الخصائص الصخرية للوحدة المفتتة السفلى من تشكيلة الهفوف الصخرية بشبه الجزيرة العربية وتحديد المصادر المحتمله لها

عبد الرحمن بن محي الدين السفرجلاني [1]، أحمد بن عبداللطيف النعيم [1]

الملخص العربي

جمعت أحدى وخمسون عينة صخرية رسوبية من توضعات الوحدة الصخرية الأولى السفلية الرملية الكونغلوميراتية المفتتة من تشكيلة الهفوف المتكشفة في الجزء الشرقي من شبه الجزيرة العربية بمنطقتي الهفوف وحرض، والتي تعود بأعمارها إلى عصر الميوسين الأعلى والبليوسين، بهدف دراسة خصائصها الصخرية ومحاولة تحديد مصدرها المحتمل.

تتألف الوحدة الصخرية اللحقية السفلى لتشكيلة الهفوف من ثلاثة طبقات ترسيبية رئيسة هي: طبقة سفلى رملية حطامية (كلاستية) مع حصى وكونغلوميرات، ثم طبقة وسطى من الحجر الرملي خشن الحبيبات، و أخيراً طبقة عليا من الحجر الرملي ناعم الحبيبات.

يتكون الصخر الرملي بشكل رئيسي من معدني الكوارتز والفلدسبار وبشكل ثانوي من معادن البيروكسين، الأمفيبول، الكالسيت، الميكا بالاضافة بعض القطع الصخرية المغماتية والرسوبية والمتحولة. تأخذ غالبية الحبيبات لهذه المكونات أشكالاً شبه زاوية إلى شبه مستديرة، كما تكون بشكل عام رديئة الفرز والتصنيف. كما يتميز الحصى المنتشر في قاعدة تشكيلة الهفوف بتنوعها الصخري الكبير فهو ينتمي للصخور المغماتية الجوفية(العميقة) والبركانية (السطحية) والصخور المتحولة وأيضاً الصخور الرسوبية والتي تعود في نشأتها إلى صخور الدرع العربي في الجانب الغربي للصفيحة العربية أو/ و صخور القاعدة لسلاسل جبال زاغروس وطوروس في الجانب الشرقي والشمالي الشرقي للصفيحة العربية. يتوزع الموقع الجيوتكتوني المنشئي للوحدة الصخرية السفلى من تشكيلة الهفوف في القطاع المميزلأوساط التشكل ضمن القاري أو للأوساط الانتقالية المرافقة لمراحل انتقال القارات وأخيرا للمناطق الأوروجينية معادة التشكل والبناء.

المقدمة

يعتبر وادي السهباء من أكبر المراوح النهرية Alluvial fans اللحقية الدلتاوية القديمة الممتدة فوق الجزء الشرقي للصفيحة العربية (Chapman,1978) و (Murris,1980). وقد افترض (Weijermars,1998) بأن قمة أو رأس هذه المروحة الدلتاوية اللحقية يقع في الجزء الشمالي الغربي لمنطقة الخرج ويمتد بإتجاه الجنوبي الشرقي إلى منطقة حرض ومن ثم الهفوف ولمسافة تصل لحوالي ٤٥٠ كم وحتى جنوبي دولة قطر (شكل ١).

تعود الرسوبات اللحقية الحطامية الحصوية التي تقابل الأجزاء السفلية من تشكيلة الهفوف المتوضعة ضمن وادي السهباء للفترة الزمنية الممتدة من نهاية عصر الميوسين وحتى بداية عصر البليوسين، كما تعكس البنية الجيولوجية لوادي السهباء بنية انهدامية صدعية تشكلت نتيجة مجموعة من الصدوع الانزياحية الحركية والطيات الجانبية المرافقة لها والتي تعود بتشكلها إلى عصري البليوسين والرباعي القديم، لذلك يعتقد بأن تطور تشكيلة الهفوف يرتبط ارتباطاً وثيقاً مع التطور التكتوني للجزء الشرقي من الصفيحة العربية في عصر النيوجين (Hancock and Al-Kadhi,1980); (Hancock and Al- Kadhi, 1978).

حظيت تشكيلة الهفوف الصخرية بمجموعة من الدراسات الجيولوجية العامة التي تركزت بشكل أساسي على مواضيع الجيولوجيا الإقليمية المحلية نذكر منها على سبيل المثال:

(Powers,1968),(Covelier,1970;Blondeau and Covelier,1973), (Standring and Sugden, 1978), (Hoetzl and Zoetl, 1984), (McClure, 1984), and (Al-Sulaimi and Pitty,1995).

---

[1] قسم الأراضي و المياه - كلية العلوم الزراعية والأغذية - جامعة الملك فيصل - الأحساء - المملكة العربية السعودية.

استلام البحث في ٥ فبراير ٢٠٠٦، الموافقة على النشر في ٢٧ أبريل ٢٠٠٦.

أهـــداف البحث

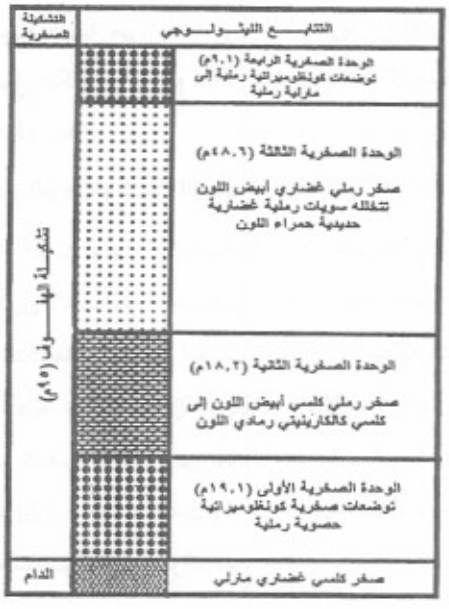
يتمـــثل الهدف الرئيس من هذه الدراسة المساهمة بإلقاء الضوء على دراسة الخصائص الصخرية للوحدة الصخرية الترسيبية اللحقية الســـفلى مـــن تشـــكيلة الهفوف، وتحديد علاقة الارتباط المنشئية لتوضعاتها الرسوبية اللحقية مع صخور الدرع العربي البريكامبرية التي قد تمثل المصدر الرئيسي لها.

الشـــكل رقـــم ١. خارطـــة تبين منطقة الدراسة ومواقع أخذ عينات الدراســـة، مـــأخوذة مـــن (Al-Sulaimi and Pitty, 1995) ومعدلة.

الجيولوجيا الاقليمية والوضع الطبقي

شهدت شبه الجزيرة العربية ابتداءً من عصر الميوسين الأدنى إلى عصـــر البليوســـين الأوسط مناخاً مطيراً ساهم بتشكيل نظاماً من المسيلات المائية (الأودية النهرية) خلال هذه الفترة الزمنية، اخترقت صخور الدرع العربي الممتدة عبر صخور العصور الوسطى الميزوزوية المكونة للأجزاء الداخلية من الصفيحة العربية ومؤديةً أيضاً إلى نقل كميات هائلة جداً من رسوبات الحطام الصخري من الغرب باتجاه الشـــرق، منها تلك المتوضعة ضمن وادي السهباء والمؤلفة لتشكيلة الهفوف السفلى الحطامية (McClure, 1978;), (Murris, 1980) (Edgell,1989), (Holm, 1960 (1984).

تنكشـــف رسوبيات تشكيلة الهفوف اللحقية فقط في الأجزاء الشرقية للصفيحة العربية، ويمتد تكشفها شرقاً من جنوب دولة قطر إلى مـــنطقة الهفـــوف ثم لمنطقة حرض وحتى غرب منطقة الخرج، وتتعاقـــب صـــخورها الرســـوبية الممـــتدة وفق دراسة Hudson et.al.(1957) مـــن عصر الميوسين الأعلى إلى عصر البليوسين ممثلة بذلـــك التوضـــعات الأكثر حداثة في منطقة الخليج العربي وتتواجد غالـــباً كطـــبقات صخرية مترافقة مع صخور تشكيلة الدام، تبلغ سماكتها في المقطع الرئيسي حوالي ٩٥متراً، ويتوضع الجزء القاعدي لهـــا مباشرة فوق تشكيلة من الحجر الكلسي الغضاري المارلي العائد لعصر الميوسين الأسفل- الأوسط المميز لتشكيلة الدام، ويكون الحد الفاصل بين تشكيلتي الدام والهفوف في المنطقة الشرقية لشبه الجزيرة العربـــية واضحاً ممثلاً بسطح عدم توافق حتي، بينما تتكشف قمتها نتـــيجة عملـــيات الحت أو تكون مغطاة بتوضعات رسوبية أحدث (Powers,1968). ولقـــد قسم Thralls and Hassan (1956) المقطـــع النموذجي لتشكيلة الهفوف من الأسفل إلى الأعلى لأربع وحدات صخرية رئيسة (الشكل ٢).



الشكل رقم ٢. المقطع النموذجي لتشكيلة الهفوف اللحقية، المصدر: (Thralls and Hassan (1956)، معدل.

تتكشف الوحدة الصخرية الأولى السفلية لتشكيلة الهفوف بشكل واضح بمنطقتي الهفوف في المقطع النموذجي ومنطقة حرض في وادي السهباء، بينما تغيب الوحدات الرسوبية من الثانية وحتى الرابعة في منطقة حرض نتيجة إزالتها بعمليات التعرية.

تتكون الوحدة الصخرية القاعدية لتشكيلة الهفوف (طبقة - ١) والتي يبلغ سمكها ١٩,١م بشكل رئيس من توضعات صخرية فتاتية كونغلوميراتية رملية تغطي الصخور الكلسية الغضارية المارلية المميزة لتشكيلة الدام، وتتألف بشكل رئيس من حبات رملية خشنة جداً تحتوي على عديد من الحصى والجلاميد المبعثرة تعود بأصولها لصخور نارية أو متحولة أو رسوبية (Hoetzl et.al.,1978) وتتكون هذه الوحدة من ثمانية دورات ترسيبية (Al-Saad et.al.,2002) ، في حين تتألف الوحدة الصخرية الثانية لتشكيلة الهفوف (طبقة - ٢) والتي يصل سمكها إلى ١٨,٢م بشكل رئيس من صخر رملي كلسي أبيض اللون إلى صخر كلسي كالكارينيتي رمادي اللون، وتبدو شرائح الصخر المجهرية مؤلفة من حبيبات الكوارتز والكالسيت الناعمة موزعة ضمن أرضية (أمية) كربوناتية التركيب، وتتكون الوحدة الصخرية الثالثة (طبقة - ٣) وهي أكثر سمكاً حيث تصل إلى ٤٨,٦م من صخر رملي غضاري أبيض اللون تتخلله سويات رملية غضارية حديدية حمراء اللون، وتظهر شرائح الصخر المجهرية مكونة من حبيبات الكوارتز المبعثرة والموزعة ضمن أمية ميكريتية جيرية ، أما الوحدة الصخرية الرابعة (طبقة - ٤) والتي يصل سمكها إلى ٩,١م فتتألف من توضعات كونغلوميراتية رملية إلى مارلية رملية.

جمع العينات وطرائق التحليل

جمعت ستون عينة صخرية رملية/ حصوية من الوحدة الترسيبية الأولى لتشكيلة الهفوف اللحقية الرملية العائدة لعصر النيوجين والمتكشفة في منطقتي الهفوف (جبل قارة ومنطقة المقطع النموذجي) ومنطقة حرض (وادي السهباء) (الشكل -١) بهدف تحديد محتواها من الذهب كمؤشر جيوكيميائي لدرجة تركيزه بها (Safarjalani, 2004). خصص منها إحدى وخمسون عينة من أجل دراسة خصائصها الصخرية والترسيبية هي:

- ثلاثون عينة من منطقة المقطع النموذجي (المقطع الرئيسي) وتشتمل على العينات من TS-01 على TS-30.
- إحدى وعشرون عينة من منطقة مروحة حرض (وادي السهباء) وتشتمل على العينات من WS-0 إلى WS-20.

بلغ وزن كل عينة حوالي الكيلوغرام، نخلت كافة العينات الجافة بعد استبعاد كل الأجزاء الحبية التي تزيد أقطارها عن ٢مم (الحصى) وكذلك التي تقل أقطارها عن ٦٣ ميكروميتر (السلت والطين) في مختبرات قسم الأراضي والمياه بجامعة الملك فيصل بواسطة جهاز نخل هزاز آلي Analytical sieve shakers لمدة ١٥ دقيقة متواصلة، وفرزت مكوناتها الحبيبية تبعاً لأبعاد حبيباتها لعدة مجموعات، أخذت مجموعة الرمال متوسطة وناعمة الحبيبات حسب مقياس تصنيف ،(Wentworth,1922)التي تتراوح بين ٢٥٠- ٦٣ ميكروميتر وفصلت باستخدام قمع الفصل وسائل البروموفورم من أجل الحصول على المعادن الثقيلة والخفيفة وفق طريقة (Friis,1978). حيث تم عد حوالي ٤٠٠ حبيبة غير شفافة (عائمة) من حبيبات المعادن الثقيلة، تم تحديد وتقدير النسب المئوية لمكونات العينات المدروسة من المعادن الثقيلة من خلال خصائصها الضوئية باستخدام المجهر الاستقطابي بعد لصقها بمادة الراتنج على شرائح زجاجية خاصة وصقلها جيداً.

النتائج ومناقشتها

أولاً : الدراسة الوصفية لصخور الوحدة السفلى من تشكيلة الهفوف الرسوبية الحطامية:

١. السحنات الترسيبية:

لقد أوضحت الدراسة الميدانية وكذلك الدراسة البتروغرافية أن كل دورة ترسيبية من الدورات الثمانية لتشكيلة الهفوف السفلى تشتمل على ثلاثة سحنات رسوبية هي السحنات أ،ب ،ج:

السحنة - آ: سحنة رملية حطامية (كلاستية) مع حصى / كونغلوميرا :

تمثل هذه السحنة الجزء القاعدي لكل دورة ترسيبية ، وتتباين سماكتها عادة في مجال كبيرتراوح بين بضعة سنتيمترات إلى ١متر وتتميز عموماً بلونها الأبيض أو البني إلى البني القاتم. تكون

الكونغلوميرا و الحصى الرملية مشتقة غالباً من الصخور المغماتية والصخور المتحولة أو من صخور الحجر الجيري وصخور الكوارتزيت والتي تصل أقطارها أحياناً إلى ٢٠ سم. تتميز معظم هذه الكونغلوميرا والحصى بأنها ذات تطبق منتظم، بينما يتميز بعضها بالتطبق المتدرج (الشكل ٣).

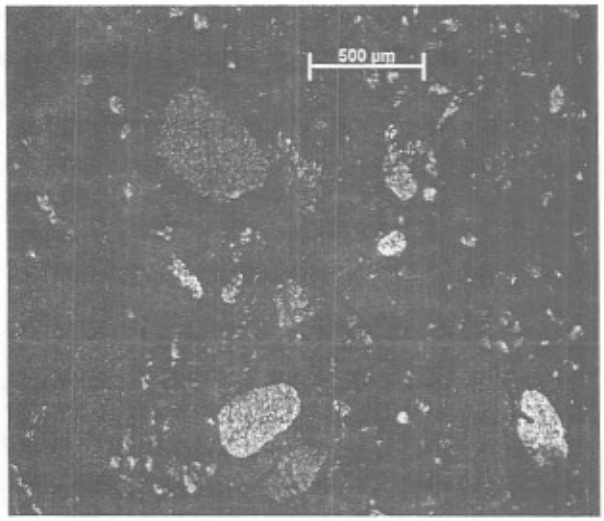
الشكل رقم ٣. السحنة – آ: سحنة رملية حطامية مع حصى و كونغلوميرا.

السحنة – ب: سحنة الحجر الرملي خشن الحبيبات:

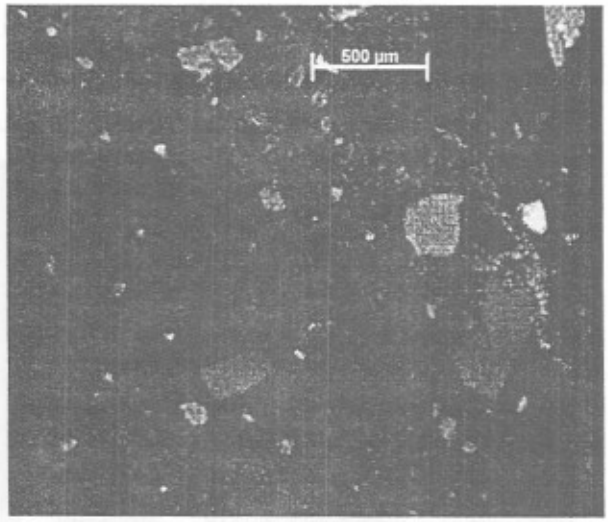
تتواجد هذه السحنة موزعة في عدة مستويات ضمن الوحدة الترسيبية الأولى لتشكيلة الهفوف وتتراوح ألوانها عادة بين البني الفاتح إلى الأصفر الفاتح، كما أن سماكتها تتراوح بين ٠,٥ – ١ متر، تتميز سحنة الحجر الرملي خشن الحبيبات بسيادة كل من التطبق المتصالب (الورقي أو المسطح) والتطبق المتصالب الزاوي (الشكل ٤).

السحنة – ج: الحجر الرملي ناعم الحبيبات:

تميز هذه السحنة عادةً الجزء العلوي للدورة الترسيبية الأولى وتتمثل بدورة رسوبية صاعدة أكثر نعومة، تتراوح سماكتها بين ٠,٥ – ٢,٥ متر، كما تتراوح ألوانها بين البني الفاتح إلى الطحيني، وتتميز هذه السحنة بسيادة الوسط الترسيبي المضطرب والعضوي مع وجود أجزاء نباتية دقيقة وتطبق متصالب ورقي ذا مقياس ناعم وصغير(الشكل ٥).



الشكل رقم ٤ صورة مجهرية تظهر السحنة – ب (السحنة الرملية خشنة الحبيبات) مع محلل (+).



الشكل رقم ٥. صورة مجهرية تظهر السحنة – ج (السحنة الرملية ناعمة الحبيبات) مع محلل (+).

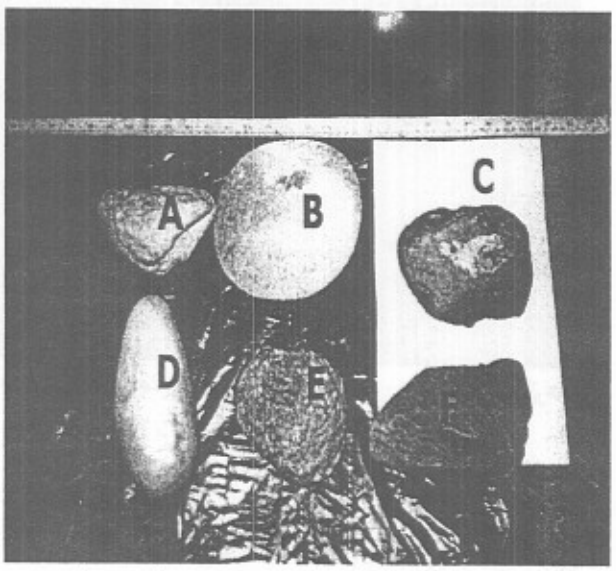
٢. الحصى

فرزت الملاحظات الميدانية والدراسة البتروغرافية للحصى المنتشرة ضمن الوحدة السفلى لتشكيلة الهفوف ضمن أربعة مجموعات بتروغرافية مميزة من الحطاميات الصخرية هي من حيث غزارة الانتشار والوفرة: حصى مغماتية الأصول وتقسم إلى حصى

غرانيتية الطبيعة (جوفية المنشأ) وحصى بركانية (سطحية المنشأ) وحصى متحولة وحصى رسوبية.

تتكون الحصى ذات الطبيعة الغرانيتية أو المشابهة لها بالطبيعة من بقايا صخور الغرانيت، البغماتيت، الألبيت والغرانوفير وعروق الكوارتز، بينما تتكون الحصى البركانية أو تلك المماثلة لها بالتركيب والطبيعة من البازلت القلوي، الريوليت، الريوليت البورفيري، الأنديزيت والداسيت في حين تمثل الحصى المتحولة بقايا الصخور المتحولة كالكوارتزيت، الشيست،الغنيس والأمفيبوليت وتتألف الحصى الرسوبية من عقد جيرية أو شيرتية صوانية.

تأخذ العينات الحصوية ذات الأصول المغماتية ألواناً متباينة جداً تتراوح من اللون البني الفاتح وحتى اللون الأسود (شكل ٦) وذلك تبعاً للنمط الصخري وكمية تواجد المعادن الحمضية (الفلسية) بها ودرجة تجويتها، بينما يتراوح لون الحصوات الأنديزيتية التركيب بين اللون البني الغامق وحتى الرمادي القاتم أو الأسود مع تواجد بلورات فينوكريست من الصفاح الأبيض مميزة لها، تأخذ الحصوات الداسيتية ألواناً خضراء، وتتميز الحصى غرانيتية التركيب ببنية نسيجية ذات بلورات خشنة تتألف من الكوارتز والصفاح البوتاسي والألبيت، في حين تتميز حصى الصخور البغماتية ببنية نسيجية وحبيبات خشنة جداً تزيد أبعاد حبيباتها عن الواحد سنتيمتر.



الشكل رقم ٦. حصيات صخرية نارية ومتحولة ورسوبية : A- ميكاغنيس، B- حجر جيري، C- بازلت ، D- كوارتزيت ، E - غرانيت ، F- ريوليت.

تتلون حصى الصخور المتحولة أيضاً بألوان متعددة، كونها تعود بأصولها لصخور متنوعة ومتباينة مثل: الكوارتزيت، الغنيس والأمفيبوليت حيث تتميز الحصى الكوارتزيتية بألوانها الفاتحة البيضاء- الطحينية أو السكرية الزهرية وتتألف بشكل رئيس من معدن الكوارتز، بينما يكون للحصى الغنايسية ألواناً رمادية قاتمة إلى سوداء ويلاحظ بها تناوب راقات المعادن القاتمة كالهورنبلند والبيوتيت مع راقات المعادن فاتحة اللون كالكوارتز والميكا والفلدسبار، وتأخذ الحصى الأمفيبوليتية ألواناً خضراء وتتألف غالباً من معادن التريموليت ، الفلدسبار والكوارتز.

تعتبر الحصى ذات الطبيعة الرسوبية أقل أنواع الحصى انتشاراً وتتألف بشكل عام من صخر جيري ميكريتي أو ميكريتي عضوي. هذا وتتشابه الحصى الجيرية مع الصخور الرسوبية العائدة لعصري الميزوزويك والثلاثي.

تشير دراسة التنوع الحصوي لمختلف مجموعات السحنات الصخرية المدروسة إلى عدم تواجد أي تغيرات جوهرية من حيث كميتها أو نسبة تواجدها المئوية على امتداد تشكيلة الهفوف المتكشفة في عدة أماكن، مع الملاحظة بأن المحتوى الإجمالي لمجموعة الحصى يكون بشكل عام ثابتاً ، حتى أن حصى الصخور المتحولة والرسوبية الأقل انتشاراً تشاهد في كافة المواقع التي تتكشف بها الوحدة الصخرية السفلى اللحقية لتشكيلة الهفوف. تأخذ الحصى أشكالاً متنوعة قرصية، كروية، بيضوية، مسطحة - مستديرة أو حتى متطاولة وذلك وفق تصنيف العالم (Zingg,1935)، علماً بأن الحصى ذات الأشكال الكروية والبيضوية أو القرصية هي الحصى الأكثر انتشاراً، بينما تكون الحصى المتطاولة أقلها انتشاراً وشيوعاً، وتأتي الحصى ذات الأشكال الرقيقة المسطحة في المرتبة الأخيرة من حيث الوفرة وتكون مميزة غالباً لحصوات الصخور البركانية بازلتية التركيب أو للحصوات الجيرية، بينما تكون أشكال الحصوات الغرانيتية، الريوليتية والكوارتزيتية وبعض الحصوات الجيرية الطبيعية بشكل عام كروية إلى بيضوية أو قرصية أو بشكل أقل وفرة متطاولة.

٣. الرمـــل

أوضحت دراسة الشرائح المجهرية الممثلة لغالبية الأجزاء الصخرية لتشـــكيلة الهفوف بأن الطبيعة الليثولوجية الأكثر انتشاراً هي الحجر الرمـــلي الجيري وحسب تصنيف (Pettijohn et.al.,1972)، هو صخر أركوزي إلى تحت أركوزي غير ناضج، يتألف بشكل رئيس من حبيبات رملية زاوية الشكل أو بشكل أقل شبه مستديرة تتكون من الكوارتز الناعم إلى المتوسط الأبعاد (٠,٢٥- ٠,٥ مم) تتوضع ضـــمن أرضية (أمية ، ملاط) جيرية ميكريتية ناعمة، تظهر حبيبات الرمل درجة فرز رديئة. كما أظهر المحتوى المعدني تجانساً كبيراً لنوع وكمـــية المعادن حيث وجد أن الحجم الكلي للصخر يتألف من المعـــادن الرئيســـة التالية : حوالي ٦٥- ٨٥% من الكوارتز وحيد الـــبلورة ، ٥-٢٠% مـــن الفلدســـبار و صفر- ٥% من معدني البيروكســـين والأمفيبول، كما تتواجد بعض المعادن بشكل ثانوي (صفر- ١٠%) مثل: الكوارتز متعدد البلورات، الكالسيت والميكا وشـــظايا أو بقايـــا من بعض الأنواع الصخرية المغماتية والرسوبية والمـــتحولة (جـــدول ١)، يكون لمعظم هذه المكونات أشكالاً شبه زاويـــة إلى شـــبه مســـتديرة ، كما تكون بشكل عام سيئة الفرز والتصنيف.

يظهـــر معدن الكوارتز بشكل رئيس كحبيبات وحيدة البلورة، يـــبدي حـــوالي ٢٥% منها خاصية التعتيم المتموج، بينما تشكل حبيـــبات الكوارتـــز مـــتعددة البلورات (٤-٦ بلورات في الحبيبة الواحدة) حوالي ١٠% ، أما الفلدسبار فهو بشكل رئيس ألبيتي أو/ و أورثوكلازي إضافة لبعض حبيبات الفلدسبار من الميكروكلين، كمـــا تبدي معظم حبيبات الألبيت توأمية متعددة. حبيبات الحجر الجيري تكون ميكريتية أو بيوميكريتية مستديرة.

يحـــتوي الحجـــر الرمـــلي عدداً كبيراً من الشظايا والكسرات الصـــخرية، تعـــود بأصـــولها لأجـــزاء صخرية منها المتحولة مثل :الكوارتزيـــت- المســـكوفيت شيست والغنيس ، أو المغماتية مثل: البازلـــت، الريوليـــت والغرانيت أو الرسوبية مثل الصخور الجيرية والشـــيرت، مـــع العلم أن الأجزاء الغرانيتية والريوليتية هي الأجزاء الأكثر انتشاراً، أما الميكا والمسكوفيت فهي أقل المعادن تواجداً.

ثانياً :- المعادن الثقيلة

يتضـــح مـــن خلال مراجعة محتوى المعادن الثقيلة المدرجة في الجدول (٢) أن رسوبات الوحدة السفلى الحطامية لتشكيلة الهفوف فقـــيرة بهذه المعادن، حيث يتراوح وزنها الاجمالي بين ٠,٢ – ١,٠ % مـــن الوزن الكلي للعينة للصخرية، وعلى هذا يمكن الاستنتاج بـــأن قـــيمة المعـــامل (Indix figure, I.F) ستكون عالية جداً وســـتكون مـــتقاربة بالنسبة للعينات المدروسة بسبب نسبة مجموع المعادن الثقيلة محدودة جداً مقابل نسبة الفلزات الخفيفة. كما بينت الدراســـة البتروغرافية تواجد مجموعتين رئيستين من المعادن الثقيلة، تضـــم المجموعـــة الأولى المعادن الثقيلة العاتمة heavy minerals Opaques، بينما تضم المجموعة الثانية المعادن الثقيلة الشفافة Non-Opaques heavy minerals.

تـــتألف مجموعـــة المعادن الثقيلة العاتمة بشكل رئيس من معدني الماغنيتيـــت والايلمينيـــت مع تواجد نسبة أقل من معدني الهيماتيت والليمونيـــت، تكون الحبيبات المعدنية القاتمة شبه مستديرة إلى شبه زاويـــة الشكل وتتراوح نسبة تواجدها بين ١٥- ٣٥% من الحجم الكـــلي للمعادن الثقيلة، بينما تتألف المعادن الثقيلة الشفافة بشكل أساسي من : معدني الزيركون (١٥-٣٥%)، التورمالين (٥-٢٠ %) ، الهورنبلـــند(١٥-٣٥%)، البيروكســـين(١٥-٤٥%) والاباتيت (١-٤%) ، مع تواجد نسب أقل من المعادن الاخرى مثل الروتيل (٠-٣%) والأباتيت (٠-٢%) . كما تم التعرف على بعض المعادن الثقيلة الاخرى والتي كانت نادرة التواجد نسبياً مثل : الغارنـــت ، الكيانيـــت ، الأندالوســـيت ، الســـفين (الروتـــيل) والشتاروليت.

تكـــون حبيـــبات معـــدني الأمفيـــبول والبيروكسين (أورثو كلينوبيروكســـين) هـــي الســـائدة من المعادن غير المستقرة، حيث شوهدت حبيبات معدن البيروكسين الأوجيت وبشكل أقل حبيبات الديوبســـيد والإنستاتيت بأشكال غير منتظمة مستديرة أو متطاولة، غـــير مكـــتملة النمو(هيبئيديومورف إلى كسينومورف)، ذات لون أخضـــر باهـــت، كما بدت حبيبات معدن الأمفيبول على شكل مواشير قصيرة أو متطاولة غير مكتملة النمو متآكلة الهوامش، تمثل

الجدول ١. التركيب المعدني لبعض العينات الرملية المدروسة من الوحدة السفلى لتشكيلة الهفوف، (مقدرة كنسبة مئوية حجمية % للمعادن).

رقم العينة	كوارتز	فلدسبار	بيروكسين	أمفيبول	ميكا	كالسيت	شظايا صخرية
TS-07	٦٥	٢٠	٢	٣	١	٨	١
TS-08	٨٥	١٠	٢	١	-	-	٢
TS-09	٨٠	١٥	٢	١	-	-	٢
TS-10	٨٥	١٠	٢	-	-	-	٣
TS-11	٨٠	١٥	٣	-	-	-	٢
TS-12	٨٥	٥	٣	٢	٣	-	٢
TS-13	٨٥	١٠	٢	١	-	-	٢
TS-14	٨٠	١٠	٣	١	-	٢	٤
TS-15	٨٠	١٥	١	١	-	-	٣
TS-16	٦٥	٢٠	٥	٢	٢	-	٦
TS-17	٧٥	١٥	٥	٢	-	-	٣
TS-18	٧٠	١٥	٥	٢	-	٤	٤
TS-19	٨٠	١٠	٥	-	-	-	٥
TS-20	٨٥	١٠	٢	١	-	-	٢
WS-01	٨٥	١٠	١	-	-	-	٤
WS-02	٧٥	١٥	٢	١	٢	٣	٢
WS-03	٧٠	١٥	٣	١	١	١	٤
WS-04	٨٠	١٥	-	-	-	-	٥
WS-05	٦٥	٢٠	٥	٢	٢	١	٥
WS-12	٧٥	١٥	٣	-	٢	٢	٣
WS-13	٧٥	١٠	٥	٢	٤	٣	١
WS-16	٨٥	١٠	-	-	-	-	٥
WS-18	٨٥	١٠	٢	-	-	-	٣
WS-20	٨٠	٥	٥	٣	٢	١	٤

غالـــباً نمطين من الأمفيبول، النمط الأول أخضر اللون له تعدد لـــوني يـــتراوح بـــين اللون الأخضر المصفر الشاحب وحتى اللون الأخضـــر الزيتوني القاتم، بينما تأخذ حبيبيات النمط الثاني لوناً بنياً واضـــحاً مـــع تعدد لوني يتراوح من البني الفاتح وحتى اللون البني القـــاتم، مع العلم أن حبيبات الهورنبلند الخضراء اللون تكون أكثر انتشاراً.

تتواجد حبيبات معدن الزيركون في كافة العينات المدروسة على هيئة مواشير غير مكتملة النمو (هيبيئديومورفية) بيضوية أو مستديرة الشـــكل ذات ألوان طاووسية، بينما بدت حبيبات الايبيدوت شبه مستديرة صفراء إلى خضراء اللون، وشوهدت حبيبات الغارنت على شـــكل حبيبات زاوية إلى شبه زاوية زهرية اللون، في حين ظهرت حبيبات معدن الأباتيت الزاوية إلى شبه الزاوية كسينومورفية الشكل ونـــادراً عـــلى شكل مواشير متطاولة عديمة اللون وكانت حبيبات الروتيل صغيرة الأبعاد بيضوية الشكل بنية إلى محمرة اللون.

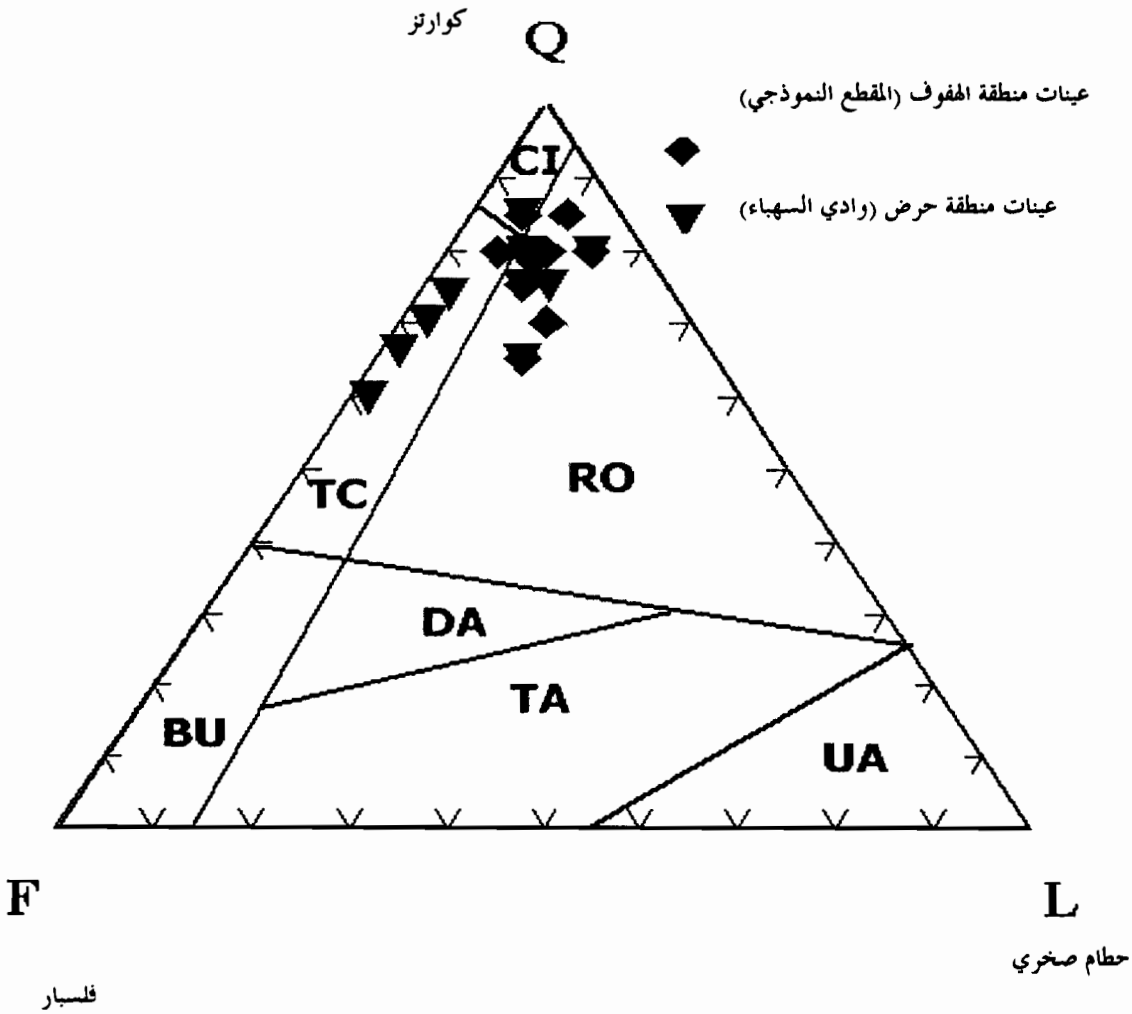
الجدول ٢. نسبة المعادن الثقيلة المتوفرة في بعض العينات الرملية المدروسة من الوحدة السفلى لتشكيلة الهفوف، (كمية المعادن مقدرة كنسبة مئوية حجمية%).

رقم العينة	HM Wt.%	Opaques Vol.%	Non- Opaques Vol.%								
			Amph.	Pyrx.	Epid.	Gar.	Zir.	Tour.	Rut.	Apat.	Others
TS-07	٠,٦	٣٠	٢٠	٤٠	٢	–	٣١	٦	–	١	t
TS-09	٠,٢	٢٨	٢٢	٣٥	٢	t	٢٥	١٠	٣	٣	t
TS-10	١	١٨	٢٣	٤٠	٢	–	٢٥	٨	١	١	–
TS-13	٠,٨	٢٥	٢٥	٣٥	٢	–	٣٠	٥	١	٢	–
TS-15	٠,٤	٢٥	٣٠	٤٥	١	t	١٥	٧	١	١	–
TS-18	٠,٥	٢٨	٢٥	٤٠	٤	t	٢٥	٦	–	–	–
TS-22	٠,٥	٢٥	٣٥	٢٨	٢	–	١٨	١٢	٣	–	t
TS-28	٠,٦	٣٥	٣٠	٣٠	٤	–	٢٥	٩	١	١	t
WS-01	٠,٩	٣٥	٢٥	٢٥	٣	–	٣٠	١٢	٢	٣	–
WS-03	٠,٤	١٦	١٩	٤٣	١	t	٢٢	١٣	–	١	–
WS-07	٠,٧	٣٠	٣٠	٣٥	١	–	٢٥	٧	١	١	–
WS-11	٠,٦	٣٥	٢٥	٤٠	١	–	٢٠	١٠	٣	١	–
WS-15	٠,٧	٢٨	٢٥	٣٥	١	t	٢٠	١٥	٢	٢	t
WS-17	٠,٨	١٥	١٥	٣٠	٢	–	٣٠	٢٠	٣	t	t
WS-19	٠,٤	١٥	١٥	٣٠	١	–	٣٥	١٩	–	t	t

HM :المعادن الثقيلة ، Amph : أمفيبول ، Pyrx: بيروكسين ، Epid: إبيدوت،Gr : غارنت،Zir: زيركون، Tour: تورمالين ، Rut: روتيل ، Apat: أباتيت ، t: < أقل من ١,٠%،Others: معادن أخرى وتضم على سبيل المثال: (السيليمانيت، الكيانيت، التوباز والمونازيت).

ثالثاً : الموقع الجيوتكتوني المنشئي:

مـــن أجل تحديد الموقع الجيوتكتوني المنشئي للحبيبات الصخرية الســـفلى مـــن تشكيلة الهفوف تم إسقاط محتوى العينات الصخرية الحطامـــية المدروسة على المخطط التصنيفي QFL (كوارتز، فلسبار ومجمـــوع الحطـــام الصـــخري) حسب ما أقترحه (Dickinson, et.al.,1983، فتوزعـــت هـــذه العينات في كل من القطاع المميز للموقع الجيوتكتوني المنشئي المميزلأوساط التشكل ضمن القاري أو للأوســـاط الانتقالية المرافقة لمراحل انتقال القارات وأخيراً للمناطق الأوروجينية معادة التشكل والبناء.



الشـــكل رقـــم ٧. مخطط QFL ثلاثي الرؤوس ، حيث : Q- الكوارتز،F- الفلدسبار و L- بقايا الحطام الصخري أو الشظايا الصخرية،CI- مـــناطق داخـــل القارة ، TC- مجال انتقالي قاري ،BU- مناطق نهوض الركيزة ، RO – مناطق أوروجينية معادة التشكل ، DA – مناطق الأقواس المجزأة ، TA- مناطق الأقواس الانتقالية ، UA – مناطق الأقواس غير المجزأة ، المصدر: (Dickinson, et.al.,1983).

رابعاً : مصدر الحطام الصخري للوحدة السفلى اللحقية من تشكيلة الهفوف:

تعتبر عملية المقارنة والمضاهاة بين صخور المصدر والصخور الحطامية اللحقية المجاورة لها بالتوضع من العمليات الدقيقة والشاقة، حيث أن المبدأ النظري لهذه العملية يقترح أنه إذا كانت المعادن الثقيلة في منطقة المصدر متواجدة بشكل وفير فإنها ستشاهد في الصخور الحطامية المجاورة لها بالتوضع (Lee and Sheen, 1998)، بالتالي ونتيجة للدراسة الوصفية للصخور والحصى ولتحديد المعادن الخفيفة والثقيلة العائمة والشفافة المتوفرة في العينات الصخرية المدروسة من الوحدة السفلى الحطامية لتشكيلة الهفوف تبين أنها تتألف بشكل رئيس من معدني الكوارتز والفلدسبار وبشكل ثانوي من معادن الزيركون، التورمالين، البيروكسين، الأمفيبول، الايبيدوت والغارنت، مع الأخذ بعين الاعتبار دائماً بأن صخور المصدر الأولية هي من زود هذه التشكيلة الحطامية بمحتواها المعدني، لا سيما المعادن الثقيلة. إضافة لذلك نتبين من التجمع المعدني (المترافقات المعدنية) لهذه العينات الصخرية المدروسة إلى احتمالية تواجد نمطين رئيسين من صخور المصدر: النمط الأول يمثل بمجموعة من الصخور المغماتية الجوفية حمضية الطبيعة تكون المصدر الرئيس لمعادن الزيركون، التورمالين والروتيل، والنمط الثاني يمثل بمجموعة من الصخور المغماتية البركانية والصخور المتحولة والتي تكون المصدر الرئيس لمعادن الأمفيبول، البيروكسين والايبيدوت، إن تواجد مثل هذه المعادن المجواة يشير غالباً إلى أن عملية نقل الحطام الصخري تمت بشكل سريع جداً، مما جعل تأثير عمليات التجوية على هذه المعادن طفيفةً جداً، وهذا ما أدى لحفظ معظم المعادن الثقيلة الدالة التي تشير إلى صخور مصدرها ضمن الوحدة السفلى الحطامية لتشكيلة الهفوف. على العكس من ذلك فإن التواجد والانتشار الكبير والواسع لحبيبات معدن الكوارتز الناعمة جداً في سحنات الحجر الرملي الناعم في الوحدة السفلى الحطامية لتشكيلة الهفوف يمكن أن يعزى إلى عمليات تجوية كيميائية نشطة، أو يمكن أن يكون دليلاً على أن هذه المكونات انتقلت لمسافات كبيرة.

أشارت الدراسة البترولوجية للحصى ذات الأصول المغماتية والمتحولة إلى اتساع تنوعها، الشيء الذي يعكس بدون أدنى شك تنوع صخور المصدر، والتي يفترض أن تكون صخور الدرع العربي، إضافة لحصى الشيرت والجير التي قد يكون مصدرها صخور التتابع الرسوبي الفانيروزوي المتوفر على الصفيحة العربية. كذلك وضحت دراسة النماذج البلورية لحبيبات معدن الكوارتز المنتشرة ضمن الوحدة السفلى الحطامية لتشكيلة الهفوف (على الأغلب بلورات أحادية لا تبدي تعتيماً تموجياً) أنها قد أتت حسب (Basu et.al.,1975) من صخور مصدر ذات طبيعة مغماتية جوفية عميقة.

استنتج كل من Holm,(1960) ;Whybrow and McClure,(1981);Edgell,(1989) نتيجة دراستهم للرسوبات اللحقية النيوجينية (عصري الميوسين والبليوسين) المتكشفة في الجزء الشرقي لشبه الجزيرة العربية أنها ترسبت في مناخ مداري مطير، حيث شهدت هذه الحقبة الزمنية مرحلة نشطة جداً لحت المسيلات والجداول المائية وانتقال الرسوبات الحطامية من جهة الدرع العربي أي من الغرب باتجاه الخليج العربي أي إلى الشرق. توضعت رسوبات أعالي المسيلات المائية في بيئات ترسيبية دلتاوية في منطقتي الهفوف و في وادي السهباء في الجزء الجنوبي الشرقي للسطيحة العربية.

اقترح Weijermars (1998) بناءً على مجمل الخصائص البتروغرافية للأجزاء الحطامية الرملية وشظايا الصخور البركانية والبلوتونية المتضمنة في الوحدة السفلى الحطامية لتشكيلة الهفوف إلى أنها اقتطعت على الأغلب من صخور مصدر ذات طبيعة مغماتية بلوتونية، وحسب رأيه فلقد جلبت الرمال والحصى من صخور القاعدة المعقدة المنتشرة في الجانب الشمالي الشرقي لشبه الجزيرة العربية خلال فيضانات مائية عاتية واسعة الانتشار، وترسبت ضمن مروحة لحقية امتدت على طول وادي السهباء الصدعي ولمسافة ٤٥٠ كلم تقريباً، يؤكد ذلك أيضاً النتائج التي توصل لها Beydoun (1991) والتي تقترح أنه خلال الفترة الزمنية التي بدأت بها تشكيلة الهفوف بالترسيب، كانت الأجزاء الشمالية الشرقية من شبه الجزيرة العربية تقع بالقرب من الحزام الاستوائي بين الدرجة

٣٠ شمـــال وجنوب خط الاستواء مع مناخ استوائي مطير، تزامن ذلك مع حدوث عمليتي التصادم الصفائحي والنهوض لنطاق منطقة زاغروس، مما جعل كافة الظروف مهيأة لتدفق مجموع هائل جداً من الحطام الصخري، انتقل وتوضع في المناطق الحوضية المجاورة، لذلك افترض Weijermars (1998) بأن تكون جميع التوضعات الرسوبية الحطامـــية ذات الطابع المولاسي المنتشرة في المناطق الشمالية الشرقية من الجزيرة العربية قد أتت من مناطق زاغروس وطوروس، علماً أن بعض شواهد الترسيب تضمنت وجود بعض البقايا من جذور نبات المانغـــروف التي تتواجد وتنمو عادة في السهول الفيضية أو بيئات الترســـيب الساحلية أو البحيرية. لقد اقترح Weijermars (1998) أيضاً بأن تلك التوضعات الرسوبية الحطامية نقلت وتوضعت خلال فترة جيولوجية قصيرة نسبياً، تزامنت مع عملية نشوء سلاسل جبال زاغروس التي مضت خلال فترة زمنية تقدر بحوالي ٣,٣ مليون سنة. هـــذا النهوض السريع المتاخم للصفيحة العربية من أطرافها الشمالية والشـــمالية الشـــرقية مـــن الممكن جداً أنه أثر في شبكة المسيلات والأنهار المائية القديمة الرئيسة وزاد بشكل فعال من تدرجات جبهاتها المائية، أيضاً وبنفس الوقت فإن مثل ذلك النهوض للمناطق المجاورة قـــد يكون ساهم بتشكل ونقل كميات هائلة جداً من الرسوبات الحطامـــية، حيث أن زيادة التدرجات المائية المفاجئة تؤدي إلى رفع قدرة التصريف والجريان المائي في الأودية والمسيلات المائية وبالتالي تـــزيد عادة من طاقة النقل للأنهار القديمة، لهذا من المفترض أيضاً أن تكـــون الحـــركات البنائية الألبية التكتونية لسلاسل جبال زاغروس تسببت خلال عصر البليوسين العلوي بتشكل كل من مقعر سلوى ومحدب دخان في الجزء الشرقي من السطيحة العربية.

كنتـــيجة يمكـــن القـــول أنـــه اعتماداً على مجمل الخصائص البتروغرافـــية للأجـــزاء الحطامية الرملية الحصوية وشظايا الصخور الـــبركانية والبلوتونـــية المتضـــمنة في الوحدة الترسيبية السفلى من تشكيلة الهفوف يمكن الافتراض بأن هذه الرسوبات اللحقية الرملية الحصوية الفتاتية الممثلة لهذه الوحدة الترسيبية والمتكشفة في منطقتي الهفوف وحرض أتت على الأغلب من عدة مصادر كصخور الدرع العـــربي من الغرب أو صخور القاعدة لسلاسل زاغروس- طوروس الجبلية من الشمال الشرقي. توضعت تلك الرسوبات اللحقية خلال فـــترة جيولوجية قصيرة نسبياً، كما يتضح من خلال تحديد نسبة وشـــكل وحجم الحصى إلى أن انتقال هذه التوضعات من صخور مصـــدرها تم بواســـطة فيضانات مائية عاتية ونشطة. يرتبط تناوب الـــدورات الترســـيبية الملاحظ بتغير شروط البيئات الترسيبية كتغير طاقة المسيلات النهرية خلال الفترات الرطبة والجافة.

المـــراجـــع

Al-Kadhi, A., and Hancock, P.L. (1980): Structure of the Durma-Nisah segment of the central Arabian graben system. Mineral. Resource Bull. Saudi Arabia, 16, 1-40 pp

Al-Saad,H.,Nasir,S.,Sadooni,F.and Alsharhan,A.S..,(2002): Stratigraphy and sedimentology of the Hofuf Formation in the State of Qatar in relation to the tectonic evolution of the East Arabian Block.N.Jb. Geol. Palaeont.Mh.No.7.,426-448pp.

Al-Sulaimi, J. S., and Pitty, A.F., (1995): Origin and depositional model of Wadi Al-Batin and its associated alluvial fan, Saudi Arabia and Kuwait. Sediment. Geol. 97:203-229 pp.

Basu, A., Young, S.W., Suttner, L.J., James, W.C., Mack, G.H., (1975): Re-evaluation of the use of undulatory extinction and polycrystallinity in detrital quartz for provenance interpretation. J. Sediment. Petrol. 45,873-882pp.

Beydoun Z. R., (1991): Arabian plate hydrocarbon geology and potential: A plate tectonic approach. AAPG studies in Geology, 33, 77 pp.

Blondeau, A. and Covelier, C. (1973): The Tertiary of the Qatar Peninsula (Arabic Gulf). Soc. Geol. Fr. Bull., 2:5-20 pp.

Chapman, R. W. (1978): General information on the Arabian Peninsula - geomorphology. In S.S Al-Sayari and J.G. Zoelt (editors). Quaternary period in Saudi Arabia Springer-Verlag, 19-30 pp.

Covelier, C. (1970): Geological description of the Qatar Peninsula (Arabian Gulf).BRGM, Paris, 39 pp.

Dickinson, W.R., Beard, L.S., Brkenridge, G.R., Erjavec, J.L., Ferguson, R.C., Inman, K.F., Knepp, R.A., Lindberg, F.A., Ryberg, P.T., (1983): Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. Geol. Soc.Am. Bull. 83,222-235 pp.

Edgell, H.S. (1989): Evolution of the Rub' al Khali Desert. J.K. A.U: Earth Sci.3:109-126 pp.

Friis,H.,(1978):Heavy-mineral variability in Miocene marine sediments in Denmark:a combined effect of weathering and reworking-Sediment.Geol.,21:169-188pp.

Hancock, P.L., and Al-Kadhi, A., (1978): Analysis of mesoscopic fractures in the Dhrµma-Nisah segment of the central Arabian graben system. Geol. Soc. London Jour. 135, 339-347pp.

Hoetzl, H. and Zoetl, J.G., (1984): Middle and Early Pleistocene. In: AR Jado and J.G. Z6tl (Editors), Quaternary Period in Saudi Arabia. Springer-Verlag, New York, N.Y., 333-349 pp.

Hoetzl, H., Felber, H. and Zoetl, J.G., (1978): The Quaternary development of the upper part of Wadi Ar-Rimah (Saudi Arabia). In: S.S. Al-Sayari and J.G. Zoetl (Editors), Quater-nary Period in Saudi Arabia. Springer-Verlag, New York, N.Y., 173-182 pp.

Holm, D.A. (1960): Desert geomorphology in the Arabian Peninsula. Sciences, 132 (2437),:1369-1379 pp.

Hudson, R.G.S., Eames, F.E. and Wilkins, G.L, (1957): The fauna of some recent marine deposits near Basrah, Iraq. Geol. Mag., 94: 393-401 pp.

Lee, Y II., and Sheen, D., (1998): Detrital modes of the Pyeongan Supergroup (Late Carbonaferous-Early Triassic) sandstones in Samcheog coalfield, Korea: implications for provenance and tectonic setting. Sediment. Geol. 119,219-238 pp.

McClure, H.A, (1978) : Ar Rub al Khali. In: S.S. Al-Sayari and J.G. Zoetl (Editors), Quaternary Period in Saudi Arabia. Springer- Verlag, New York, N.Y., 252-263 pp.

McClure, H.A. (1984): Late Quaternary paleoenvironments of the Rub' al Khali. PhD. Thesis. University College, London.

Murris, R. (1980): Middle East: Stratigraphic evolution and oil habitat. AAPG Bull. 64, 597-618 pp.

Pettijohn et.al.,Potter,P.E.and Silver,R., (1972):Sand and Sandston.618 pp.,Springer,New York.

Powers, R. W. (1968):Lexique stratigraphique International:Asie, Vol. III, Fasc.1061-Saudi Arabia. CNRS, Paris, 177 pp.

Powers, R.W., Ramirez, L.F., Redomnd, C.D., and Elberg, E.L. Jr. (1966): Geology of the Arabian Peninsula: Sedimentary geology of Saudi Arabia. U.S. Geological Survey. Prof. Paper No. 560-D, 147 pp.

Safarjalani, A., (2004) : Placer Gold In The Al-Hofuf Formation The Eastern Province Of Saudi Arabia , Report On Scientific Study , Deanship of Scientific Research ,King Faisal University, 99pp.

Standring, A.J., and Sugden, W., (1978): Qatar inLexique Stratigraphique International. Vol III, Fasc. 1063 CNRS, Paris.

Thralls, H.W., and Hassan, R.C. (1956). Geology and oil resources of eastern Saudi Arabia. Intern. Geol. Cong. 20th, Mexico. Symposiµm sobre Yacimentos de Petroleoy Gas. 2, 9-32 pp.

Weijermars, R. (1998): Plio-Quaternary movement of the East Arabian block. Geoarabia, 3:509-540 pp.

Wentworth, C. K., (1922): A field study of the shape of river pebbles. Bull. U.S. Geol. Survey. 730C, 114pp.

Whybrow, P.J. and McClure, H.A. (1981):Fossil mangrove roots and paleoenviro-nments of the Miocene of eastern Saudi Arabia. British Mus. Nat. Hist. (geol),Bull. 41:271-382 pp.

Zingg, T.H., (1935): Beitrage zur schotteranalyse. Min. Petrog. Mitt. Schweiz. 15, 39-140pp.

SUMMARY

Rock characteristics for clastic lower unit of Al-Hofuf rock formation and determined its sources

Abdulrahman Mohieddin Al-Safarjalani[1] & Ahmed Abdulatif Al-Naeem[2]

Fifty-one sedimentary rock samples were collected from the first lower sandy conglomerate unit of Hofuf formation outcroped in the eastern part of Arabian Peninsula in the regions Al-Hofuf and Haradh which belong to Late Miocene and Pliocene age for studying their lithlogical characteristics and determination of their sources.

The first lower unit of Hofuf formation consists of three main sedimentary facies: calstic sandy facies with pebbles/ conglomerate, coarse- grained sandstone facies, and fine grained sandstone facies. Sandstone mainly consists of Quartz and Feldspar minerals and secondary from pyroxenes, amphiboles, calcite, mica and fragments of magmatic, sedimentary and metamorphic rock types. Most of these constituents takes different grain forms of semi-angular to semi-rounded, and in general are badly sorted .

Pebbles which are wisdspered in the lower bottom of Al-Hofuf formation can be defined by many lithological types, i.e. magmatic, volcanic, and metamorphic and sedimentary rocks. Their sources might be derived from the Arabian Shield and/or Zagaros Torous which sited in the edge of eastern and south-eastern parts of the Arabian plate. The Hofuf sandstone formations indicate a transitional provenance that range from continental to a craton interior and recycled orogen.