المقارنة المعدنية والحجم الحبيبي للزركون في تكويني الكعرة والحسينيات – غرب العراق

شكر علي خليل ألصالحي[1]

DOI: https://doi.org/10.54172/mjsc.v23i1.348

الملخص

تركزت الدراسة على معدن الزركون الذي فُصل بتقاوة تامة من صخور رملية ناضجة معدنيا و جيوكيميائيا من تكوينين رئيسين من التكاوين التي تشكل العمود الفقري لطباقية منطقة الصحراء الغربية من العراق ، حيث تتراوح أعمارها بين العصر البيرمي و الكريتاسي وهي(الكعرة والحسينيات). إن هذه الصخور في محتواها هي رما ل زجاجية لاحتوائها على نسبة مطلقة من المرو(quartz) وكميات قليلة من معادن فتاتية أخرى من ضمنها المعادن الثقيلة ونسب متفاوتة من مواد أسمنتية كاربونية أو حديدية أو سليكية. تتكون المعادن الثقيلة من المعادن المعتمة (أكاسيد الحديد) والمعادن فوق المستقرة (الزركون Zircon ، الروتايل Rutile والتورمالين Tourmaline)ونسب قليلة من معادن أخرى اقل استقرارا(الهورنبلند،البايوتايت و الشتورولايت). تركزَ الزركون في الغرين الخشن والرمل الناعم جدا (< 62.5 ـ105ما يكرون). وتمت دراسة الزركون من النواحي المعدنية والتي أثبتت جميعها تشابها شبه مطلق بين الزركون في التكوينين.

وأمكن تقسيم االزركون من حيث الشكل والصفات الضوئية إلى (1– الزركون المدور: كهرماني اللون.، 2– الزركون شبه كامل الأوجه : مغبر اللون . ، 3– الزركون كامل الأوجه: شفاف عديم اللون).

وأظهرت مخططات الأشعة السينية الحيدية(XRD) X-ray diffraction للزركون الكلي تشابها كبيرا في التكوينين و مطابقة إلى حد كبير مع مخططات الزركون القياسي المثالي ، واقتصرت الاختلافات على انحراف طفيف و انخفاض في الشدة و اختفاء بعض القمم الثانوية.

أثبتت الدراسات المتعددة، التشابه الكامل للزركون في التكاوين وبالتالي اصلها المشترك والمتوقع بأنها صخور نارية حامضية(كرانيتية –بيكماتيتية) على الأغلب مع مساهمة أخرى اكثر قاعدية وصخور متحولة والتي يعتقد مصدرها جميعا الدرع العربي– النوبي.

[1] قسم الجيولوجيا– جامعة عمر المختار ،البيضاء–ليبيا.

©. المؤلف (المؤلفون) هذا المقال المجاني يتم الوصول إليه من خلال رخصة المشاع الإبداعي (CC BY-NC 4.0)

المقدمة

يهدف البحث إلى دراسة معدن الزركون(Zircon) من النواحي المعدنية والحجم الحبيبي بالإضافة إلى المعادن الثقيلة الأخرى المرافقة في تكويني(Formations) الكعرة والحسينات الصخرية الرملية الأساسية المنكشفة في منطقة الصحراء الغربية وبالتالي إلقاء الضوء على أصل هذه التكوينين من خلال أوجه الشبه والاختلاف في الخصائص المعدنية والحجم الحبيبي لمعدن الزركون .

يعد الزركون من المعادن الثقيلة فوق المستقرة و المقاومة للتجوية والنقل والترسيب والعمليات التحويرية وبناء على ذلك فان الزركون ربما يمر بعدة دورات من النقل و إعادة الترسيب (Koksal , 2006) و(Speer,1982)، وهو من المكونات الرئيسية المهمة في المعادن غير الأساسية(Accessory minerals) ويتواجد بصورة شائعة في الصخور النارية و المتحولة أوفي الترسبات الفتاتية المشتقة من هذه الصخور(Fielding,1970) ، وقليلة الشيوع في المعادن الفتاتية في بعض الرسوبيات. يتبلور الزركون في النظام الرباعي(tetragonal system) وتركيبه المثالي $ZrSiO_4$ (SiO_2 %31.9 + $ZrSiO_2$ % 67.1)، وزنه النوعي 4.67 صلابته (7.5) حسب مقياس موهس (Moh's scale) و اقل قليلا إذا كان متعرضا إلى التشوه نتيجة زيادة نسبة العناصر المشعة في بعض أنواعه.

يحتوي الزركون في تركيبه الكيميائي على أكثر من خمسين عنصرا (Speer,1982) وله ما يقارب من خمسة عشر تسمية، وتعتمد هذه التسميات على[1- الصفات الفيزيائية والكيميائية لبعض عناصر الإحلال ، 2- محتوى الماء ، 3- شكل الإحلال لبعض العناصر التي يحل محل عنصر الزركونيوم بسبب التشابه في السلوك الكيميائي بينهما(Deer et al., 1972).

للزركون خصائص مهمة مثل الشكل الخارجي (Morphology) واللون والنطاقية(Zoning) و المتضمنات وغيرها ، وتعد هذه الخصائص من الأمور المهمة في تفسير اصل الصخور الحاوية لها وظروف تكونها من حيث الحرارة والضغط والتركيب الكيميائي(Pupin,1980 و Aleinkoff,1983). يحتوي الزركون على عدة أنواع من المتضمنات منها دائرية (Spherical) وشبيهة بالقطرة(Drop like) و أبرية (Needle like) ، بالإضافة إلى الشقوق والقنوات الدقيقة . توجد علاقة بين الشكل الخارجي و الظروف الفيزيائية والكيميائية التي يتكون فيها الزركون فمثلا التبلور السريع للصهير المكماتي(Magma) يؤدي إلى نمو الزركون طوليا(Speer,1982) ، بينما يسبب ازدياد الحامضية (Acidity) في الصهير المكماتي في تكوين البلورات المسطحة في حين يؤدي إحلال اليورانيوم(U) و الثوريوم(Th) والعناصر الأرضية النادرة في الزركون وبوجود الماء إلى تكوُن بلورات

كاملة الأوجه مزدوجة الهرم (Bipyramids) بينما يؤدي إحلال الهافنيوم (Hf) بكمية اكبر إلى تكوين البلورات الطولية (Speer,1982).

تتلخص المكونات المعدنية في نماذج الصخور الرملية قيد الدراسة من المرو(Quartz) و الفلدسبار(Feldspar) و المعادن الثقيلة(Heavy Minerals).حيث يشكل المرو نسبة تزيد على (95 %) في معظم الصخور الفتاتية وتتراوح أحجامها بين حجم السلت (silt) إلى حجم الرمل الخشن، وتمتاز حبيباته بأشكال مستديرة إلى شبه مستديرة، وشبه الزاوية إلى حادة الحواف. يتواجد الفلدسبار بنوعيه البوتاسي و البلاجيوكليسي (plagioclase) بكميات قليلة إلى نادرة في الصخور الرملية للتكاوين قيد الدراسة وتتراوح أشكالها بين زاوي إلى شبه مستديرة، علما بان معظم حبيبات الفلدسبار واضحة المعالم وقليلة التحول. تحتوي جميع الصخور الرملية في تكاوين الصحراء الغربية على كميات قليلة من المعادن الثقيلة المتمثلة بالمعادن المعتمة (اكاسيد الحديد) والمعادن فوق المستقرة(الزركون Zircon ، الروتايل Rutile والتورمالين Tourmaline).

يعتبر تحليل المعادن الثقيلة (Heavy Minerals) طريقة للوصول إلى أصل ومصدر الرمال والصخور الرملية الحاوية لها(Hunting Geo.1997) و (Morton,1985) وتشكل المعادن الثقيلة نسبة قليلة جدا من مكونات الصخور الرملية والتي لا تزيد نسبتها عن(1%) ويزيد وزنها النوعي عن 2.89 (Pettijohn,1975 و Folk,1974). تتأثر المعادن الثقيلة وكميتها بعدة عوامل قبل ترسيبها بالشكل النهائي ومنها الوزن النوعي والحجم الحبيبي، حيث هنالك علاقة عكسية بينهما وتتأثر بمقدار مقاومة المعادن لعمليات الخدش و الكسر و الشكل الحبيبي. تعد ترسبات المعادن الثقيلة من الأمور المعقدة نسبيا لتأثرها بعدة عوامل ولفترات زمنية طويلة تقدر بملايين السنين قبل تكون هذه الترسبات(Garnur,1980).

يُحتمل أن تبعد مصدر التجهيز لهذه المعادن الثقيلة مئات بل آلاف الكيلومترات وتتطلب سلسلة من العلميات الجيولوجية لتهيئة الظروف الملائمة لتكوين ترسبات المعادن الثقيلة ذات القيمة الاقتصادية،.و تتباين المعادن الثقيلة في خصائصها وتصرفاتها بعد تركها لصخور الأم المعرضة لعمليات التجوية و التفتيت، ولذلك فان المعادن ذات المقاومة الضعيفة لعمليات التجوية تختفي تدريجيا بينما تبقى المعادن الأكثر مقاومة ، وقد تنتقل هذه المعادن المقاومة وتترسب وقد تمر بمختلف الظروف قبل أن تستقر بالشكل النهائي .

جيولوجية المنطقة:

التتابع الطبقي: تمتد عمر الترسبات التي تنكشف في منطقة الصحراء الغربية من العصر البيرمي(Permian) إلى المايوسين(Miocene) ، وان أقدم وحدة صخرية في المنطقة هي تكوين

الكعـرة(البيرمـي الأسـفل)، وتعقبهـا تكوينـات جيولوجيـة مختلفـة وهـي الملوصـي، زور حـوران(التریاسـي الأعلـى) ، تكـوين عبيـد، الحسـينيات و العـامج (الجـو راسـي الأسـفل) ومحيـور(الجوراسـي الأوسط) وتكوين النجمة (الجوراسي الأعلى، نهر عمر(الكريتاسـي الأسـفل)، المـودود(الكريتاسـي الأوسـط)، وتكـوين رطبـة – مسـعد(الكريتاسـي الأوسـط)، والجـدول(1) يوضـح التتـابع الطبقـي للتكاوين الصخرية وخصائصها الأساسية في منطقة الدراسة .

1- تكوين الكعرة

Ga'ara Formation

يتكـون هـذا التكـوين مـن صـخور رمليـة متعـددة الألـوان ذات تطبـق متقـاطع(cross-bedded) تتخللهـا طبقـات مـن الحجـر الرملـي المارلي(Sandy marl) وطبقات طينية من الكاؤولين (Kaolin) ذات الألوان المتعددة تتراوح بين الأبيض المائـل إلى الأخضـر ، الأصـفر الأرجـواني ، البـني ، الأحمـر والبنفسـجي وعدسـات حديديـة ليموناتـية(Limonite) أو هيماتيتية(Hematite).

أشـار(Buddy & Hak 1980) بـان سمـك التكـوين يصـل إلى (730 م) اعتمـادا علـى دراسـة مجموعـة اليوغسـلاف للبئـر العميـق المرقم(KH5-1)، بينمـا يصـل سمـك التكـوين إلى (900 م) على بعد(5 كـم) شمال مدينة الرطبة. إن الحجـم الحبيـبي للصـخور يـتراوح بـين النـاعم جـدا والخشن وفي بعض الأحيان بحجم الحصى. ويعتقد بـان بيئـة الترسيب هـي بيئـة البحـيرات والمسـتنقعات وذلـك لوجـود المـراوح الغرينيـة(alluvial fan) والمسـطحات (plains)، في حـين اسـتنتج كـل مـن إسماعيـل (1989) و طوبيـا (1983) بـان بيئـة الترسيب هي بيئة الأنهار والبحيرات القارية وان نتائج مشابهة توصل إليها صادق (1985) مما يؤكد بأن بيئة الترسيب هي بيئة الأنهار والبحيرات القارية.

2- تكوين الحسينيات

Hussainiyat Formation

تتكـون هـذه الـدورة الرسـوبية الجـو راسية(Jurassic) من وحدتين الفتاتية و الكربونية ، يتكـون الجـزء الفتـاتي مـن حجـر الطـين الحديـدي تغطيهـا طبقـات مـن الرمـل ذات التـدرج النـاعم إلى الأعلى(fining upward) و صلابة ضعيفة إلى هشة كما يحتوي على طبقات من الحجر الدولوميتي الرملي، أما الجزء الكربوني فيتكون من الحجر الجيري المدملت وعقد من الصوان ((Jassim et al.,1984). يقـع تكـوين الحسـينيات بصـورة غـير متوافقـة (unconformable) وحـادة علـى تكـوين عبيـد وان سطح التماس بين تكويني الحسينيات وعبيد يتميز بوجـود صـخور الـدولومايت الحمـراء و العائـدة إلى تكوين (عبيد) مع وجود المعادن الحديدية ،و سطح التماس العلوي مع تكوين العامج غير متوافق أيضا. يبلغ سمك التكوين في المقطع المثالي (120 م) على

بعد (10 كم) جنوب غرب التقاء وادي الحسينيات وحوران (المبارك ،1983).

أشار(Buddy & Hak,1980) بان عمر التكوين هو اللياسي (Liassic) ، وذكر (Jassim et al., 1984) بان بيئة الترسيب هي بيئة جافة قياسا إلى تكوين التربة الحديدية في السهل الفيضي (floodplain).

الجدول (1) يبين جزء من التتابع الطبقي في منطقة الصحراء الغربية ومنطقة الدراسة[1]

التكوين	العمر	السمك(متر)	رمز الصخارية	الوصف العام	التكاوين قيد الدراسة
الحسينيات	الجو راسي الأسفل	15-120		الجزء العلوي :صخر جيري دولوميتي تحتوي على متبخرات. الجزء الأسفل:صخور رملية متعاقبة مع الطين وتركيز عالي من الحديد	x
عبيد	الجو راسي الأسفل	75		الجزء العلوي : صخور جيرية رملية مع عقد الصوان . الجزء السفلي : صخور رملية كلسية وطينية متأكسدة.	
زور حوران	الترياسي الأعلى	20		أحجار طفل جبسية متعاقبة مع الحجر الجيري و دولومايت.	
ملوصي	الترياسي الأعلى	160		الجزء العلوي: يتكون من صخور الطفل والسفلي من جيري دولوميتي	
الكعرة	البيرمي الأسفل	720		أحجار رملية وسلتيه وطينية متعاقبة مع وجود عدسات من خام الحديد في الجزء العلوي.	x

ملاحظة: (x) تعني التكاوين المختارة للدراسة

(1) صباح احمد إسماعيل(**1989**) : دراسة معدنية–جيوكيميائية للزركون في تكوين الكعرة –غرب العراق.

المواد وطرائق البحث

النمذجة :

تم اختيار نموذجين غنيتين بمحتواها من المعادن الثقيلة والتي كانت قد جمعت من المكاشف السطحية ومن لباب الآبار المحفورة ومن الأجزاء الفتاتية الرملية لتكويني (الكعرة والحسينيات).

عُملت الشرائح الرقيقة (Thin section) للصخور الرملية لدراسة أشكالها وأنسجتها والمواد الأسمنتية فيها. وفتت النماذج الرملية يدويا وأحيانا (بهاون بورسيلين) و كان قسم من النماذج سهلة التفكيك وأخرى شديدة التماسك. أذيبت المادة الأسمنتية باستخدام حامض الهيدروكلوريك (HCl) المخفف(10 %) أو المركز(50 %)في حالة كون النموذج متماسكا ولا يمكن تفكيكه يدويا.

غُسلت النماذج بالماء المقطر لعدة مرات وجففت في الفرن لمدة(24 ساعة) وبدرجة حرارة 60 م °، و فصلت المعادن الثقيلة عن الخفيفة باستخدام سائل البروموفورم الثقيل كما مذكور في (Garver,1971) ، في حين تم فصل الزركون عن بقية المعادن الثقيلة باستخدام جهاز الفصل المغناطيسي (Frantz-Isodynamic Separators) ويدويا تحت المجهر .

التحليل ألحجمي والنوعي والكمي للمعادن الثقيلة

أُخذت جزء من النماذج المفتتة وفصلت المعادن الثقيلة بنفس الطريقة السابقة وتم حساب نسبة المعادن الثقيلة في الصخرة الكلية لكل تكوين وذلك بتطبيق العلاقة :

نسبة المعادن الثقيلة = (الوزن الكلي للمعادن الثقيلة / وزن الصخرة الكلية) × 100)

ولحساب النسبة المئوية لأنواع المعادن الثقيلة(Zircon، Rutile و Tourmaline) تم تحضير شرائح حبيبية لهذه المعادن الثقيلة وذلك بنثرها على شرائح زجاجية في المادة الصمغية (Canada balsam) و تم فحص (400) حبيبة في كل شريحة زجاجية وذلك باستعمال العداد النقطي(Point counter) تحت المجهر لإيجاد التواجد النسبي لأنواع المعادن الثقيلة في الصخور الرملية للتكوينين قيد الدراسة.

استخدمت المناخل المختلفة الحجوم لمعرفة نمط توزيع المعادن الثقيلة في الترسبات الرملية و الأحجام الحبيبية التي تتركز فيها هذه المعادن وكميتها و وصف (Vanandel, 1959) بأن نمط توزيع المعادن الثقيلة في الترسبات الرملية تتركز في الأحجام الحبيبية(177، 125، 88 ، 63 µ) وللحصول على تفاصيل دقيقة إضافية حول الحجوم التي تتركز فيها الزركون وأوجه الشبه والاختلاف بين التكوينين، تم اختيار الحجوم الحبيبية الأخرى المحصورة بين هذه الأحجام كما في الجدول (2) والتي أعطيت الرموز(1، 2 ، 3 ،4 ، 5 ،6، 7) لتسهيل التمثيل البياني والإحصائي لهذه الحجوم .

الجدول (2) أحجام المناخل المختارة والرموز الحجمية لها

صنف الراسب Size class	فتحة المناخل Sieve opining (micron)	حجم المشبك القياسي Standard mesh size	الرموز الحجمية Size symbol
الرمل الناعم Fin sand	177	80	1
	149	100	2
	125	120	3
الرمل الناعم جدا Very Fine sand	105	140	4
	74	200	5
	62.5	270	6
الغرين الخشن Coarse silt	62.5 >	القاعـدةpan	7

الزركون (Zircon)

و لمعرفة نمط توزيع الزركون فقد تم وزن (50 جم) من كل نموذج من التكوينين ووضعت في المناخل المذكورة وعلى جهاز هزاز لمدة نصف ساعة وتم فصل المعادن الثقيلة بنفس الطريقة السابقة وعزل الزركون عن المعادن الثقيلة بواسطة جهاز (Magnetic Separator) تحت مختلف الظروف الخاصة بمواصفات الجهاز للحصول على أعلى نقاوة ممكنة وكما في الجدول(3) ، وتم تنقية الزركون من الشوائب المرافقة من العزل المغناطيسي يدويا (hand picking) تحت المجهر المزدوج العينية(Binocular) للحصول على نقاوة تامة ومطلقة ، ومن ثم دراسة الزركون المنقى باستخدام الأشعة السينية الحيدية (XRD) للتأكد من نقاوته لغرض فحصه وتحليله من ناحية ، ومعرفة الخصائص البلورية والمعدنية من ناحية ثانية ، بينما تم دراسته مجهريا للتعرف على صفاته الضوئية المختلفة وتصويره .

الجدول (3) :ظروف فصل الزركون بواسطة جهاز الفصل المغناطيسي

التكوين	التيار (أمبير)	ميل أمامي (درجة)	ميل جانبي (درجة)	جهة انفصال الزركون	
				غير الممغنطة	الممغنطة
الكعرة	1.7	15°	7°	*	–
الحسينيات	1.7	15°	7°	*	–

العلامة(*) تدل على الجهة التي يتركز فيها الزركون

الدراسات المعدنية

تمت دراسة المكونات المعدنية في الصخور الرملية في مختلف التكاوين في الصحراء الغربية من قبل العديد من الباحثين ومنهم فليب وآخرون(Philip et al , 1968) ، سعدالله وكوكال (Saadallah & Kukal,1970) ، سلمان (Salman ,H .H.1977) ،عبدالرحمن ((1979) ، طوبيا (1983)، صادق (1985)، مصطفى (1986)، العامري (1988)، عبدالأمير وآخرون (1988) وإسماعيل (1989) ،

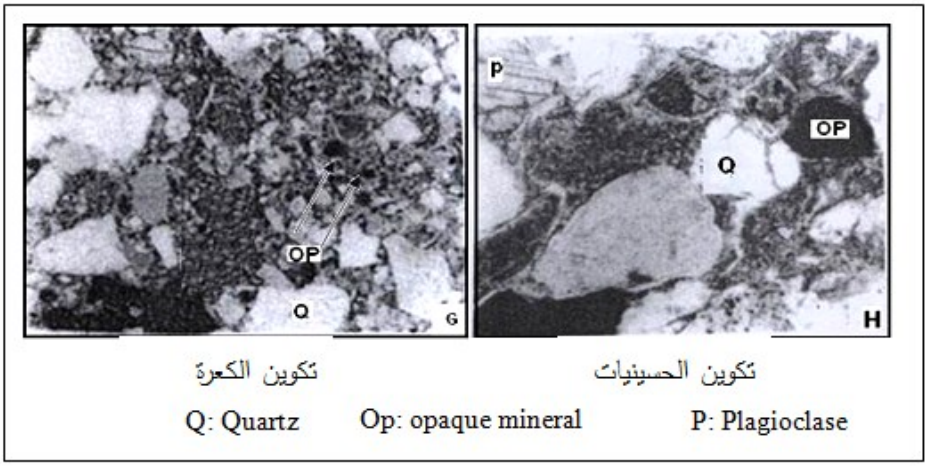
ولدراسة المعادن المكونة للصخور الفتاتية تم استخدام المجاهر المستقطبة، حيث استخدمت مجهرية الضوء النافذ في دراسة المعادن بصريا، بينما استخدمت الضوء المنعكس في دراسة المعادن المعتمة من خلال تحضير سبعة شرائح رقيقة ومصقولة و حبيبيه. ويمكن تلخيص المكونات المعدنية في البحث قيد الدراسة وكما يأتي:

1.المرو (الكوارتز) Quartz

يشكل المرو نسبة تزيد على (95%) في التكوينين قيد الدراسة وتتراوح أحجامها بين حجم السلت (Silt) إلى حجم الرمل الخشن وتمتاز حبيباته بأشكال مستديرة إلى شبه الزاوية إلى حادة الحواف. يتميز المرو في الصخور الرملية لتكوين الكعرة بأشكال شبه زاوية إلى شبه مستديرة وتُظهر معظم الحبيبات تحت المجهر انطفاء مستقيم إلى متموج ضعيف وقد لوحظ العتمة المتموجة في نسبة قليلة من المرو مع وجود متضمنات أبرية فيها (موزعة عشوائيا) ومن المحتمل أن يكون لمعدن الروتايل. يتميز المرو(Quartz) في الصخور الرملية لتكوين الحسينيات بكونه ذات أحجام كبيرة نسبيا وأشكالها شبه مستديرة إلى شبه مستديرة وكمية قليلة من الحبيبات ذات الحواف الحادة .

2.الفلدسبار Feldspar

يتواجد الفلدسبار بنوعيها البوتاسي والبلاجيوكليسي (Plagioclase) بكميات قليلة جدا إلى نادرة وتتراوح أشكالها بين زاوية إلى شبه مستديرة ،علما بان معظم حبيبات الفلدسبار واضحة المعالم تحت المجهر وقليلة التحول وكما في الشكل(1).



H: في تكوين الحسينيات يظهر الفلدسبار البلاجيوكليسي والكوارتز مع المعادن الثقيلة
G: في تكوين الكعرة يظهر الحجر الرملي وفيها الكوارتز والمعادن الثقيلة الجيد

الشكل(1) صورة مجهرية مصقولة للصخور الرملية قيد الدراسة

3.المعادن الثقيلة Heavy Minerals

تحتوي جميع الصخور الرملية في تكاوين الصحراء الغربية على كميات قليلة من المعدن الثقيلة المتمثلة بالمعادن المعتمة(أكاسيد الحديد)والمعادن الفوق المستقرة (الزركون ،الروتايل و التورمالين) ، ولكون الدراسة الحالية منصبة على معدن الزركون فسيتم التطرق إليه في فقرة لاحقة بشيء من التفصيل في الفقرات اللاحقة.

4.المواد الأسمنتية Cementation Materials

يمكن وصف قوام نماذج الصخور الرملية قيد الدراسة كما يأتي :

أ. قسم من النماذج كانت هشة مفككة (Friable) كما في تكوين الحسينيات.

ب.قسم آخر لها قوام ولكن هشة نسبيا كما في تكوين الكعرة ، وأمكن تميز ثلاثة أنواع من المادة الأسمنتية في هذه الصخور وكما يأتي :

1. المادة الأسمنتية الكاربونية

كانت المادة الرابطة الكربونية في النماذج قيد الدراسة إما على هيئة بلورات كبيرة معادة التبلور تنغمر فيها حبات الرمل أو على هيئة بلورات مالئة للفراغات، ويعزى تواجد الأسمنت الكربوني في الصخور الرملية إلى ذوبان القطع الصخرية الكربونية المتواجدة ضمن التكوين أصلا(بتيجون، Pettijohn 1975, و فريدمان وسوندر ، Friedman & Sander,1978) وإعادة ترسيبها كمادة أسمنتية، علما بأن هذه المادة الأسمنتية تظهر بكميات قليلة

في النماذج قيد الدراسة.

2. المواد الأسمنتية السيليكية

تتواجد إما على شكل نمو فوقي أو على شكل حبيبات ناعمة مالئة للفراغات ، وتظهر بشكل قليل في التكوينين قيد الدراسة .

3. المواد الأسمنتية الحديدية

أشار هيلد ولاريس (Heald & Larese,1974) بأن المواد الأسمنتية الحديدية تظهر على شكل أغلفة تحيط بالحبيبات ، وقد لوحظ ذلك في تكوين الكعرة والحسينيات على شكل أغلفة أو مالئة للفراغات ، أما المعادن الحديدية فكانت (هيماتايت Hematite، كوثايت Goethite والليمونايت Limonite) .

مخطط حيود الأشعة السينية للزركون

تم استخدم جهاز الأشعة السينية الحيدية(XRD) للتأكد من نقاوة الزركون قيد الدراسة وتحليل وتحديد الصفات والخواص المعدنية له وثم مقارنته بمخطط الزركون القياسي (B.C.S.NO.338) من خلال مخطط حيود الأشعة السينية للزركون و تحت نفس الظروف الخاصة بالجهاز الموضحة في الجدول (4).

الجدول(4) ظروف جهاز (XRD)

مدى الزاوية2θ	المدى (Range)	الإشعاع	الفولتية (voltage)	التيار	سرعة القياس	المرشح
°58--°18	2000	CUKα	kv 40	20 ملي أمبير	1 2θ / دقيقة	Ni

النتائج والمناقشة

أنواع المعادن الثقيلة :

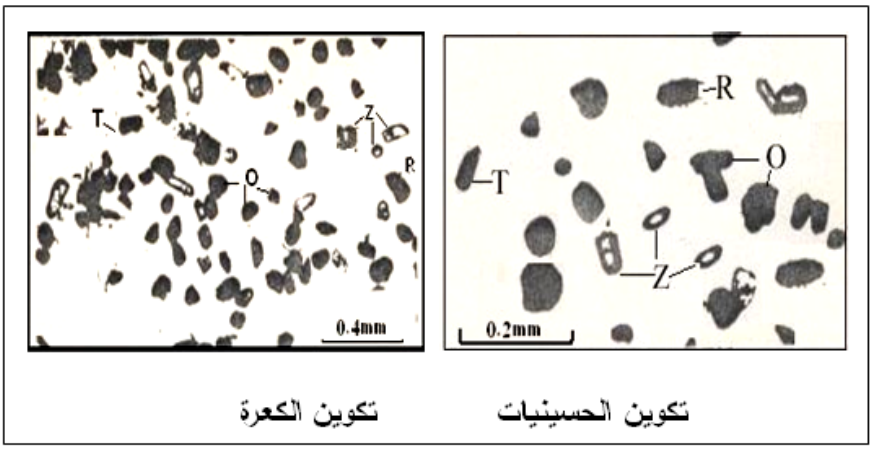
تتكون المعادن الثقيلة (Heavy Minerals) من المعادن المعتمة (Opaque Minerals) وغير المعتمة (Non-opaque Minerals) كما في الشكل(2). تميزت المعادن المعتمة بالأشكال المدورة (نموذج تكوين الحسينيات) والشبه المدورة وحادة الحواف (نموذج تكوين الكعرة) ، واحتوائها بصورة عامة على(هيماتايت Hematite، كوثايت Goethite والمجنتايت Magnetite) وشكلت المعادن المعتمة النسبة الرئيسية من المعادن الثقيلة في النماذج حيث تراوحت بين (65 % – 79 %). بينما احتوت المعادن غير المعتمة بشكل رئيسي على المعادن فوق المستقرة(Ultra-Stable minerals) وتضمنت (الزركون Zircon ، روتايل Rutile والتورمالين Tourmaline) مع نسبة قليلة من المعادن الشبه المستقرة ومن أهمها (الشتورولايت Staurolite ،

الهورنبلنـــد Hornblend و معـــادن البيوتايـــت (Biotite) .

أثبتت الدراسة بان أعلى نسبة مئوية للمعادن الثقيلة في الصخور الرملية متواجدة في نموذج تكوين الكعرة حيث بلغت(4.1 %) بينما في تكوين الحسينيات بلغت(1.02 %)،كما في الجدول(5).

الجدول (5) معدل التواجد النسبي للمعادن الثقيلة في نماذج البحث

اسم التكوين	% للمعادن الثقيلة في الصخرة	المعادن المعتمة	% محتويات المعادن الثقيلة لكل تكوين			
الكعرة			الزركون	الروتايل	التورمالين	أخريات
الكعرة	4.1	65	24	4	3	4
الحسينيات	1.02	79	13	3	2	3



Z = الزركون R = روتايل T = تورما لين O = المعادن المعتمة

الشكل(2) صورة مجهرية لشرائح حبيبيه (غير مصقولة) للمعادن الثقيلة

اظهـر التمثيـل البيـاني للمعـادن الثقيلة ونسب الزركون في نماذج البحث بان هنالك نمـط واحـد للتوزيـع وهـو الـنمط الأحـادي (unimodel) ،ويمكـن ملاحظـة ذلـك مـن الشـكل (3) ، فقـد تركـزت أعلـى نسـبة للزركـون في نمـوذج تكـوين الكعـرة في الحجـم الحبيبي(74 مـا يكـرون) ، بينما كانت أعلى نسبة للزركون في نموذج الحسينيات في الحجم الحبيبي (105 ما يكرون) ، ثم يليه (74 ما يكـرون)، وكانـت أدنى نسـبة لكـلا التكـوينين في الحجـم الحبيبي (177 ما يكرون). يمكن القول إذن

بأن أعلى النسب لتركيز الزركون لنموذجي تكويني الكعرة و الحسينيات انحصرت بين الحجمين الحبيبين(74-105 مايكرون)، وبشكل أدق فان أعلى نسبة للزركون تركزت في(الرمل الناعم جدا) في نموذجي الكعرة و الحسينيات وهذا يعني بأن حبيبات الزركون صغيرة وتقع ضمن ما وصفها(Vanandel,1959) وكما في الجدول (6) والشكل (3) .

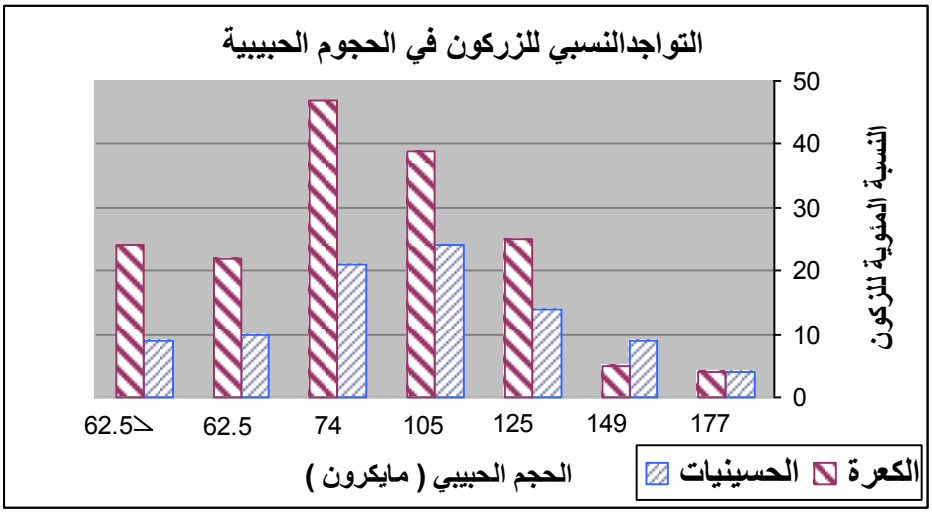
الجدول (6) التواجد النسبي للمعادن في الحجوم الحبيبة (الكعرة و الحسينيات)

التكوين	الرموز الحجمية	الحجم الحبيبي (مايكرون)	% للمعادن الثقيلة في الأحجام الحبيبية من الصخرة	% محتويات المعادن الثقيلة في كل حجم حبيبي				
				المعتمة	الزركون	الروتايل	التورمالين	أخرى
الكعرة	1	177	4.1	77	4	6	8	5
	2	149	15.4	81	5	4	6	4
	3	125	37.7	63	25	6	3	3
	4	105	49.6	54	39	4	1	2
	5	74	45.3	46	47	3	1	3
	6	62.5	28.1	72	22	2	1	3
	7	62.5 >	13.2	67	24	5	-	4
الحسينيات	1	177	0.8	84	4	4	2	6
	2	149	2.04	81	9	5	2	3
	3	125	4.5	79	14	4	1	2
	4	105	5.9	70	24	3	2	1
	5	74	6.1	70	21	4	2	3
	6	62.5	4.6	85	10	3	1	1
	7	62.5 >	10.9	86	9	2	1	2

ظروف الفصل المغناطيسي: Separating Conditions of Magnetic

ذكر (Hess,1960) في دليل جهاز الفصل المغناطيسي إن الزركون والروتايل ينفصلان مع الجزء غير الممغنط ، بينما أشار(Roman et al.,1975) والعامري (1988) بأن الزركون ينفصل مع الجزء الممغنط ويعزون ذلك إلى احتوائه على نسب شاذة من الليتريوم والعناصر النادرة والفسفور التي تكسبه صفة المغناطيسية. إن الخواص الجيوكيميائية للوسط والظروف التي يتبلور فيها

الزركون تؤثرعلى نوعيته وتتأثر بكمية ونوعية العناصر الأثريـة(Trace elements) والنـادرة(Rare elements) التي تتركز فيه وبالتالي تؤثر على الجهة التي ينفصل فيها الزركون. وفي هذه الدراسة انفصل الزركون في نموذجي الكعرة والحسينيات مع الجهة(غير الممغنطة) مع كمية قليلة من الروتايل(Rutile) و التورمـالين (Tourmaline) باسـتخدام تيـار(1.7 أمبير)، وهذا يعني بأن نسبة الليتريوم والعناصر الأثرية والنـادرة قليلـة ولا تسـمح للزركـون قيـد الدراسـة أن ينفصل في الجهة الممغنطة (Roman et al,1975)، علما تم شرح ظروف جهاز الفصل المغناطيسي في طرق ومواد البحث.



الشكل (3) التوزيعات التكرارية لنسب الزركون في المعادن الثقيلة

أنواع الزركون Type of Zircon

ذكر سبير(Speer,1982) بأن وجود ثلاثة أنواع من الزركون من حيث الشكل أو شدة الإشعاع يعكس انتماء كل نوع من الزركون إلى نوع من الصخور المصدرية.

أمكـن تقسـيم الزركـون المنقـى يـدويا في التكـوينين (الكعـرة والحسـينيات) قيـد الدراسـة إلى ثـلاث مجـاميع بواسـطة المجهـر المـزدوج العينيـة كمـا وصـفها (Krasnobaev & Gvozdik,1979) علمـا أن الشـكل الحبيـبي اعتـبر أساسـا ومنطلقـا لتحديد أوجه الشبه والاختلاف بين الأنواع المختلفة

وكما يأتي:

1- **مجموعة الزركون المدور** Rounded Zircon Group

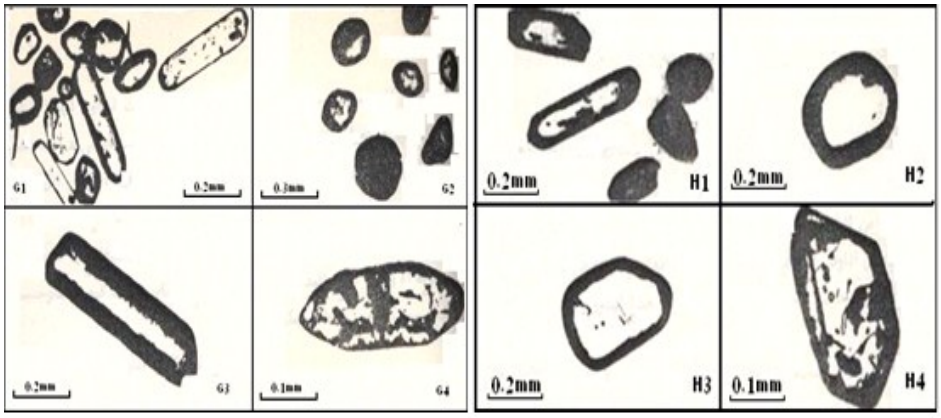
حبيباته مدورة إلى شبه مدور ناتجة إما من إعادة الذوبان أو إعادة النمو (Regeneration) في الصخور النارية أثناء التبلور.واللون السائد هو الأصفر الكهرماني والعديم اللون، وتتميز هذه الحبيبات تحت المجهر المستقطب بظهور طوق لوني معتم حولها نتيجة انكسار وانعكاس الضوء عن حافتها المكورة (ظاهرة ضوئية). معظم مجموعة الزركون المدور خالية من التمنطق(Zoning)وشفافة ذات أسطح ملساء وتحتوي على بعض المتضمنات القليلة . لوحظ تميز حبيبات الزركون المدور في نموذج تكوين الحسينيات بكونها اكبر حجما من مثيلاتها في تكوين الكعرة وذات استدارة جيدة وتحتوي على متضمنات قليلة ومعظم الحبيبات لا تحتوي على الحفر الصغيرة على سطحها الخارجي الشكل (4– H_2 --). بينما كانت نسبة الحبيبات الشبه المدورة أكثر من المدور في نموذج تكوين الكعرة وخالية من المتضمنات تقريبا وتحتوي على تكسرات قليلة (الشكل 4--- G_2).

وذكر (Larsen & Poldervaart , 1958) بأن الزركون المدور يتكون أصلا في ألماكما (Magma) وأن تأكل حافاته تحدث بفعل حركة البلورات داخل الصهير الجوفي أثناء عملية التبلور والتي أثناءها تزداد نسبة دخول اليورانيوم ضمن تركيبه محل الزركونيوم(Zr) ، وتكون هذا النوع من الزركون المدور خالية من التمنطق(Zoning) ، وهنالك نوع آخر من الزركون المدور ناتج من تأكل حافات الزركون شبه كامل الأوجه أو كامل الأوجه . وفي الدراسة الحالية يمكن القول بأن الزركون المدور قد تكوّن في ألماكما وذلك لتطابق اللون و عدم تواجد ظاهرة التمنطق فيه.

2–مجموعة الزركون شبه كامل الأوجه Subhedral Zircon Group

تمتاز الحبيبات من هذا النوع باستطالة بلوراتها ونهاياتها مدورة (نصف كروية) مع درجة من التكامل وان لوجودها خاصية مميزة للدلالة على الصخور المتحولة كأصل لها حيث أشار (Krasnobaev & Gvozdik,1979) بأن مصدر النوع الثاني من الزركون (شبه كامل الأوجه) هو الصخور المتحولة وإن المتضمنات والتمنطق (Zoning) تدل على مرورها بمراحل مختلفة من تذبذب في تركيز اليورانيوم وحصول لظاهرة التمنطق في الزركون ضمن الصخور الجوفية المتوسطة وكما يعتقد(Aleinkoff,1983) بأن التمنطق في الزركون دلالة على تكونها من الصهير الماكماتي وبقائها في الصهير لفترة طويلة، والزركون قيد الدراسة لونه اصفر مُغبر عديم اللون و شفاف،و يمكن تقسيم هذه المجوعة إلى ثلاث أنواع ثانوية استنادا إلى التراكيب الداخلية الظاهرة فيها من حيث التمنطق والمتضمنات(الشكل 4 – H_3 و-- G_3):

أ.حبيبات ذات نطاقية حاوية على متضمنات.، ج. حبيبات عديمة النطاقية حاوية على متضمنات.
ب. حبيبات عديمة النطاقية خالية من متضمنات .



الشكل (4) صور مجهرية لشرائح حبيبيه(غير مصقولة) للزركو ن بأنواعها الثلاثة

هنالك فروقات متباينة ليست جوهرية بين الزركون من هذا النوع في التكوينين قيد الدراسة الجدول(7) ويمكن إيجازها بما يلي :

تميزت حبيبات هذه المجموعة في نموذج الكعرة باحتوائها على متضمنات اكثر من المجموعة الأولى (النوع المدور) ويمكن ملاحظة الحفر الصغيرة على الأسطح الخارجية (أحيانا) وأحجامها تتفاوت بين ناعمة إلى كبيرة نسبيا (الشكل4-- G_3). بينما يتميز الزركون شبه كامل الأوجه في نموذج الحسينيات بالطوق اللوني الأسود وذا سمك اكبر نسبيا(الشكل 4--H_3) ومعظم الحبيبات تحتوي على حفر صغيرة في الأسطح الخارجية ومعظمها عديمة النطاقية(zoning) ،و تحتوي على متضمنات قليلة وأحجامها كبيرة نسبيا.

الجدول (7) مقارنة بين أنواع الزركون في التكاوين اعتمادا على الشكل الخارجي

اسم التكوين	أنواع الزركون		
	المدور	شبه كامل الأوجه	كامل الأوجه
الحسينيات	– أحجامها كبيرة – استدارة جيدة – المتضمنات قليلة جدا – معظمها خالية من الحفر الصغيرة على سطحها الخارجي	–المتضمنات قليلة – تحتوي على حفر صغيرة – معظمها شفافة – أحجامها كبيرة نسبيا مقارنة إلى تكوين الكعرة	– المتضمنات قليلة – معظمها غير متمنطقة – معامل الاستطالة (4.1--3.1)
الكعرة	– بلورات متوسطة الحجم – الحبيبات الشبه المدورة اكثر – خالية من المتضمنات – تحتوي على حفر صغيرة على سطحها الخارجي	– المتضمنات قليلة – تحتوي على حفر صغيرة – معظمها مغبر – أحجامها متوسطة	– غنية بالمتضمنات – معظمها غير متمنطقة – معامل الاستطالة (3.6--2.7)

3–مجموعة الزركون كامل الأوجه

Euhedral Zircon Group

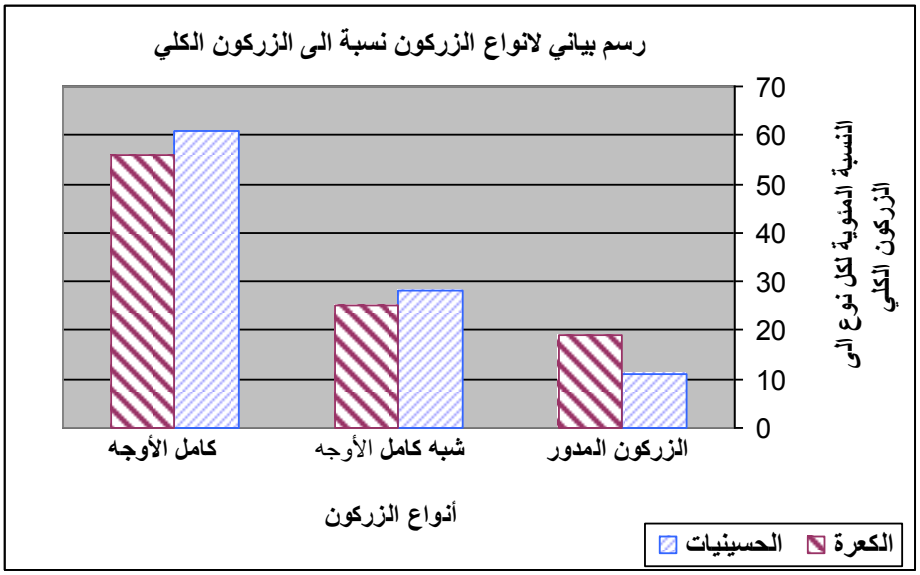
تتصف بلورات هذه المجموعة بامتلاكها الأوجه البلورية الكاملة حادة النهايتين(هرمية مزدوجة) ويحتوى على متضمنات اكثر من النوعين الآخرين ويعكس وجودها الأصل الناري وقد أشار(Larsen & Poldervaart , 1958) بأن هذا النوع من الزركون ناتج عن التغير في سرعة التبلور وزيادة حامضية الصهير حيث أن التبريد السريع للصهير ربما في المراحل الأخيرة يؤدي إلى تكوين بلورات طولية، وهذا النوع من الزركون له تواجد قليل في الصخور المتحولة ، معظمها عديمة اللون مع وجود نسبة قليلة ذات لون اصفر مغبر،و تتميز بأبعادها المتساوية مشكلة هرما ثنائيا محاطة بطوق لوني اسود يزداد سمكه في النهايتين الهرميتين. أمكن تميز ثلاثة أنواع ثانوية من الزركون كامل الأوجه وذلك بالاعتماد على التراكيب الداخلية الظاهرة والسائدة فيها وهي :

(أ– حبيبات ذات نطاقية حاوية على متضمنات. ، ب– حبيبات عديمة النطاقية حاوية على متضمنات ، ج– حبيبات عديمة النطاقية خالية من متضمنات).ويمكن ملاحظة الأنواع الثلاثة آنفة الذكر في النموذجين قيد الدراسة مع وجود بعض الفرو قات في الأحجام ونسب تواجد الأنواع وكما يلي:

يتميز نموذج تكوين الكعرة بزيادة نسبية من نوع(ب) وتحتوي على متضمنات كثيرة (ابريه ودائرية) عديمة اللون من الزركون نفسه كما في الشكل(

G_4--4) ، ومتضمنات أخرى حمراء اللون يعتقد أنها لمعدن الروتايل(Rutile). أحجامها تتراوح بين متوسطة الحجم إلى كبيرة نسبيا بالمقارنة مع التكوين الأخر علما بان معامل الاستطالة للحبيبات (م= الطول / العرض) يتراوح من(2.7) إلى (3.6) كما في الشكل (4-- G_1). و تم قياس معامل الاستطالة لأكثر من (100) حبيبة لكل تكوين تحت المجهر. بينما كان حجم حبيبات نموذج الحسينيات اكبر نسبيا بالمقارنة مع مرادفاتها في نموذج تكوين الكعرة، وكان معامل الاستطالة يتراوح من (3.1) إلى (4.1) كما في الشكل (4-- H_4).

تم احتساب النسب المئوية لأنواع الزركون و تبين بأن النوع(كامل الأوجه) هو السائد في كلا النموذجين لتكويني (الكعرة والحسينيات) ويمكن ملاحظة ذلك من التمثيل البياني الموضحة في الشكل (5) و الجدول (8).



الشكل (5) رسم بياني لأنواع الزركون الثلاثة نسبة إلى الزركون الكلي

الجدول(8) يبين تراكيز أنواع الزركون الثلاثة نسبة إلى الزركون الكلي

اسم التكوين	% لكل نوع من الزركون بالمقارنة إلى الزركون الكلي		
	المدور	شبه كامل الأوجه	كامل الأوجه
الكعرة	19	25	56
الحسينيات	11	28	61

مخطط حيود الأشعة السينية للزركون :

أظهرت مخططات الأشعة السينية لنماذج التكوينين (الكعرة والحسينيات) عند مقارنتها بمخطط الزركون القياسي فروقات طفيفة جدا والتي يمكن ملاحظتها من الشكل (6) والجدول (9) و تحت نفس الظروف المشار إليها في الجدول (3) ، وان هذه الفرو قات كانت على شكل انحرافات بسيطة جدا في موقع القمم آو شدتها واختفاء بعض القمم الثانوية ذات الشدة القليلة (~ 5%) أحيانا ، و يمكن إيجاز هذه الفرو قات الطفيفة بالمقارنة مع مخطط الزركون القياسي بالنقاط التالية :

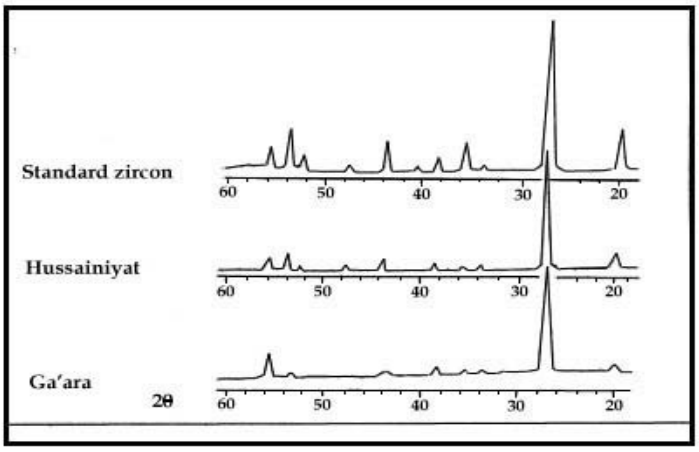
1.الزركون في نموذج تكوين الكعرة:

أ– انحراف في موقع القمة الرئيسية عند الزاوية (2θ = 27 بمقدار 0.1) ، ب– اختفاء القمم الثانوية المفترض ظهورها عند الزاوية (2θ = 40.65 ، 2θ = 27.6 ، 2θ = 52.2) علما بان شدة القمم (الارتفاع) منخفضة جميعها بالمقارنة مع مثيلاتها في الزركون القياسي.

2. الزركون في نموذج تكوين الحسينيات:

أ– انحراف في القمة الرئيسية عند الزاوية (2θ = 27 بمقدار 0.1) .

ب– اختفاء القمة الثانوية المفترض ظهورها عند الزاوية(2θ = 40.65)



الشكل(6) مخطط (XRD) للزركون في النموذجين بالمقارنة مع القياسي

أكـدت الدراسـات الصـخرية والمعدنيـة الحاليـة علـى التشـابه الكبـير بـين نمـاذج الزركـون المفصول من الصخور الرملية في التكوينين (الكعرة والحسـينيات). و إن هـذه الصـخور الرمليـة الـتي استخلصت منها الزركون نقية جدا ويمكن اعتبارها رمـال زجاجيـة حيـث يشـكل المـرو المعـدن الفتـاتي المطلق فيها ، ولذلك فان هذه الحقائق تدل بوضوح على كـون اصـل هـذه المكونـات صـخورا غنيـة بهـذه المعادن أصلا والتي تعرضت إلى عوامل تجوية كيميائية شديدة بحيث تفتت و تشتت مكوناتها غير المستقرة وبقيـت المسـتقرة والفـوق المسـتقرة ثم أنتقلـت بفعـل عوامـل التعريـة الى أمـاكن ترسـيبها الحاليـة وتتصـلب كصخور ضمن التكاوين المختلفة. إن الصخور التي تنتج عن تجويتها مثل هذه المكونات هي في الغالب صخور نارية ومتحولة غنية بالمرو وتحتوي على معادن غير أساسية مثل (الزركون والروتايل والتورمالين) وهي بالدرجـة الأساسـية صـخور نارية حامضـية ومتحولـة مثل صخور(Granite, pegmatite, Gneiss).

الجدول(9) قيم المواقع وشدة القمم لمخططات الأشعة السينية الحيدية للزركون قيد الدراسة بالمقارنة مع الزركون القياسي (* I= intensity)

الزركون القيـــاسي			زركون الكعـــرة			زركون الحسينيات		
2θ	dA	I	2θ	dA	I	2θ	dA	I
19.65	4.444	28	20	4.439	6	20.04	4.430	4
27	3.302	100	26.90	7.314	100	27	3.302	100
33.8	2.652	5	33.8	1.652	1	33.8	2.652	3
35.6	2.522	20.5	35.6	1.522	2	35.6	2.522	3
38.55	1.735	11.5	38.5	1.338	10	38.5	2.338	7
40.65	2.219	5	-	-	-	-	-	-
43.8	2.067	20.5	43.8	1.067	3	43.8	2.067	9
47.6	1.81.	5	-	-	-	47.6	1.910	3
52.2	1.752	10.6	-	-	-	52.2	1.752	3
53.5	1.712	31	53.4	1.716	6	53.4	1.716	7
55.6	1.652	15	55.6	1.652	24	55.6	1.653	7

إن منشأ هذه الصخور وكما دلت الدراسات السابقة على الصحراء الغربية بانها على الأغلب معقدات الصخور النارية والمتحولة المكونة للدرع العربي – النوبي.و يتوقع إن تكون هذه الصخور التي تصل أعمارها الى الحقب القديمة (Precambrian) قد تعرضت إلى تجوية كيميائية عميقة أدت الى تفتيت مكوناتها غير المستقر مثل(Feldspar, Pyroxene, Amphibole) وتحويلها إلى معادن طينية، في حين بقيت مكوناتها المستقرة والفوق المستقرة نتيجة مقاومتها للتجوية لتنتقل عبر العصور الجيولوجية المختلفة بواسطة(الأنهار والرياح والأمواج البحرية) وتترسب في مجاري

الأنهار أو لتصب في بحر التيش الذي كان يمر حدوده الجنوبية بمنطقة الصحراء الغربية حسب الدلائل الجيولوجية التكتونية والطباقية والتركيبية.

الاستنتاجات:

1.يشكل المرو(quartz) المعدن الرئيسي والمطلق من بين المعادن الفتاتية المكونة للصخور الرملية في النموذجين بالإضافة إلى نسب ضئيلة جدا من معادن أخرى مثل الفلدسبار والمعادن الثقيلة ويمكن تسمية هذه الصخور بالأرينابت المروي (Quartz arenite).

2.أظهرت الدراسة تشابه المعادن الثقيلة في النموذجين والتي تتكون من المعادن المعتمة (Hematite , Magnetite وGoethite) والمعادن الفوق المستقرة مثل (Zircon , Rutile , Tourmaline) ونسبة ضئيلة من المعادن الشبه المستقرة مثل(Hornblende , biotite , Apatite).والمقصود من التشابه هو احتواء كل تكوين على نفس المكونات وعدم حدوث تشويه للزركون في أحد التكوينين، وان الاختلافات الطفيفة إن وجدت يمكن إهمالها لان دراسة نماذج من الزركون في التكوين الواحد قد تؤدي إلى مثل هذه الاختلافات

3. يشكل الزركون أعلى نسبة من بين المعادن الثقيلة الفوق المستقرة، وينفصل الزركون في الجهة غير الممغنطة من جهاز الفصل المغناطيسي ويعزى ذلك إلى احتواء الزركون على نسب قليلة من الليتريوم والعناصر النادرة (Rare element) والفسفور التي تكسبه صفة المغناطيسية، وهذه النسبة لا تسمح للزركون قيد الدراسة أن ينفصل في الجهة الممغنطة.

4.أمكن تقسيم الزركون إلى الأنواع الثلاثة(الزركون المدور وشبه كامل الاوجه وكامل الاوجه).

5.أظهرت مخططات الأشعة السينية الحيدية للزركون الكلي تشابها كبيرا في النموذجين من ناحية وبين الزركون القياسي من ناحية أخرى مما يؤكد على الأصل المشترك للتكوينين.وإن الاختلافات الطفيفة ليست جوهرية ويمكن إهمالها.

Mineralogical & Granular Sizes Comparison of Zircon in Gaara and Hussainiyat formation - Western Iraq

Shoukr Ali Khalil Al-Salihi*

Abstract

The study was concentrated on zircon separated with absolute purity from mineralogically and geochemically mature sandstones in two main formations of the formations which form the backbone of the stratigraphy of the western desert of Iraq. They range in age from Permian to cretaceous; they are, . The rocks are glass-sands because of containing quartz in absolute amounts and minor amounts of other detrital minerals including the heavy minerals and variable ratios of calcareous, ferruginous or siliceous cementing material. The heavy minerals consist of opaque minerals (iron oxide), ultra-stable minerals (zircon, rutile, and tourmaline) and minor amounts of other less stable minerals.

The zircon is concentrated in the coarse silts and very find sand (<62.5-105 μ) . The zircon was studied in detail from mineralogical points of view , all of which proved almost absolute similarity between Zircon of two formations. It was possible to divide zircon with respect to their shape and optical properties into three main groups:

(1) Rounded zircon : canary yellow in colour.
(2)Subhedral zircon : cloudy in colour
(3)Euhedral zircon : transparent colourless.

The XRD diffractogramse of the total zircon showed great similarity in the two formations which were grossly similar to the diffractograms of the standard typical Zircon ; the small differences between them was concentrated in small shift or intensity or disappearance of very few minor peak

The numerous studies were proved complete similarity of total Zircon in the two formations; so its participant origin on for majority expected to be acidic igneous rocks(granitic- pegmatitic) with contribution of other basic igneous and metamorphic rocks which their origin is believed to be Arabic shield.

* Geological Depart. Univ. of Omer Al-Mukhtar, El-Beidha, Libya.

المراجع

ص 154.

مصطفى جليل عابد (1984): مقارنة جيوكيميائية ومعدنية وصخارية بين بعض ترسبات خامات الرمال
الزجاجية في الصحراء الغربية العراقية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم –جامعة بغداد
،ص160 .

محمد عبدالأمير ، مزاحم عزيز باصي ،نوال السعدي(1988) دراسة بالينتولوجية للجزء العلوي من تكوين
الكعرة في الصحراء الغربية ، المنشأة العامة للمسح الجيولوجي والتحري المعدني . ص 80–87

Aleinikoff, J.N. (1983): U-Th–Ph Systematic of Zircon in rock Forming Minerals: A
study of Armoring against Isotopic Los using Sherman Granite of Colorado
Wyoming, U.S.A, Contrib. Mine, Petrol .vol .83. P.259-269

Buddy, T. and Hak, j. (1987): Report on The Geological Survey of western Part of
The Western Desert – Iraq; Compiled by a team of Geological Survey, Prague،
Zechoslovakia, unpub. O.M., Baghdad .

Carver, R. E. (1971): Procedures in Sedimentary Petrology. John Wiley and Sons ،
lnc, New York, 653p.

Deer; W.A., Howie, R .A. And

صباح احمد إسماعيل(1989) : دراسة معدنية جيوكيميائية للزركون و الروتايل في صخور تكوين الكعرة الرملية –غرب العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم/ جامعة بغداد.ص150

فرج حبيب طوبيا(1983) : جيوكيميائية ومعدنية ترسبات الحديد لتكوين الكعرة في منطقة الصحراء الغربية العراقية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم–جامعة بغداد.ص140

علي جعفر صادق(1985):دراسة سطحية –تحت سطحية معدنية،جيوكيميائية للخامات الطينية والحديدية لصخور حقب(الباليوزوي) في الصحراء الغربية العراقية رسالة ماجستير غير
منشورة،،كلية العلوم –جامعة بغداد

كريم محمد المبارك (1983) : المعادن الثقيلة الاقتصادية وتوزيعها في العراق، تقرير داخلي،
المنشأة العامة للمسح الجيولوجي والتحري المعدني، بغداد، ص76–80.

جبار عبد حسين العامري(1988) : جيوكيميائية ومعدنية الصخور المشعة في تكوين العامج
– منطقة وادي عامج ، الصحراء الغربية العراقية ، رسالة ماجستير غير منشورة، ، كلية
العلوم – جامعة بغداد .ص117

بشار كمال عبدالرحمن(1979) : دراسة رسوبية للرمال والأحجار الرملية لتكوين الرطبة ،
رسالة ماجستير غير منشورة ، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم –جامعة بغداد ،

Zussman, J. (1972): Rock Forming Mineral, vol.5 ،

Non-silicates. John Wiley New York, P337.

Fielding, P.E. (1970): The Distribution of Uranium Rare Earths, and Color Centers
in A Crystal of Natural Zircon. Amer. Miner. Vol. 55, P.429- 439.

Folk, R. L. (1974): Petrology of Sedimentary Rock. Hamphil publishing co ،.

Tex120.

Friedman, G.M. , & Sanders ,J.E. (1978) :Principles of Sedimentology ,John Wiely
and sons Inc. New York, P792.

Garnur, T.E. (1980): Heavy mineral industry of North America. Fourth Industrial
Mineral International Congress. Atlanta, U.S.A., P.29-42.

Heald, M .T. and larese. R .E. (1974): Influence of Coating on Quartz Cementation
jour. Sed. Petrol. vol. 44, p.1269-1274.

Hess, H.H. (1960): Notes on Operation of Frant Isodynamic Magnetic Separator.

Hunting Geological and geophysics limited (1997): Final Report Investigations of
AL- Mukalla Beach Sand,P95-100.

Jassim, S., Karim, S., Basim, M., Al-Mubarak, M. and Munir, J. (1984): Final
Report on The Regional geological survey of lraq. Internal Rep., Geol. Miner .

Invest. Baghdad.

Koksal.S. (2006): The Key Mineral. M.E.T.U. Ankara. Turkey, P110-114.

Krasnobaev .A .A. and Gvozdik, N.T. (1979): Zircon in Precambrian rock of
central Kazakhstan. Lithology and Mineral Resource.vol.14, p.643-650.

Larsen, L. & Poldervaart, A.(1958): Measurement and Distribution of Zircon in
Some Granitic Rock of Magnetic Origin , Mineral Mag.,Vol.31,P544-564.

Morton, A .C. (1985): Heavy Minerals in Provenance Studies. In zuffa, G.G. ed،

Provenance of Arenites, NATO A .S .L. Series. vol. 148, p. 246-277.

Pettigohn, F. J. (1975): Sedimentary Rock .3rd ed., Harper and R. publisher, New
York, 628p.

Philip, G., Saadallah, A. & Ajina,T. (1968) : Mechanical Analysis and Mineral
Composition of the Middle Triassic Gaara Sandstone, Iraq – Sediment Geo

Pupin, J.P. (1980): Zircon and Granitic petrology. Cont. Minerd .petr. vol .73.P54

Romans, p. A., lawrance, L .B.and Jack, K .W. (1975): An Electron Microprobe
Study of Yttrium, Rare-Earth and Phosphorus Distribution in Zoned and
Ordinary Zircon. Amer. Min., vol. 60. P.475-480.

Saadallah, A. & Kukal Z.(1970): Paleo-current in Mesopotamian

Geosyncline ،
Sonder Druck Auader Geologischian. Rundaschan, Band59, P.666-686.

Salman, H. H.(1977): Sedimentalogy of the Upper Part of Gaara Formation Western
Iraq, Unpup. M.sc.Thesis Coll. Of Science Univ. of Baghdad. Iraq.P118.

Speer, J.A. (1982): Zircon Review in Mineralogical Society of America Short
Courses notes vol .5 and edition P. 67-112.

Vanandel, J.R. (1959): Reflection on the Interpretation of Heavy Minerals
Analysis, Jour .S. Petrol., Vol.29, P.153.