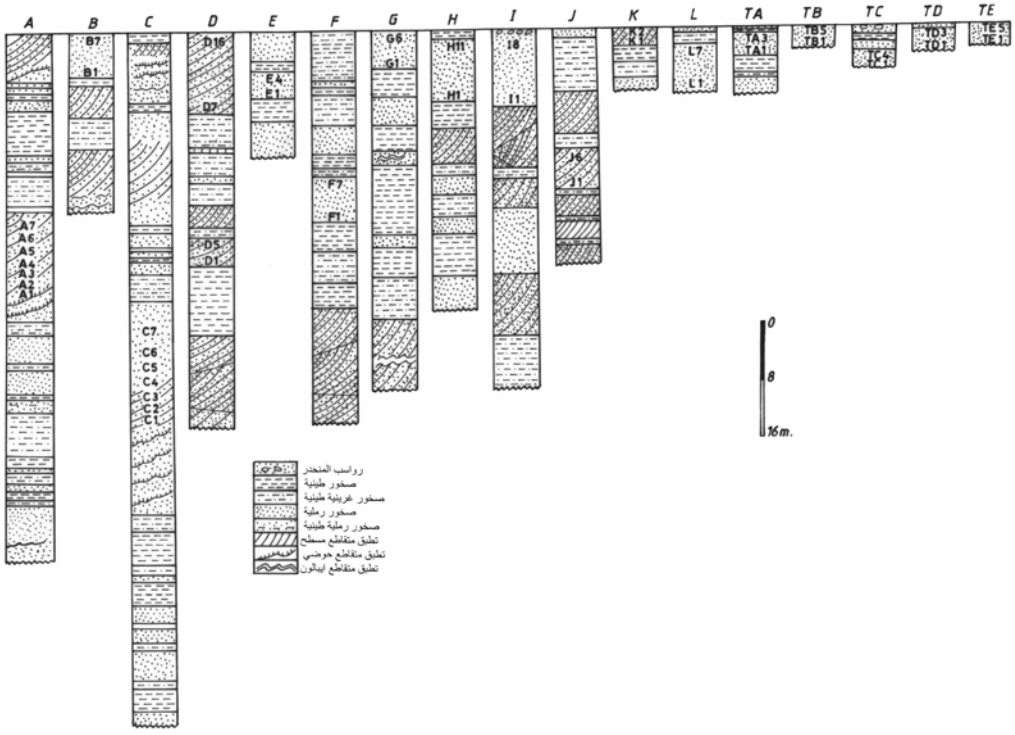
تم اختيار 24 عينة من العينات المذكورة أعلاه لغرض التحليل الكمي والنوعي للمعادن الثقيلة فضلا عن إختيارعينات من أكثرمن مقطع لدراسة نمط توزيع المعادن الثقيلة عمودياً. جرى تفكيك حبيبات الصخور الرملية عن بعضها بدون تكسيرها ،ثم تقسيمها رباعياً وفصلت معادنها الثقيلة بإستعمال سائل البروموفورم الثقيل، ثم حسبت النسبة المئوية لكل معدن بإستخدام المجهروالعداد النقطي. لغرض دراسة أنماط توزيع معادن الزركون والروتايل في الأجزاء الحجمية؛ تم وزن 50 غراما من كل عينة من العينات الأربعة والعشرين المختارة وغربلتها بإستخدام غرابيل ذات فتحات 100،125، 71و63



شكل (5): مدرجان تكراريان للزركونيوم والتيتانيا ومخطط التكرار التراكمي لكليهما



شكل (6): خريطة لمنخفض الكعرة مثبت عليها قيم اعلى تراكيز لعنصر الزركونيوم والتيتانيوم في مقاطع الدراسة



شكل (7): مقاطع صخارية عمودية لمواقع الدراسة موضحا عليها مواقع العينات

جدول (1): رموز مقاطع واخاديد الدراسة وارقام واعداد العينات التي تم جمعها

رمز المقطع	عدد العينات	ارقام العينات	رمز الاخدود	عدد العينات	أرقام العينات
A	7	A1-A7	TA	3	TA1-TA3
B	8	B1-B8	TB	5	TB1-TB5
C	7	C1-C7	TC	4	TC1-TC4
D	16	D1-D16	TD	3	TD1-TD3
E	4	E1-E4	TE	5	TE-TE5
F	7	F1-F5	العينات المتفرقة		
G	6	G1-G6			
H	11	H1-H11	اسم المقطع	عدد العينات	ارقام العينات
I	11	I1-I11	تل العبد	3	S1-S3
J	6	J1-J6	تل العبيد	3	S4-S6
K	7	K1-K7	تل ابو منيقير	2	S7-S8
L	7	L1-L7	تل السمحات	2	S9-S10
M	12	M1-M12	تل العفايف	3	S11-S13

مايكرون ولمدة 30 دقيقة للحصول على أفضل فصل للحجوم ، ثم فصلت المعادن الثقيلة عن الخفيفة بالطريقة السابقة نفسها وحسبت النسبة الوزنية المئوية للمعادن الثقيلة والنسبة المئوية لكل معدن بوساطة العداد النقطي لكافة العينات. لغرض تقويم النتائج تم تحليل 80 جزء حجمي (تمثل 16 عينة من العينات المختارة) كيميائيا وبنفس الطريقة المذكورة آنفاً.

لأجل التعرف على نسبة الإستخلاص الممكنة مختبرياً لمعادن الزركون والروتايل في المقاطع المذكورة سالفا، أختيرت عينة واحدة من كل مقطع من أفضل خمسة مناطق من حيث محتوى الزركونيوم وأكثرها سمكاً وتم وزن 100 غرام منها وفصلت معادنها الثقيلة باستعمال سائل البروموفورم، تبع ذلك فصل الزركون والروتايل من بين المعادن الثقيلة بالطريقة المغناطيسية باستخدام جهاز الفصل المغناطيسي (Frantz Isodynamic Separator) وفحصت النتائج بالمجهر الاعتيادي ثنائي العينية للتأكد من جودة الفصل .

توزيع المعادن الثقيلة

أوضحت دراسة نتائج تحليل المعادن الثقيلة على 24 عينة مختارة بأن المعادن الثقيلة تتراوح بين 0.3 – 11.0 % من الوزن الكلي للصخرة وبمعدل 2.6 % وأن المعادن المعتمة تشكل الغالبية العظمى منها إذ تتراوح نسبتها بين 40 و 78% وبمعدل 65.8 % من مجموع المعادن الثقيلة وهي تشتمل على معادن: الهيمتيت، الجوثيت، المغنيتيت،الإلمنيت والليكوكسين (الجدول2). أما الزركون فله أعلى نسبة في المعادن الثقيلة غير المعتمة؛ اذ تتراوح نسبته بين 9 و 41 % وبمعدل 20.9 % من مجموع المعادن الثقيلة الكلية وتراوحت نسبة الروتايل بين 1 و 11 % و بمعدل 5.1 % ونسبة التورمالين بين 2 و 12% و بمعدل 6.3 % من مجموع المعادن الثقيلة الكلية، أما بقية المعادن الثقيلة فتضم فقط الشتورولايت بين صفر و 5 % وبمعدل 1.8 % (الجدول 2).

بينت دراسة توزيع معادن الزركون والروتايل في الحجوم الحبيبية لعينات الدراسة وجود إختلاف في توزيعهما نسبة للأجزاء الحجمية المختلفة وتبين بأن نسبة المعادن الثقيلة تزداد في الأجزاء الحجمية الناعمة ؛ إذ تكون بمعدل 0.6 % في الأجزاء الحجمية الخشنة و 22.8 % في الأجزاء الحجمية الناعمة

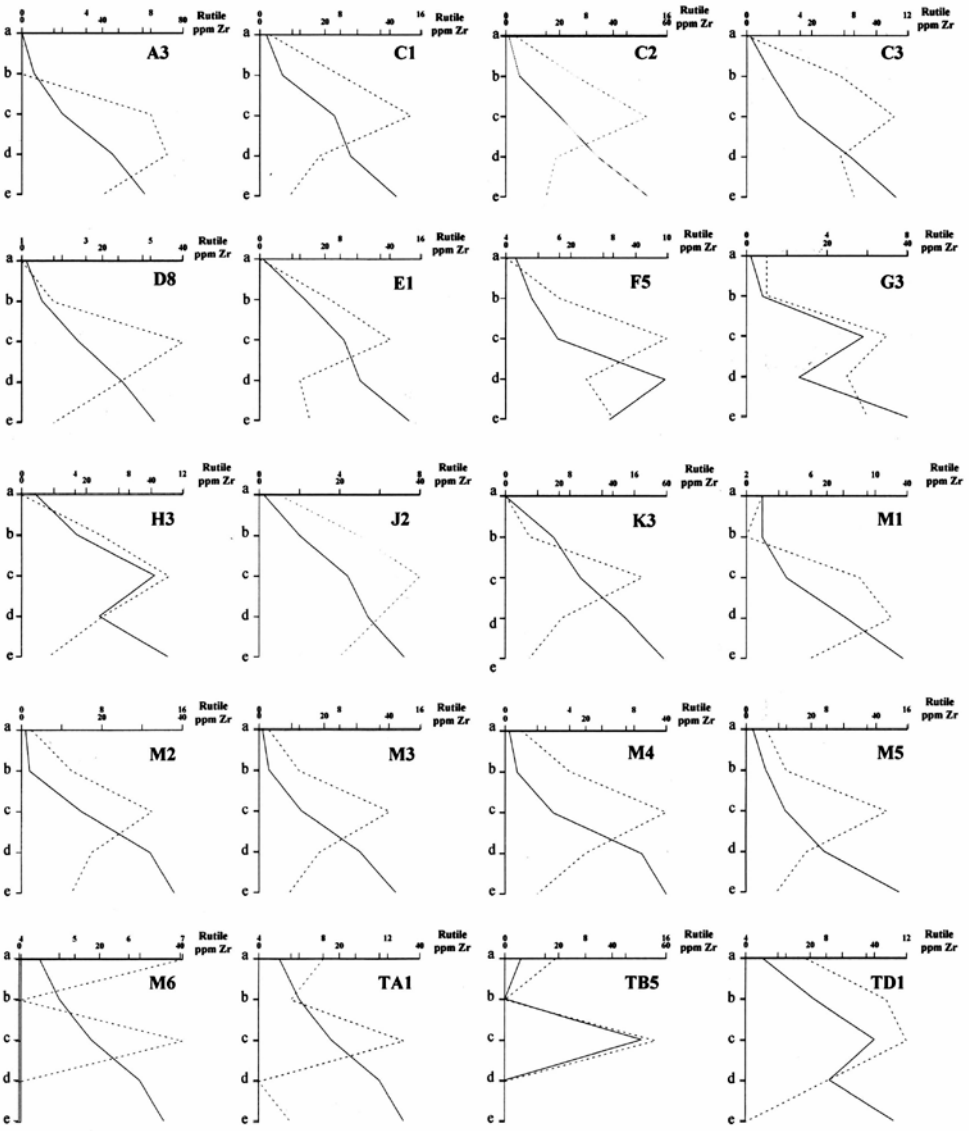
(الجدول 3) فالزركون له نوعان من التوزيع، الأول أحادي النمط (unimodal) إذ يتركز في الجزء الحجمي أقل من 63 مايكرون (عدا العينة F5 التي يتركز في جزئها الحجمي بين 63 - 71 مايكرون) ويكون هذا النمط شائعا في الصخور الرملية ذات الحجم الحبيبي الناعم والمتوسط ، والآخر ثنائي النمط (bimodal) إذ يتركز في جزئين حجميين مختلفين هما: 71 - 100 مايكرون وأقل من 63 مايكرون (الشكل 8 و 9) ويكون هذا النمط شائعاً في الصخور الرملية الخشنة . أما الروتايل فذو توزيع أحادي النمط في أغلب العينات وأن أعظم تركيز له أنحصر بين الجزء الحجمي 71 - 100 مايكرون (الشكلين 8 و 9).

جدول (2) : كمية المعادن الثقيلة ونسبها و أنواعها في الصخور الرملية لتكوين الكعرة لعينات الدراسة

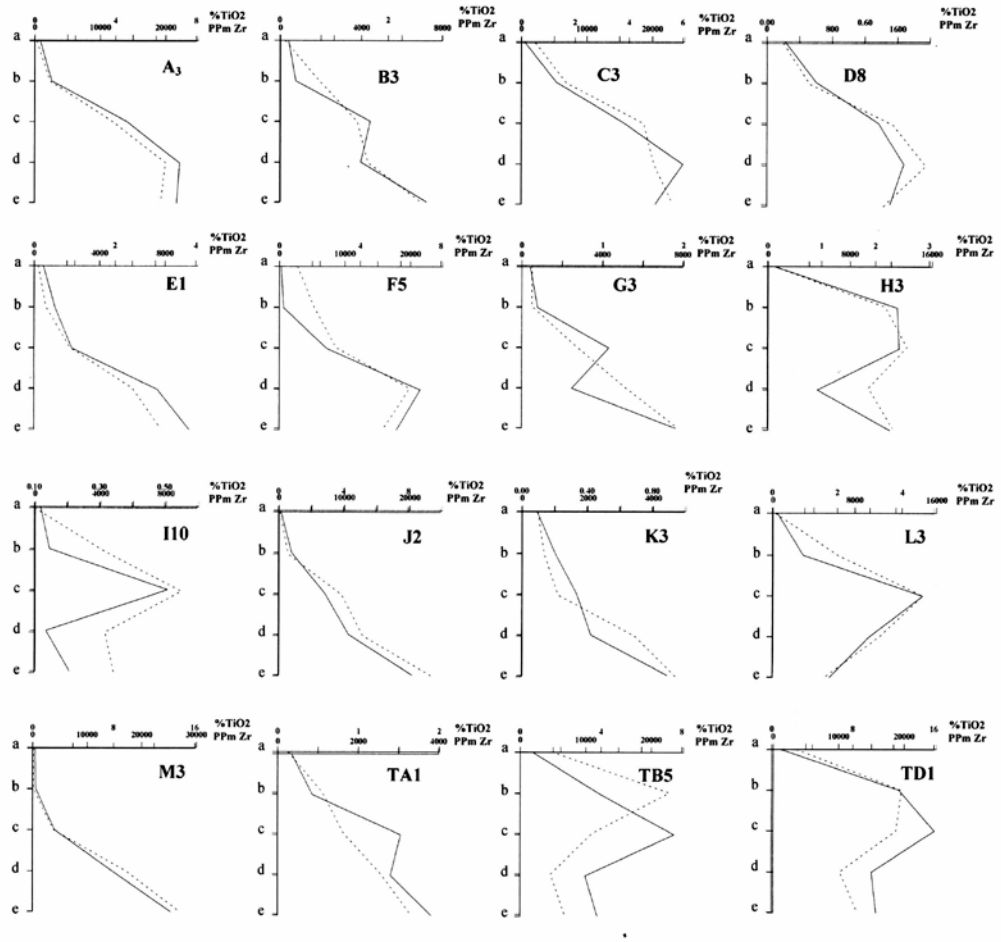
رقم العينة	النسبة المئوية للمعادن الثقيلة في الصخرة	النسب المئوية من مجموع المعادن الثقيلة				
		المعتمة	الزركون	الروتايل	التورمالين	البقية
A3	3.82	51	31	7	8	3
B3	0.62	80	12	3	3	2
C1	1.3	68	13	9	7	3
C2	9.7	60	18	11	6	5
C3	11.01	54	23	7	12	4
D8	1.20	83	11	3	2	1
E1	0.69	72	18	4	6	-
F5	6.65	56	25	7	10	2
G3	1.05	58	29	4	7	2
H3	1.4	54	33	4	7	2
I10	2.1	87	7	2	3	1
J2	1.41	70	18	7	5	-
K3	0.62	82	12	4	2	-
L3	0.34	49	25	9	15	2
M1	1.40	64	19	5	9	3
M2	1.35	61	27	5	6	1
M3	2.57	65	26	4	4	2
M4	2.61	64	25	5	3	3
M5	2.50	68	21	3	7	1
M6	2.48	70	17	5	8	-
TA1	0.71	74	20	2	3	1
TB5	0.82	40	41	6	11	2
TC1	1.33	87	9	1	2	1
TD1	3.85	60	23	9	5	3

جدول (3) : مدى ومعدل النسب المئوية الوزنية للمعادن الثقيلة في الأجزاء الحجمية المختلفة

الجزء الحجمي بالمايكرون	اقل نسبة مئوية وزنية للمعادن الثقيلة	اعلى نسبة مئوية وزنية للمعادن الثقيلة	معدل النسبة المئوية الوزنية للمعادن الثقيلة
اكبر من 125	0.1	2.8	0.6
125 - 100	0.1	15.1	1.8
100 - 71	0.4	44.2	6.4
71 - 63	1.7	72.9	13.8
اقل من 63	2.0	67.8	22.8



شكل (8): منحنيات تبين توزيع الزركون والروتايل في الأجزاء الحجمية وتمثل a, b, c d, e اجزاء حجمية بحيث ان a هي اكبر من 125 مايكرون وb بين 100 و 125 مايكرون و c بين 71 و 100 مايكرون و d بين 63 و 71 و e اقل من 63 مايكرون



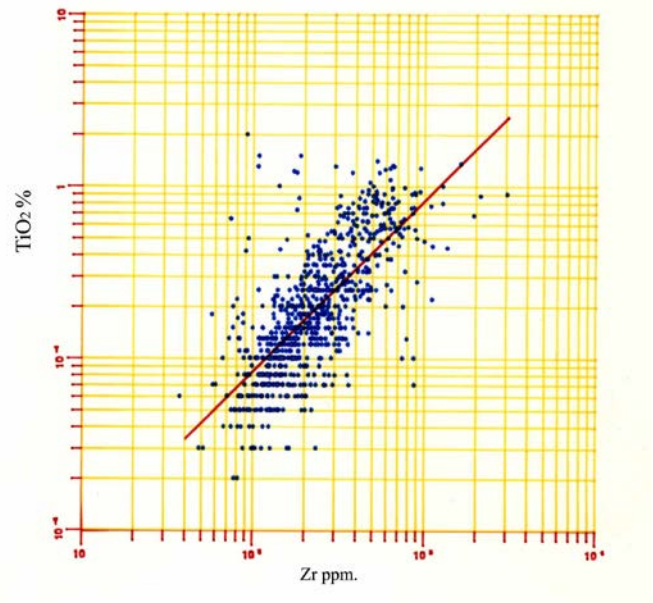
شكل (9): منحنيات تبين توزيع عنصري الزركونيوم والتيتانيوم في الأجزاء الحجمية وتمثل a,b,c,d,e أجزاء حجمية بحيث ان a هي اكبر من 125 مايكرون و b بين 100 و 125 مايكرون و c بين 71 و 100 مايكرون وd بين 63 و 71 مايكرون وe اقل من 63 مايكرون

علاقة الزركونيوم والتيتانيوم مع المعادن الثقيلة

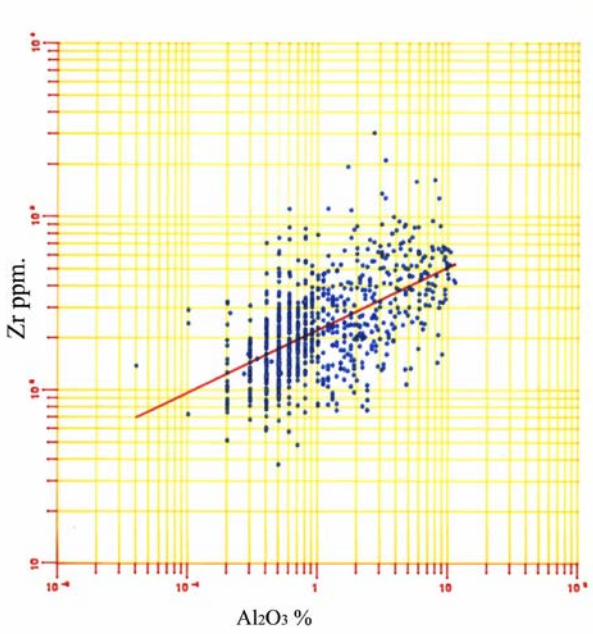
أجمعت الدراسات السابقة حول جيوكيميائية ومعدنية رواسب تكوين الكعرة على أن عنصر الزركونيوم (في الصخور الرملية والطينية) يوجد بشكل شبه مطلق في معدن الزركون، أما عنصر التيانيوم فيرتبط بعلاقة قوية بمجموعة من المعادن الثقيلة مثل: الروتايل، الأناتيس، الإلمنيت والليوكوكسين (لكن الروتايل أكثرهم شيوعاً)؛ فضلا عن أن التيتانيوم قد يدخل بنسبة قليلة ليحل جزئياً محل عنصر الألمنيوم في المعادن الطينية الموجودة في حشوة الصخور الرملية ، غير أن الحشوة في صخور الدراسة قليلة جداً ؛ كونها صخورا ناضجة جداً (Zainal , 1980 و طوبيا، 1983 و صادق، 1985 و Tamar-Agha, 1986 واليوزبكي ،1989 واسماعيل ،1989). بين اسماعيل (1989) وجود بعض العناصر النادرة وبتراكيز عالية في احلالات بلورية في معدن الزركون مثل الهافنيوم (Hf) واليتريوم (Y) والثوريوم (Th).

لغرض تقويم نتائج الفحوصات المجهرية لتوزيع معادن الزركون والروتايل في الحجوم الحبيبية المختلفة أجريت تحاليل كيميائية للعينات نفسها؛ لتحديد تراكيز الزركونيوم والتيتانيا ودراسة علاقتهما مع معدني الزركون والروتايل وأظهرت دراسة الأشكال البيانية الموضحة في الشكل (9) أن أنماط توزيع عنصر الزركونيوم تبين تطابقاً مقبولاً مع توزيع معدن الزركون المحدد بوساطة العداد النقطي على الرغم من وجود بعض الاختلافات؛ لأن طريقة العداد النقطي تعد طريقة نسبية وشبه كمية وفيها إحتمال الخطأ. أما بالنسبة للتيتانيا فهناك بعض الاختلافات في نمط توزيعها قياساً بنسبة معدن الروتايل، إذ يلاحظ ان توزيع التيتانيا أحادي النمط في بعض العينات ومتركز في الجزء الحجمي أقل من 63 مايكرون أو بين 63 - 71 مايكرون وثنائي النمط في عينات أخرى إذ تتراوح القمة الأولى بين الجزئين الحجميين 100 - 125 مايكرون و 71 - 100 مايكرون ، أما القمة الأخرى فتظهر في الحجم الحبيبي الذي يكون أقل من 63 مايكرون وبذلك تتطابق النتائج مع ما جاء سابقاً بأن نسبة التيتانيا لا تعكس معدن الروتايل بشكل مطلق بل تشمل معادن أخرى معتمة مثل: الإلمنيت و الليكوكسين أو قد تكون في البناء البلوري لبعض المعادن الطينية(Weaver and Pollard,1975).

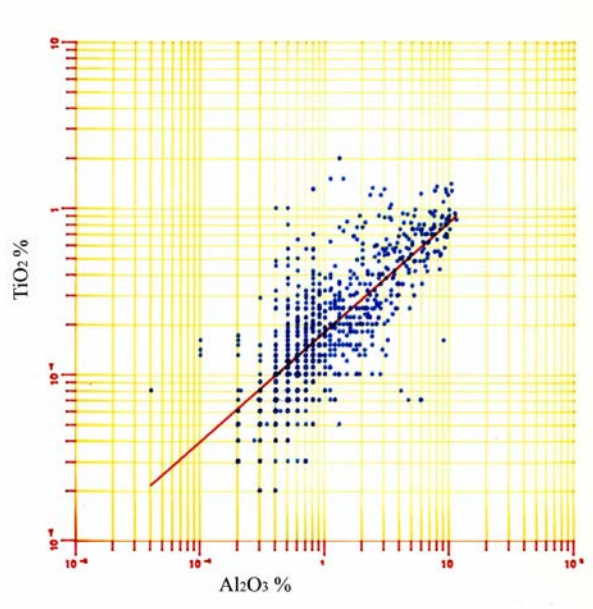
إنَ هذا الارتباط الجيوكيميائي دفع لاتخاذ الزركونيوم دالة لمعدن الزركون والتيتانيا (بدرجة أقل) دالة لمعدن الروتايل وإعتماد العينات التي ترتفع فيها نسبة السيليكا ؛ للتأكد من أن معظم التيتانيا ممثلة لمعدن الروتايل وليست من الجزء الطيني في الصخرة. بينت نتائج المضاهاة صحة الاختيار إذ جاءت العلاقة موجبة و قوية ($r = 0.61$) بين تركيزالزركونيوم والتيتانيا في العينات المختارة (الشكل 10) وموجبة ضعيفة جداً ($r = 0.23$) بين الزركونيوم والألومينا الذي يمثل الطين في العينة (الشكل 11) وموجبة ضعيفة ($r = 0.3$) بين التيتانيا والألومينا (الشكل12). انعكست هاتان العلاقتان في شكل المدرج التكراري الخاص بالزركونيوم والتيتانيا أيضا (الشكل 5) ؛ إذ ظهر توزيع الأول بأنه أحادي النمط. ليؤكد بأنه موجود في معدن رئيس واحد (الزركون)، بينما ظهر نمط توزيع الثاني بأنه متعدد الأنماط ؛ ليؤكد بأنه موجود في أكثر من معدن ولكن تركيزه أعلى بأحد المنوالات.



شكل (10): العلاقة بين الزركونيوم والتيتانيا في صخور الدراسة ($r = 0.61$)



شكل (11): العلاقة بين الزركونيوم والالومينا في صخور الدراسة (r = 0.23)



شكل (12): العلاقة بين التيتانيا والالومينا في صخور الدراسة (r = 0.56)

توزيع الزركونيوم و التيتانيا في الصخور الرملية

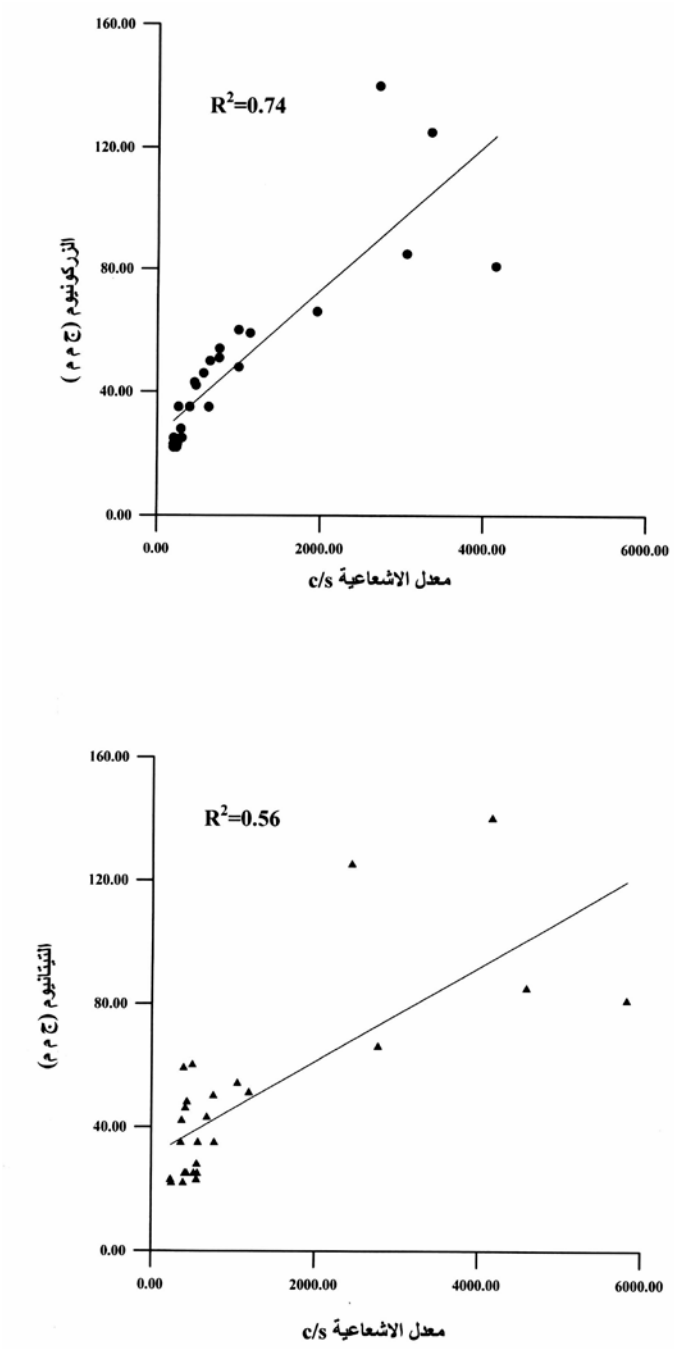
بلغت قيمة العتبة للزركونيوم في الصخور الرملية تحت الدراسة 950 (ج م م) أي أكثر من أربع مرات معدل تركيزه في الصخور العالمية والبالغ 220 (ج م م) المعطاة من قبل Turekian and Wedepohl (1961) . أما بالنسبة للتيتانيا فقد بلغت قيمة العتبة 0.75% و تمثل ثلاث مرات من قيمة معدل الصخور الرملية العالمية المعطاة من قبل المصدر نفسه أعلاه و البالغة 0.25% .

تبين مقارنة نتائج النشاط الإشعاعي الميداني لوحدات الصخور الرملية مع التحاليل الكيميائية لعنصري الزركونيوم و التيتانيوم وجود علاقة طردية (الشكل 13 و الجدول 4) وبالإمكان تبرير العلاقة الطردية الأولى، إذ قد تحل بعض العناصر المشعة مثل: اليورانيوم بدل الزركونيوم في معدن الزركون (Suzuki, 1988)، أما العلاقة الطردية الثانية فهي أقل وضوحاً؛ وذلك لأن العلاقة غير مباشرة، إذ يتركز الروتايل مع بقية المعادن الثقيلة وبحسب وزنها النوعي وحجمها وطاقة التيار الناقل.

عند إسقاط مواقع الطبقات الرملية التي زادت فيها قيمة الزركونيوم والتيتانيوم عن العتبة تبين وجود توجه (trend) في توزيعهما أفقياً وعمودياً فهي (بصورة عامة) أكثر وفرة في الخمسين متر العليا من التكوين وأكثر غنى في الجزء الغربي من منخفض الكعرة (الشكل 6). ولأجل التعرف على طبيعة توزيع الزركونيوم والتيتانيا تم إجراء التحليلات الإحصائية مثلما اقترحها Beus and Grigorian (1977) وقد تبين بأن الزركونيوم والتيتانيا موزعان بشكل لوغاريتمي (log-normal) في صخور الكعرة الرملية (الشكل 5).

جدول (4): معدل القراءات الإشعاعية الميدانية لمواقع الدراسة وقيم تراكيز عنصري الزركونيوم والتيتانيوم لعينات الصخور الرملية لتكوين الكعرة

رمز المقطع	سمك الطبقة	عدد العينات	معدل الاشعاعية (c/s)	Zr (ج م م)	Ti(ج م م)
A	15.5	7	125	3352	2439
B	6.0	8	42	472	370
C	30.0	7	81	4150	5822
D	1.9	7	28	292	556
D	2.5	9	35	260	570
E	4.0	4	46	566	414
F	6.0	7	66	1956	2770
G	6.5	6	54	760	1048
H	9.6	11	35	631	770
I	10.0	11	25	296	433
J	5.5	6	51	757	1191
K	5.1	7	35	397	360
L	5.8	7	23	250	236
M	11.2	6	140	2714	4161
M	6.0	3	25	204	520
M	8.0	2	50	645	756
TA	6.4	3	48	997	433
TB	4.6	5	59	1135	389
TC	2.0	4	60	994	496
TD	5.6	3	85	3054	4591
TE	8.5	5	22	241	248
تل العبد	-	3	22	201	390
العبيد	-	3	23	201	553
ابو منيقير	-	2	43	455	678
السمحات	-	2	25	207	410
تل العفايف	-	3	25	305	564



شكل (13): العلاقة بين معدل النشاط الإشعاعي الميداني (قراءات جهاز العداد الوميضي –GR 110) وتراكيز الزركونيوم والتيتانيوم في عينات الدراسة بعد تحليلها مختبرياً

تركيز الزركون والروتايل

تم إجراء تجارب عديدة لإختيار أفضل الظروف لفصل الزركون والروتايل عن المعادن الثقيلة الأخرى باستعمال جهاز الفصل المغناطيسي وفي كل مرة كانت النتائج تفحص بوساطة المجهر الإعتيادي ثنائي العينية للتأكد من جودة الفصل وتبين بأن الزركون والروتايل ينفصلان سوية عن بقية المعادن أو مكونات الصخور الرملية الأخرى مع الجزء غير المغناطيسي باستخدام تيار قدره 1.7 أمبير وبدرجة ميل أمامي قدرها 15 درجة وبدرجة ميل جانبي قدرها 5 درجات ، ثم ينفصل الزركون عن الروتايل ويتجمع في الجزء غير المغناطيسي باستخدام تيار قدره 1.2 أمبير وبدرجة ميل أمامي قدرها 8 درجات وبدرجة ميل جانبي تتراوح بين 1 و5 درجات، بينما يتركز الروتايل في الجزء المغناطيسي.

بينت نتائج التركيز بأن نقاوة الزركون في الجزء المتركز تراوحت بين 90 و 95 % وتعكس هذه النسبة قدرة فصل الجهاز للزركون، أما البقية فهي شوائب من الكوارتز والروتايل وتراوحت نسبة الاسترجاع (recovery) بين 69 و 86 % فيما عدا عينة مقطع تل النعجة إذ كانت نسبتها 52 % (الجدول 5). أما الروتايل فقد تراوحت نقاوته في الركائز بين85 الى 90 % وتعكس هذه النسبة قدرة فصل الجهاز للروتايل، أما البقية فهي: شوائب من الكوارتز وحبيبات من معادن معتمة وقد تراوحت نسبة الاسترجاع بين 69 و 100% فيما عدا في العينة TD1 إذ كانت نسبتها 56 % (الجدول 5).

جدول (5): نتائج تركيز الزركون والروتايل ونسبة استخلاصها

رقم العينة	النسبة المئوية للمعادن الثقيلة	الزركون			
		نسبته المئوية في المعادن الثقيلة	نسبته المئوية في العينة	الأستخلاص غم/100 غم	النسبة المئوية للإستخلاص
A3	3.82	31	1.18	0.87	74
C3	11.01	23	2.53	2.2	86
F5	6.65	25	1.66	1.15	69
M3	2.57	26	0.47	0.35	52
Td1	3.85	23	0.89	0.73	82
رقم العينة	النسبة المئوية للمعادن الثقيلة	الروتايل			
		نسبته المئوية في المعادن الثقيلة	نسبته المئوية في العينة	الاستخلاص غم/100 غم	النسبة المئوية للاستخلاص
A3	3.82	7	0.23	0.23	100
C3	11.01	7	0.77	0.53	69
F5	6.65	7	0.47	0.41	89
M3	2.57	4	0.1	0.1	95
Td1	3.85	9	0.32	0.18	56

تباينت قدرة فصل الجهاز بالنسبة للزركون والروتايل ؛ إذ ظهرت شوائب من الكوارتز والروتايل مع الزركون المركز وشوائب من الكوارتز وحبيبات معتمة مع الروتايل المركز. يعزى التغاير في قدرة فصل الجهاز لعدة أسباب أهمها: نعومة حجم حبيباتها بالنسبة للجهاز وطبيعة المتضمنات (inclusions) التي تحتويها ؛ إذ تبين مما أسلفنا أن الزركون يتركز في الأجزاء الحجمية الأقل من 63 مايكرون وأن الروتايل يتركز في أجزاء حجمية مختلفة تكون أحياناً أقل من 63 مايكرون وقد بين إسماعيل (1989) بأن الزركون والروتايل يحتويان على أنواع مختلفة من المتضمنات.

الاستنتاجات

- توجد المعادن الثقيلة ومن ضمنها الزركون والروتايل في رمال تكوين الكعرة على شكل جيوب محدودة الامتداد وتمثل ترسبات لأنهار التوائية ويعقد هذا الوضع الجيولوجي عمليات الأستكشاف والتحري عن هذه المعادن غير أن هذه الدراسة بينت ان الزركون والروتايل أكثر وفرة في الخمسين متراً العليا من التكوين واكثر وفرة في الجزء الغربي من منخفض الكعرة إذ توجد مقاطع ذات تراكيز شاذة (أعلى من قيمة العتبة) لكلا المعدنيين حيث تحتوي بعض العينات على أكثر من 3% من معدن الزركون وحوالي 1.5 % من معدن الروتايل فضلاً عن وجود بعض العناصر النادرة بتراكيز عالية.
- بينت هذه الدراسة إن المعادن الثقيلة ومن ضمنها الزركون والروتايل تتركز في الجزء الناعم من الرمال (بشكل عام في الأحجام اقل من 70 مايكرون) وذلك بسبب وزنها النوعي العالي قياساً إلى معدن الكوارتز المكون الأساسي لهذه الرمال.
- هناك علاقة ايجابية بين الزركون والروتايل تعود الى وجودهما سوية في الجزء الثقيل من الرمال فضلاً عن وجود علاقة ايجابية بين الزركون والنشاط الاشعاعي يعود الى وجود اليورانيوم وعناصر مشعة اخرى في التركيب البلوري للزركون وبالإمكان اعتماد المسوحات الإشعاعية في الاجزاء المكشوفة من رمال الكعره للأستكشاف عن الزركون توخيا للسرعة وتقليل الكلفة .
- يرتبط عنصر الزركونيوم في رمال الكعرة مع معدن الزركون بشكل مطلق تقريباً في حين يرتبط التيتانيوم مع معدن الروتايل بشكل اساسي ومع معادن مضيفة اخرى بشكل ثانوي.
- بالامكان تحقيق فصل لمعدني الزركون والروتايل عن باقي المعادن الثقيلة بنقاوة عالية (أكثر من 90% للزركون واكثر من 85% للروتايل) ونسبة استرجاع مشجعة (اكثر من 69 %) باستعمال تقنية الفصل المغناطيسي.
- تشير المعطيات التي وفرتها الدراسة الحالية الى ان هذه الرواسب جديرة بالاهتمام ومتابعة عمليات الاستكشاف والتنقيب .

المصادر

اسماعيل ، صباح احمد ، 1989. دراسة معدنية - جيوكيميائية للزركون والروتايل في صخور تكوين الكعرة الرملية – غرب العراق . رسالة ماجستير ، جامعة بغداد ، بغداد ، العراق ،118 صفحة.

صادق ، علي جعفر ، 1985. دراسة سطحية – تحت سطحية معدنية جيوكيميائية للخامات الطينية والحديدية لصخور حقب الحياة القديمة (الباليوزوي) في الصحراء الغربية العراقية . رسالة ماجستير ، جامعة بغداد، بغداد ، العراق ، 182 صفحة.

طوبيا ، فرج حبيب ، 1983. جيوكيميائية ومعدنية ترسبات الحديد لتكوين الكعرة في منطقة الصحراء الغربية العراقية . رسالة ماجستير ، جامعة بغداد، بغداد، العراق ، 156 صفحة .

اليوزبكي ، قتيبة توفيق ،1989. دراسة جيوكيميائية ومعدنية للحديد المتواجد مع الترسبات الطينية في تكوين الكعرة في الصحراء الغربية . رسالة ماجستير ، جامعة الموصل ، الموصل ، العراق ، 186 صفحة .

Al-Marsoumi, A.H., 1986. Geochemistry. In: M.Y. Tamar-Agha, (editor),Report on the detailed geological mapping of southern rim of Ga'ara Depressoion.. GEOSURV, int. rep. no. 1779, 195 pp.

Barnes, J.W., 1988. Ore and Mineral: Introduction to Economic Geology. Open University Press, London, 181 pp.

Beus, A.A., and Grigorian, S.V. 1977.Geochemical Exploration Methods for Mineral Deposits. Applied Publishing Co., Wilmette, Illinois, 287 pp.

Garner, T.E., 1980 .Heavy mineral industry of North America. Fourth Industrial Minerals International Congress, Atlanta , U.S.A., p. 29-42.

Hargreaves ,D., and Fromson , S., 1983 .World Index of Strategic Minerals. Gower Publishing Company, London, 300 pp.

Lepeltier, C., 1969. A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation. Econ. Geol., Vol. 64, p. 538-550.

Ooi,C.W., Hobday, M.d., and Bentata, A., 1988. Isolation of high purity zirconia from Australian zircon sands using an ion-exchange process. J. Chem. Tech. Biotechnol., Vol. 43, p. 205-512.

Philip, G., Sadallah, A., and Ajina, T., 1968. Mechanical analysis and mineral composition of the Middle Triassic Ga'ara sandstone, Iraq. Sediment. Geol., Vol . 2 , p. 51-76.

Pettijhon, F. D., Potter, E. and Siever, R. 1973 Sand and Sandstone. Springer Verlag, N. Y. 618pp.

Salman, H.M., 1977. Sedimentology of the upper part of Ga'ara Formation, Western Iraq. Unpub. M.Sc. thesis, Univ. of Baghdad , Baghdad , Iraq, 118 pp.

Sinclair, A. J., 1974. Selection of thresholds in geochemical data using probability graphs. J. Geochem. Explor., Vol. 3, p. 129-149.

Speer, J.A., 1982. Zircon. Review in Mineralogical Society of America, Short Course Notes, Vol . 5, 2nd edit., p. 67-112.

Suzuki, K., 1988. Heterogeneous distribution of uranium within zircon grains. Implication for fissiontrack dating. J. Geol. Soc. Japan, Vol . 94, P. 1-10.

Tamar-Agha, M.Y., 1986. Report on the detailed geological mapping of southern rim of Ga'ara Depression. GEOSURV, int. rep. no. 1779, 195 pp.

Tamar-Agha, M.Y., 1993. Exploration and prospecting in the Ga'ara Depression (1986-1990). Part I: General geology. GEOSURV, int. rep. no. 1899, 183 pp.

Tamar-Agha, M.Y., Abboud, A., Abdul Amir, W., and Abdul Aziz,A., 1991. Exploration and Prospecting in Ga'ara Depression (1986-1990), Part II: Economic Geology,Vol. 13 : Summary report. GEOSURV, int. rep. no. 1898, 27 pp.

Tennant, C. B. and White, M. L., 1959. Study of the distribution of some geochemical data. Econ. Geol., Vol. 54, p. 1281-1290.

Turekian, K.K. and Wedepohl, K.H., 1961. Distribution of the elements in some major units of earth's crust. American Assoc . Petrol .Geol ., Vol. 72, p. 175-191.

Weaver, C.E.and Pollard, L., 1975. The Chemistry of Clay Minerals. Elsevier, Amsterdam, 213pp.

Zainal, Y., M., 1980. Mineralogy, geochemistry and origin of kaolintic clays of Ga'ara. Jour of Geol . Soc . of Iraq, Special Issue, Vol. 13, p. 231-255.