The effect of structural forming on the petroleum system of lower Fars oil reservoir (M. Miocene) in Nahr Umr field – Southern Iraq

التشكل التركيبي وتأثيره على النظام البترولي لنفوط مكمن تكوين الفارس الاسفل (المايوسين الاوسط) في حقل نهرعمر – جنوب العراق

د. محمد سليمان علي جعفر

وزارة النفط – شركة الاستكشافات النفطية

الملخص

يقدم البحث تفسيرا عن تواجد الهيدروكاربونات المتجمعة في مكمن تكوين الفارس الاسفل في حقل نهر عمر وعلاقتها بالتشكل التركيبي وتواجد النظام البترولي ، وذلك استنادا على نتائج الابار المحفورة والمعلومات الزلزالية المتوفرة وتحاليل الجيوكيمياء العضوية في تحديد الصخور المصدرية للوصول الى استنتاج عن موديل الشحن الهيدروكاربوني في الحقل .

تم اجراء البحث اعتمادا على معطيات نتائج حفر (33) بئراً نفطياً في التركيب ، والتفاسير الزلزالية لعدد من الخطوط المنفذة بالبعدين والقاطعة للحقل والمعاد معالجتها حديثا ، اضافة الى نتائج تحاليل الجيوكيمياء العضوية المنجزة على نماذج الصخور ومستخلص البيتومين في ايجاد علاقة نفوط مكمن الفارس الاسفل مع الصخور المصدرية المرشحة لغرض تحليل النظام البترولي في منطقة الحقل ، وتأثير التشكل التركيبي على عملية الاصطياد الهيدروكاربوني .

بينت النتائج التي توصل اليها البحث بأن نفوط مكمن الفارس الاسفل مصدرها صخور مصدرية فعالة متواجدة ضمن المقطع الطباقي المترسب وعند مستوى للنضوج الحراري يصل الى تكوينات عمر(الالبين) كحد ادنى، وان الهيدروكاربونات المتولدة من الصخور المصدرية قد شحنت المكامن الاحدث منها عمرا عبر ممرات الهجرة الثانوية والتي يستدل عليها من خلال الفوالق المؤثرة على التركيب والتي من الممكن ان يصل تأثيرها الى مكامن الحقب الثلاثي . حيث ان الاعتقاد السابق والحالي بان حقل نهر عمر قد تأثر تركيبياً بالاندفاعات البريكامبيرية الناتجة من املاح هرمز ، يرجح وجود مثل تلك الفوالق والتي لعبت دوراً مهماً في هجرة الهيدروكاربونات والتي تم شحن المكامن من خلالها ، حيث دلت كثافات النفوط المتباينة في المكامن المختلفة الى ان الهيدروكاربونات المتولدة قد حصل لها انحطاط اثناء هجرتها باتجاه المكامن الاحدث عمراً . ان التأثيرات البنيوية والتشكل التركيبي للحقل الناتج بفعلها قد اثر على انتشار وتوزيع النفوط في الحقل وعند مستويات متباينة من عمق الانطمار في العديد من المكامن المهمة ، الجيرية منها والرملية على حد سواء والتي اثبتت من خلال نتائج حفر الابار في الحقل.

ان اهمية حقل نهر عمر من الناحية الاقتصادية كونه يمثل احد الحقول المنتجة في جنوب العراق تستوجب اجراء دراسة تفصيلية متكاملة (تركيبية ، رسوبية ، تقييمية مكمنية وجيوكيميائية) مع الاخذ بنظر الاعتبار اجراء مسوحات زلزالية ثلاثية الابعاد واعتماد نتائج تفسيراتها في بناء الموديل الجيولوجي والمكمني للوقوف على المشاكل التي تواجه الانتاج من الحقل وعمليات وخطط تطويره.

المقدمة

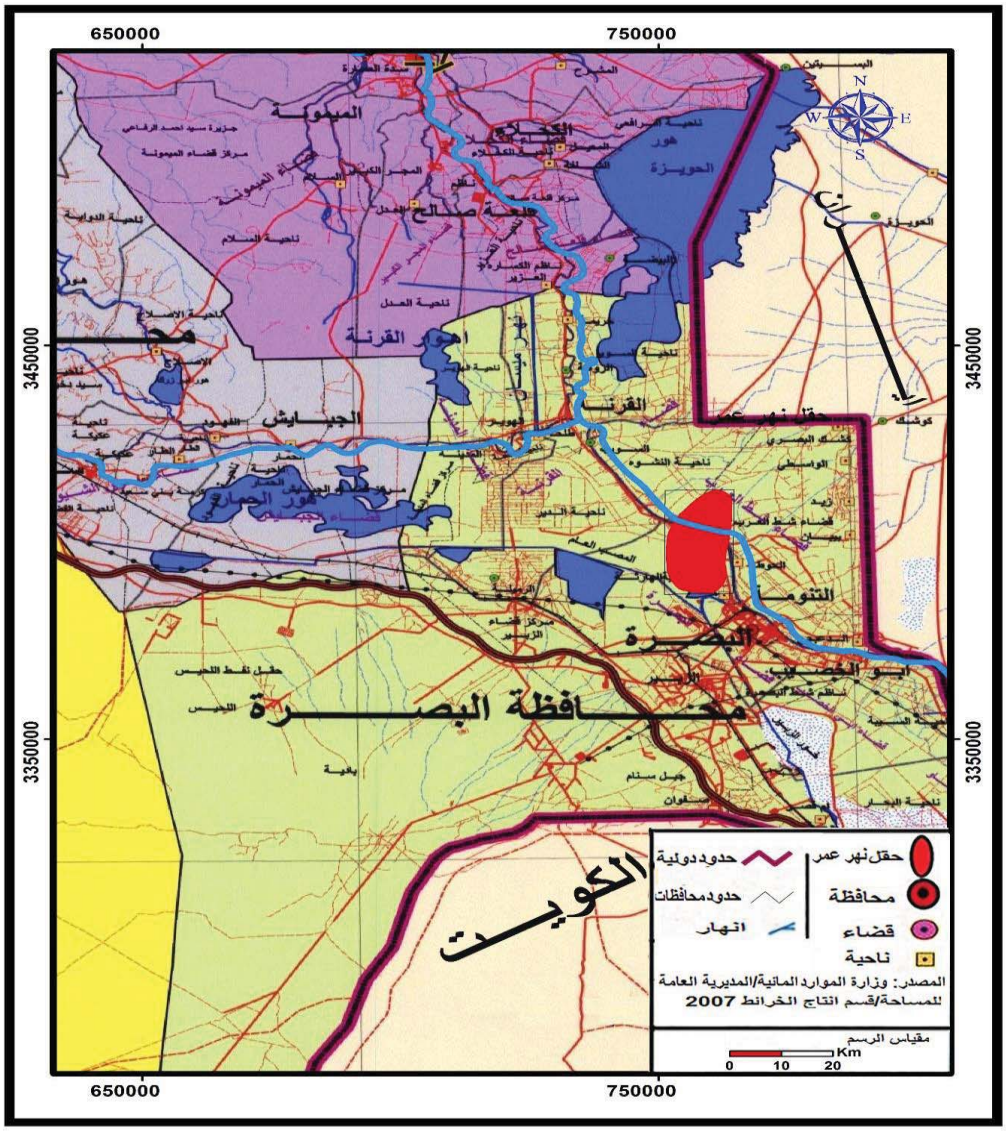
يقع حقل غرب القرنة في محافظة البصرة جنوبي العراق ويبعد حوالي (30) كم شمال غرب مدينة البصرة عند قرية نهرعمر حيث يقطع شط العرب الحقل من الغرب الى الشرق، شكل (1).

تعتبر منطقة الحقل ذات احتمالات هيدروكاربونية عالية لصخور العصر الثلاثي والطباشيري، وتمتاز بكونها ذات تضاريس سطحية منبسطة وان ترسباتها السطحية عبارة عن ترسبات نهرية حديثة.

اكتشف الحقل خلال العامين (1930- 1941) عن طريق المسح الجنوبي، وكان الاعتقاد السائد حينها بأنه يمثل جزءاً من حقل مجنون الذي يقع الى الشمال منه، وقد اكدت الدراسات اللاحقة بان الحقل يمثل تركيباً منفصلاً عن حقل مجنون بواسطة سرج تم حفر البئر الاستكشافي الاول في عام 1948 حيث وصل الحفر فيه الى تكوين النهرعمر (الالبين) وعلى عمق (2550) م من مستوى الرحى الدوار، وقد تم اكتشاف شواهد نفطية في كل من تكويني الدبدبة (المايوسين الاعلى) والفارس الاسفل (الفتحة) (المايوسين الاوسط) ونفط خفيف في تكوين النهرعمر. وفي عام 1958 تم حفر البئر الاستكشافي الثاني (نهرعمر-3) ووصل الى العملق (3001) م عند تكوين الرطاوي (هوترفين – فلانجينين) ومن نتائجه وجود تجمعات هيدروكاربونية جيدة في تكوينات العصر الثلاثي (الفارس الاسفل، الغار والدمام) وتكوينات العصر الطباشيري (الهارثة، المشرف، المودود، النهرعمر والزبير) وفي عام 1978 حفر البئر الاستكشافي (نهرعمر -7) ووصل الحفر فيه الى العمق (3678) م اسفل قمة تكوين السلي (التيثونين) ومن نتائجه وجود تجمعات نفطية جيدة في تكوينات الفارس الاسفل، الغار، السعدي، المشرف، الاحمدي، المودود، النهرعمر، الزبير واليمامة. بلغ عدد الآبار المحفورة على الحقل (33) بئراً لغاية اعداد هذا البحث. وقد اثبتت الفحوصات المرحلية التي اجريت على تكوين الفارس الاسفل جرياناً نفطياً وبكميات اقتصادية مشجعة.

اختلفت الآراء حول اصل النشوء ونوع الحقل الذي ربما ان يكون تركيب ملحي او تركيب ناتج من عمليات الطي. كما اختلفت الدراسات في تفسير دور اندفاع صخور القاعدة في تكوين الحقل.

يقدم البحث تفسيرا عن تواجد الهيدروكاربونات المتجمعة في مكمن تكوين الفارس الاسفل في حقل نهر عمر وعلاقتها بالتشكل التركيبي وتواجد النظام البترولي، وذلك استنادا على نتائج الابار المحفورة والمعلومات الزلزالية المتوفرة وتحاليل الجيوكيمياء العضوية في تحديد الصخور المصدرية للوصول الى استنتاج عن موديل الشحن الهيدروكاربوني في الحقل.



شكل (1) خريطة الموقع الجغرافي لحقل نهرعمر

طريقة البحث والمعلومات المستخدمة

تم اجراء البحث اعتمادا على المعطيات التالية :

1. نتائج حفر الآبار الاستكشافية والتقييمية والانتاجية البالغ عددها (33) بئراً محفورة على حقل نهرعمر ولغاية اعداد البحث، والتي استخدمت في تقييم مكمن الفارس الاسفل من خلال تطبيق البرمجيات الحاسوبية على منظومتي الجيوفريم والبترل.

2. اعادة التفاسير للمعلومات الزلزالية لعدد من الخطوط الزلزالية المنفذة سابقاً على الحقل بالبعدين (2D) والقاطعة له والمعاد معالجتها حديثاً، حيث تم بموجبها الحصول على مقاطع اكثر وضوحاً والنقاط (4) اربعة عواكس من خلالها، ومن ثم اعداد خريطة تركيبية للحقل عند عاكس تكوين الفارس الاسفل اخذت بنظر الاعتبار نتائج الآبار المحفورة على الحقل.
3. نتائج تحاليل الجيوكيمياء العضوية لنماذج ومستخلص البيتومين لصخور المقطع الرسوبي في منطقة الحقل والمناطق القريبة لغرض تحديد انواع الصخور المصدرية المرشحة.
4. العوامل البنيوية وتأثيراتها على نشوء وتطور تركيب نهرعمر.

مما تقدم حاول البحث ايجاد علاقة بين النفوط المتجمعة في مكمن تكوين الفارس الاسفل والصخور المصدرية المولدة للنفوط ، لغرض تحليل النظام البترولي في منطقة الحقل وتوضيح تأثير التشكل التركيبي على عملية الشحن والاصطياد الهيدروكاربوني.

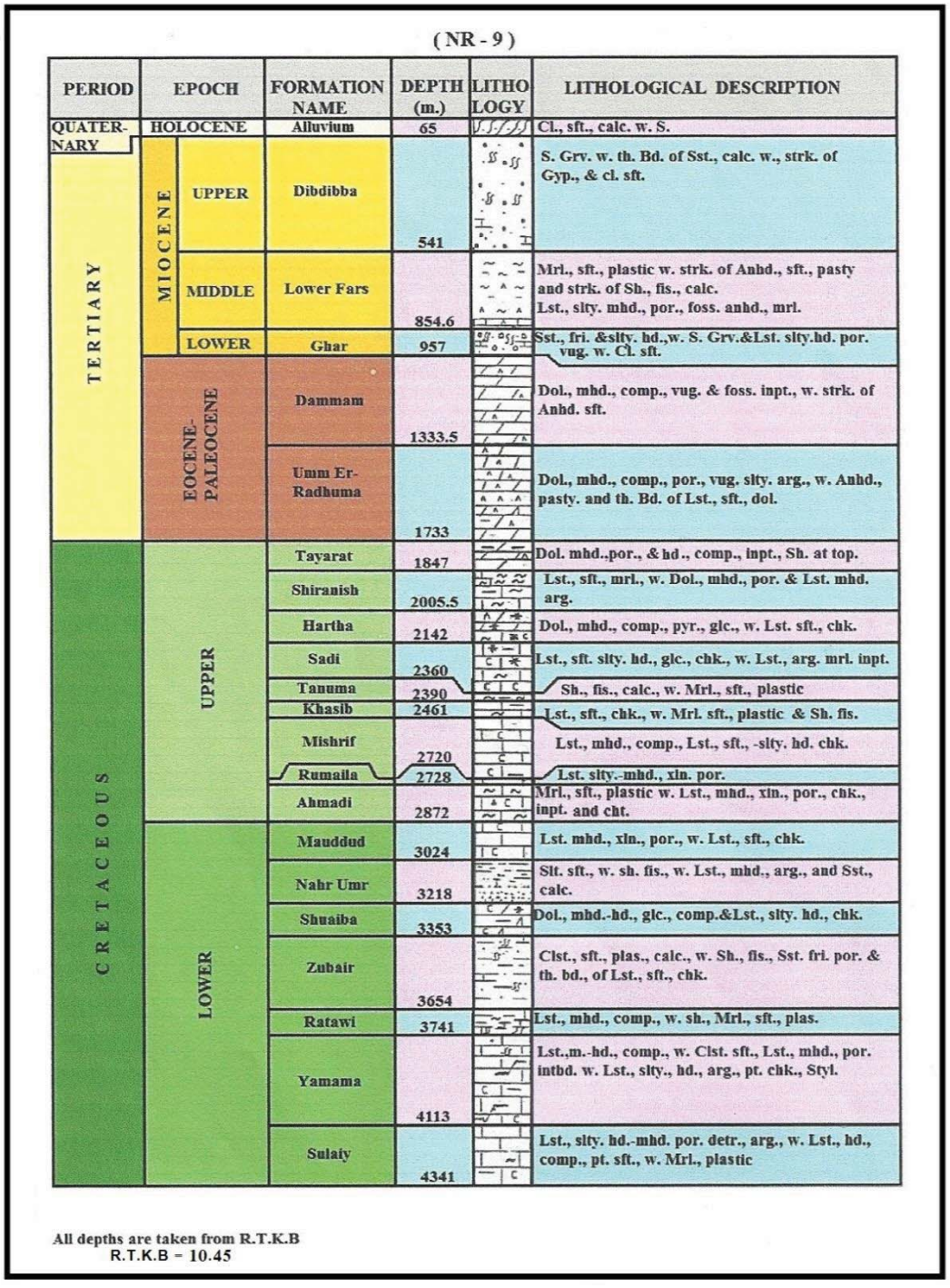
الاطار الطباقي

يقع حقل نهرعمر ضمن الحوض االغائر لنطاق وادي الرافدين في جزئه الجنوبي والذي يمثل بدوره جزءاً من شبه المنصة التابعة للصفيحة العربية، حيث تكون نتيجة للحركات البنيوية المتعاقبة والتي اثرت بدروها على الفوالق القاعدية العميقة والتي تطورت لاحقاً مولدة احواض قارية داخلية ضمن الصفيحة العربية. وقد امتلئ هذا الحوض بعمود رسوبي مثالي متألفا من صخور مصدرية ومكمنية اضافة الى الصخور الكتيمة وذات الامتداد الاقليمي لنفس الحوض الترسيبي ويمكن التعرف على الجيولوجيا التحت سطحية في المنطقة من خلال الشكل (2) الذي بين المقطع الطباقي المخترق في اعمق الآبار المحفورة على الحقل (نهرعمر-9) والذي توقف الحفر فيه عند تكوين السلي وعلى عمق (4341) م من مستوى الرحى الدوار، مخترقاً تكوين الدبدبة (البلايوسين) من السطح وصولاً الى تكوين السلي (التيثونين).

الظروف الترسيبية ونوعية الترسبات في منطقة الحقل مشابهة بصورة عامة لظروف ونوعية الترسبات في حقول جنوب شرق العراق والتي تمثل عدة بيئات بحرية ضحلة وعميقة مؤلفة من عدة دورات ترسيبية من الانغمارات والانحسارات في مياه البحر، ومن خلال المقارنة الطباقية الاقليمية يمكن تمييز العديد من فترات الانقطاع الترسيبي الناتجة عن تأثير الاحداث البنيوية خلال فترة العصر الطباشيري والتي انعكست بشكل اسطح عدم توافق ذات امتداد اقليمي.

معظم اجزاء منطقة حقل نهرعمر عبارة عن اراضي ذات تضاريس سطحية منبسطة بشكل عام وارتفاعها لا يتجاوز (10) م فوق مستوى سطح البحر، والمنطقة مغطاة بترسبات غرينية ورمال ناعمة تمثل البيئة النهرية للعصر الحديث تتخللها ترسبات من فترة المايوسين في النصف الجنوبي من المنطقة.

ولا توجد اي ظواهر سطحية طبيعية تشير الى انعكاسات للظروف التركيبية تحت السطحية مثل التقبات والصدوع.



شكل (2) المقطع الطباقي المخترق في البئر نهرعمر -9

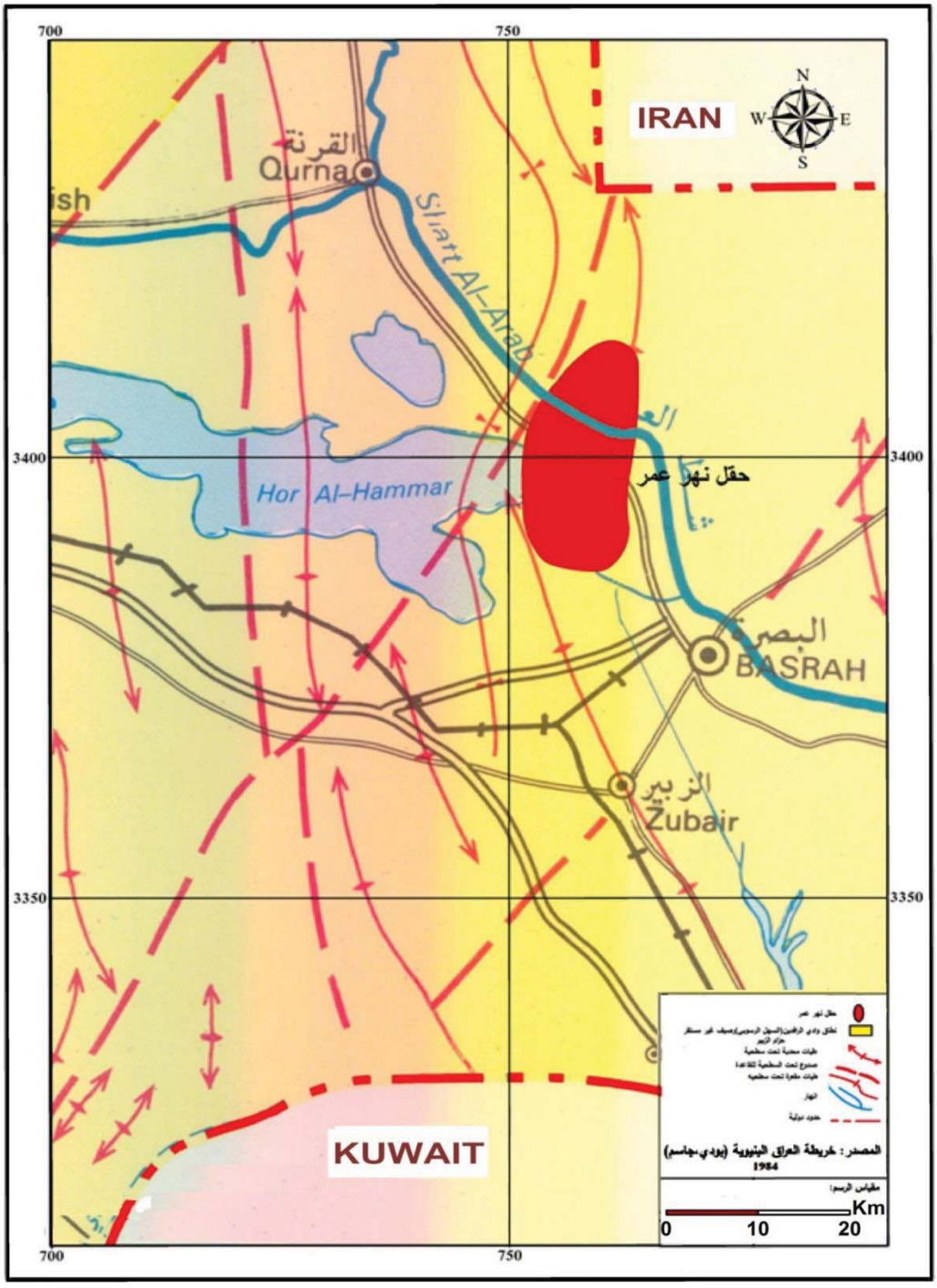
الاطار البنيوي والتركيبي Tectonics and structural Framework :

يقع حقل نهرعمر بنيوياً في الجزء الجنوبي من الجناح القريب من منصة البحر العميق لمنطقة مابين النهرين Near Platform Flank of Mesopotamian Foredeep (Ditmar, 1980) والواقعة ضمن نطاق الزبير الثانوي للسهل الرسوبي الذي يمثل اكبر وحدة من وحدات الرصيف غير المستقر، حيث يتميز هذا النطاق بوجود تراكيب طولية تمتد باتجاه شمال – جنوب مقطوعة بعدد من الفوالق المستعرضة الممتدة بالاتجاه شمال شرق – جنوب غرب (بودي وجاسم، 1984) [1, 2] كما في الشكل (3).

ان الاحداث البنيوية التي اثرت على الدرع العربي منذ نشأته تركت بصماتها على المنطقة بشكل تصدعات في صخور القاعدة البلورية مسببة فيما بعد تطور مجموعة من الاحواض الرسوبية داخل المنطقة العربية، تراكم فيها عمود طباقي من الصخور المولدة والخازنة للمواد الهيدروكاربونية اضافة الى الصخور الغطائية.

بالرغم من وقوع منطقة البحث ضمن نطاق الزبير الثانوي الذي يمثل نطاق هادئاً الا ان التراكيب تحت السطحية تشير الى ان هنالك نمو بالتراكيب قد حصل قبل فترة المايوسين، حيث يظهر تأثير الطي بوضوح على طبقات ما قبل العصر الثلاثي في كل من العراق والكويت والسعودية والذي يعكس التأثير التفلقي والتقبيبي لصخور القاعدة البلورية.

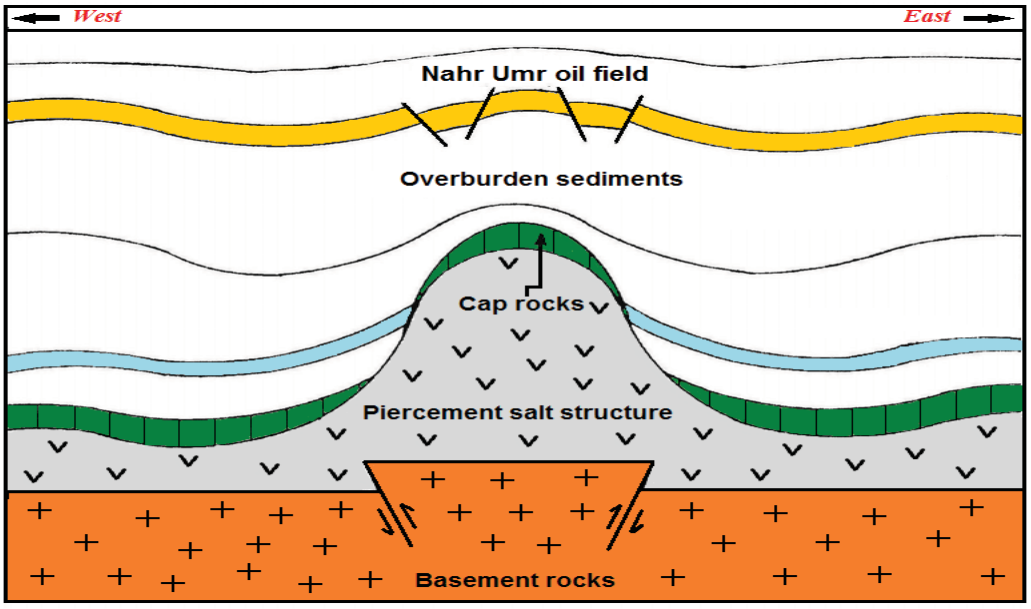
بينت الدراسات التي انجزت على بعض الحقول والتراكيب المتواجدة ضمن الحوض الرسوبي لوادي الرافدين على ان اسباب نشوء مثل هذه التراكيب كان نتيجة للحركات البنيوية التي اثرت في المنطقة خلال العصر الجوراسي المتاخر وحتى فترة السينومينيان، حيث نتج عنها حركات جانبية ضعيفة بالاتجاه الجنوبي الغربي والتي ادت الى تكوين طيات تركيبية محدبة ومقعرة طولية وذات سعة قليلة باتجاه شمال غرب – جنوب شرق، وان الحركات التي اعقبتها ومثالها حركة الالبيان التضاغطية خلال عصر المايوسين قد اثرت جانبياً من الشرق والشمال الشرقي باتجاه الغرب على نفس التراكيب الناشئة حيث زادت من سعتها مكونة بالتالي طيات متجانسة باتجاه شمال غرب – جنوب شرق. اتفق العديد من الباحثين على ان ميكانيكية تكون التراكيب في المنطقة التي تضم حقل نهرعمر يعزى الى سببين رئيسيين، الاول اعادة التنشيط الحاصل للفوالق القاعدية العميقة ، والثاني تاثير اندفاعات املاح هرمز البريكامبيرية في اجزاء معينة من مناطق جنوب العراق والتي اثبت تواجدها من خلال قيم متبقي الجاذبية السالبة المنعكسة على التراكيب الرئيسية مثل تراكيب نهرعمر (قيمة متبقي الجاذبية – 6 ملي كال) والزبير وطوبة والرطاوي وبالاخص تلك التي تاخذ اشكالاً شبه دائرية ، حيث فسر تكونها بسبب اختراق التراكيب الملحية العائدة الى الحقب الانفراكمبيري ورواسب الملح العائدة للعصر الجوراسي الاعلى (املاح تكوين القطنية) وطورتها الى تراكيب دايبيرية (Diapirism) والتي قد تكون مسؤولة عن الشذوذ الجذبي السالب للتراكيب التحت سطحية (الجوهر، 1996) [3].



شكل (3) الخريطة البنيوية لمنطقة الدراسة والمناطق المجاورة [2]

كما اشار (Alsharhan and Nairn, 1997) [6] الى الدور الذي لعبته تكتونية الاملاح (Salt tectonic) في تكوين الحقول النفطية في جنوب العراق والخليج العربي من خلال تواجد العديد من الوسائد الملحية (Salt Pillow) الطولية الضخمة في كل من الحقول النفطية في قطر والبحرين وجنوب العراق . وقد قام (المطوري عام 2007) [4] بشرح دور تكتونية الاملاح في تكوين تركيب نهرعمر وعلى شكل ثلاث مراحل متسلسلة كالاتي وكما موضحة بالشكل (4).

1. **مرحلة تكون الوسادة الملحية .**
2. **مرحلة تكون التركيب الملحي الاختراقي .**
3. **مرحلة تكون حقل نهرعمر .**

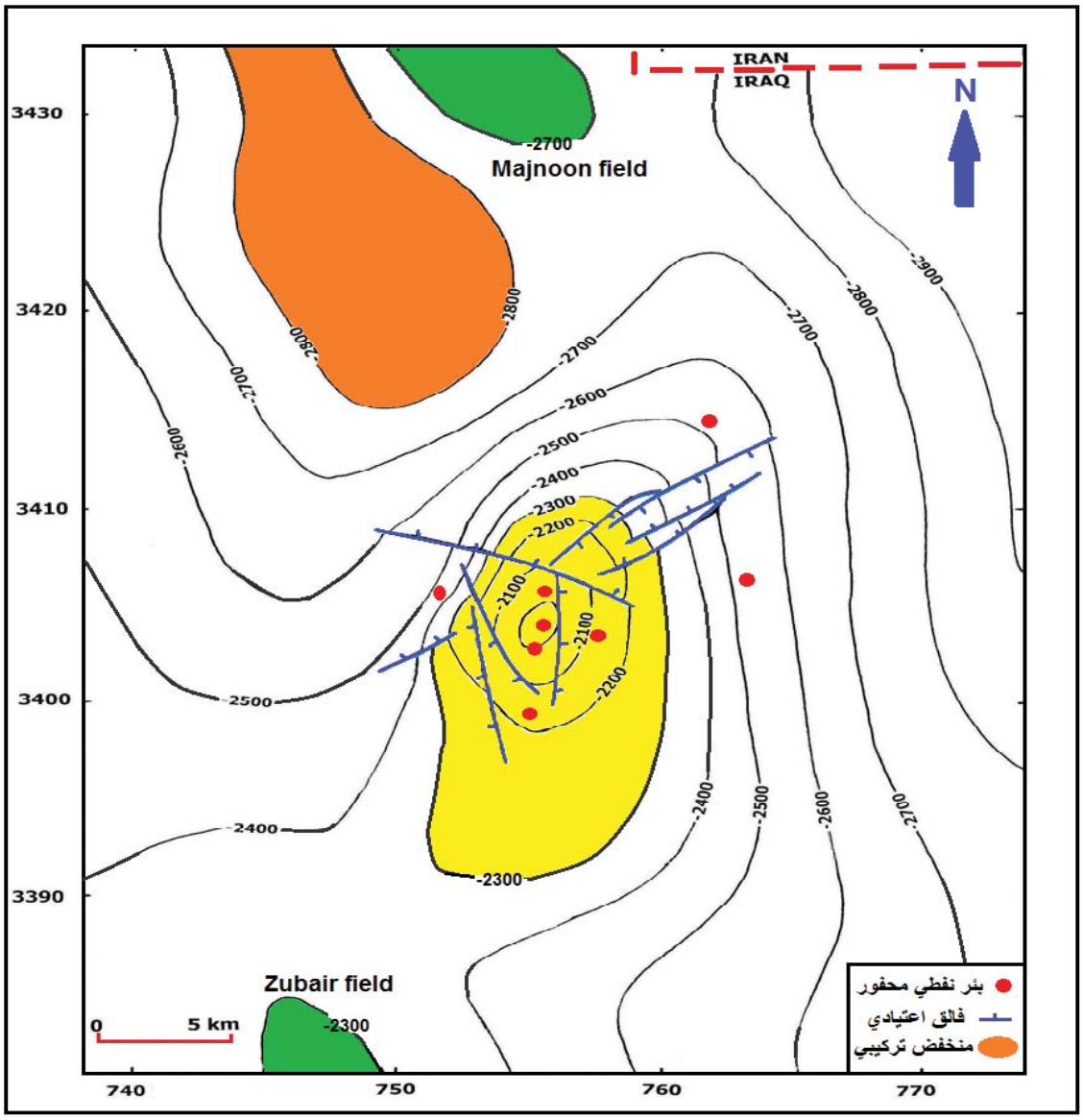


شكل (4) الموديل التركيبي والتكتوني لتطور تركيب نهرعمر (محور عن [4])

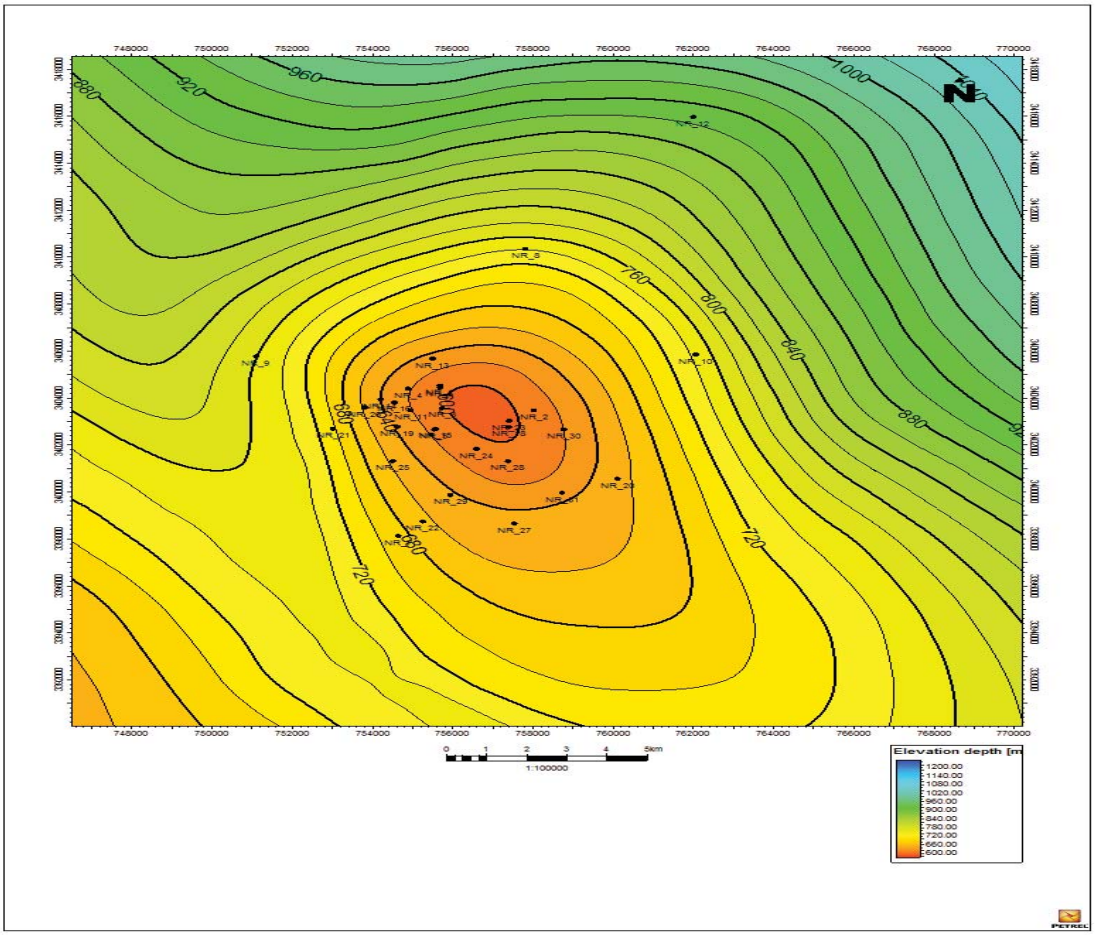
وان الفوالق الاعتيادية التي تجمع بين النمطين الشعاعي والمتوازي والموجود ضمن تتابعات الحقل دليلاً على وجود قوى شاقولية ادت الى تكوين الحقل كما في شكل (5) والتي مصدرها تظافر كل من اندفاع صخور القاعدة وصخور املاح هرمز البريكامبيرية والتي من المحتمل ان تكون قد حفزت بدورها املاح العصر الجوراسي المتمثلة بتكوين القطنية .

حقل نهرعمر عبارة عن تركيب تحدبي غير متناظر، حيث ان ميل السفح الغربي اكثر من ميل السفح الشرقي ويكون اتجاه محوره بشكل عام هو شمال غرب – جنوب شرق.

حسب الخريطة العمقية لعاكس تكوين الفارس الاسفل (العصر الثلاثي) شكل (6) حيث تبلغ ابعاد الحقل عند هذا العاكس (16) كم طول و (6,5) كم عرض وبانغلاق تركيبي مقداره (100) م.



شكل (5) خريطة تركيبية لحقل نهرعمر عند تكوين المشرف تبين الفوالق الاعتيادية
من النمطين الشعاعي والمتوازي الظاهرة عند قمة الحقل [10]



شكل (6) الخريطة العمقية لعاكس تكوين الفارس الاسفل في حقل نهرعمر

النظام البترولي وانعكاساته في منطقة حقل نهرعمر

Petroleum System Reflections in an area of Nahr Umr Field

1- تمهيد Preface :

يعرف النظام البترولي على انه تعبير عن تواجد صخور مصدرية فعالة (غنية بالمادة العضوية كماً ونوعاً والناضجة حرارياً)، لها القابلية على توليد الهيدروكاربونات وطردها نحو الصخور الخازنة (ذات المواصفات المكمنية الجيدة من مسامية ونفاذية)، عبر هجرتها الاولية او الثانوية واحتجازها بواسطة صخور غطائية كتيمة (عديمة النفاذية)، في مناطق اصطياد مفضلة (وجود المصيدة)، محدثة تجمعات هيدروكاربونية اقتصادية لعبت ظروف التشكل لعناصره الاساسية (الصخور المصدرية والمكمنية والحاجزة) وبتأثير من تواجد العوامل الاساسية (الحرارة، عمق

الدفن، الضغط، الزمن، البنيوية ... الخ) دوراً مهماً في تكون تلك التجمعات.

يقع حقل نهرعمر ضمن اقليم البصرة النفطي في الجزء الجنوبي من العراق والذي يمتاز بتواجد الحقول النفطية العملاقة فيه مثل حقول الرميلة وغرب القرنة والزبير ومجنون، حيث تقع جغرافياً بما يعرف بحوض وادي الرافدين (الميزوبوتيمي) والذي يمثل الحافة الشرقية من الصفيحة العربية، يشكل هذا الحوض منخفضاً عميقاً باتجاه شمال غرب ويكون موازياً لاتجاه طيات زاكروس وحزام الاندفاعات والذي تكون نتيجة التصادم القاري بين الصفيحة العربية والصفيحة الاسيوية، حيث حصل هذا التصادم في نهاية الحقب الطباشيري وازدادت شدته خلال فترة الباليوجين / النيوجين، ولم يتأثر الحوض الميزوبوتيمي نسبياً وبشكل كبير بهذه الحركة حيث ان التشوهات البنيوية تزداد شدتها من الغرب نحو الشرق باتجاه جبال زاكروس. تراكيب الحقول النفطية في اقليم جنوب العراق عبارة عن طيات تحدبية باتجاه جنوب – شمال والتي تمثل انعكاساً للخطوط المضربية للطيات العميقة وبنفس الاتجاه في منطقة جنوب حوض وادي الرافدين والتي يعتقد بانها قد تشكلت خلال فترة الحقب القديم واستمرت ولكن بشكل محدود خلال الحقب الطباشيري والفترة المبكرة من العصر الحديث. تضم المنطقة ايضاً تراكيب يرتبط نشوئها بالاندفاعات الملحية الناتجة عن تأثير املاح هرمز الكامبيرية – البريكامبيرية.

تمثل رواسب الصفيحة العربية لحقبتي الجوراسي والطباشيري مثالاً نموذجياً للانظمة البترولية في العالم، حيث يتضمن المقطع الطباقي في منطقة الدراسة على العديد من الوحدات الطباقية المترسبة في احواض متعددة لكل من حقب الجوراسي والطباشيري والثلاثي، والتي تمتاز بكونها تمثل نظاماً بترولياً متصلاً (احادي) او نظاماً بترولياً منفصلاً (متعدد) حسب ظروف التشكل الطباقي والسحني للوحدات المصدرية والمكمنية والغطائية، وبتوفر الظروف الملائمة لتكون المصائد والتجمع الهيدروكاربوني، ومثالها حوض مقطع صخور الحقب الطباشيري والذي يعتبر من اوسع الاحواض المكمنية للنفط والغاز في حوض وادي الرافدين. ان تواجد الصخور الكاربوناتية المترسبة في بيئة المنصة الواسعة والبيئة الحوضية والمعزولة بوحدات سميكة من رواسب المتبخرات الممثلة بتكوين القطنية (الجوراسي الاعلى)، قد اوجد العديد من الصخور المصدرية والمكمنية والحاجزية المشتركة مع بعضها البعض بعلاقة مثالية، وبالمشاركة مع التطورات المتعاقبة الحاصلة في الحوض الترسيبي، وعلى امتداد واسع وكبير مع عمق كبير لانطمار الرواسب، ومتزامنة مع احداث ذات تاثير فعال (حركة بناء جبال زاكروس)، قد نتج عنه وجود صخور مصدرية ناضجة حرارياً مع تواجد التراكيب باحجام كبيرة وسعة عالية اضافة الى ظروف الاصطياد الهيدروكاربوني الجيدة.

الوصف الصخاري لمقطع الحقب الطباشيري – الجوراسي وصف لاول مرة في العراق وتحديداً في منطقة الدراسة من قبل (فان بلن (*Van Bellen*) واخرون عام 1959 و2005) [9] حيث قدموا معلومات تفصيلية مكملة عن الجيولوجيا الطباقية والتركيبية في العراق. اما موديل الحوض الرسوبي الاقليمي فقد درس من قبل (*Pitman*) واخرون عام 2004) [17] والذي وفر اطاراً عاماً جيداً لمنطقة الدراسة، بينما تم تقييم الصخور المصدرية الرئيسية في منطقة حقل نهرعمر واقليم جنوب العراق بشكل عام من قبل (جعفر عام 2000 و2010) [14 ,5] و(العامري واخرون عام 1999 و 2009) [8 ,7] وتحديداً وبشكل اساسي لتكوينات عصر الجوراسي الاعلى – الطباشيري الاسفل ومثالها تكوين

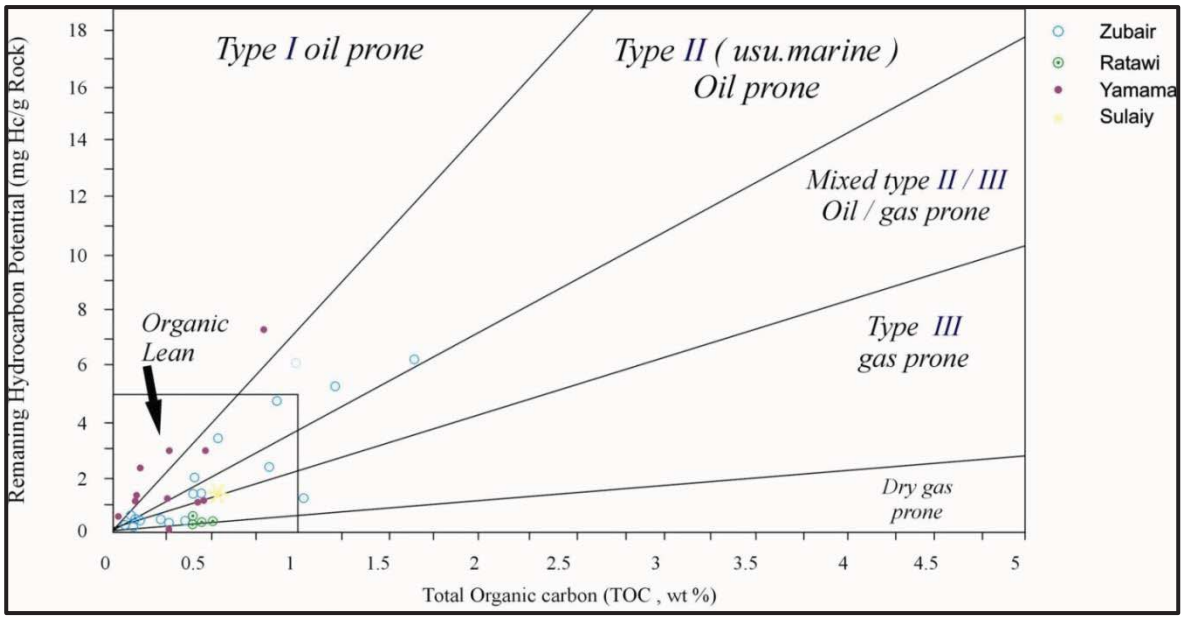
السلي، اضافة الى دراسة بعض الصخور المصدرية لعصر الجوراسي الاوسط ومثالها تكوين الساركلو من قبل (العامري واخرون عام2011) [7, 8]، كذلك الصخور المصدرية لتكوينات عصر الطباشيري الاسفل ومثالها تكوينات نهرعمر والزبير والرطاوي من قبل (العامري و *Batten* عام 1997 وجعفر عام2010) [7, 14] الذي درس في بحثه حقل نهرعمر ضمن حقول مختارة في جنوب العراق. وقد تم الاعتماد على نتائج تلك الدراسات في تحليل النظام البترولي في منطقة الدراسة.

2- معلومات التكسر الحراري للصخور المصدرية Source Rocks Pyrolysis Data:

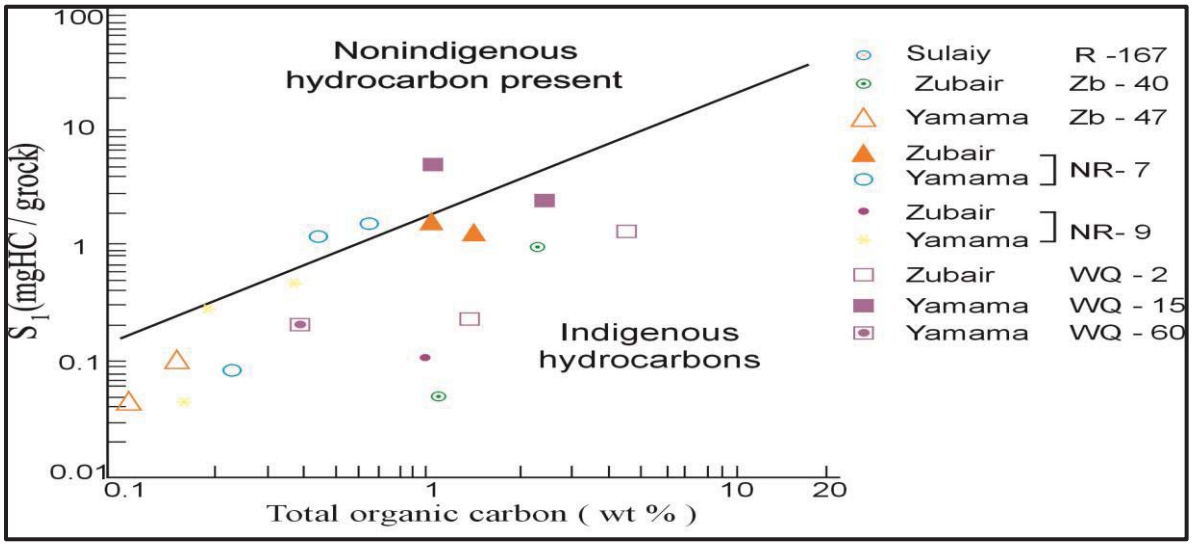
استنادا الى نتائج تحاليل نماذج الصخور بالتكسر الحراري "Pyrolysis" لعدد من التكوينات في كل من بئري نهرعمر – 7و9 (NR-9 وNR-7) على حقل نهرعمر والآبار (Zb-40،Zb-47،WQ-1،WQ-2،WQ-13،WQ-15و WQ-60) لحقلي غرب القرنة والزبير القريبين من حقل نهرعمر. تم تقييم الصخور المصدرية في المقطع الطباقي المترسب وكالآتي الاشكال (7،8 و9)

ان صخور تكوين نهرعمر غنية بالمادة العضوية (قيمة TOC تصل الى 4,96% نسبة وزنية) الحاوية على الكيروجين من النوع الثاني والمختلط من النوع الثاني والثالث وذو كفاءة بترولية جيدة وبمعامل انتاج (PI) بمعدل (0.21) والذي يشير الى المراحل المبكرة للنضـــوج الحراري لنفوط اصيلة حسب (Hunt, 1996) [13]. علماً ان مديات التصنيف في المرتسمات قد اعتمدت على الانظمة البترولية العالمية (Global Petroleum System) للصخور المصدرية الكاربوناتية البحرية والصخور المصدرية المارلية (الطفلية) البحرية (GeoMark Reseach OilsTM data) (base) (Peter et al , 2005 .[16]

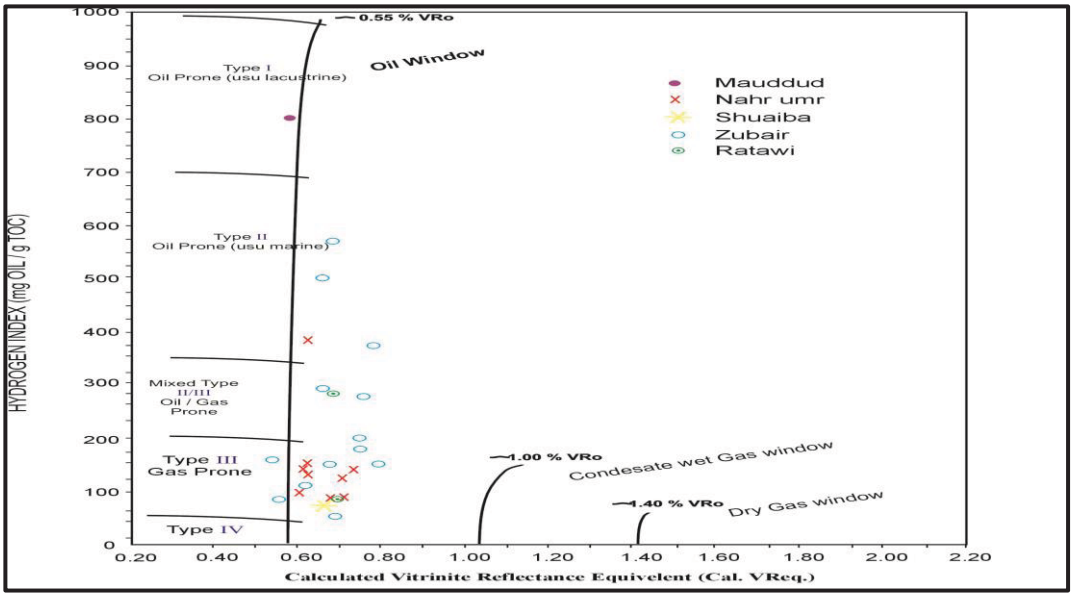
اما تكوين الشعيبة فقد اشارت قيم الهيدروكاربونات المتحررة (S2) الى افتقار التكوين للمادة العضوية كما ونوعاً، لذا اعتبر غير فعال كصخرة مصدرية بالرغم من تخطية عتبة النضوج الحراري. كما وبينت تحليلات نماذج صخور تكوين الزبيراحتوائه على نسبة جيدة من المادة العضوية (0.2 – 4.6 % نسبة وزنية) والتي لها القابلية على انتاج الهيدروكاربونات والمحفوظة جيداً، نظراً لاحتوائها على نسبة عالية من السجيل الحاوي على الكيروجين من النوع المختلط الثاني والثالث ومن النوع الثالث والتي لها القابلية على انتاج النفط والغاز. تراوحت قيم الحرارة القصوى (Tmax) بين (420-442) درجة مئوية والتي تشير الى مستوى نضوج متوسط مع كفاءة بترولية (PP) جيدة تصل الى (27.91) ملغم هيدروكاربون / غم صخور. بينما اشارت تحليلات التكسر الحراري لصخور تكوين الرطاوي الى افتقار التكوين للمادة العضوية من النوع الكيروجيني المختلط الثاني والثالث والنوع الثالث بالرغم من دخول التكوين مرحلة النضوج الحراري.



شكل (7) نوعية الكيروجين لنماذج الصخور المصدرية المرشحة في البئر نهرعمر -7 (تحاليل OEC)



شكل (8) مرتسم تقاطع قيم (S1) مع قيم (TOC %) والذي يبين النماذج الاصلية من الملوثة حسب (Hunt , 1996) (تحليلات GeoMark) [13]



شكل (9) مرتسم نوع الكيروجين ودرجة النضوج الحراري للنماذج المدروسة في البئر غرب القرنة -1 (تحليلات OEC)

اما تكوين السلي فقد اشارت تحليلات نماذج صخور التكوين الى قيمة (PI) المساوية الى (0.36 – 0.448) والتي تعتبر ناضجة حرارياً واصيلة غير مهاجرة. كما وان قيمة درجة الحرارة القصوى المساوية الى (451) درجة مئوية تدل على ان التكوين وصل الى مراحل متأخرة من النضوج الحراري والتي يكون عندها قد استنفذ كل محتواه من المادة العضوية المتحولة الى هيدروكاربونات والمهيأة للطرد نحو الصخور المستودعية.

ان معامل الهجرة (S_1/TOC) لنماذج الصخور المحللة وجد بأنه يشير الى نفوط اصيلة غير مهاجرة لاغلب نماذج الصخور التي اظهرت صفات لصخور مصدرية ومثالها صخور تكوينات السلي والزبير والنهرعمر، حيث قيم (S_1/TOC) التي تتراوح بين (0.1 – 0.2) تعتبر مثالية للصخور المولدة للنفوط. اما القيم التي هي اعلى من (1.5) فتشير الى نفوط مهاجرة غير اصيلة [13, 18].

اما الصخور المتبقية من العصر الجوراسي الاعلى ضمن المقطع الطباقي المحفور فقد تم دراستها من قبل (*MoO and JAPEX* عام 2006 والعامري واخرون عام 2009) [1, 8]، حيث اشارت الى ان سحنات تكويني الساركلو والناوكليكان ذات محتوى كيروجيني من النوع الثاني الذي له القابلية على توليد الهيدروكاربونات والواقعة تحت ظروف نضوج حراري مثالية.

ان زمن نشوء الهيدروكاربونات وتوليدها ممكن تمثيله بطورين : الطور الاول الذي بدء بتوليد الهيدروكاربونات من الصخور المصـــدرية للحقب الجوراســي قبل (80 – 90) مليون سنة سابقة (Ma) اي عند نهاية الحقب الطباشيري، وانتهى بنسبة تحول (*Transformation Ratio*) 100% خلال فترة العصر الثلاثي الاسفل قبل (35) مليون سنة. اما

الطور الثاني فقد بدء قبل (65) مليون سنة بتوليد الهيدروكاربونات من الصخور المصدرية لتكوينات العصر الطباشيري الاسفل ومستمر حتى وقتنا الحاضر.

مما تقدم يمكن الاشارة الى اهمية صخور تكوينات العصر الجوراسي الاعلى اضافة الى تكوينات السلي (التيثونين – الفلانجينين المبكر)، الزبير (البارمين – الابتين المبكر)، والنهرعمر (الالبين) كصخور مصدرية كفوءة وفعالة في المنطقة وان النفوط المتولدة من هذه التكاوين قد ساهمت في شحن المكامن الواقعة الى الاعلى منها خلال عمليات الهجرة وبالتزامن مع نشوء المصائد الهيدروكاربونية.

3- الصخور المكمنية وصخور الغطاء ***Reservoir and Seal Rocks*** :

تأتي اهمية تكوين الفارس الاسفل مكمنياً من خلال احتوائه على الهيدروكاربونات في العديد من حقول وسط وجنوب العراق ومثالها حقول الزبير، صبة، رميلة، صحين، مجنون، كفل اضافة الى حقل نهرعمر قيد الدراسة.

يمتاز التكوين بامتداده الترسيبي الواسع ، حيث يتواجد مترسباً في معظم مناطق جنوب العراق وبسمك كبير نسبياً يصل الى (339) م في البئر نهرعمر – 18، ويتالف التكوين من عدة سحنات رسوبية ميزت اجزاءه الثلاثة، حيث الجزء العلوي يتكون من الحجر الجيري، اما الجزء الوسطي فيتكون من صخور الانهيدرايت التي تتعاقب مع صخور الحجر الجيري الصلصالي والحجر الجيري، وقد اظهر هذا الجزء من التكوين وجود شواهد هيدروكاربونية ضمن سحنات الحجر الرملي وفي التشققات المتواجدة في صخور الانهيدرايت. في حين يتألف الجزء السفلي من التكوين من صخور الحجر الجيري الحاوي على الاصداف اضافة الى الصخور الدولوماتية المتداخلة مع طبقات من الحجر الرملي والمتعاقبة مع طبقات عازلة من الطفل والانهيدرايت. يصل سمك هذا الجزء من التكوين الى (66) م في البئر نهرعمر -12 ويمثل المكمن الرئيسي للتكوين في حقل نهرعمر، الشكلين (10، 11) لما يمتاز به من مواصفات بتروفيزيائية جيدة ، حيث بلغ معدل المسامية للوحدات المكمنية (27%) في حين بلغت قيمة النفاذية حوالي (222) ملي دارسي.

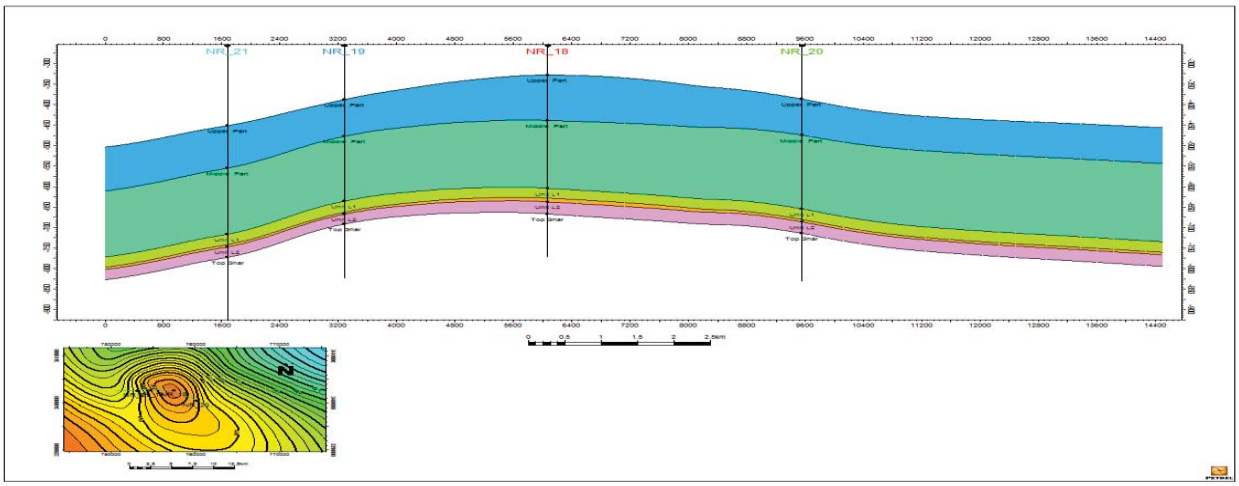
اثبتت نتائج الفحوصات التي اجريت على بعض آبار الحقل احتواء التكوين على النفط ، حيث انتج البئرين نهرعمر -5 و 6 نفطاً بمعدل جريان (2500) برميل / يوم ، وبكثافة (21,6) درجة API وضغط (*BHP*) يساوي (1071) PSI . في حين انتج البئر نهرعمر -20 نفطاً بمعدل (1515) برميل / يوم وبكثافة (22.3) درجة API وضغط مساوي الى (542) PSI . ونشير هنا الى ان هناك تجمعات نفطية في مكامن اخرى في الحقل اثبت تواجدها من خلال الفحوصات في كل من مكمن الغار (الحقب الثلاثي) ومكامن المشرف والنهرعمر والزبير واليمامة (الحقب الطباشيري) والتي عادة ما تكون مصاحبة لها الغازات وذات كثافة واطئة (نفوط خفيفة) تصل الى (42) درجة API.

تمثل الطبقات الانهيدراتية ضمن تكوين الفارس الاسفل افضل الصخور الغطائية لمكامن التكوين كما في حقل نهرعمر والتي تمتاز بانتشارها الواسع والاقليمي، حيث يعتبر التكوين احد اهم التكوينات الحاجزة لنفطوط وغازات مكامن الحقب الثلاثي وبتأثير اقليمي وفي العراق تحديداً (*Regional Seal*)، وكذلك الحال بالنسبة لصخور تكوين القطنية الانهيدراتية التي تمثل غطاءاً اقليمياً للنفوط المتجمعة في مكامن الحقب الجوراسي.

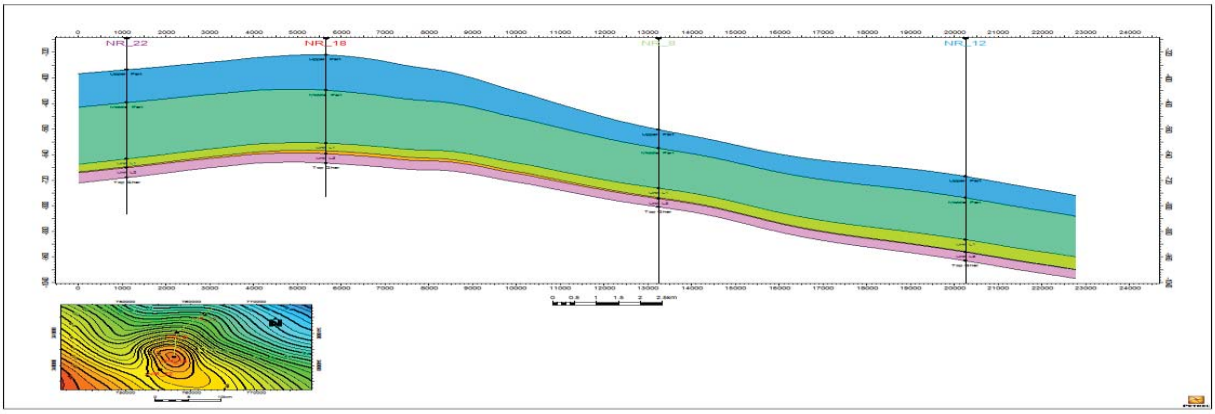
4- هجرة الهيدروكاربونات واصطيادها Hydrocarbon Migration and Entrappment

ان عدم وجود صخور مصدرية فعالة قريبة من مكامن الحقب الثلاثي وتحديداً مكمن الفارس الاسفل في جنوب العراق يشير الى ان النفوط المتجمعة قد تم شحنها اما من مصادر للتوليد عند مستويات عميقة وبعيدة نوعاً ما، او من خلال المكامن التي احتوت النفوط وهاجرت منها لاحقاً اثناء هجرتها الثانوية او الثلاثية، وهذه الاحتمالية واردة جداً حيث يلاحظ بأن كثافة النفوط المتجمعة في تكوين الفتحة تكون عالية نسبة الى النفوط المتجمعة في تكوينات الحقب الطباشيري، وبشكل مؤكد مقارنة مع كثافة نفوط العصر الجوراسي الاعلى على اقل تقدير، مما يعطي استنتاجاً على وجود ممرات ساعدت في انتقال وهجرة الهيدروكاربونات من مصادر توليدها ومن المكامن العميقة المتواجدة فيها نحو المكامن الاحدث منها زمنياً سيما وان ظروف تشكل المصائد قد سبق تولد الهيدروكاربونات وهجرتها.

ومن ذلك نستنتج ايضاً بأن كفاءة الاصطياد للصخور الغطائية قد تأثرت بالعوامل البنيوية عبر الازمنة الجيولوجية المختلفة من خلال تأثر الصخور المترسبة بالفوالق التي نشأت بالتزامن معها او نتيجة لاعادة التنشيط للبعض منها. بينت المقاطع الزلزالية المارة بحقل نهرعمر وجود تاثير للفوالق على التركيب يمتد الى مستويات عميقة ممكن ان تكون مؤثرة على طبقات الحقب الجوراسي والاعمق منها وصولاً الى تكوينات الحقب الثلاثي، وهذا ما يعطي تفسيراً لتجمع الهيدروكاربونات في المكامن الضحلة للحقب الثلاثي ومثالها تكويني الفتحة والغار في جنوب العراق. وان احتمالية وجود الفوالق وتاثيرها على الحقل قد تم تفسيرها وفق بعض المعطيات التي توضحها المقاطع الزلزالية والتي سيتم شرحها لاحقاً.



شكل (10) مقطع تركيبي لوحدات تكوين الفارس الاسفل في حقل نهرعمر باتجاه ميل الطية



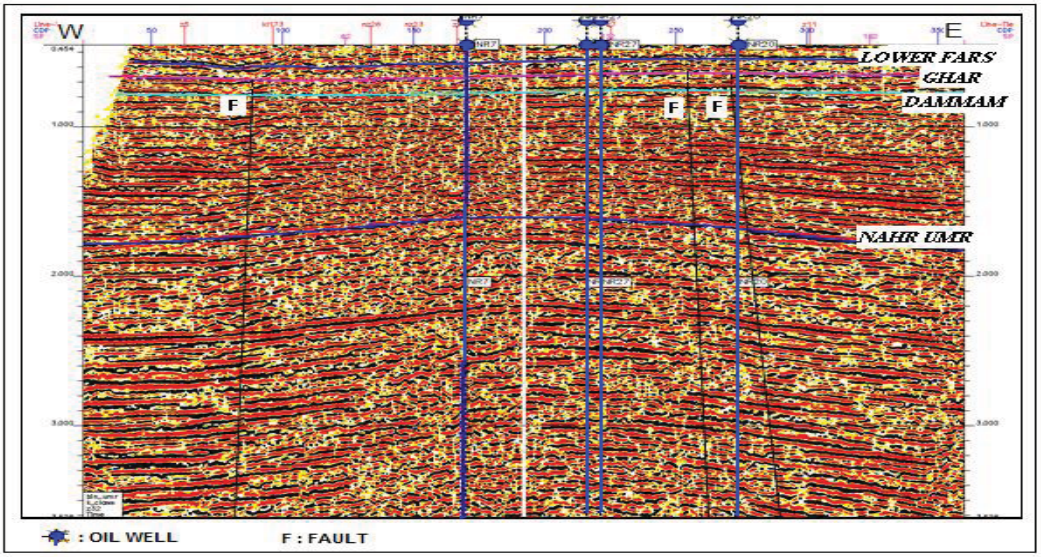
شكل (11) مقطع تركيبي لوحدات تكوين الفارس الاسفل في حقل نهرعمر باتجاه محور الطية

5- معطيات المقاطع الزلزالية Seismic Section Evidences

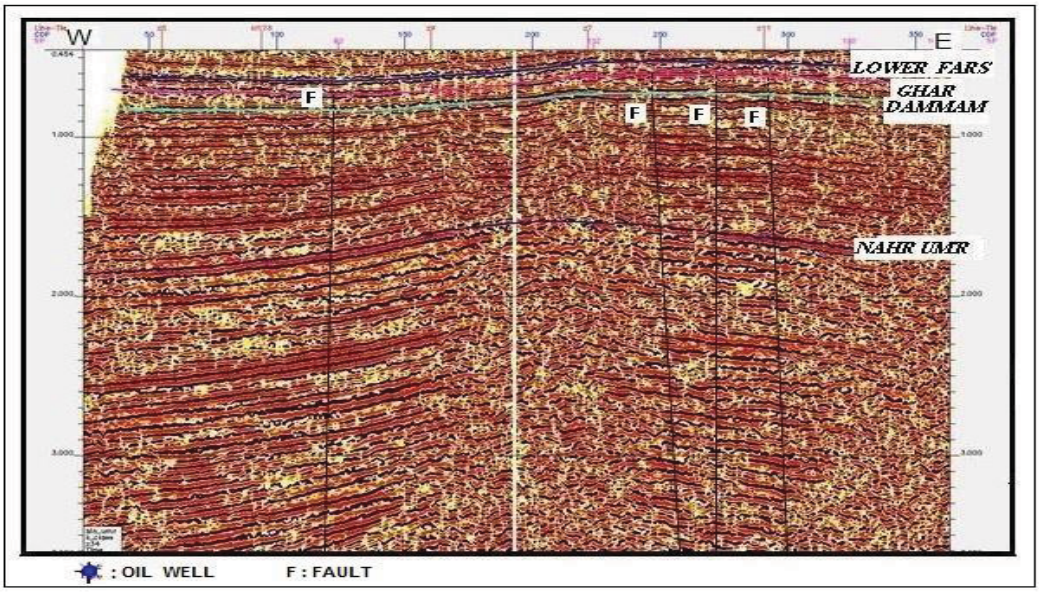
استناداً الى ما توصلت اليه الدراسة التفسيرية من نتائج والتي اعدت مؤخراً (عام 2016)، تم اختيار عدد من المقاطع الزلزالية المفسرة والمارة بمنطقة حقل نهرعمر باتجاه ميل التركيب (الخطين Z32 و Z34) وباتجاه محور التركيب (الخط Z7)، الاشكال (12،13 و14) والتي اشارت الى المعطيات التالية:

- وجود انحراف في محور التركيب باتجاه الشرق عند مستوى تكوينات الحقب الثلاثي.
- الانغلاق التركيبي يزداد مع العمق ويقل باتجاه التكوينات الاحدث، مما يعني بان القوة الرئيسية المسببة لنشوء التركيب ذات اتجاه من الاسفل الى الاعلى والتي تعتبر اكبر نسبياً من القوة التضاغطية المسببة لجبال زاكروس وهذا ما يعطي احتمالية لتأثر التركيب بالاندفاعات الملحية لاملاح هرمز البريكامبيرية.
- انحدار السفح الغربي للتركيب اشد ميلاً من السفح الشرقي، وهذا ما يتناسب مع اتجاه القوة المؤثرة من الشرق ويتوافق مع شكل الطيات التحدبية في المنطقة.
- يشير المقطع الزلزالي الموازي لمحور التركيب الى وجود انحدار طبقي باتجاه الغاطس الشمالي للتركيب اشد ميلاً مقارنة بالغاطس الجنوبي.
- المقاطع الزلزالية تعطي تفسيراً محتملاً يقترب من المؤكد لتاثير الاندفاعات الملحية (*Diapiric Salt*) وذلك من خلال:
  - ميل الطبقات الحاد عند منطقة التماس المتأثرة بالاندفاع.
  - القلة في سماكات التكوينات باتجاه منطقة التماس مع الاندفاع الملحي.
  - التشوه الحاد للطبقات المترسبة فوق منطقة الاندفاع نتيجة القوة المؤثرة الشديدة.

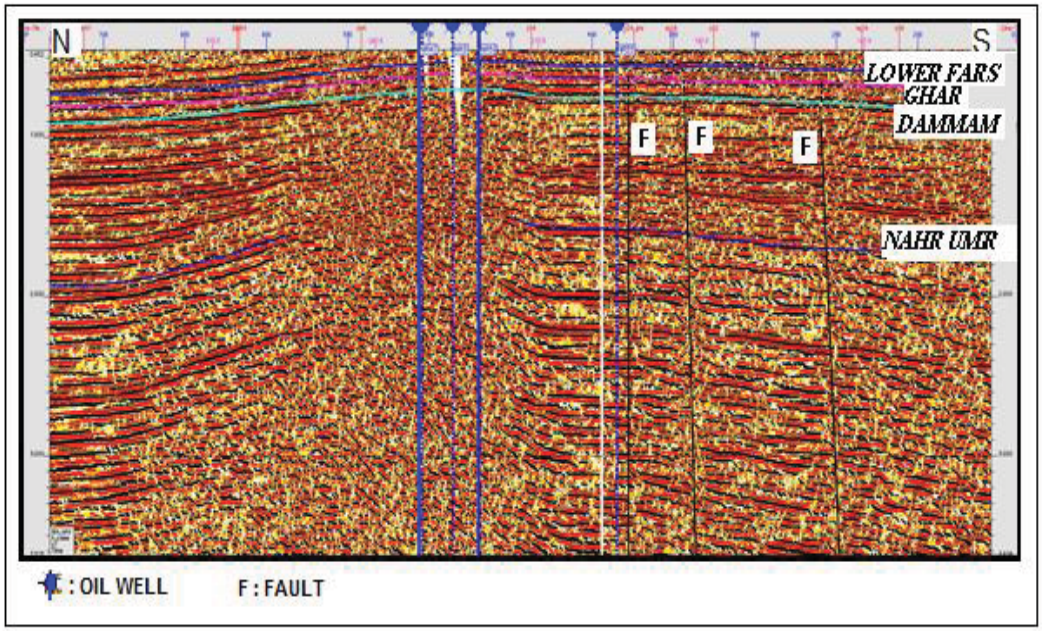
- عند افتراض لوجود تاثيرات للاندفاعات الملحية عندئذ يكون لتواجد الفوالق وتحديداً الفوالق الاعتيادية بشكل نهوضات وتخسفات امراً مسلماً به، حيث تشير المقاطع الزلزالية الى وجود فوالق مؤثرة على التركيب ويزداد وجودها وتاثيرها على الجناح الشرقي للتركيب.
- ان امتداد الفوالق الرئيسية ممكن ان يكون مؤثراً على اغلب التكوينات المصدرية والمكمنية وحتى الغطائية، حيث احتمال امتدادها الى تكوينات الحقب الثلاثي ولكن بتأثير وازاحة اقل وكما توضحها المقاطع الزلزالية، ومن ثم فأن هذا العامل يستنتج منه كيفية هجرة الهيدروكاربونات وتجمعها في مكمن الفارس الاسفل قيد الدراسة وكذلك مكمن الغار ضمن مكامن الحقب الثلاثي. علماً ان النضوحات الخفيفة للغاز على السطح في منطقة الحقل تشير الى تأثير لتلك الفوالق.
- احتمالية وجود ظاهرة التلاشي (Pinch – out) التي يوضحها المقطع الزلزالي (Z34) وتحديداً عند الزمن 1.3 ثانية (زمن مزدوج TWT) والزمن 2.4 ثانية.
- احتمالية وجود ظواهر طباقية (Stratigraphic Traps) والموضحة على المقطع الزلزالي السابق عند الزمن 1,2 و 2.3 و 2.5 ثانية (TWT).



شكل (12) مقطع زلزالي ميلي مارا بالخط (Z32) في حقل نهر عمر



شكل (13) مقطع زلزالي ميلي مارا بالخط (Z34) في منطقة حقل نهر عمر



شكل (14) مقطع زلزالي محوري مارا بالخط (Z7) في منطقة حقل نهر عمر

المناقشة

ان تعشيق موديل الشحن الهيدروكاربوني مع نوعية الصخور المصدرية المستنتجة من الدلائل الجيوكيميائية العضوية يعطي فهماً جيداً عن الانظمة البترولية في منطقة حقول اقليم البصرة النفطي في جنوب العراق وتحديداً في منطقة حقل نهرعمر. فقد تم تمييز انواع من الصخور المصدرية في مقطع صخور الحقب الجوراسي والعصر الطباشيري الاسفل من خلال التحليل الجيوكيميائي العضوي لوحدات الحجر الطيني المترسبة في بيئة البحر المحصور، وان هذه السحنات قد دخلت نافذة النفط نتيجة لتجلسها وانطمارها السريع الذي حدث في نهاية الحقب الطباشيري واستمر نضوجها حتى وصل في البعض منها الى مرحلة توليد الغازات.

هناك صخور مصدرية اخرى ذات كفاءة جيدة لتوليد الهيدروكاربونات ومثالها تكويني الزبير والنهر عمر وبكمية ونوعية اقل وذات نضوج حراري جيد استمر حتى وقتنا الحاضر (النيوجين) من عمق الدفن. لذلك فان الكميات الهائلة من الهيدروكاربونات المتجمعة في مكامن كل من الحقب الطباشيري والحقب الثلاثي في منطقة الدراسة يجب ان يكون مصدرها اما من صخور الحقب الجوراسي او من صخور العصر الطباشيري الاسفل وكما اشارت اليه معلومات نتائج التحاليل الجيوكيميائية المتعددة. هناك تأثير واضح للصخور التبخرية لتكوين القطنية والتي تغطي الصخور المصدرية للحقب الجوراسي، حيث يلاحظ وجود زيادة في ضغوط التكوينات مع ازدياد العمق نحو تتابع تكوينات عصري الطباشيري الاسفل والجوراسي الاعلى مروراً بتكوينات اليمامة والسلي والقطنية وتحولها من ضغوط هيدروستاتيكية اساسية عند قمة تكوين اليمامة الى ضغوط ليثوستاتيكية عند قاعدة تكوين القطنية، حيث يبدو تكوين القطنية وكأنه يمثل الحد الفاصل بين موقعين مختلفين من الضغوط.

يفسر هذا الاختلاف في الضغوط على ان تكوين القطنية الانهيدرايتي يشكل حاجزا اقليمياً كبيراً بين الصخور المصدرية لعصر الجوراسي الاعلى والعصر الطباشيري الاسفل والذي بالمقابل يشير الى ان اغلب النفوط المتجمعة في مكامن العصر الطباشيري الاسفل والمكامن الاحدث منها عمراً سوف يكون مصدرها من صخور مصدرية محتملة لتكوينات عصر الطباشيري الاسفل.

الصخور المصدرية الكاربوناتية البحرية لتكوينات العصرين الطباشيري الاسفل والجوراسي الاعلى اظهرت تماثلا في الصفات الجيوكيميائية مع النفوط المصاحبة، لذا فان المقارنة عندئذ ستكون صعبة مع وجود احتمالية بعيدة بامكانية اجراء مقارنة واضحة بين النفوط من خلال التحليلات الجيوكيميائية، ولكن وفي المستقبل بالامكان ايجاد مقارنة واضحة ومميزة (اختلاف او تطابق في الصفات الجيوكيميائية) عند توفر النماذج الصخرية ونماذج النفوط الخام من تكوينات عصر الجوراسي الاعلى.

الصخور المصدرية الجوراسية ممكن ان تكون مولدة للغاز (ناضجة عند عتبة توليد الغازات) تبعاً لعمق الدفن والحرارة عند نهاية العصر الطباشيري المبكر، والذي يتضارب مع جميع النفوط الواقعة تحت ظروف الاشباع الطبيعية للحقب الطباشيري والاحدث منه، وهذا ايضا يشـير الى ان اصل النفوط هو من عصر الطباشيري المبكر والتي جاءت متوافقة مع نضوج النفوط. نسبيا وبما متوفر ومعروف من معلومات عن تتابع تكوينات الحقب الجوراسي في منطقة

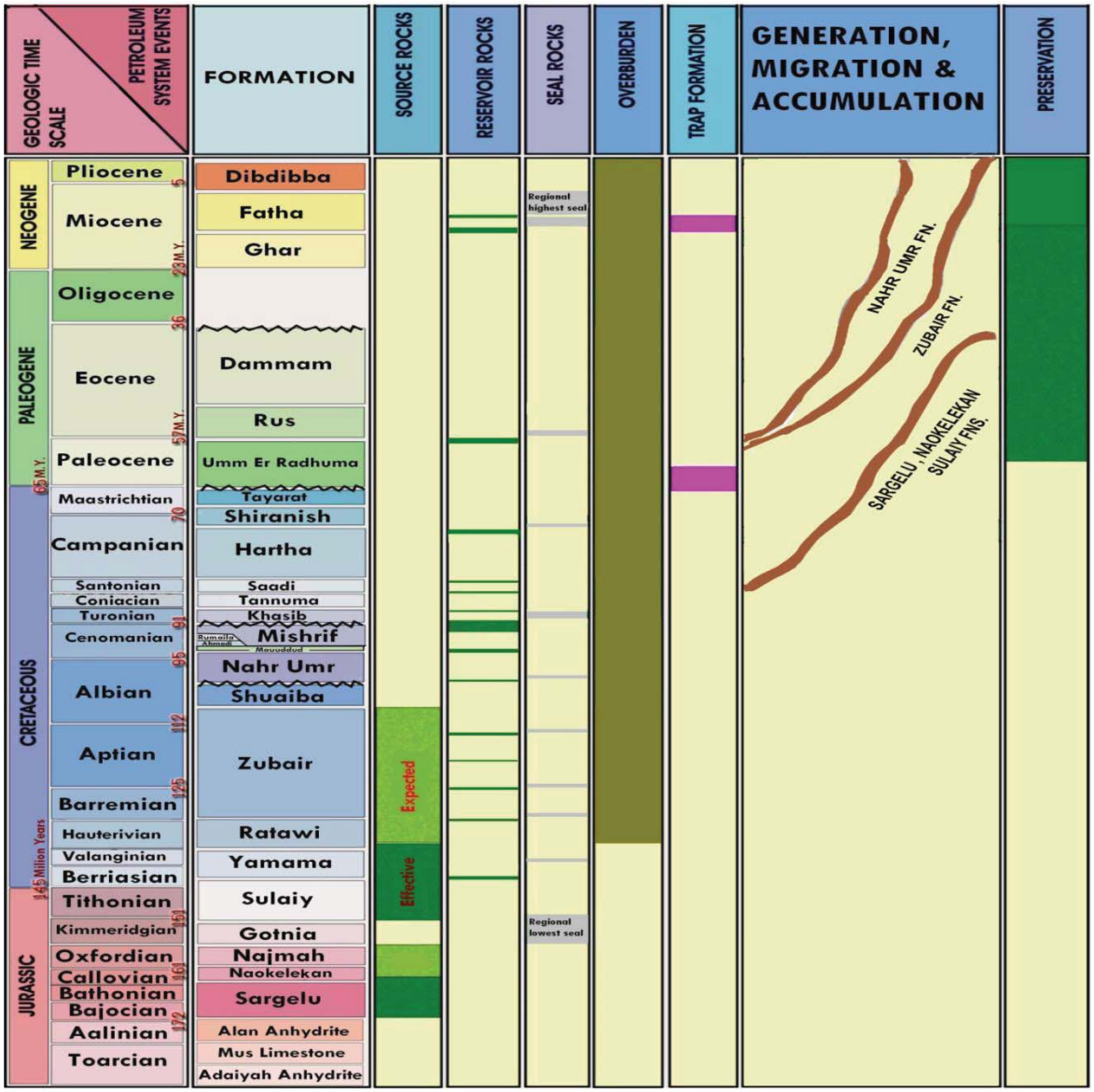
حقول اقليم البصرة النفطي، فان التوقعات حول موديل الشحن الهيدروكاربوني وطبيعة الصخور المصدرية لعصر الجوراسي الاعلى تشير الى وجود شحن للغاز اضافة الى النفوط الخفيفة (الطيارة) وبنسبة عالية من الغاز الى النفط (GOR) والتي اشارت اليها معظم الفحوصات التي اجريت في مكامن الحقل وتحديداً مكامن الحقب الطباشيري. الهيدروكاربونات المتولدة خلال فترة العصر الطباشيري المتاخر من الوحدات العميقة الدفن كما في تكوينات السلي والناوكليكان والساركلو البحرية المصدرية قد حصل لها اصطياد في التراكيب تزامن مع الاحداث البنيوية واعادة تنشيطها خلال ذلك الطور البنيوي، على ان هنالك مصائد اضافية واعادة تنشيط لمصائد قد حدثت في فترة العصر الحديث (النيوجين) والتي كانت مصاحبة للطور البنيوي الالبي (Alpine phase) الذي اثر على الحافة الشمالية الشرقية من الصفيحة العربية. هنالك ايضا هيدروكاربونات اضافية متولدة خلال فترة الانغمار الصفيحي للصفيحة العربية عند عصر النيوجين من صخور مصدرية ترسبت في الاحواض الحافية القارية (Marginal Source Rocks) كما في تكوينات الرطاوي والزبير والتي تعتبر داخلة ضمن عتبة توليد النفوط في اجزاءها السفلية، ومصاحبة الى كمية قليلة الى متوسطة من النفوط المتولدة الغير متكاملة التشبع، علما ان الوحدات الاحدث عمراً (اقل عمقاً) تعتبر غير مساهمة في الشحن الهيدروكاربوني بسبب عدم تكامل نضوجها الحراري، وبموجب ذلك فأن الهيدروكاربونات المتواجدة فيها تكون قد شحنت من مستويات عميقة من الدفن عن طريق الهجرة.

ان احتمالية تأثر التركيب بالاندفاعات الملحية لاملاح هرمز الكامبيرية – البريكامبيرية وارد جداً، حيث تشير المقاطع الزلزالية على تركيب حقل نهرعمر الى وجود تأثير لتلك الاملاح، وكنتيجة لذلك فأن كفاءة الحجز للصخور الانهيدراتية لتكوين القطنية سوف تتأثر مما يولد الاعتقاد بأن النفوط المتولدة من الصخور المصدرية للحقب الجوراسي ممكن ان تكون قد ساهمت في شحن مكامن الحقب الطباشيري وكذلك الحقب الثلاثي من خلال ممرات الهجرة للفوالق والتشققات.

ان المعلومات المستنتجة من معلومات التحاليل الجيوكيميائية العضوية لمجمل النظام البترولي المتوقع لحقبتي الجوراسي – الطباشيري/ الثلاثي في منطقة الدراسة، قد تم تبويبها لكافة الاحداث الزمنية الناشئة على الصخور المصدرية والمكامن الهيدروكاربونية والوحدات الحاجزية ونشوء التراكيب والاصطياد الهيدروكاربوني اضافة الى عمق الدفن (الحمل الرسوبي) وبما يقابلها من مقياس الزمن الجيولوجي العالمي وكما موضحة في الشكل (15).

حيث ان هذه المعلومات ومعالجتها وتفسيراتها تشكل فضاءات للهيدروكاربونات المتولدة والمجتمعة وامتداداتها اضافة الى ظروف حفظها في مواقعها (المصائد) او ما تأثرت به من عمليات هجرة خلال فترة الحقب الثلاثي وتجمعها في اماكن اخرى من الاصطياد ، وبموجب ذلك فان اي من هذه الاحداث له زمن مكافئ لما موثق في المرتسم والذي يصبح ذو قيمة في الاستكشاف عن الهيدروكاربونات. واجمالا فان المحتوى الجيولوجي للمرتسم يعطي تعريفا للانظمة البترولية الرئيسية والانظمة البترولية الفرعية المصممة على العناصر الجوهرية للصخور المصدرية الفعالة لعصري الجوراسي الاعلى - الطباشيري الاسفل وتحديداً لصخور تكوينات الساركلو والفاوكليكان والسلي والزبير والنهرعمر، ومحتواها من المادة العضوية الكيروجينية المتحولة الى هيدروكاربونات والمهاجرة والمتجمعة في

مصائد مكامن الحقب الطباشيري وكذلك هجرتها الثانوية والثلاثية نحو مصائد الحقب الثلاثي في منطقة حقل عمر.



شكل (15) مرتسم الاحداث الجيولوجية موضحا العناصر الرئيسية للنظام البترولي في منطقة حقل نهر عمر

المصادر References

1. التقارير الجيولوجية النهائية لآبار حقل نهرعمر.
2. بودي، تيبور، 1980، ***جيولوجيا العراق الاقليمية***، جامعة الموصل.
3. الجوهر، رؤوف حسين، 1996، ***دراسة تفاسير المسح الزلزالي في منطقة نهران عمر – الزبير***، تقرير داخلي، شركة الاستكشافات النفطية، بغداد، 19 صفحة.
4. المطوري، واثق غازي، 2007، ***التطور التركيبي والتكتوني لحقل نهرعمر – جنوبي العراق***، مجلة البصرة للعلوم، المجلد 25.
5. جعفر، محمد سليمان علي، 2000، ***ازمنة النفوط وتوليدها لتكويني المشرف والزبير في حقول الزبير، غرب القرنة، الرميلة الشمالي، الرميلة الجنوبي و اللحيس – جنوب العراق***، اطروحة ماجستير غير منشورة، جامعة بغداد.
6. Al- Sharhan, A. S. and Nairn, A. E. M.(1997) ***Sedimentary basins and petroleum geology of the Middle East.*** Elsevier, The Netherlands, 843P.
7. Al-Ameri, T. K. and Batten,D. J.(1997)***Palynomorph and Palynofacies indication of age, depositional environment and Source Potential for hydrocarbons lower Cretaceous, Zubair Formation, Southern Iraq.*** Cretaceous Research (1997), 18, P. 789-797.
8. Al-Ameri, T. K. Al - Musawi, F. S., and Batten, D. J. (1999) ***Palynofacies indications of depositional environments and Source Potential for hydrocarbons, upper most Jurassic – Basal Cretaceous Sulaiy formation, southern Iraq.*** Cretaceous Research (1999), 20, P. 359 - 363.
9. Bellen, R. C. Van, Dunnington, H.V., Wetzel, R. and Morton, D.(1959) ***Lexique stratigraphique lnternal Asie. Iraq***. lntern. Geol .Conger. Comm. Stratigr, 3, Fasc. 10 a, 333 P.
10. B.P.I., 1981, Reservoir study of Mishrif formation. Geological model, Nahr Umr field, Iraq. Internal Report, Braspetro International company. S.A.
11. Buday, T. (1980*)* ***The regional geology of Iraq***. Vol.1: Stratigraphy and Paleogeography. Publications of GEOSURV, Baghdad, 445 P.

12. Ditmar, V. and Iraqi – Soviet Team (1972) ***Geological conditions and hydrocarbon prospects of the Republic of Iraq***. Vol. 11, South Iraq. Manuscript report, lNOC Library, Baghdad, Iraq.
13. Hunt, J. M. (1996) **Petroleum geochemistry and geology**. 2nd edn. Freeman, New York, 743 P.
14. Jafar, M. S. A. (2001) ***Oil habitat and generation times in Mishrif and Zubair Formations in Al-Zubair, West Qurna, North Rumaila, South Rumaila and Luhais oil fields–Southern Iraq***. (ln Arabic), Unp . Msc. Thesis, University of Baghdad, 145 P.
15. MoO and JAPEX (2006) ***Regional Study on Jurassic Potential in Southern Iraq***. Unpublished Report, OEC, Baghdad, Iraq.
16. Peters, K.E., Walter, C.C., and Moldowan, J.M.(2005) ***The biomarker guide***. Vol.1: Biomarkers and isotopes in the environment and humman history. The press syndicate of the University of Cambridge, 471 P.
17. Pitman, J. K., Steinshouer, D. and Lewan, M.D. (2004) ***Petroleum generation and migration in the Mesopotamian basin and Zagros fold belt of Iraq: results from basin – modeling study***, GeoArabia, Vol. 9, No.4, P. 41-71.
18. Smith, J.T. (1994) Petroleum System logic exploration tool in frontier setting: In L.P.Magoon and W.G. Dow, eds. The Petroleum System from source to trap. AAPGMemoir, 60. Tulsa: American Association of petroleum Geologists pp. 25 – 49.