Journal of Nature, Life and Applied Sciences
Volume (3), Issue (3) : 30 Sep 2019
P: 136 - 158

ISSN: 2522-3356

مجلة العلوم الطبيعية والحياتية والتطبيقية
المجلد (3)، العدد (3) : 30 سبتمبر 2019 م
ص: 136 - 158

# Major Sedimentary facies of the Miocene Formations and their Relation with Oil Production in the Central Euphrates depression

**Samer Mostafa Albub** **Rami Ahmad Obaidi**

Faculty of Science || Tishreen University || Syria

**Abstract**: This research Deals with the identification of the major rocky facies of the Miocene Sedimentary formations in the central Euphrates depression, The purpose is determining the nature of these facies, their components, their spread, reservoir properties and their role in the generation and storage of oil and natural hydrocarbons. To achieve this, the methodology of the petrological study was applied to 60 Cores from the deep drilling samples of the Al-Mahash oilfields, which underwent chemical reactions with acids and reagents to determine the initial mineral structure of the rock, physical experiments and petrophysical measurements to determine the severity and porosity, and microscopic petrological study (by polarized microscope) done by using 248 microscopic rocky sections. The results were presented and recorded in composite records.

The study showed the presence of eight major sedimentary facies in the Miocene formations, in the central Euphrates depression, which are: the calcareous facies, dolomitic calcareous, dolomitic, calcareous affluent of gypsum and anhydrite, evaporative, marl and Argillaceous calcareous and Argillaceous facies. The study also showed the role of the rocky facies in generating, covering and storing the natural hydrocarbons. reservoir carbonate facies accounted about 29% of the general lithological column of the Miocene formations, and concentrated in Jeribe and Transition zone Formations. Total porosity values reached 30% in some highly cleft dolomite levels. The hydrocarbon generation capability was limited to a few sparse thicknesses, for some organic Argillaceous and calcareous deposits, concentrated at the bottom of jeribe and Euphrates formations. The nature of the rocky coverings of the reservoir was defined, composed of evaporators, by a thickness of about 37% of the general lithological column, which have a little presence in the upper levels of Debbane, Jeribe and Transition zone formations, and great abundance in the Lower Fars formation. Very limited horizontal changings in the facies and thickness of the Miocene sedimentary formations were observed along the field, , by correlation between the lithological columns. The correlation showed the effect of these changings on the generation, storage and production of oil and hydrocarbons in the Miocene sediments.

**Keywords**: Central Euphrates depression, AL-Mahash, sedimentary facies, Miocene, Oil.

# السحنات الرسوبية الرئيسة في تشكيلات الميوسين وعلاقتها بإنتاج النفط في منخفض الفرات المركزي

**سامر مصطفى البب** **رامي أحمد عبيدي**

كلية العلوم || جامعة تشرين || سورية

**الملخص**: يتناول هذا البحث، تمييز السحنات الصخرية الرئيسة في التشكيلات الرسوبية العائدة لزمن الميوسين في منخفض الفرات المركزي، ويهدف إلى تحديد طبيعة هذه السحنات، مكوناتها، انتشارها، خصائصها الخزنية ودورها في توليد وخزن النفط

والهيدروكربونات الطبيعية. ولتحقيق ذلك، تم اتباع منهجية الدراسة البترولوجيّة على (60) عينة صخرية لبابيّة (Cores) من عيّنات الحفر العميق لآبار حقل المهاش النفطي، خضعت لتفاعلات كيميائية مع الحموض والكواشف لتحديد التركيب الفلزي الأولي للصخر، وتجارب فيزيائية وقياسات بتروفيزيائية لتحديد القساوة والمسامّية، كما أجريت عليها الدراسة البترولوجيّة المجهرية (بالمجهر الاستقطابي) باستخدام (248) شريحة صخرية مجهرية. وتمّ بالمحصّلة عرض وتمثيل مجمل النتائج في سجلّات مركّبة.

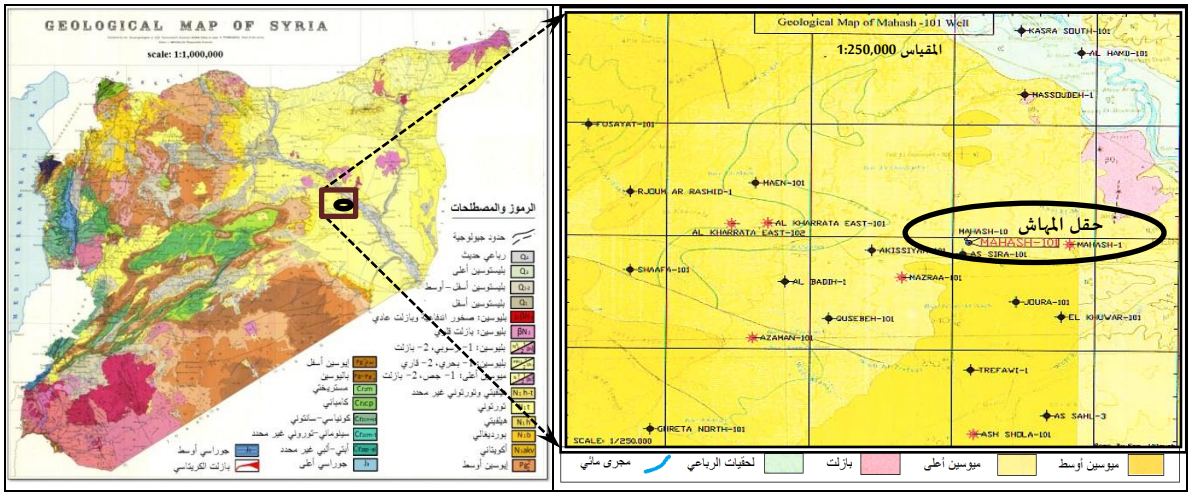
بيّنت الدراسة وجود ثمان سحنات رسوبيّة رئيسة في تشكيلات الميوسين، بمنخفض الفرات المركزي، هي: السحنات الكلسية، الكلسية الدولوميتيّة، الدولوميتية، الكلسية الغنية بالجص والإنهدريت، التبخرية، المارلية، الكلسية الغضارية والغضارية. وأظهرت الدراسة أيضاً دور كل سحنة صخريّة من هذه السحنات في توليد وتغطية وخزن الهيدروكربونات. شكّلت السحنات الكربوناتية الخازنة للنفط حوالي (29%) من العمود الطبقي العام لتشكيلات الميوسين، وتتركز في تشكيلتي جريبة والانتقالية، بلغت قيم المسامية الكليّة فيها حدود (30%) في بعض مستويات الدولوميت المشققة بشدّة. اقتصرت القدرة التوليديّة على سماكات قليلة ومتفرقة لبعض السحنات الغضاريّة والكلسيّة العضوية، متركزة في أسفل تشكيلتي جريبة والفرات. كما تم تحديد طبيعة الأغطية الصخريّة للمكمن، وهي مؤلفة من المتبخرات التي شكّلت (37%) من سماكة العمود الطبقي العام، متواجدة بشكل محدود في أعلى تشكيلات دبانة، جريبة والانتقالية، وبوفرة كبيرة في تشكيلة الفارس الأسفل. تم رصد تغيرات جانبيّة محدودة جداً في السحنة والسماكة للتشكيلات الرسوبيّة الميوسينيّة على امتداد الحقل، عن طريق مضاهاة الأعمدة الليتولوجيّة، وأظهرت المضاهاة انعكاسات هذه التغيرات على توليد وخزن وإنتاج النفط والهيدروكربونات في رسوبيات الميوسين.

**الكلمات المفتاحية:** منخفض الفرات المركزي، المهاش، السحنات الرسوبية، الميوسين، النفط.

## المقدمة Introduction:

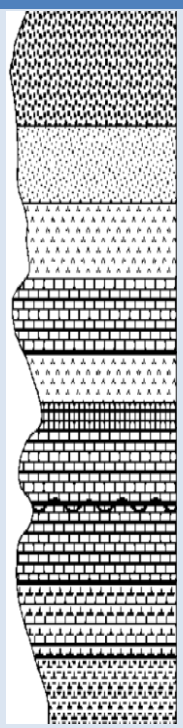
يعتبر الجزء المركزي لمنخفض الفرات، منطقة آمال نفطية عالية، تمتاز بسماكات كبيرة من الرسوبيات الميوسينيّة (Litak et al, 1997)، هيّأت لتشكل سحنات صخرية ملائمة لتوليد وخزن النفط والهيدروكربونات Hydrocarbons، مما يتطلب تحديد السحنات الرسوبية الرئيسة، ودور كل سحنة في توليد وتغطية وخزن الهيدروكربونات، واستنتاج أوساطها الترسيبية، ونشأة مكوناتها العضوية، للوصول إلى أدق المعلومات الجيولوجية حول التشكيلات المنتجة للنفط في منخفض الفرات المركزي، مما له من أهمية كبيرة في الإنتاج النفطي وتوجيه عمليات التنقيب في المنطقة (العاسمي، 2009). تعتبر المنهجية البترولوجية والترسيبيّة الأمثل في دراسة وتقييم السحنات الرسوبية، وتحديد التغيرات الليتولوجية الجانبية والشاقولية، وتأثيرها على التكوين والإنتاج النفطي المأمول في التشكيلات المعنية بالدراسة. تناولت الدراسة الوصف البترولوجي والترسيبي للشرائح الصخرية المصنوعة من عينات الحفر العميق لآبار حقل المهاش، بهدف تحديد السحنات الرسوبيّة الرئيسة وخصائصها، مكوناتها، بيئاتها الترسيبيّة، العمليات الدياجينيزيّة Digenesis التي طرأت عليها وتأثيرها على الخصائص الخزنية، دور هذه السحنات في توليد وخزن النفط، وتغيراتها على امتداد الحقل (ماميته، 2012).

**منطقة الدراسة (الموقع والخصائص):** يغطي حقل المهاش مساحة 45 كم² في القسم المركزي لمنخفض الفرات، ويقع جنوب غرب نهر الفرات، ويبعد حوالي 15كم غرب مدينة دير الزور، وهو تركيب متطاول يأخذ الاتجاه شرق-غرب (الشركة السورية للنفط، 2004)، وينحصر بالإحداثيات الجغرافية التالية: (´35°,39 N:– ´35°,32، ´40°,13 – ´39°,88 :E) (الشكل 1).




**الشكل (1) خارطة جيولوجية تُظهر الموقع والجيولوجيا السطحية لمنطقة حقل المهاش بمنخفض الفرات المركزي (معدلة عن (المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية- سورية، 1986)**

تبدو منطقة الدراسة ذات تضاريس سهليّة، يعود عمر التكشفات الصخرية فيها إلى الميوسين الأوسط والأعلى، وتتبع لتشكيلتي الفارس الاسفل والأعلى، معظمها من المتبخرات والشيل والصخور الطينية (Litak et al, 1997)، مع تكشفات لصخور البليوسين والبليستوسين الأسفل العائدة لتشكيلة البختياري، وهي توضعات حطامية قارية، كما تتوضع لحقيات الرباعي باتجاه الشرق، على جانبي نهر الفرات وفي الوديان الفيضية، وهي توضعات سطحيّة مجوّاة لا تملك أهمية نفطية، وإنما تنحصر الأهمية النفطية بتوضعات الميوسين تحت السطحية، الملائمة لتشكيل المكامن النفطية (الشركة السورية للنفط، 2004). حفرت شركة بكتن (Pecten) الآبار 3,2,1 في حقل المهاش عام 1984، وتبعتها الشركة السورية للنفط (S.P.C) بحفر الآبار من 4 حتى 36، واعتمدت الشركات عموماً في البحث والتنقيب في منخفض الفرات على دراسات (Litak et al, 1997)، (Sawaf et al, 1993)، (Sawaf et al, 2000)، (Brew et al, 1997) وغيرها، والتي أدت إلى تحديد الوضع البنيوي والليتوستريغرافي العام في منخفض الفرات، بالاعتماد على المسوحات الجيوفيزيائية السيزمية، وأفضت إلى نتائج جيدة ومفيدة، لكنها عمومية، غير تفصيلية، غير كافية للبحث والتنقيب عن المكامن النفطية، وتأتي نتائج حفر الآبار الاستكشافية مناقضة لها أحياناً، مما يتسبب بخسائر ماديّة كبيرة بسبب الكلفة العالية لحفر الآبار النفطية الاستكشافيّة والإنتاجيّة، وهذا يدفع إلى القول بأن الدراسة البترولوجيّة والترسيبيّة التفصيلية، لكل رقعة على حدى، أصبحت حاجة ماسّة وضرورية، للإحاطة بالتغيرات الليتولوجيّة الجانبية التي تطرأ على التشكيلات الصخرية الرسوبية في السحنة والسماكة على المقياس التفصيلي للحقول المعنية بالدراسة.

| الحقب | الدور | العصر | التشكيلة | السماكة (م) | الليتولوجيا العامّة | العمود الليتولوجي |
|---|---|---|---|---|---|---|
| الرباعي | | البليستوسين | البختياري | 2000 | كونغلوميرا وحجر رملي |  |
| السينوزوي | النيوجين | البليوسين | | | | |
| | | الميوسين | الفارس الأعلى | 425 | حجر رملي وشيل | |
| | | | الفارس الأسفل | 700 | إنهدريت وجص وشيل | |
| | | | الانتقالية | 80 | إنهدريت وجص وحجر كلسي | |
| | | | جريبة | 125 | حجر كلسي وكلس دولوميتي وإنهدريت | |
| | | | دبانة | 250 | إنهدريت وصخور ملحية | |
| | | | الفرات | 200 | حجر كلسي وحجر كلسي مارلي وصواني | |
| | الباليوجين | الأوليغوسين | شيلو | 500 | حجر كلسي وحجر كلسي مارلي | |
| | | الأيوسين | جدّالة | 600 | حجر كلسي وحجر كلسي مارلي | |
| | | الباليوسين | كيرماف | 600 | مارل وشيل مارلي | |

الرموز: كونغلوميرا، حجر رملي، انهدريت، حجر كلسي، صخور ملحية، حجر كلسي مارلي، شيل مارلي

**الشكل (2) العمود الليتوستراتيغرافي العام للتشكيلات الصخرية في منخفض الفرات (معدّل عن (Litak et al, 1997)**

### مشكلة البحث Problem of research:

يُمكن طرح مشكلة البحث على هيئة الأسئلة التالية: هل تواجه الشركات النفطية والهيئات البحثية صعوبات في تقييم الحقول النفطية، ونتائج غير متوقعة بعد حفر الآبار، لنقص المعرفة بالسحنات الرسوبية؟ ما مدى ارتباط طبيعة السحنات الرسوبية بالخصائص الخزنية؟ ماهي درجة انعكاس التغيرات الليتولوجيّة على دور الرسوبيات في توليد وخزن وإنتاج النفط في تشكيلات الميوسين بمنخفض الفرات؟ مما يجعل هذه الدراسة حاجة ملحّة لحل مشكلة البحث على مستوى رقعة منخفض الفرات المركزي.

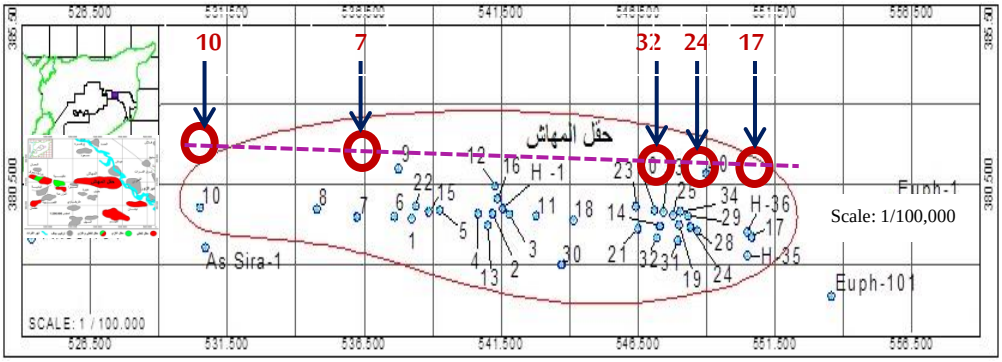
### أهميّة ومبررات البحث Importance of research:

نظراً لأهمية الدور الذي تلعبه السحنات الصخرية الرسوبية في توليد وخزن النفط، وتغطية المكامن النفطية، أُنجزت هذه الدراسة التي تقدم قاعدة معلومات هامة حول طبيعة السحنات الرسوبية الميوسينيّة في منخفض الفرات المركزي، وتعطي وصفاً بترولوجيّاً وترسيبيّاً شاملاً للسحنات ودورها في تغطية وتوليد وخزن النفط والهيدروكربونات الطبيعية، وتدرس تغيراتها الجانبية والشاقولية، وانعكاس هذه التغيرات على الخصائص الخزنية، وبالتالي فهي مفيدة جداً للباحثين وللشركات النفطيّة كمعلومات مرجعيّة للاستكشاف والتنقيب، وتوجيه الأبحاث اللاحقة للوصول إلى اكتشاف المزيد من النفط بأقل كلفة ممكنة.

### أهداف البحث Purpose of research:

1. دراسة التشكيلات الميوسينيّة في حقل المهاش دراسة بترولوجية – ترسيبية وتحديد سحناتها الرئيسة.

2. تحديد دور السحنات الصخرية الرئيسة لتشكيلات الميوسين في توليد، تغطية وخزن الهيدروكربونات.
3. تحديد البيئات الترسيبية القديمة، وخصائص الأوساط الترسيبية التي شكلت السحنات المحددة.
4. إظهار العلاقة بين الخواص البترولوجية للسحنات من جهة والخواص الخزنية من جهة أخرى.
5. إجراء المضاهاة Correlation بين الآبار المدروسة (الشكل 3)، ووصف التغيرات الجانبية في السماكة والسحنة للتشكيلات الرسوبية المحددة، وانعكاس هذه التغيرات على خزن وانتاج النفط فيها.




**الشكل (3) خارطة مواقع الآبار المدروسة في حقل المهاش** (معدلة عن (الشركة السورية للنفط، 2004))

## منهجية وادوات العمل Materials and Methods:

ترتكز منهجية البحث على الدراسة البترولوجيّة والبتروفيزيائية لمقاطع وعيّنات الآبار التي اخترقت التشكيلات الميوسينيّة، حيث تتميز هذه المنهجية بدقة نتائجها، وتمت بالاعتماد على:

1- **التقارير الجيولوجية للآبار:** تتضمن معطيات عن الآبار المحفورة في الحقل، مواقعها، أعماقها، تاريخها، أعمال الحفر، الليتولوجيا التقريبية، التشكيلات المخترقة فيها، وغيرها.
2- **القياسات البتروفيزيائية:** لتقدير الخواص الخزنية Reservoir Properties كالمسامية Porosity والنفاذية Permeability للتشكيلات المدروسة عن طريق تفسير السجلّات البئرية Well Logs.
3- **اللباب الصخري (عينات الحفر العميق Cores):** أُخذت (60) عينة صخرية تشمل المجال الطولي لتشكيلات الميوسين التي اخترقتها الآبار، وخضعت لتجارب كيميائية بسيطة كاستخدام الحموض والكواشف (أحمر الليزيرين) لتحديد التركيب الفلزي الأولي للصخر، وتجارب فيزيائية بسيطة (الضغوط والإجهاد) لتحديد القساوة، واستخدمت سوائل مختلفة اللزوجة (ماء، غول) لتقدير بعض الخواص الخزنية.
4- **الشرائح الصخرية المجهرية Sections:** تم تحضير ودراسة (248) شريحة صخرية في مخابر جامعة تشرين، والشركة السورية للنفط، باستخدام المجهر الاستقطابي، وإجراء التصوير المجهري للشرائح الصخرية بكاميرا رقمية من طراز(Nikon) للتوثيق، لتحديد السحنات الرسوبيّة ومكوناتها وخصائصها البترولوجية، الترسيبيّة والخزنيّة، عبر معايير وتصنيفات عالمية كتصنيف فولك (Folk, 1959, 1962)، تصنيف دونهام ( Dunham, 1962)، تصنيف أنواع المسامية (Choquette and Pray, 1970).
5- **البرمجيات Software:** مثل (SedLog-3) و(Canvas-8) في رسم وتحرير الأعمدة الليتولوجية.

## النتائج والمناقشة Results and discussion:

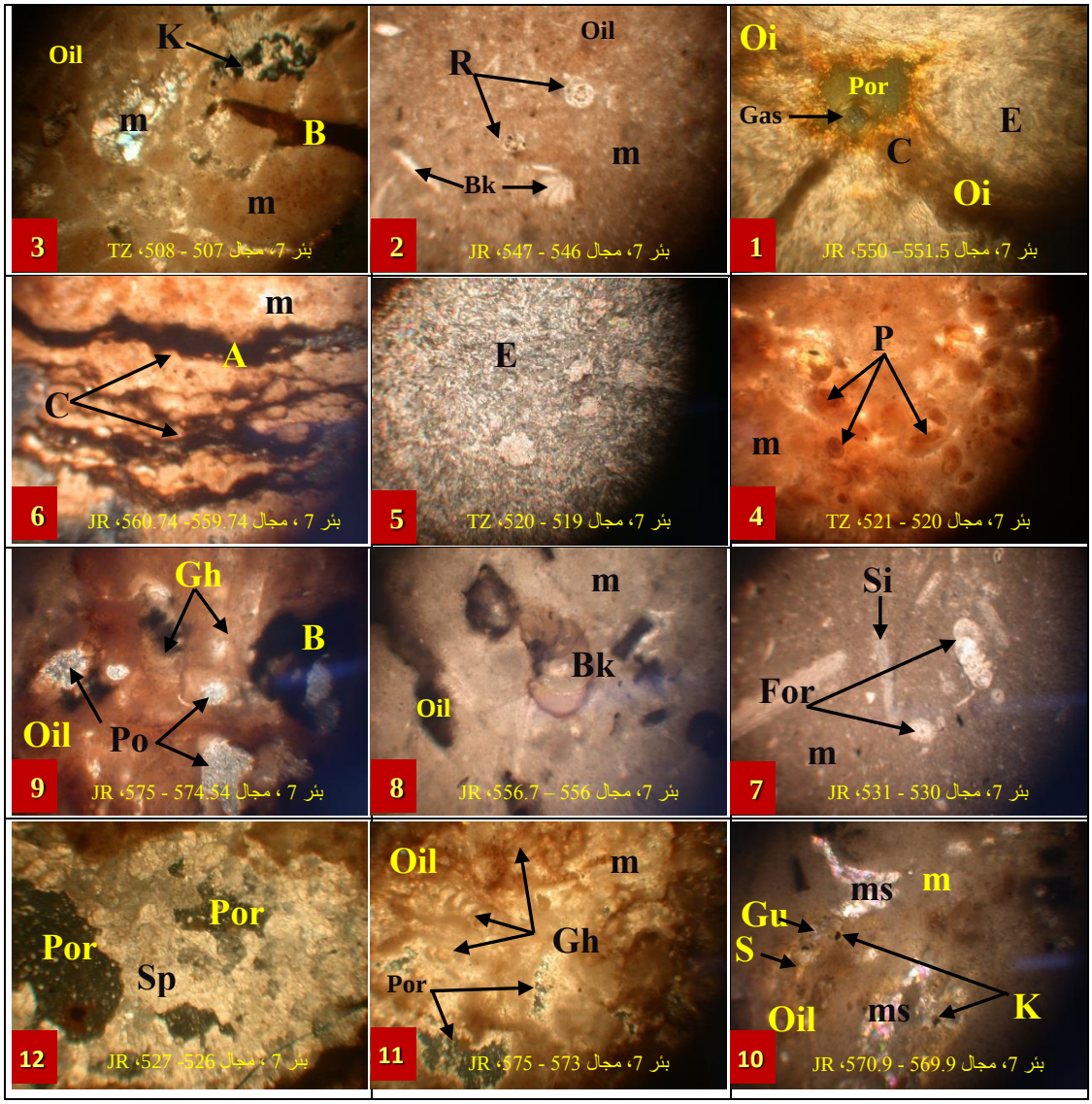
**أولاً . البروزات السطحية في منطقة الدراسة:**

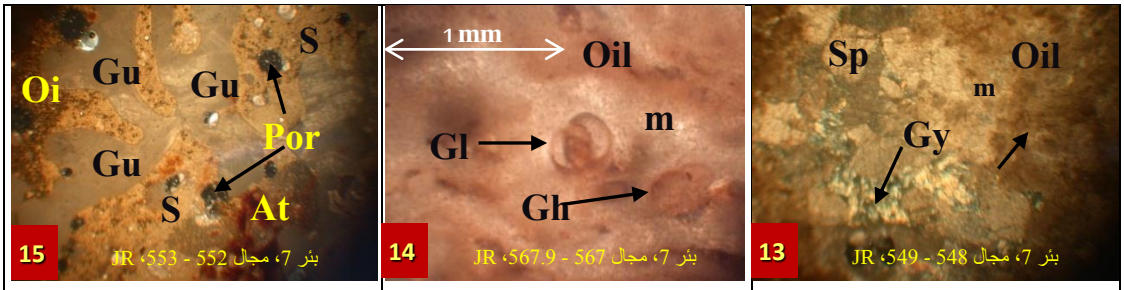
تعود التكشفات الصخرية في منطقة الدراسة إلى الميوسين الأوسط والأعلى، وتتبع لتشكيلتي الفارس الاسفل والأعلى، ومكونة بمعظمها من المتبخرات والصخور الطينية، كما تتواجد أحياناً صخور البليوسين والبليستوسين العائدة لتشكيلة البختياري، وهي توضعات حطامية قارية، بالإضافة إلى لحقيات الرباعي.

**ثانياً. التشكيلات الجيولوجيّة الميوسينيّة في منخفض الفرات المركزي:**

تتوضع التشكيلات الميوسينيّة بتوافق في منخفض الفرات المركزي، وهي: تشكيلات الفرات، دبانة، جريبة، الانتقالية، الفارس الأسفل والفارس الأعلى. وهي ذات سحنات كربوناتية، غضاريّة، تبخريّة.

**ثالثاً. الدراسة البترولوجية لتشكيلات الميوسين: تُبرز اللوحة (I) أهم جوانب الدراسة البترولوجيّة.**






1- إنهدريت ضعيف المسامية بين الحبيّة، لكنّه مشقق ومعرض للانحلال مما أكسبه مسامية ونفاذية مقبولة وقدرة محدودة على الخزن 2-بيومكريت ملوث بالنفط ويحوي الجنس Rotalia، 3- مكريت غضاري متشرّب بالنفط ويحوي كيروجين دلالة على القدرة التوليديّة، 4- بيوبيلميكريت متشرب بالنفط 5- إنهدريت عديم المساميّة (غطائي)، 6- مكريت مشقق بشقوق مملوءة بالبيتومين (خازن)، 7- بيومكريت غضاري غني بالمنخربات ومظاهر السيلسة، 8- مكريت كلسي غضاري متشرب بالنفط، ويحوي حطام العضويات، 9- بيومكريت متشرب بالنفط وغني بالبيتوم، ذو مسامية عالية بين حبيّة وفجوية، ويحوي على بقايا وأشباح العضويات، 10-مكريت كلسي غضاري يحوي كيروجين وصموغ وكبريت ذو مسامية بين حبية، مع اعادة تبلور للميكروسباريت (مولد وخازن)، 11- بيومكريت ذو مسامية بين حبيّة وفجوية، متشرب بالنفط (خازن)، 12- كلس سباريتي نقي ذو مسامية فجوية انحلالية (خازن)، 13- كلس مكريتي سباريتي – جصّي ذو مسامية جيدة بين حبية وفجوية ناتجة عن الانحلال واعادة التبلور، متشرب بالنفط (خازن)، 14- بيومكريت حاوي على Globigerina ومتشرب بالنفط، 15- مكريت متشرّب بالنفط ويحوي كبريت، صموغ واسفلتين (خازن)

**اللوحة (I) صور مجهرية لشرائح صخرية تُظهر صفات بترولوجيّة لبعض سحنات تشكيلات الميوسين المدروسة**

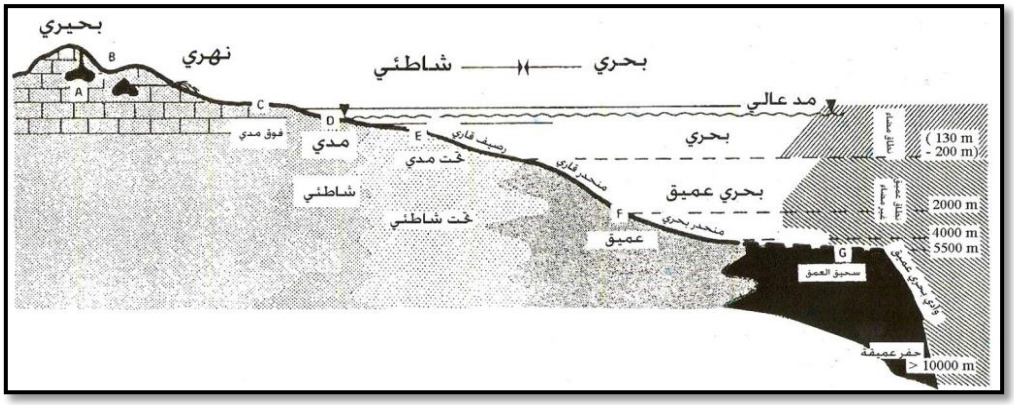
**الجدول (2) الرموز المستخدمة في دراسة الشرائح المجهرية**

| الرمز | المكون | الرمز | المكون | الرمز | المكون | الرمز | المكون |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sp | بلورات سباريت | Mo | ميكا (موسكوفيت) | R | منخربات (روتاليا) | Oil | نفط |
| ms | بلورات ميكروسباريت | Gy | جص | Gr | منخربات (غلوبوروتاليا) | Gas | غاز |
| m | ميكريت | E | إنهدريت | Lam | صفيحيات غلاصم | S | كبريت |
| dm | دولوميكريت | F | فلدسبار | Ag | أشنيات | Gu | صموغ عضوية |
| dms | دولوميكروسباريت | Q | كوارتز | Gh | أشباح عضويات | At | أسفلتين |
| Cl | غضار | P | بيليت | Ct | كلاست | B | بيتوم |
| Fe | أكاسيد الحديد | T | منخربات (تكستولاريا) | Bct | بيوكلاست | K | كيروجين |
| Si | سيلسة | M | منخربات (مليوليدا) | Por | فراغات | JR | تشكيلة جريبة |
| Mn | أكاسيد المنغنيز | Gl | منخربات (غلوبيجرينا) | C | شق | TZ | تشكيلة الانتقالية |

وتُظهر اللوحة (I) المكونات الحبيّة (الفلزيّة والمستحاثيّة)، المادة اللاحمة (ملاط - أرضيّة)، المساميّة (بين حبيّة – فجوّية)، المستحاثات المجهريّة، البنية (حبيبيّة – مبلورة – بيوضية)، النسيج الصخري (كتلي – متطبق)، المكونات الهيدروكربوناتية (نفط– غاز- بيتومين- صموغ عضوية- اسفلتين) وغيرها.

**رابعاً. السحنات الرسوبيّة في تشكيلات الميوسين وبيئات الترسيب:**

تعرف السحنة Facies على أنها كتلة من الصخور الرسوبية ذات مظاهر مميزة (Tucker et al, 1990)، أو هي ذلك الجزء الصخري من وحدة طبقية والذي يظهر بخواص تختلف عن بقية أجزاء تلك الوحدة الطبقية. وهي محدودة بمساحتها الجغرافية ولكن يمكن أن تتكرر داخل الوحدة الستراتيغرافية (مشرف، 1987). مكّنت الدراسة البترولوجية لعينات الحفر العميق والشرائح الصخرية المجهرية، من تحديد السحنات الرسوبيّة وخصائصها، بنياتها، مدى انتشارها، سماكاتها، محتواها المستحاثي، اختلافاتها الشاقولية والجانبية في التركيب والسماكة، دورها في توليد وتغطية وخزن النفط والهيدروكربونات، واستنتاج واقتراح بيئاتها الترسيبية، عن طريق تقييم المعاملات البيئية الفيزيائية (حركية وساكنة) والكيميائية، ومناقشة مجموعة المتغيرات في: الليتولوجيا، طاقة الوسط، درجة الحرارة، كيميائية الوسط (الملوحة، درجة الأكسدة والإرجاع، درجة الحموضة والقلوية)، تأثير القارة، الخصائص الخزنية، العمق وعلاقته بالمحتوى المستحاثي، وتسمية البيئات الترسيبيّة وفق المصطلحات العالمية المعروفة: فوق مدية Supratidal، مدية Intertidal، تحت مدية Subtidal وعميقة Infratidal (Purser, 1973, 1983) (الشكل 6).




**الشكل (6) مقطع عام يبين توزع البيئات الترسيبية القارية والبحرية (معدّل عن (Purser, 1983)**

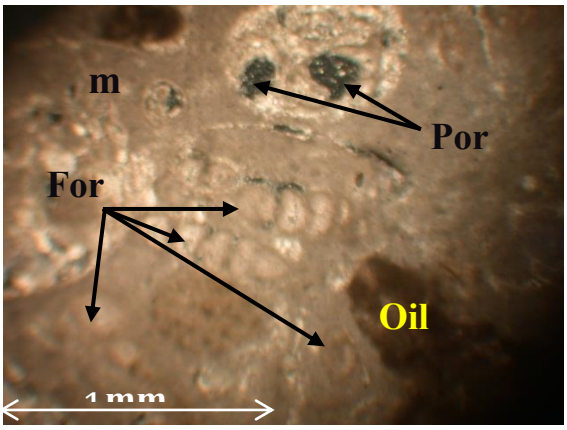
بينت الدراسة البترولوجية والترسيبية أن التشكيلات الرسوبية الميوسينيّة في منخفض الفرات المركزي تتكون من تعاقبات لثمانية أنماط رئيسة من السحنات المختلفة في التركيب والسماكة ونمط الانتشار، وأن لكل سحنة منها مواصفات مميزة تنبئ عن شروط توضعها وتقود إلى استنتاج بيئاتها الترسيبية، ودورها في توليد وتغطية وخزن النفط والهيدروكربونات، كانت هذه السحنات كما يلي:

**1- السحنات الكلسية:**

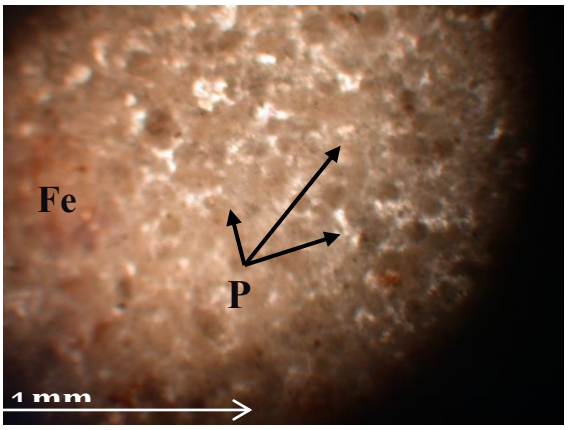
تشغل السحنات الكلسية 14% من العمود الطبقي لتشكيلات الميوسين، وهي عبارة عن تعاقبات سنتيمترية – ديسيمترية إلى مترية التطبّق أحياناً، تتكون عموماً من الحجر الكلسي العضوي مع تواجد قليل للكلس النقي كيميائي المنشأ. يكون الكلس العضوي فاتح اللون، متماسك، متوسط القساوة، متوسط إلى ناعم التبلور، حاوي على مستحاثات العضويات الكبيرة وحطامها (البيوكلاست)، كصفيحيات الغلاصم وأشواك قنافذ البحر، وآثار لمسارات الديدان الحلقية. أظهرت الدراسة المجهرية (الأشكال 10,9,8,7) احتوائها أحياناً على بقع من الأكاسيد المعدنية دلالةً على تشكلها في وسط ضحل ومؤكسد، وهي عموماً ذات ملاط كلسي، وغنية بالمنخربات القاعية والمجلوبات القارية والبنيات البيوضيّة والبيليت، وتصنف على أنها من الواكستون والباكستون، تكون أحياناً مبلورة ومكونة من البيوميكريت والبيوميكروسباريت وأحياناً من البيوبيلمكريت. تتميز بمسامية بين حبيّة جيدة تتراوح بين 15–20%، مع مسامية فجوية ثانوية ناتجة عن الانحلال، ترفع قيمة المسامية أحياناً فوق 20%، وهي متشربة بالنفط بدرجات

متفاوتة، لعبت دور الصخر الخازن. يكون الحجر الكلسي أحياناً غني بالمنخربات الطافية وذو ملاط غضاري مع عقد وتخثرات صوّانية، متوضّع في بحر عميق نسبيّاً، ويحوي آثار من الكيروجين، دلالة على القدرة التوليديّة. ولكن يسيطر عموماً على هذه السحنات دور الصخور الخازنة للنفط كونها عالية المسامية بفعل العمليات الدياجينيكيّة اللاحقة التي ساهمت في تطور الخصائص الخزنيّة (الأشكال 10,9,8,7).

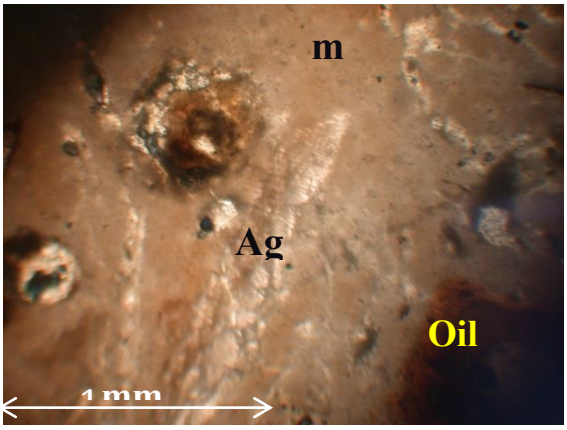
تشير السحنات الكلسية إلى عملية ترسيب بيوكيميائي متوازن، في مياه بحرية اعتباراً من المحاليل الغنية بكربونات الكالسيوم، في وسط هادئ، ذي طاقة محدودة، متوسط العمق، ضحل أحياناً، تسوده مياه راكدة، متوسطة الحرارة، ويشير إلى ذلك وجود العضويات الكبيرة كصفيحيات الغلاصم والأشنيات والمنخربات القاعية، إضافة إلى وجود الغضاريات في بعض الأحيان مع نسبة أقل من المنخربات الطافية المشيرة إلى البيئة العميقة، دلالة على أنها تشكلت عند الأطراف العليا للمنحدر القاري. يندرج هذا الوسط ضمن الجزء الأسفل من البيئات المدية Subtidal (الشكل 11) (James, 1984 in Kaufman, 2005)، ضمن الأجزاء الخارجية إلى الداخلية من السطائح البحرية (Milliam, 1974).



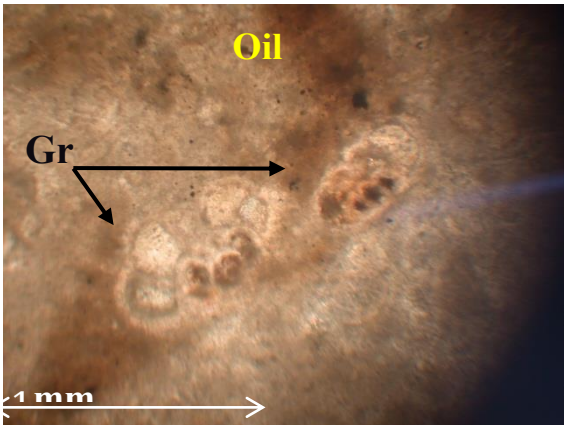

**الشكل (7) سحنة الحجر الكلسي العضوي المنخرب، تتكون من كلس ميكريتي وميكروسباريتي، مشرب بالنفط وغني جداً بالمنخربات المجهرية وأشباحها، وهو من الباكستون ومترسب في بحر متوسط العمق ذو طاقة متوسطة موافق للأجزاء الداخلية من البيئات المديّة.**
(بئرالمهاش 7، شريحة رقم 51، المجال 573.6 - 574.6)



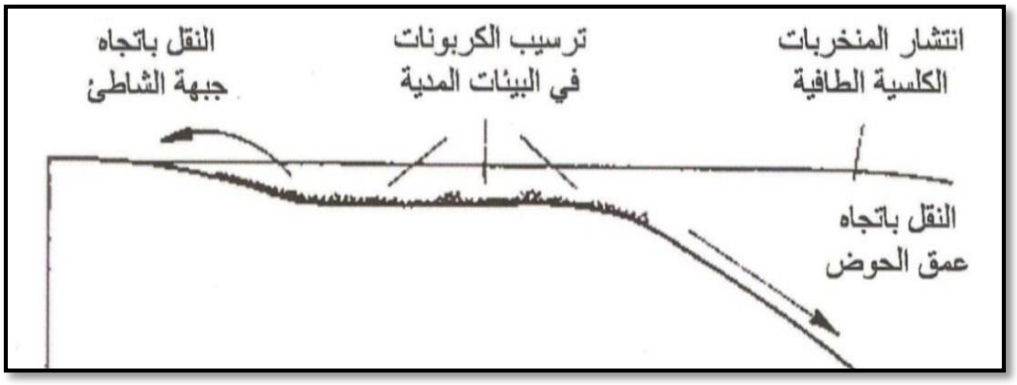

**الشكل (8) سحنة الحجر الكلسي البيوضي، وهي حجر كلسي ميكريتي بيوضي متشرب بالنفط، يحوي بيليت وأكاسيد الحديد، وهو من الباكستون، ومتوضع في بحر ضحل ذو طاقة حركية متوسطة متوافق مع الأجزاء الداخلية من البيئات البحرية المدّية.**
(بئر المهاش7، شريحة رقم 28، المجال 528.8- 529.2)




الشكل (9) سحنة الحجر الكلسي العضوي الرصيفي، وهي حجر كلسي عضوي ميكريتي متشرب بالنفط حاوي على أشنيات كلسية معادة التبلور، وهو من الواكستون ومترسب في بحر ضحل إلى متوسط العمق ذو طاقة حركية متوسطة موافق للبيئات الرصيفية.
(بئر المهاش 7، شريحة رقم 18، المجال 507 - 508)



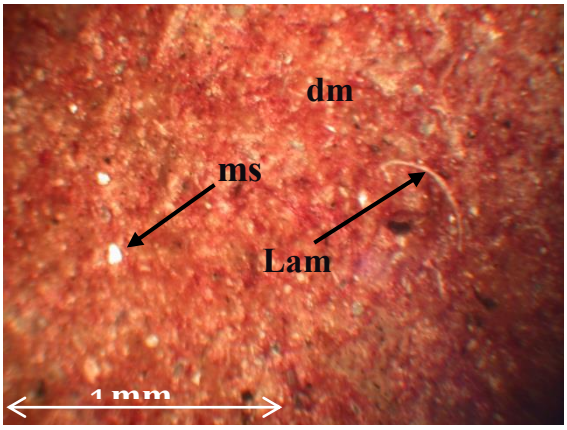

الشكل (10) سحنة الحجر الكلسي المكريتي، وهي حجر كلسي ميكريتي متشرب بالنفط وحاوي على منخربات طافية من الجنس غلوبوروتاليا وهو من المدستون ومتوضع في بحر متوسط العمق ذو طاقة حركية ضعيفة موافق للأجزاء الدنيا من البيئات البحرية المدّية
(بئر المهاش7، شريحة رقم 14، المجال 497.7 - 496.7)



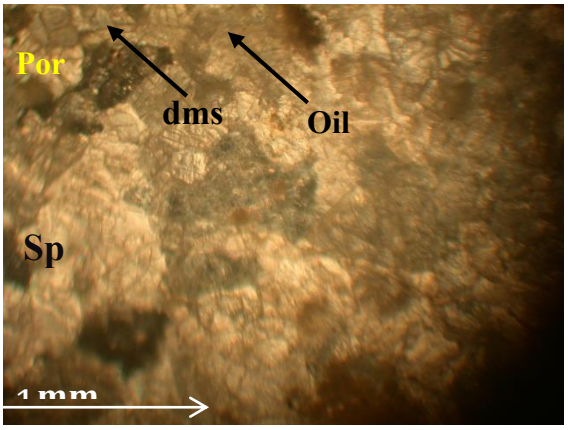

الشكل (11) ترسيب الكربونات في البيئات المدّية (معدّل عن Kaufman, 2005)

## 2- السحنات الكلسية الدولوميتية:

تشكّل السحنات الكلسيّة الدولوميتية حوالي 10% من العمود الطبقي للتشكيلات المدروسة، وتكون متداخة مع السحنات الكلسيّة، وتتمثل بالصخور الكلسية المدلمتة، وهي عبارة عن كلس دولوميتي وكلس دولوميتي غضاري، بملاط كلسي أو غضاري، وتكون فيها حبات وبلورات الكلس والدولوميت متوسطة الحجم الى ناعمة، وهي متشربة بالنفط، ذات مسامية بين حبيّة وفجوية عالية، لعبت دور الصخور الخازنة للنفط. تَظهر هذه السحنات على أعماق متعددة وامتدادات جيدة من العمود الطبقي العام، على شكل مستويات ديسيمترية وأحياناً مترية. تتألف هذه السحنة من دولوميكريت إلى دولوميكروسباريت ناعم، وأحياناً دولوسباريت خشن البلورات، تحتوي أحياناً بلورات ونثرات من الجص والإنهدريت، وبقايا من البيوكلاست والمنخربات معادة التبلور، وعلى آثار لمستحاثات أزيلت هياكلها بفعل عملية الدلمتة، مع وجود لأكاسيد الحديد والمنغنيز عند بعض المستويات، وتمتاز بالخواص الخزنية الجيدة من حيث المسامية الفعّالة، وتزداد فيها قيم المسامية مع شدة درجة الدلمتة (الشكلين 13,12).




الشكل (12) سحنة الحجر الكلسي المدلمت (الدولوميكريتي-الميكروسباريتي)، وهي حجر كلسي مدلمت دلمتة ميكريتية (دولوميكريت)، مع بقايا لجدران صفيحيات الغلاصم، خازن وذو مسامية بين حبيّة عالية بفعل الدلمتة، مترسب في بحر ضحل ذو طاقة حركية متوسطة موافق للأجزاء السفلية من البيئات المديّة (ملّون بأحمر الليزرين لتمييز الدولوميت).
(بئر المهاش 32، صورة رقم 86 ش، المجال 560 - 561)

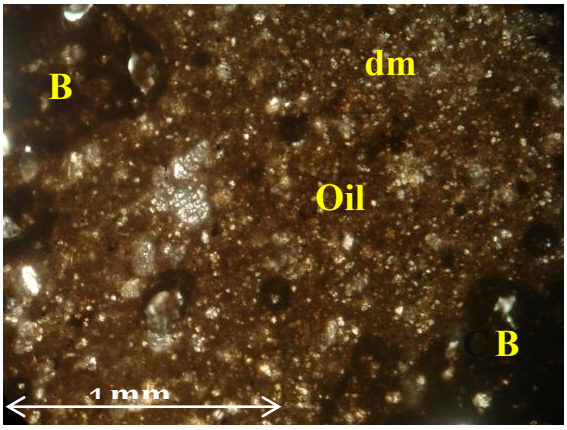



الشكل (13) سحنة الحجر الكلسي المدلمت (الدولوسباريتي - الدولوميكروسباريتي)، وهي عبارة عن حجر كلسي مدلمت دلمتة جزئيّة ميكروسباريتية، بملاط كلسي، وذو مسامية بين حبيّة جيّدة وفعّالة بفعل الدلمتة، ملوّث بالنفط، ومترسب في بحر ضحل إلى متوسط العمق، ذو طاقة حركية متوسطة موافق للأجزاء السفلية من البيئات المديّة.
(بئر المهاش7، صورة رقم 128ش، المجال 526-527)

يُلاحَظ وجود تشابه كبير بين الظروف الترسيبية لكل من السحنات الكلسية والسحنات الكلسية الدولوميتية، حيث تعكس ترسيباً كيميائياً متناوباً في بيئات بحرية شبه مفتوحة ومتذبذبة العمق انطلاقاً من المحاليل المشبعة بكربونات الكالسيوم والمغنيزيوم، في وسط بحري متوسط العمق، ذي مياه دافئة (Kaufman, 2005). إلّا أنّ البيئات التي تشكلت فيها السحنات الكلسية الدولوميتية أقل عمقاً من بيئات السحنات الكلسية، وقريبة من الأجزاء الخلفية للسطيحة القارية بالقرب من الشاطئ حيث تنشط عملية الدلمتة المبكرة اعتباراً من الوحول الكربوناتية، بالقرب من الأجزاء السفلية لنطاق المد (Tucker,Wright,1990)، حيث تختلط المياه العذبة مع المياه المالحة ضمن النطاق غير المشبع. ويُلاحظ انخفاض نسبة الدلمتة من أعلى إلى أسفل الطبقات الكلسية المعرضة لعملية الدلمتة، بسبب تناقص نسبة وارد المغنيزيوم في المحلول نحو الأسفل، بسبب ازدياد عمق الحوض الترسيبي أو الابتعاد عن مصدر شوارد المغنيزيوم (Purser, 1973)، وهذا ينعكس على الخصائص الخزنية المرتبطة بعلمية الدلمتة التي تزيد المسامية، فبلغت أحياناً 30%. لعبت هذه السحنات دور الصخور الخازنة للنفط، وشكّلت الخزانات الرئيسة للتشكيلات المنتجة في معظم العمود الطبقي لتشكيلات الميوسين.

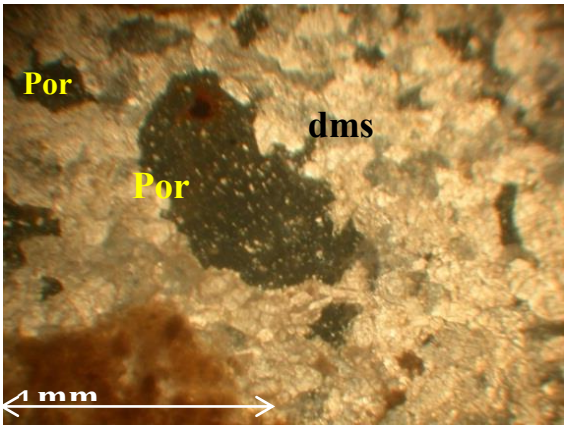
### 3- السحنات الدولوميتية:

تشغل السحنات الدولوميتية حوالي 5% من العمود الطبقي العام للتشكيلات المدروسة، وتنتشر في مستويات متفرقة من تشكيلات الميوسين. لا تخلوا هذه السحنات من الكلس بنسب متفاوتة، وتتمثل بصخور الدولوميا، بهيئة حجر دولوميتي، رمادي فاتح، قاسي، متماسك، ذو ملاط دولوميتي أو كلسي وأحياناً غضاري، شبه خالي من هياكل العضويات، وهو ذو مسامية بين حبية وفجوية عالية، ومتشرب إلى متشبّع بالكامل بالنفط والهيدروكربونات. وهي بالمجمل صخور خازنة للنفط (الشكلين 15,14).




الشكل (14) سحنة الدولوميت المسامي المتشبّعة بالنفط (دولوميكريت- دولوميكروسباريت)، وهي دولوميا ميكريتي ميكروسباريتي، ذو مسامية بين حبيّة عالية جداً، متشبّع بالنفط والبيتوم، ومترسب في بحر ضحل عالي الملوحة ذو طاقة حركية ضعيفة ضمن الأجزاء السفلية من البيئات فوق المديّة كاللاغونات.

(بئر المهاش24، شريحة رقم3 ،المجال 530.9-548)



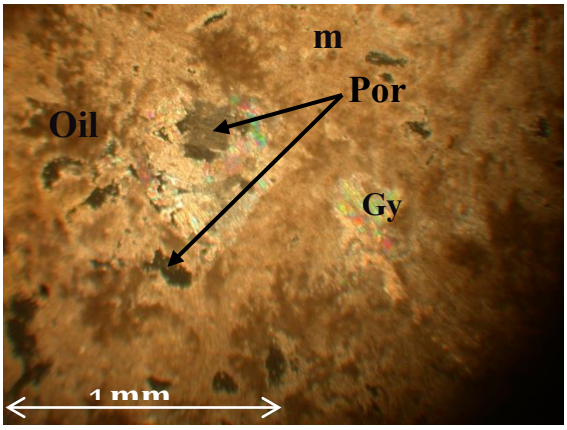

الشكل (15) سحنة الدولوميت الفجوي (الانحلالي)، وهي عبارة عن دولوميت ميكروسباريتي وسباريتي (دولوميكروسباريت ودولوسباريت) بملاط غضاري، ومسامية بين حبيّة جيدة وفجويّة عالية، ومترسب في بحر ضحل عالي الملوحة ذو طاقة حركية ضعيفة ضمن الأجزاء السفلية من البيئات فوق المديّة كالسبخات واللاغونات.

(بئر المهاش 7، صورة رقم 125ش، المجال 526-527)

تشير هذه السحنات الدولوميتية إلى ترسيب كيميائي مستمر انطلاقاً من المحاليل المشبعة بكربونات الكالسيوم والمغنيزيوم في وسط مائي بحري عالي الملوحة، قليل العمق، ذي اتصال محدود مع البحر المفتوح ضمن الأجزاء الشاطئية المحمية حيث تنشط عمليات البخر (Purser et al., 1994)، وتندرج ضمن الأجزاء السفلية للتوضعات فوق المدية supratidal، ويدعم هذا الافتراض وجود نثرات من الجص والإنهدريت بجانب بلورات الدولوميت، والتي تشير عادة إلى بيئات السبخات واللاغونات المغلقة Tidal flat. تعتبر هذه الدلمتة من النوع الدياجينيزي (Sibley et al., 1984)، وناتجة عن تحول سريع ومبكر قريب من السطح العلوي للوحول الكربوناتية الأولية في بيئة بحرية قليلة الانفتاح ومالحة ضمن مستويات المد والجزر (Gebelein et al., 1980). لعبت هذه السحنات دور الصخور الخازنة للنفط والهيدروكربونات في التشكيلات المنتجة للنفط في جزء جيد من العمود الطبقي لتشكيلات الميوسين المدروسة، محددةً مع نوع مخزونها النفطي التقريبي على السجل المركب للآبار المدروسة.

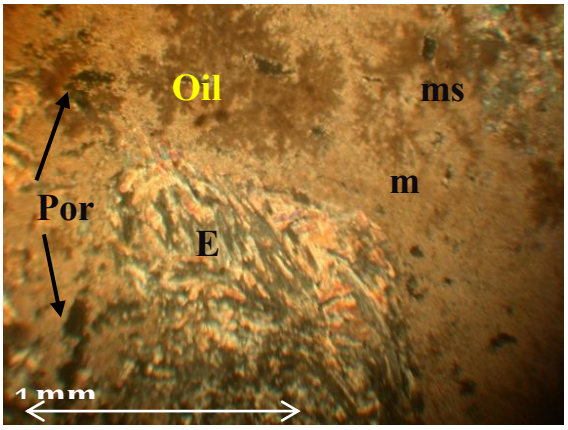
**4- السحنات الكلسية الغنية بالجص والإنهدريت:**

تشغل هذه السحنات حوالي 6% من العمود الطبقي للتشكيلات المدروسة، ولا تشكل مستويات مستقلة، وإنما تكون متداخلة مع الصخور الكربوناتية والتبخرية في المناطق الانتقالية بينها، وخاصة في الميوسن الأوسط. تتكون من حجر كلسي غني ببلورات متوسطة الحجم وناعمة من الجص والإنهدريت بشكل نثرات بيضاء اللون موزعة في الصخور الكربوناتية أو مالئة للفراغات والشقوق (الشكلين 17,16).




الشكل (16) سحنة الحجر الكلسي الغضاري الجصّي، وهي حجر كلسي ميكريتي ميكروسباريتي بملاط غضاري كلسي، ذو مسامية جيدة، غني بالجص والإنهدريت بشكل بلورات مالئة للفجوات، متشرب بالنفط، ومترسب في بحر ضحل مشبع بكربونات الكالسيوم، حار، حيث تنشط عمليات البخر كالسبخات والبرك واللاغونات.

(بئر المهاش 7، صورة رقم 75ش، المجال 483-484)



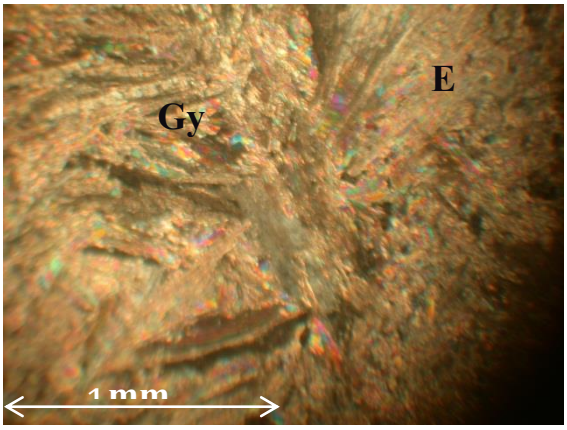

الشكل (17) سحنة الحجر الكلسي الإنهدريتي الغضاري، وهي حجر كلسي ميكريتي بملاط غضاري، ذو مسامية جيدة، متشرب بالنفط، وغني بالإنهدريت على شكل بلورات ابرية مالئة للفجوات وبأكاسيد الحديد، مترسب في بحر ضحل وحار، مشبع بكربونات وكبريتات الكالسيوم كالسبخات والبرك الشاطئية واللاغونات.

(بئر المهاش 7، صورة 79 ش، المجال 499.6 - 500.6)

تشير هذه السحنات إلى ترسيب كيميائي في وسط مائي بحري ضحل مشبع أو فوق مشبع بكربونات الكالسيوم ذي حرارة مرتفعة حيث تنشط عمليات البخر السريع (Tucker,Wright,1990)، والتي تشير عادة إلى بيئات السبخات والمستنقعات المجاورة للبحر، اللاغونات، البرك والبحيرات الشاطئية، أو رواسب البلايا القارية (Purser, 1983). اشتركت هذه السحنات، في الأجزاء المشققة وعالية المساميّة منها في خزن النفط أحياناً، في حين لعبت الأجزاء ضعيفة المسامية منها والغنية بالجص على حساب النقص في الكلس دور الصخور المغطية للطبقات الخازنة.

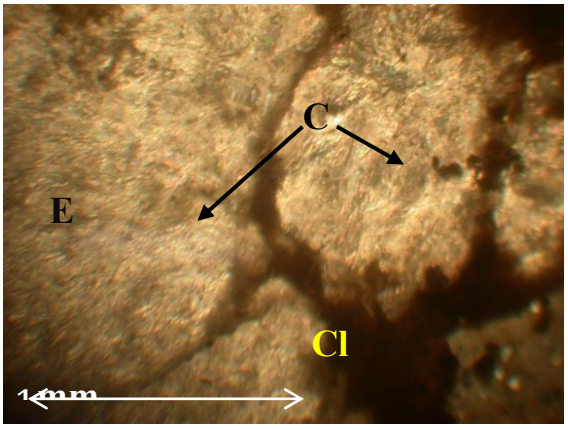
### 5- السحنات التبخرية الجصية والإنهدريتية والملحية:

تشغل هذه السحنات حوالي 31% من العمود الطبقي المدروس، وتنتشر بشكل كبير في تشكيلتي دبانة والفارس الأسفل، وهي عبارة عن طبقات سنتيمترية وديسيمترية من الجص والإنهدريت، بلون رمادي فاتح إلى أبيض ناصع، متوسط القساوة، متماسك، ضعيف المسامية لكنه مشقق أحياناً، يتكون من بلورات ناعمة ومتوسطة الحجم من الجص والإنهدريت، بأنسجة كتلية وشريطية وتجمعية. يترافق الإنهدريت أحياناً مع بلورات كيميائية المنشأ من الميكروسباريت، ويكون أحياناً ذو ملاط غضاري. في بعض المستويات التبخريّة المشققة، تكون الشقوق كثيفة، تضاف إلى المسامية الناتجة عن الانحلال، مما يزيد قيمة المسامية العامة في الصخر ويعطيه في بعض الأحيان دوراً في الصفات الخزنيّة (الشكلين 19,18).




الشكل (18) سحنة الجص والإنهدريت الخشنة، وهي بلورات خشنة من الجص والإنهدريت، بملاط كلسي غضاري، ومسامية ضعيفة، على شكل بلورات ابرية غير مكتملة النمو، مترسب في بحر ضحل عالي الملوحة وفوق مشبع بكبريتات الكالسيوم في مناخ حار وجاف حيث تنشط عمليات البخر السريع كالسبخات والمستنقعات والبرك الشاطئية واللاغونات.

(بئر المهاش 7، صورة رقم 56 ش، المجال 488-489)



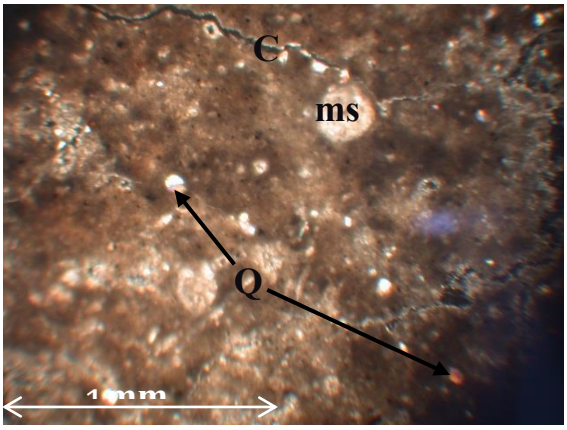

الشكل (19) سحنة الإنهدريت الناعمة، وهي إنهدريت ناعم البلورات، بملاط كلسي غضاري، مشقق بشبكة من الشقوق المملوءة بالغضار المشرّب بالنفط، مترسب في بحر ضحل وعالي الملوحة ومشبع بكبريتات الكالسيوم في مناخ حار وجاف، حيث تنشط عمليات البخر السريع كالسبخات والمستنقعات والبرك الشاطئية واللاغونات.

(بئر المهاش 7، صورة 4 ش، المجال 485 - 486)

نظراً لضعف مساميّة الجص والإنهدريت وتناوبه مع طبقات كربوناتية خازنة، فقد لعبت هذه السحنات التبخرية عموماً دور الصخر المغطي للطبقات الخازنة للنفط في تشكيلات الميوسين. ولكن!، وعلى خلاف ما سبق، يُلاحَظ في بعض المستويات المشققة من تشكيلة دبانة التبخرية، بأنّ الصخور فيها مشققة بشكل جيد عبر شبكة متصلة من الشقوق غير الموجّهة، مما يعطيها قيمة محدودة للمساميّة، لكنّها مساميّة فعّالة، تضاف لها المسامية الناتجة عن الانحلال، مما يزيد من قيمة المسامية العامّة للصخر، ويجعل منه أحياناً صخراً خازناً للنفط، وهي الحالة الوحيدة في سورية، لتشكيلة دبانة، تكون فيها هذه التشكيلة خازنة للنفط جزئيّاً رغم أنها مكونة بمعظمها من المتبخرات مع بعض السويّات الكربوناتية البينيّة الرقيقة ذات الصفات الخزنيّة الجيدة. تتشكل هذه السحنات التبخرية في بيئة يشترك فيها العامل المناخي الجاف والحار، والتركيب الكيميائي للمحاليل المائية المركّزة الغنية بالكربونات والكلوريدات والسولفات، في بيئة أشبه ماتكون بالبلايا أو اللاغونات، وفي بيئة بحر ضحل شبه معزول عن المحيطات (بحر شبه مغلق)، وفي مناخ حار وجاف تنشط فيه عمليات البخر بشكل عام (Tucker,Wright,1990).

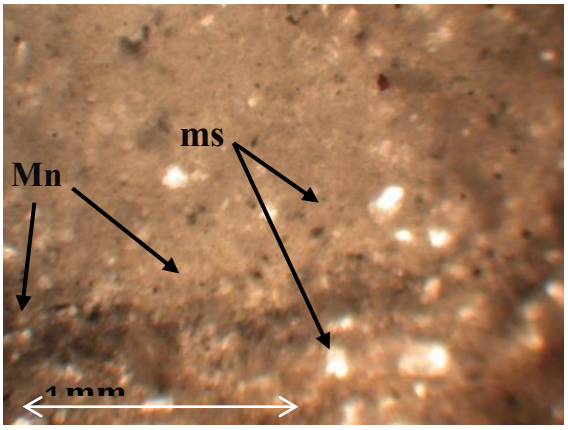
**6- السحنات المارلية:**

تشغل هذه السحنات حوالي 3% من العمود الطبقي للتشكيلات المدروسة، وتتركز في تشكيلة جريبة، تتكون من مارل رمادي مزرق، هش، سهل التفتت، يشكّل بضع طبيقات سنتيمترية متناوبة. يبدو مجهرياً مكوناً من مكريت غضاري، فقير بالعضويات، وحاوي على حبات ناعمة زاويّة الشكل من الكوارتز والفلدسبار يرجّح أنها وصلت إلى البيئات العميقة بفعل تيارات العكر (التوربيديت) (الشكلين 21,20).




**الشكل (20) السحنة المارليّة، مكونة من مارل مشقق، يحوي مجلوبات قاريّة من الكوارتز وبلورات حديثة من الميكروسباريت، مترسب في بحر متوسط العمق، واحتوائه على مجلوبات قاريّة يعود إلى تيارات العكر التي أوصلت المواد القاريّة إلى البيئات العميقة.**

(بئر المهاش 7، شريحة رقم 40، المجال 551 - 552)



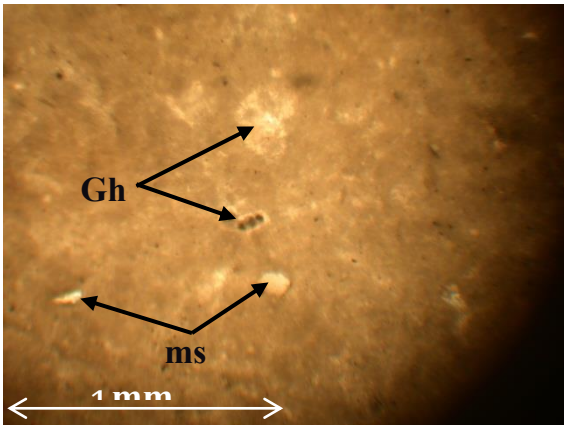

**الشكل (21) سحنة المارل الكلسي، وهي عبارة عن مارل عالي الكلسية، حاوي على بلورات حديثة من الميكروسباريت، ولطخات من أكاسيد المنغنيز مصدرها القشرة المحيطية، وهو مترسب في بحر عميق وهادىء في الجزء العميق من السطيحة القارية.**

(بئر المهاش 7 ، شريحة رقم 41، المجال 552 - 553)

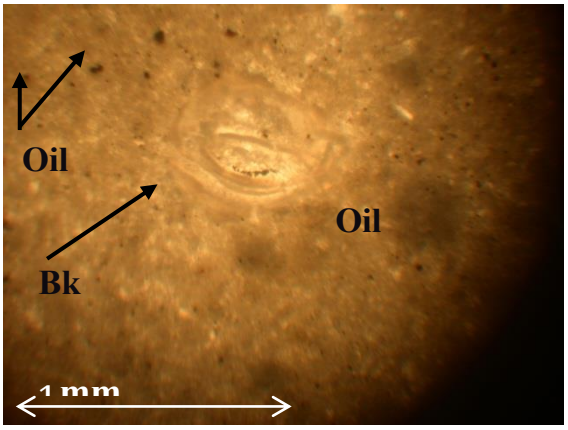
تعكس هذه السحنات ترسيباً بطيئاً في بيئة بحرية هادئة، في الجزء العميق من السطيحة القارية (>200 م) بعيداً عن تأثير الشاطىء وفعل الأمواج، وهذا التفسير يقتضي افتراض حدوث تعميق بحري واضح للحوض الرسوبي، مع وجود لتيارات العكر (التوربيديت) التي سمحت بوصول المواد القارية (الكوارتز والفلدسبار) إلى مثل تلك البيئات العميقة (Bathurst, 1986).

**7- السحنات الكلسية الغضارية:**

تشكّل هذه السحنات حوالي 13% من العمود الطبقي العام للتشكيلات المدروسة، وتتركز في الميوسين الأدنى والأوسط، تظهر على شكل طبيقات سنتيمترية وديسيمترية من الكلس الغضاري والكلس الغضاري العضوي، بلون رمادي فاتح مصفر، متوسط القساوة، خفي إلى ناعم التبلور، غني بالعضويات. أظهرت الدراسة البترولوجية المجهرية أن هذه السحنات مؤلفة من بيومكريت إلى بيوميكروسباريت، وأحياناً بيوبيلميكريت، تسود فيه سحنة المدستون والواكستون، وهو غني بالمنخربات الطافية وبعض المنخربات القاعيّة وبقاياها معادة التبلور، مع وجود نادر لأكاسيد الحديد، وتتمتع بمسامية بين حبيّة جيدة، وأحياناً يكون مشققاً بشقوق مملوءة بالميكروسباريت، ويحوي أحياناً بعض مظاهر الانحلال والدلمتة والسيلسة، وبعض الآثار على القدرة التوليدية للهيدروكربونات (الشكلين 23,22). لعبت هذه السحنات أحياناً دور الصخور المولدة في التشكيلات المنتجة للنفط في معظم العمود الطبقي للميوسين، ودور الصخور الخازنة للنفط في الأجزاء عالية المسامية منها. وتدل هذه السحنات على ترسيب مستمر في وسط مائي شبه عميق يندرج ضمن البيئات تحت المديّة ضمن رواسب السطائح البحرية (Purser, 1983).



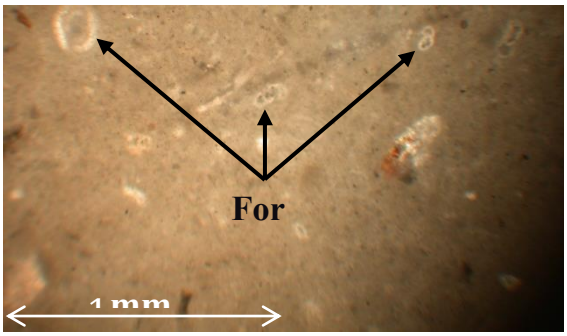

الشكل (22) سحنة الكلس الغضاري، حاوي على أشباح لمنخربات، ومظاهر للقدرة التوليدية، ذو مسامية بين حبيّة محدودة، ومترسب في بحر متوسط العمق وهادىء في الجزء العميق من السطيحة القارية قريباً من النطاق المؤكسد الذي زوّده بالأكاسيد المعدنية.
(بئر المهاش 7، صورة رقم 164ش، المجال 537 - 538)



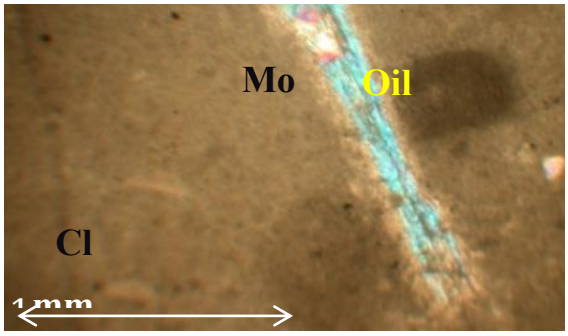

الشكل (23) سحنة الكلس الغضاري العضوي، ملوث بالنفط وحاوي على بقايا عضويات وآثار لبقايا مواد عضويّة من الكيروجين تعطيه قدرة توليدية، وهو مترسب في بحر متوسط العمق وهادىء في الجزء العميق من السطيحة القارية بعيداً النطاق المؤكسد.
(بئر المهاش 7 ، صورة رقم 152، المجال 534- 537)

## 8. السحنات الغضارية:

تشكّل هذه السحنات حوالي 18% من العمود الطبقي للتشكيلات المدروسة، وتمثل سحنتان، تنتشر السحنة الأولى منها في تشكيلات الميوسين الأسفل والأوسط، وتشكّل فواصل ميلليمترية إلى سنتيمترية بين طبقات الكلس الغضاري، رمادية اللون مصفرة ومزرقّة أحياناً، طرية سهلة التفتت باليد، سريعة التشرّب بالمحاليل، مكونة من حبات من الفلزات الغضارية والمكريت، وحاوية على المنخربات الطافية، ولطخات من مركبات المنغنيز المتحرر من القشرة المحيطيّة والذي يشير إلى البيئة العميقة، وعلى ومواد عضوية كشواهد على القدرة التوليديّة، لعبت دور الطبقات المولدة للهيدروكربونات (الشكلين25,24).

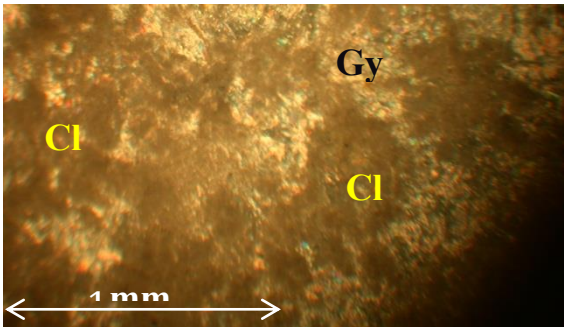



الشكل (24) سحنة الغضار الكلسي، حاوية على منخربات طافية وقاعية، وآثار للقدرة التوليدية للهيدروكربونات، ضعيف النفاذيّة، مترسب في بحر متوسط العمق وهادىء.
(بئر المهاش 7، شريحة رقم 32، المجال 536 - 537)



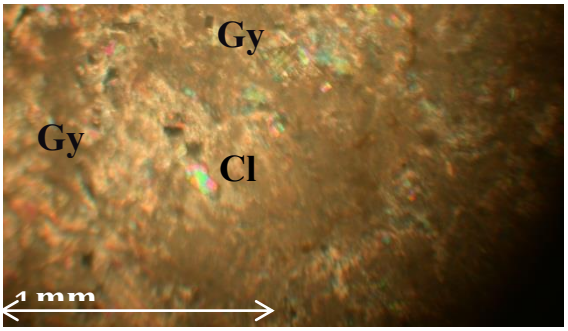

الشكل (25) السحنة الغضارية، وهي غضار حاوي على بلورة مسكوفيت، متشرب بالنفط، ذو مسامية بين حبيّة، ومترسب في بحر عميق وهادىء ذو طاقة حركية ضعيفة.
(بئر المهاش 7، شريحة رقم 32، المجال 536 - 537)

تشير هذه السحنة إلى ترسيب بطيء وهادىء في بحر عميق ومفتوح، ضعيف الإمداد بالرسوبيات القارية، بعيداً عن تأثير التيارات البحرية، ذو طاقة وسط ضعيفة ودرجة حرارة منخفضة، يسود فيه الإمداد العضوي ببقايا هياكل المنخربات السابحة والطافية التي تتساقط هياكلها بعد موتها وتتراكم مع الغضاريات المترسبة في وسط مُرجع فقير بالأوكسجين، مكونةً صخوراً ملائمة لتوليد المادة العضوية الهيدروكربوناتية، ذات الأصل الليبيدي، حيث تشكل هذه السحنة الصخور الأم المولدة للنفط في تشكيلات الميوسين الأوسط. تكون السحنة الثانية من الغضار جصيّة، ومختلفة عن سحنة الغضار العميق، متناوبة أو مترافقة مع السحنات التبخرية، تتكون صخورها من أرضية غضارية مع بلورات دقيقة من الجص والإنهدريت، ومستويات من الشيل والدولوميت، عديمة العضويات، عائدة للميوسين الأعلى، ومتوضعة في بيئة ترسيب بحيرية أو بحرية ضحلة شبه معزولة، عالية الملوحة، هادئة وقليلة الاتصال مع البحر المفتوح، مع إمداد مستمر بالرسوبيات القارية المائية والهوائية، في وسط حار تنشط فيه عمليات البخر بالتوازي مع ترسيب الغضاريات (Tucker,Wright,1990) (Purser, 1973) (الشكلين 27,26).




**الشكل (26) سحنة الغضار الجصّي، مكونة من أرضيّة غضارية تترافق مع بلورات ناعمة ومتوسطة الحجم من الجص، ذو مسامية ضعيفة، ومترسب في بحيرات مغلقة وهادئة ذات طاقة وسط ضعيفة، مع تراكيز عالية من أملاح الكبريتات والغضاريات.**

(بئر المهاش 7، صورة رقم 13، المجال 483-484)




**الشكل (27) سحنة الجص الغضاري، مكونة من بلورات ناعمة ومتوسطة الحجم من الجص والإنهدريت مع ملاط غضاري، قليل المسامية، ومترسب في بحيرات مغلقة وهادئة ذات طاقة وسط ضعيفة، فوق مشبعة بأملاح الكبريتات وغنية بالمواد الغضارية.**

(بئر المهاش 7، صورة رقم 155، المجال 554-555)

تشير هذه السحنة إلى بيئات السبخات، المستنقعات المجاورة للبحر، البرك، البحيرات الشاطئية، ورواسب البلايا القارية واللاغونات (Purser, 1973). ويدعم هذا الافتراض خلوها من المستحاثات وتناوبها المستمر أو ترافقها مع السحنات التبخرية (Tucker,Wright,1990). وتعتبر هذه السحنة، غير ذات أهمية توليدية أو خزنية، لكنها تشكل أغطية جيدة لبعض المستويات الخازنة للنفط.

**خامساً. التشكيلات الصخرية للميوسين وتركيبها الليتولوجي وعلاقتها بإنتاج النفط:**

يغطي حقل المهاش مساحة جيدة من الجزء المركزي لمنخفض الفرات، وقد خضعت هذه المنطقة لعمليات ترسيب قوية، سيطرت عليها خلال الميوسين توضعات البحر الضحل إلى متوسط العمق (Brew et al., 1997)، أدت، تبعاً لنتائج الدراسة، إلى توضع طبقات ذات سماكات جيدة من الصخور الكربوناتية والتبخرية المتباينة في سحناتها تبعاً لتباين الأوساط الترسيبية لتشكيلاتها (جدول 2).

الجدول (3) التشكيلات الصخرية للميوسين وتركيبها الليتولوجي وسماكاتها الوسطيّة في منطقة الدراسة

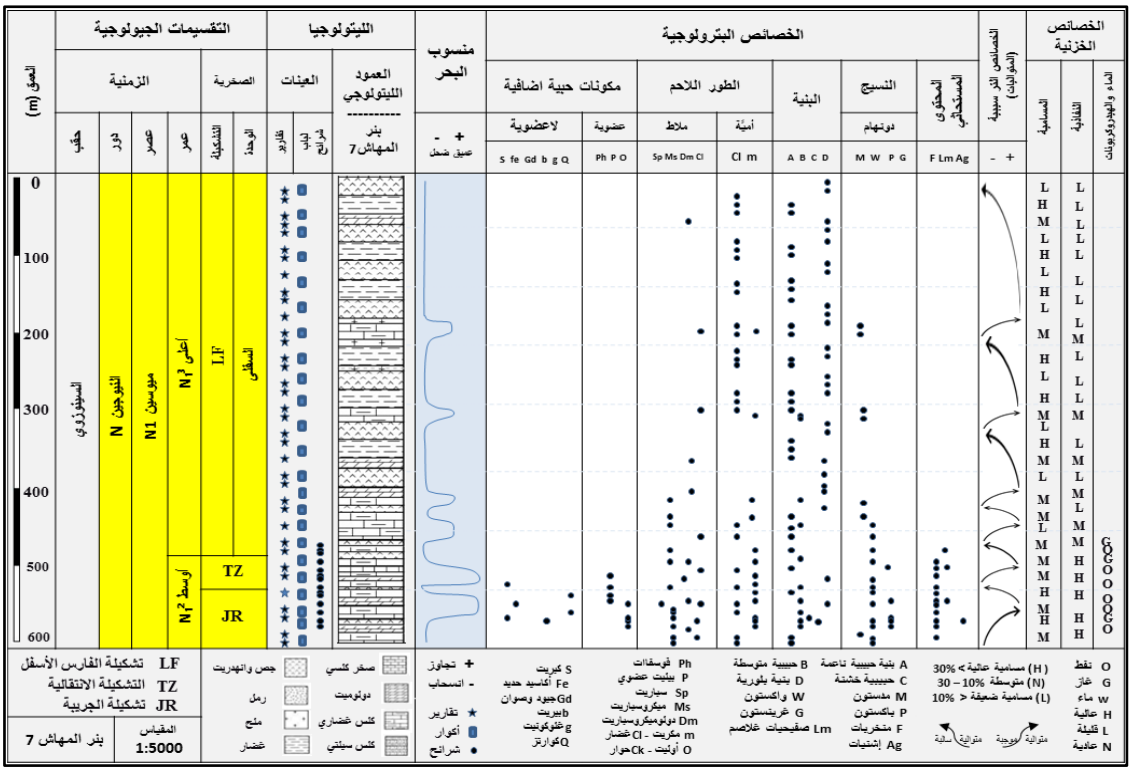
| الحقب | الدور | العصر | التشكيلة | السماكة الوسطى (م) | السحنة |
|---|---|---|---|---|---|
| السينوزوي | النيوجين | البليوسين | الفارس الأعلى | مزالة بمعظمها | مولاسيّة – حطامية – تبخريّة |
| | | الميوسين | الفارس الأسفل | 493.8 | تبخرية – غضاريّة (شيلية) |
| | | | الانتقالية | 38.15 | كلسيّة - كلسية دولوميتية - تبخريّة |
| | | | جريبة | 71.5 | كلسية دولوميتية- تبخرية- كلسية غضارية |
| | | | دبانة | 29.8 | تبخرية - كلسية دولوميتية غضارية |
| | | | الفرات | 79.5 | كلسية – كلسية غضارية – كلسيّة دولوميتية |

تمثّل تشكيلة الفرات (Euphrates formation) (الميوسين الاسفل) النطاق العلوي لتشكيلة شيلو لدى الشركات النفطية، وتتألف من حجر كلسي، كلس غضاري وحواري، كلس مدلمت، دولوميت ومتبخرات، وتمثل عموماً سحنة تجاوزية فوق سحنة لاغونية، متوضعة بمعظمها في البيئات المديّة، تبدأ من الأسفل بطبقات من الإنهدريت، هي طبقة العلّام الفاصلة بين الأوليغوسين والميوسين. تتوضع تشكيلة دبانة (Debbane formation) (الميوسين الأوسط) بتوافق فوق تشكيلة الفرات، وتتألف من الإنهدريت والجص، الملح، وتداخلات من الغضار والكربونات. خالية من المستحاثات، ومترسبة في بحر ضحل عالي الملوحة، فوق مشبع بكبريتات الكالسيوم، في مناخ حار وجاف حيث تنشط عمليات البخر، كالسبخات والمستنقعات والبرك الشاطئية واللاغونات عالية الملوحة، دلالة على انسحاب البحر بشكل كبير في تلك الفترة. تكون تشكيلة دبانة غير منتجة للنفط في معظم سورية كونها تبخرية بشكل عام، يستثنى من ذلك منطقة الدراسة، حيث تنتج النفط بكميات قليلة، ويعزى ذلك الى الصفات الخزنية الجيدة لمستويات الكلس المدلمت الخازن للنفط بين طبقات الإنهدريت، بالإضافة إلى السحنة الإنهدريتية ذاتها التي تتميز في بعض المواقع بمسامية ثانوية مقبولة ناتجة عن الانحلال والتشقق. تتكون تشكيلة جريبة (Jeribe formation) (الميوسين الأوسط) من الحجر الكلسي، الدولوميت، المارل، وطبيقات رقيقة من الإنهدريت الأبيض، ويغلب عليها أحياناً الكلس المدلمت والدولوميت، وهي غنية بالشواهد النفطية والغازية، ومنتجة للنفط بكميات تجارية في منطقة الدراسة. توضعت في وسط مذبذب العمق ما بين البحر المفتوح متوسط العمق، في البيئات البحرية المديّة وفوق المديّة وتحت المدّية، مروراً إلى البحر الضحل عالي الملوحة والمشبع بكبريتات الكالسيوم في مناخ حار وجاف حيث تنشط عمليات البخر، في أوساط ترسيبية متصلة بشكل دائم بالبحر المفتوح. تكون تشكيلة الانتقالية ( Transition Zone) (الميوسين الأوسط والأعلى)، مؤلفة من الإنهدريت والجص، متداخل مع طبيقات من الحجر الكلسي، الكلس الدولوميتي، الدولوميت، والغضار أحياناً. لعبت السحنات الكلسية المدلمتة والدولوميت المسامي دور الصخر الخازن للنفط والغاز، بينما لعبت السحنات التبخرية دور الصخور المغطية، وهي سحنات تشير إلى أوساط ترسيب متذبذبة العمق ما بين الأوساط المدّية والضحلة واللاغونية، إلّا أنها على العموم تتناقص في العمق تدريجياً لتتحول إلى بيئات ترسيبية ضحلة في أعلى التشكيلة، وغالباً ما تتشابه في خواصها مع تشكيلة الفارس الأسفل التي تعلوها وقد تُجمع معها، حيث أنّ التمييز فيما بينهما أمراً صعباً. تتكوّن تشكيلة الفارس الأسفل (Lower Fars formation) (الميوسين

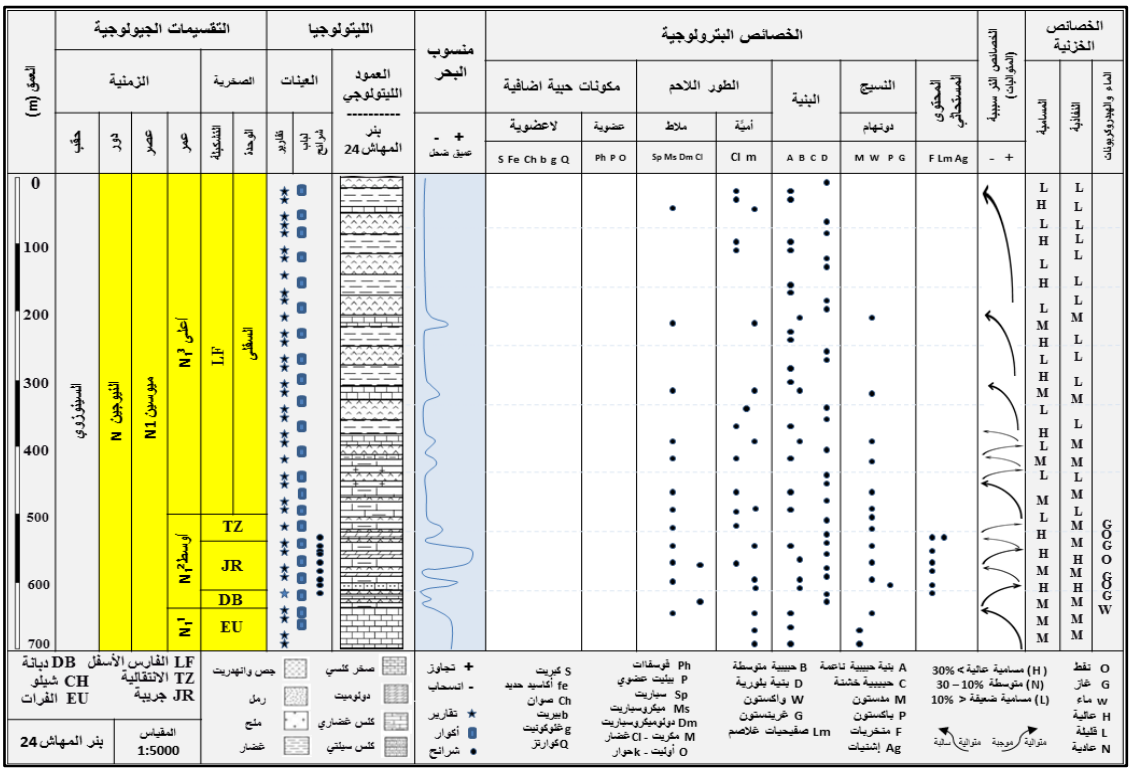
الأعلى) من الجص، الإنهدريت، الملح الصخري، الغضار الصفحي shale، الحجر الكلسي والدولوميت أحياناً، تتكشف على السطح في معظم أرجاء منطقة الدراسة، وتتألف عموماً من قسمين: قسم سفلي يتألفل أكم من الملح الصخري والإنهدريت الذي يشكل غطاءاً جيداً لتشكيلتي جريبة والانتقالية المنتجة للنفط والغاز، تعلوها طبقات من الجص والأنهدريت تتناوب مع طبقات من الصخور الكربوناتية والغضار الصفحي. وقسم علوي يتألف من تداخلات من الإنهدريت، الجص، الغضار وطبقات رقيقة من الصخور الكربوناتية الحاوية على شواهد نفطية، مما يعطي لهذه التشكيلة آمالاً نفطية محدودة. تمثل هذه التشكيلة مرحلة الانحسار البحري النهائية على المنطقة، وتشكلت بفعلها لاغونات محليّة، لذلك فإن معظم توضعات هذه التشكيلة ذات سحنات ممثلة للأوساط البحرية الضحلة، أو اللاغونية، أو القاريّة البحيريّة. تكون تشكيلة الفارس الأعلى (Upper Fars formation) (الميوسين الأعلى وأسفل البليوسين) معرضة للتعرية ومزالة بمعظمها في منطقة الدراسة، وهي ذات سحنة مولاسية مكونة من رسوبيات قاريّة، من الحطاميات كالحصى والرمال، وتداخلات من الجص والإنهدريت، وهي عديمة الأهمية النفطيّة التوليدية والخزنية في منطقة الدراسة.

**سادساً. نتائج الدراسة البترولوجية والترسيبية لسحنات تشكيلات الميوسين:**

دُمجت نتائج الدراسة مع نتائج تفسير تقارير الآبار والقياسات البتروفيزيائية البئرية، في سجلات مركبة، تبيّن العمود الليتولوجي وخصائص السحنات الرسوبية المتوزعة في تشكيلات الميوسين ومكوناتها من الهيدروكربونات، ونعرض أهم النتائج الممثلة في السجلّات المركبة للبئرين 7، 24 (الشكلين 29,28).



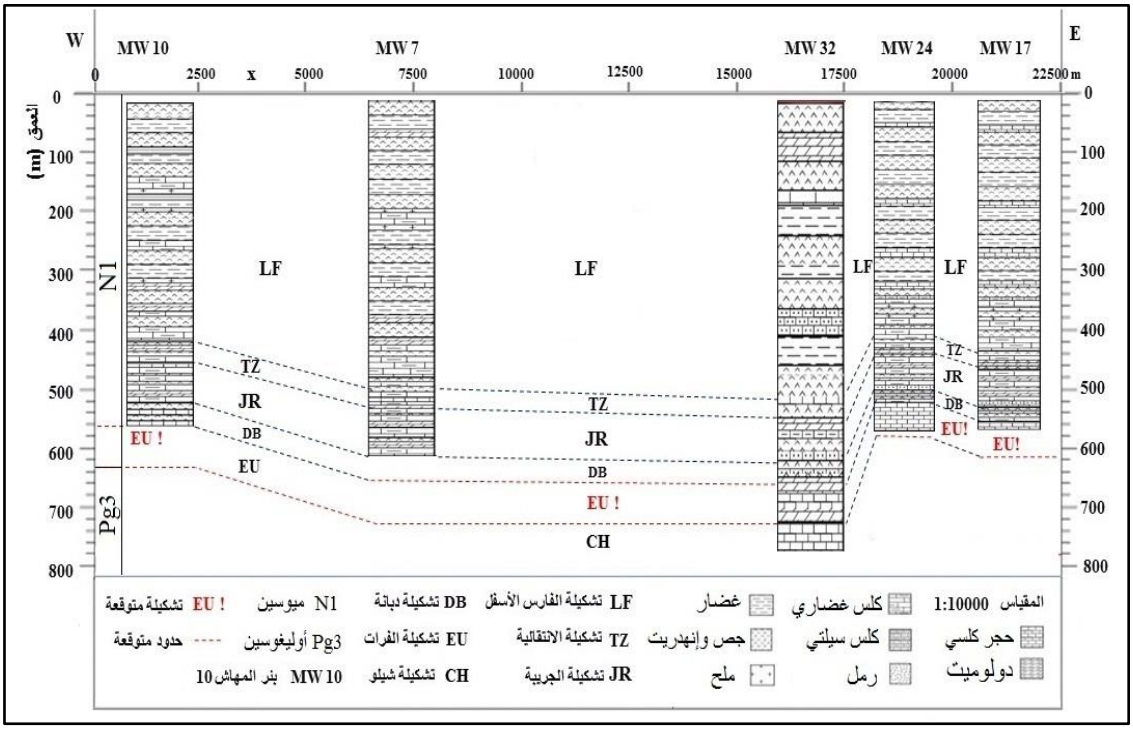

**الشكل (28) السجل المركب لبئر المهاش-7 يُظهر العمود الليتولوجي وأبرز خصائص التشكيلات المدروسة**




**الشكل (29) السجل المركب لبئر المهاش-24 يُظهر العمود الليثولوجي وأبرز خصائص التشكيلات المدروسة**

## سابعاً. المضاهاة:

تمّت المضاهاة الليثولوجية لتشكيلات الفرات، دبانة، جريبة، انتقالية، والفارس الأسفل، بين الآبار10,7,32,24,17، الموزعة على محور حقل المهاش المتطاول باتجاه شرق-غرب (الشكل 30).




**الشكل (30) لوحة المضاهاة الستراتيغرافية بين الأعمدة الليثولوجية للآبار المدروسة (10–7–32–24 –17) (E-W)**

## الاستنتاجات والتوصيات Conclusions and recommendations:

- أظهرت الدراسة اختلافاً شاقولياً في التركيب الليتولوجي والسحني، تمثّل بالتناوب بين سحنات الصخور الكلسيّة والكلسيّة الدولوميتية والدولوميتية التي مثلت الصخور الخازنة للنفط، وتشكيلات الكلس الغضاري والعضوي التي مثلت الصخور المولدة، والمتبخرات التي مثلت الصخور المغطية في الميوسين.
- يعود إنتاج النفط في تشكيلتي جريبة والانتقالية إلى السحنات الكلسية الدولوميتية ذات المسامية العالية بين الحبيّة والفجويّة بشكل رئيس، والتشقق بشكل ثانوي. وتعطي تشكيلة جريبة المخزون النفطي الرئيس في منطقة الدراسة، لخصائصها الخزنية العالية، تليها في الأهمية التشكيلة الانتقالية. يعود انتاج النفط في تشكيلة دبانة، رغم أنها بمعظمها تبخريّة، لكونها مشققة جداً بشبكة من الشقوق الشعرية الواصلة بين فجوات الانحلال، مما يمنحها القدرة على الخزن، مع احتوائها على فواصل كربوناتية مساميّة مشققة.
- أظهرت المضاهاة تغيرات جانبية محدودة في التركيب الليتولوجي والسحني، وتجانس جانبي في الخواص البترولوجية والترسيبيّة والخزنية، نتيجةً للاستقرار التكتوني النسبي في الميوسين.
- أظهرت الدراسة وجود جيّد لمستحاثات المنخربات الطافية والقاعية، صفيحيات الغلاصم، البيوكلاست، البنيات البيوضية، وخاصّةً في الطبقات الكربوناتية لتشكيلتي جريبة والانتقاليّة.
- سيطرت الأرضية الميكريتية على معظم التشكيلات الصخرية الكربوناتية، تلتها من حيث الانتشار الأرضية الغضارية، في حين أن معظم الملاط الرابط بين الحبات الصخرية كان ملاطاً كلسياً.
- سيطرت على المنطقة خلال الميوسين بيئات الترسيبية المديّة، تليها في الانتشار بيئات الترسيب فوق المدّية، الشاطئية وفوق الشاطئية كالسبخات واللاغونات، وتكون البيئات العميقة أقلها انتشاراً. مع وجود لعدّة متتاليات رسوبية موجبة وسالبة في الميوسين، نتيجةً لتذبذب عمق البحر، وتتطور السحنات عموماً من الكربوناتية والغضارية إلى التبخرية الجصيّة والإنهدريتية.
- تكون تشكيلات دبانة، جريبة والانتقالية متأثرة بشدّة بالعمليات الدياجينيزيّة كالدلمتة والانحلال، التي حسّنت الخصائص الخزنية للصخور. فتكون المسامية الأولية بذروتها في السحنات الكلسية الدولوميتية لتشكيلتي جريبة والانتقالية، مع مسامية ثانوية شقيّة وفجويّة وقنويّة ناتجة عن الانحلال والدلمتة، مما يزيد من المسامية الكلية. تتغير النفاذيّة بتغير السحنة، وتتأثر أيضاً بالعمليات الدياجينيزية، وترتبط بشكل مباشر بالمسامية العالية. وتكون جميع المستويات في تشكيلتي جريبة، الانتقالية، وأسفل تشكيلة الفارس الأسفل متشربة بالنفط بنسب متفاوتة، المواصفات الخزنية المتفاونة، وتحتوي بعض المستويات في تشكيلة دبانة على كميات قليلة من النفط، معزولة من الأعلى والأسفل بالفواصل التبخريّة.

**وتوصي الدراسة بضرورة القيام بما يلي:**

- إجراء دراسة خزنيّة للمستويات الحاملة للنفط في تشكيلات الميوسين، لوضع تصوّر كامل عن الإمكانيات النفطيّة لهذه التشكيلات المأمولة في منخفض الفرات المركزي، وإعادة حساب احتياطياتها النفطية مع الأخذ بعين الاعتبار وجود كميات نفطية "غير محسوبة" ولا يستهان بها في تشكيلة دبانة.
- إجراء دراسة ميكروبنيوية على تشكيلة دبانة التبخريّة، لوضع علاقة عالمية بين الميكروتكتونيك والقدرة الصخرية على خزن وإنتاج النفط، وكذلك على النفاذية بشكل عام.
- القيام بتحويل الآبار الاستكشافية، المخترقة لتشكيلات جريبة والانتقالية، إلى آبار إنتاجية، لزيادة الإنتاج وتوفير كلفة حفر آبار إنتاجية جديدة، واستهداف تشكيلتي جريبة والانتقالية في المنطقة.

- إجراء دراسة جيوفيزيائية سيزمية على الأعماق الافتراضية لتشكيلتي الجربة والانتقالية، للبحث عن أي تكوينات أو بنيات قد شكّلت مصائد نفطية، حيث أن الأحواض الترسيبية السائدة خلال الميوسين هيأت لتشكل سحنات رسوبية مغطية وخازنة ومولّدة للنفط في هذه التشكيلات، بمنخفض الفرات المركزي.
- العمل على حفر أو تعميق بئر استكشافية واحدة على الأقل تصل حتى أسفل الكريتاسي (تشكيلة الرطبة) الذي يمثل منطقة آمال نفطية عالية في منخفض الفرات المركزي.
- استثمار الصخور التبخرية (الجص والإنهدريت) العائدة لتشكيلتي الفارس الأسفل ودبانة في صناعة مواد البناء والزينة، كون بعض مستوياتها نقية جداً، ومتوافرة بكثرة في منخفض الفرات المركزي.

## المراجع References


1- الشركة السورية للنفط. (1984-2011). التقارير الجيولوجيّة والفنية. سورية، دمشق: مكتبة الشركة السورية للنفط (تقارير غير منشورة).

2- العاسمي، عدنان. (2009). النفط والغاز في سورية والآفاق المستقبلية، مديرية الاستكشاف في الشركة السورية للنفط. سورية، دمشق: مكتبة الشركة السورية للنفط.

3- ماميتة، ب. (2010). بترولوجيا الصخور الرسوبية. سورية، اللاذقية: منشورات جامعة تشرين.

4- ماميتة، ب. (2012). مبادئ جيولوجيا النفط. سورية، اللاذقية: منشورات جامعة تشرين.

5- مشرف، م. ع. غ. (1987). أسس علم الرسوبيات. المملكة العربية السعودية، الرياض: منشورات جامعة الملك سعود.

6- المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية - سورية. (1986). الخارطة الجيولوجية لسورية، رقعة سورية، مقياس 1:1000000، الطبعة الثانية. سورية، دمشق، مكتبة المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية.

7- Brew, G, Litak, R., Seber, D., Barazangi, M., Sawaf, T. & Zaza, T. (1997). Summary of the geological evolution of Syria through geophysical interpretation: Implications for hydrocarbon exploration. The Leading Edge, vol. 16, No. 1, 1473-1482.

8- Choquette, P. W. & Pray, L. C. (1970). Geological Nomenclature and Classification of Porosity in Sedimentary Carbonates. Am. Ass. Petrol. Geol. Bul. Vol. 54, No. 1, 207 – 250.

9- Dunham, R. J. (1969). Classification of Carbonate Rocks According to their Depositional Texture, In Classification of Carbonate Rocks, Ham, W. E. (eds.), Gel Mem. A. A. P. G., Tulsa. No. 1, pp 108 – 121.

10- Folk, R. L. (1959). Practical Petrographic Classification of Limestone. Amer. Assoc. Petroleum Geol. Bull. Vol. 43, pp. 1- 38.

11- Folk, R. L. (1962). Spectral Subdivision of Limestone Types. In: Ham, W. E. (ed.). Classification of Carbonate Rocks. Amer. Assoc. Petroleum Geol. Mem. No .1, pp. 62 – 84.

12- Gebelein, C. D., Steinen, R. P., Garret, P. P., Hoffman, E. J., Queen, J. M. & Plummer, L. N. (1980). Subsurface Dolomitization Beneath the Tidal Flats of Central West Andros Island, Bahamas. In: Concepts Models of Dolomitization (Ed. by Zenger, D. H.; Dunham, J. B. & Ethington, R. L.). Spes. Publ. Soc.Econ. Paleont. Miner. No. 28, pp. 31– 49.

13- James, N. P. (1984). Introduction to Carbonate facies models. in R. G. Walker (ed), Facies models: Geoscience Canada Reprint Ser. No 1, 209 – 212.

14- Kaufman, J. (2005). Environment Sedimentation and Stratigraphy, Lecture N°14,Geol, 342.

15- LITAK, R. K., BARAZANGI, M., BEAUCHAMP, W., SEBER, D., BREW, G., SAWAF, T. & AL-YOUSSEF , W. (1997). Mesozoic-Cenozoic evolution of the Intraplate Euphrates fault system, Syria: Implications for regional tectonics. Journal Geological Society, London, 154, 653-666.

16- LITAK, R.K., BARAZANGI, M., BREW, G., SAWAF, T., AL-IMAM, A. & AL-YOUSSEF, W. (1998). Structure and Evolution of the Petroliferous Euphrates Graben System, Southeast Syria. AAPG Bulletin, V. 82, No. 6, p. 1173-1190.

17- Milliam, J. D. Marine Carbonate. Recent Sedimentary Carbonates, pt. 1. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, XIV, 375, 1974.

18- Purser, B. H. (1973). Relation Entre les Caracteristques Lithologiques et Petrophysiques des Roches Carbonatees. Synthese Bibliographique. Entreprise de Recherches et D'Activites. Institut Francais du Petrole (I.F.P), 234.

19- Purser, B. H. (1983). Sedimentation et Diagenese des Carbonates Nertiques Recents. (Tome2). Societé des Editions Technique, Paris, Cedex 15.

20- Purser, B. H., Tucker, M. & Zenger, D. (1994). Dolomites, A Volume in Honour of Dolomieu. Special Publication Number 21 of the International Association of Sedimentologists. Published by Blackwell Scientific Publications. Ocford, London, Edinburgh, Boston, Melbourne, Paris, Berlin, Vienna, 451.

21- SAWAF, T., Al-SAAD, D., GEBRAN, A., BARAZANGI, M., BEST, J., & CHAIMOV, T., (1993). Stratigraphy and structure of Eastern Syria across the Euphrates depression. Tectonophysics 220: 267 – 281.

22- Sawaf, T., Brew, G.E., Litak, R.K. & Barazangi, M. (2000). Geologic evolution of the intraplate Palmyride Basin and Euphrates fault system, Syria. In Cavazza, W., Robertson, A. & Ziegler, P. (Eds.), Peritethyan rift/wrench basins and margins, PeriTethys Memoir #6, in press, Museum National d'Historie Naturelle, Paris.

23- Sibley, D. F. & Gregg, J. M. (1984). Epigenetic Dolomitizationand the Origin of Xenotopic Dolomite Texture. J. Sedim. Petrol, No. 54, 908 – 931.

24- Tucker, M. E. & Wright, V. P. (1990). Carbonate Sedimentary, Blackwell scientific Publications, Editorial Offices: Osney Mead, Oxford, U. K., 428.