----- المجلة العراقية الوطنية لعلوم الأرض، المجلد ١٢، العدد ١، ص ٥٩-٧٢ ، ٢٠١٢----

دور العمليات التحويرية في تطوير كبريتات تكوين فتحة العقدية كصخور غطاء نفطية

عبدالعزيز محمود الحمداني رنا عبدالاله محمود محمد

جامعة الموصل

كلية العلوم

قسم علوم الأرض

(تاريخ الاستلام ٢٠١١/٤/١٠ ، تاريخ القبول ٢٠١١/٧/١٧)

الملخص

من خلال دراسة كبريتات تكوين فتحة (Middle Miocene) بتروغرافياً وبتروفيزيائياً وسحنياً، وعبر سبعة مواقع سطحية وتحت سطحية مختارة في منطقتي الموصل وحقل كركوك، تبين أن العقد الكبريتاتية كانت ولا تزال تنمو إزاحياً وإحلالياً على حساب المسامات المتاحة والمواد المضيفة. وان هذا النمو المتواصل للعقد قد أدى، ومنذ ترسيبها ولا يزال، الى تضاغطها والتحامها التدريجي وصولاً الى حالة الطبقة الكبريتاتية الكتيمة غير المسامية. وبذلك يتضح، ومن خلال مقارنة طبيعة انتشار المواد البتيومينية في مختلف أطوار السحنات التحويرية الإنمائية، أن للعمليات التحويرية دورا مهما في احتباس الهيدروكاربونات في الوحدات المسامية التي تسفلها، وان هذا الدور يزداد بتقدم مراحل النمو التحويري للعقد الكبريتاتية وتراصها. ويعتقد أن المواد البتيومينية التي تتضمنها بعض تلك العقد الكبريتاتية المركبة والمواد المضيفة المغلفة لها في قواعد بعض الطبقات الكبريتاتية ما هي الا بقايا الهيدروكاربونات التي تسربت مبكراً من الطبقات الكاربوناتية الخازنة التي تسفلها، الا انها توقفت لاحقاً مع تنامي العقد الكبريتاتية والتحامها، وتضاغط المواد البينية المضيفة، بل وتلاشيها المتدرج.

Role of The Diagensis in Evolution of Fat'ha Formation as Petroleum Cap Rocks

Abdul-Aziz M. Al-Hamdani Rana A. M. Mohammad

Department of Geology

College of Science

Mosul University

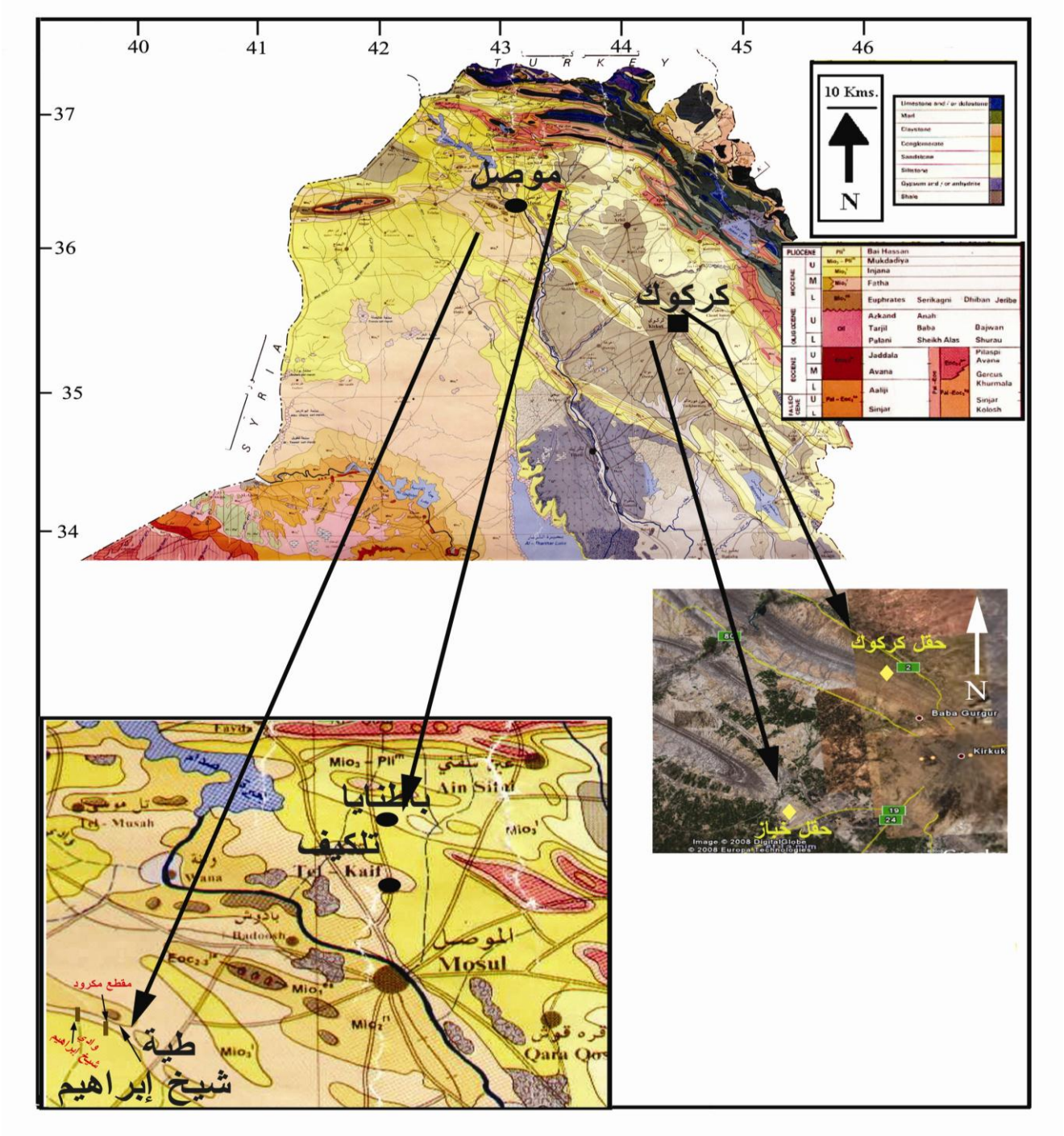
ABSTRACT

Petrographical, petrophysical and facies studies of seven surface and subsurface locations of Fat'ha Formation from Mosul area and Kirkuk oil field, reveal that the diagensis played an important role in the evolution of the nodular sulfate as petroleum cap rocks; and this role increases with an increase of diagenetic growth and compaction. The occasional presences of bitumen inclusions within both, nodules and the host material of some sulfate bed bases is thought to be formed due to early leakage of the hydrocarbon through the host material. This leakage was gradually diminished and finally stopped due to the growth and the packing of the sulfate nodules and the disappearance of the most of the host material.

المقدمة

أختيرت سبع محطات نمذجة، وليست مقاطع صخرية، لتنفيذ متطلبات الدراسة الحالية، وذلك بواقع أربع محطات سطحية وثلاث محطات تحت سطحية. وقد اقتصرت المحطات السطحية الأربع (مقالع ووديان) على أطراف مدينة الموصل، والتي هي تلكيف (١٠ عينات) و باطنايا (٦ عينات)، والأُخريان على هيئة اودية عمودية على مضرب الطرف الجنوبي لطية الشيخ إبراهيم، وهما: وادي مكرود (١٧ عينة) ووادي قرية الشيخ إبراهيم (٨ عينة). أما المواقع تحت السطحية الثلاث (٢٠ عينة)، فان اثنان منها يقعان في حقل كركوك، في حين يقع الثالث في حقل خباز (الشكل ١). وأُجتهد أن يكون توزيع هذه المواقع توزيعاً ممثلا لأجزاء متباينة من الحوض.

تُعرف صخور الغطاء (Cap rocks) بصخور السقف (Roof rocks) أو صخور الحائط (Wall rocks). ومن المعروف أن صورة المصائد النفطية وكفاءتها لا تكتمل إلا بوجود صخور غطائية حابسة (Seal) مُحكمة. وحالياً، بات معروفاً ان بإمكان أية صخرة غير نفاذة أداء دور الحاجز الغطائي. وعليه، فان الصخور الحابسة قد تكون مسامية وقد تكون مشبعة بالبتيومين، لكنها وبسبب فقدانها للنفاذية أصبحت صخوراً غطائية. وبالمقابل، فان الطفال (Shale) ورغم كونها مسامية، إلا إنها وبسبب دقة حبيباتها فإنها تمتلك قوى شعرية (Capillary) جذبية عالية تحول دون انسياب الموائع من خلالها بآلية الخاصية الشعرية، فتعد بذلك من الصخور الغطائية الشائعة. ومع ذلك، يؤكد (Selley, 2005) وغيره من الباحثين في هذا المجال أنَ المتبخرات، مقارنة بهذه الصخور وغيرها، تُعد الصخور الغطائية الأكثر فعالية والأعلى كفاءة. وقد يعود ذلك في جانب منها الى تجانسها المعدني المعروف.



الشكل ١: خارطة العراق الجيولوجية موضحاً عليها مواقع المقاطع المختارة (عن المنشأة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، ٢٠٠٠). أما الجزء المكبر الخاص بحقلي كركوك وخباز فانه ممثل بصورة جوية (عن Google, 2008).

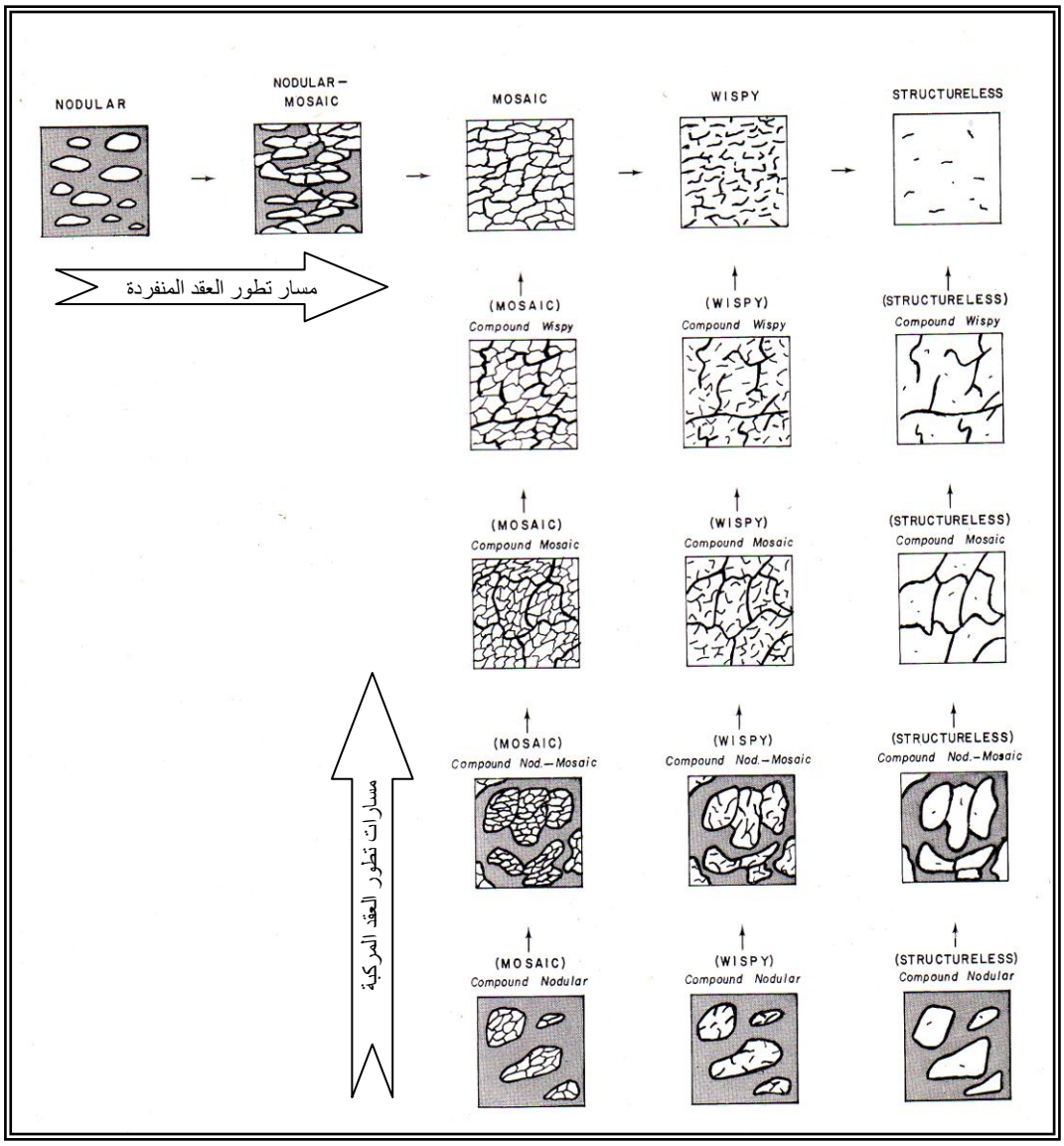
يُعزى الاهتمام الجيولوجي الكبير بالترسبات الجبسومية والانهايدرايتة العقدية إلى ما لهذا النوع من الكبريتات من شيوع وأهمية كبيرة في السجلات والدراسات الطبقية، من جهة ودور تحكمي حاسم في تقييد حركة الهيدروكاربونات وتحديد مسارات هجرتها وتوطينها في مواضع بعينها دون أخرى، من جهة اخرى. ونظراً لتجسّد هذا الدور وتَمثّله بكبريتات تكوين فتحة في تتابعات حقول منطقة الشرق الاوسط النفطية. فان هذه الدراسة تهدف، وعبّر تشخيص الأصناف العقدية المؤلفة لهذه الكبريتات، إلى تسليط الضوء على آليات نمو العقد الكبريتاتية وطبيعة تطور أنسجتها، وصولا الى تشخيص دور هذا النمو التحويري في تحديد كفاءة هذه الصخور، سواءً في توجيه هجرة الهيدروكابونات أم في تموضعاتها المكمنية. وتعد هذه الدراسة جزءاً مستلاً من اطروحة رسوبية شاملة في صخرية وبتروغرافية تكوين فتحة في شمالي العراق (محمد علي، ٢٠٠٩).

خصائص العقد والطبقات الكبريتاتية

ارتأتْ الدراسة الحالية أن يكون تصنيف كبريتات تكوين فتحة حقليا وتبعاً لنظام (Holliday, 1971) بشكل أساسْ (الشكل ٢). إلا انها رأت أنَ مقارنة مصنفات هذا النظام مع نظامي: (Maiklem *et al.*, 1969) و(Meyer, 2005) المجهريات والاستعانة بهما أحياناً تعد ضرورية في إلقاء المزيد من الضوء على الجوانب الخافية في مصنفات (Holliday, 1971)، لاسيما عند تعلق الامر بالخصائص البتروغرافية.

تتألف غالبية متبخرات تكوين فتحة من الكبريتات العقدية مع بعض المصمتة أو الكتلية (Massive gypsum) والقليل من الكبريتات الليفية (Satin-Spar) أو ما يعرف بـ (Fibrous gypsum) والصفائحية (Selenite). وتبعا لتصنيف (Holliday, 1971) المعتمد، فان الكبريتات العقدية والمصمتة تكون عادة على هيئة سُكرية متكتلة بيضاء ناصعة على الرغم من تلونها أحياناً، وتبعاً لمحتواها من الشوائب، بألوان أخرى. وتُحاط هذه العقد بأغلفة أو أشرطة طينية أو جيرية ذات ألوان مختلفة. وبذلك، تُشكل كبريتات تكوين فتحة العقدية طبقات ذات دروز ملونة وسماكات متباينة جداً تمتد ما بين (0.1–50) متراً. وهذا يتوافق تماماً مع ما وصفه الباحثين (Aljubouri and Sulayman, 1996).

تُعد غالبية كبريتات تكوين فتحة في مناطق أنتشارها المختلفة من النوع العقدي الإلتحامي المحتفظ برقائق أثرية من المواد الحشوية اللاكبريتاتية المُغلِفة للعقد المتراصة. وغالباً ما تكون هذه العقد أسطوانية أو إصبعية الشكل عمودية على سطح التطبق في مستهل الطبقة، حيث الوفرة النسبية للمواد المضيفة، وبأشكال شبه كروية مضغوطة في أجزائها العليا، حيث الشحة النسبية للمواد المضيفة (محمد علي، ٢٠٠٩).



الشكل ٢: مخطط تصنيف الجبسوم العقدي تبعاً لمساراتها التحويرية المحتملة (Holliday, 1971).

إجمالاً وجد، وبإعتماد أنظمة التصانيف أعلاه، أن أصناف التراكيب النسيجية الشائعة في كبريتات تكوين فتحة هي: العقدي (Nodular) والموزائيكي العقدي (Nodular Mosaic) والموزائيكي (Mosaic) والخيطي (Wispy) والمصمت (Structureless) وأصناف بينية أُخرى ناجمة عن التدرج التحويري لهذه التراكيب فيما بينها. ويلاحظ عموماً أنه في حالة الاصناف العقدية الاولية تكون العقد الكبريتاتية متباعدة والمواد اللاكبريتاتية المضيفة وافرة (لوحة ١). اما في حالة الأصناف الموزائيكية والخيطية والمصمتة فان العُقد تكون متراصة تماماً بفعل التحامها الجزئي أو الكلي (لوحة ٢). ومن الجدير بالإشارة، أن أصناف التراكيب النسيجية التي تعكسها طبيعة ترابط العقد الكبريتاتية مع المواد

الحشوية المضيفة تكون إلى حدٍ ما متجانسة، ولا تتغير الى صنف آخر ضمن الطبقة الواحدة نفسها الا بصورة متدرجة. فمثلاً عندما تكون الطبقة الكبريتاتية مؤلفة أساساً من الصنف الموزائيكي فإنها قد تتدرج أحياناً، ولا سيما باتجاه اعالي الطبقات الى الصنف الخيطي، وهكذا بالنسبة لبقية الأصناف (محمد علي، ٢٠٠٩).

تتباين أحجام العقد المنفردة وأشكالها في كبريتات تكوين فتحة أحياناً ضمن نفس الطبقة الجبسومية/ الانهايدراتية، حتى عندما تكون الطبقة ذات تركيب متماثل. وعند التدقيق ملياً في طبيعة تراكيب بعض الطبقات المنكشفة يُلاحظ أن بعض العقد الجبسومية الكبيرة الحجم (أكثر من ٥ سنتمترات) ما هي في حقيقة الأمر إلا عقد مركبة (Compound Nodules) مؤلفة من التحام عقدتين او اكثر بصورة جزئية أو كاملة. فهي على الرغم من كونها مُحاطة من الخارج بغلاف طيني أو جيري موحد، إلا أنَ التدقيق فيها يظهر تركيباً داخلياً موزائيكياً أو خيطياً. ويعد مصطلح العقد المركبة تعبيراً وصفياً لأشكال عقدية متنوعة، إذ يبدو أن معظم العقد التي تتجاوز أقطارها حاجز السنتمترين، بل وأحياناً دون ذلك هو من نوع العقد المركبة، حتى وان بدتْ للعيان من دون تراكيب واضحة (Structureless). و بذلك يتضح أن العقد الصغيرة المكونة للعقد الكبيرة قد التحمت تحويرياً فيما بينها بصورة تامة أو شبه تامة، بحيث أدت بالنتيجة الى إضمحلال معالم حدودها الخارجية. وأسوةً بمسار تطور صنف العقد المنفردة طبقاً لمسار مخطط (Holliday, 1971)، فان صنف العقد المركبة يُظهر هو الاخر درجات متباينة من درجات التحام ورص (Packing) العقد، وبالتالي أنواعاً متعاقبة من التراكيب العقدية (الشكل ٢). وهذا يتفق مع ما ذكره (Aljubouri, 1972) حول العقد المركبة (Composite nodules) لجبسوم العصر الترياسي في شرق وسط انكلترا.

تتصف طبقات الكبريتات العقدية بتدرج سطوح تماسها السفلى، حيث إنها تتجلس عادةً تدريجياً على طبقة طينية أو مارلية أو مارلية جيرية أو جيرية أو جيرية متدلمته . أما طبيعة سطوحها العليا فإنها تكون عادةً حادة وغير متدرجة ، حيث تعلوها ترسبات مارلية حمراء أو خضراء/ كاربوناتية في تتابعات العضو السفلي للتكوين (Lower member) وترسبات طينية حمراء على الأغلب في تتابعات العضو العلوي (Upper member). وتُظهر بداية الطبقات الكبريتاتية تطبقاً نحيفاً يبلغ معدل سمك طبقاته حوالي العشرة سنتمترات في جزئها الأسفل، يفصل بين واحدة وأخرى رقائق مارلية/ كاربوناتية أو جبسومية ثانوية (Satin-spar) . إلا أن التطبق يزداد سمكاً نحو أعلى الطبقة ليصل سمك الواحدة منها إلى ما يقارب حاجز المترين.

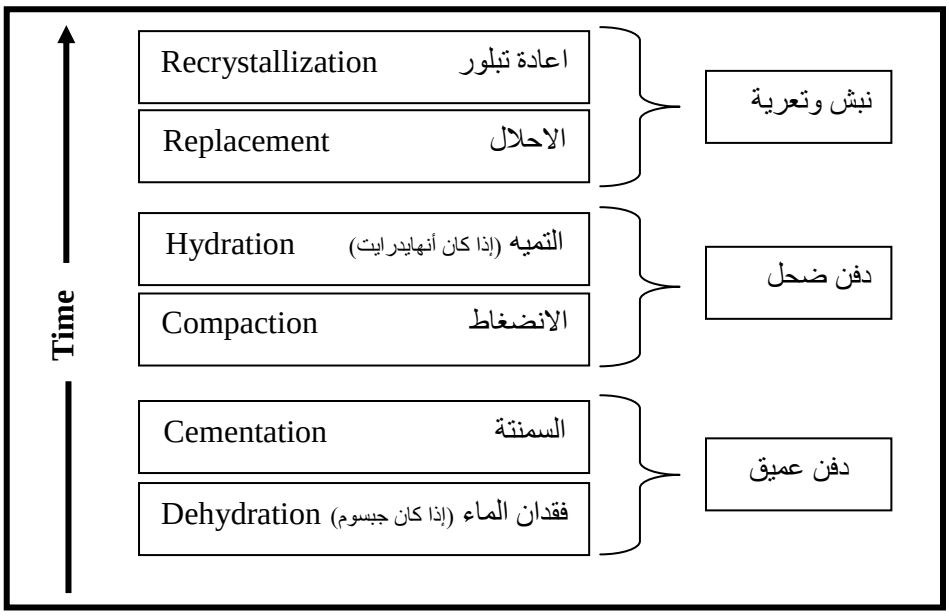
تزخر الطبقات الجبسومية العقدية بالكثير من المظاهر والتراكيب والانسجة الرسوبية الناجمة عن تحول طور الأنهايدرات الى طور الجبسوم. ومن أبرز هذه المظاهر عروق الجبسوم الإليافي (Fibrous gypsum) والصفائحي (Selenite) والقبب (Domes) المختلفة الأحجام والأشكال والتراكيب المعوية

(Enterolithic structures). أما الطبقات الانهايدرايتية العقدية فإنها تتميز بالمظاهر الناجمة عن تحول طور الجبسوم إلى طور الأنهايدرايت، مثل التشققات الانكماشية والكهوف المختلفة الأبعاد والاشكال. كما تتوارد في بعض الطبقات الجبسومية والانهايدرايتية عدسات مارلية وجيرية في تتابعات العضو السفلي للتكوين وعدسات طينية حمراء ومارلية خضراء وجيرية رمادية في تتابعات العضو العلوي (Mustafa, 1980) و(محمد علي، ٢٠٠٩).

العمليات التحويرية

نظراً لحساسية الكبريتات المفرطة للعمليات التحويرية فإنه من النادر العثور عليها في الترسبات القديمة بنسيجها أو بمعدنيتها الأولية. وما التباين السحني والنسيجي الكبير في كبريتات تكوين فتحة الا انعكاس لتباين شدة تأثيرات العمليات التحويرية وتعدد مساراتها التطورية الناجمتين عن تباين الظروف والمواقع. وبالرغم من التسليم أنَ معدنية الكبريتات الأولية للتكوين لا تزال، شأنها شأن كل الكبريتات القديمة، غير محسومة لصالح الجبسوم أو الأنهايدرايت، فإن المؤكد انها قد خضعت ومنذ بداية ترسيبها ولغاية الوقت الحالي، إلى آليات ومسارات تحويرية مختلفة. وباستخدام الأنظمة التصنيفية المعتمدة على التراكيب والانسجة، ولا سيما نظام (Holiday, 1971)، فإن تشخيص المرحلة التحويرية للطبقات الكبريتاتية عمودياً وجانبياً يصبح أمراً ممكناً.

تُشير سمات كبريتات تكوين فتحة ومعالمها الحالية، سواءً السطحية منها أو التحت سطحية، إلى أنها، وطيلة العصور التي تلت ترسيبها، قد عانت وعبر مسارات مختلفة درجات مُتباينة من التغيرات التحويرية. وعموماً، يُعتقد أن كبريتات تكوين فتحة ما هي الا صخور ثانوية عاكسة لتأثيرات المراحل التحويرية التي مرت بها. كما يُعتقد ان العمليات التحويرية ومساراتها التي حددت نوعية التحويرات في كبريتات تكوين فتحة وتسلسلها كانت تتباين تبعاً لدرجتي الدفن والنبش (Exhumation). وطبقاً لـ(محمد علي، ٢٠٠٩) فإن أبرز العمليات التحويرية التي شُخصت في كبريتات تكوين فتحة هي عمليات: فقدان الماء (Dehydration) والسمنتة (Cementation) والانضغاط (Compaction) والتميه (Hydration or Gypsification) والإحلال (Replacement) وإعادة التبلور (Recrystallization). ويوضح (الشكل ٣) التسلسل الزمني المقترح لحدوث هذه العمليات.



الشكل ٣: التسلسل الزمني المقترح للعمليات التحويرية في كبريتات تكوين فتحة.

كبريتات تكوين فتحة كصخور غطاء للبترول

طبقاً للنتائج المختبرية لـ(محمد علي، ٢٠٠٩)، فإن مسامية العينات الكبريتاتية النقية لا تتجاوز (١%) ونفاذيتها ($7 * 10^{-5}$ cm/sec)، في حين تصل مسامية الجيريات المتاخمة لها الى (١٧%). وطبقاً للأنظمة التصنيفية المعروفة، فإن هذه القيم تصنف بالمسامية المهملة (Negligible) وبالنفاذية الواطئة (Low) في الكبريتات، وبالمسامية الجيدة (Good) في الجيريات. وعليه، يعتقد أنَ سحنة الكبريتات العقدية تتصف بالكفاءة العالية في حبس الهيدروكاربونات مقارنةً بالصخور الجيرية المتناوبة معها.

طبقاً لـ (Shearman and Fuller, 1969) فان أحجام العقد الجبسومية/ الانهايدراتية تُعد ابتداءً دالة لنفاذية الرسابة المضيفة لها (الحشوة). وبذلك أكد هذان الباحثان أن نشأة التراكيب الكبريتاتية ذات العقد الكبيرة كتراكيب مشبك الدجاج (Chicken-wire structures) والتراكيب المعوية (Enterolithic structures) تتشكل حصراً في الكبريتات ذات الحشو الحبيبي (Granular matrix)، أي المتسمة بالنفاذية المسهلة لتوغل المحاليل. وبالمقابل لاحظ هذان الباحثان أنَ صفة العقد الجبسومية الصغيرة ملازمة للكبريتات ذات الحشوات العضوية الدقيقة غير النفاذة. وينسجم الجزء الثاني من هذه الرؤية مع استنتاجات (Hussain and Warren, 1989) القائلة بأنَ أحجام العقد الجبسومية الموجودة ضمن الرسابة المضيفة الغنية بالمواد العضوية لا تتعدى حاجز الـ(0.5) سنتمتر.

تتصف غالبية كبريتات تكوين فتحة بعقدها الملتحمة الكبيرة الحجم الذي يصل الى حوالي (١٠) سنتيمترات وبأغلفتها المضيفة الحبيبية (Granular matrix). لذلك، وتأسيساً على ما سبق، يُعتقد أنَ الترسبات الكاربوناتية والطينية المضيفة في متبخرات تكوين فتحة كانت ابتداءاً ذات مسامية عالية نسبياً، مما مهدت السبل إلى تسريب بعض الهيدروكاربونات من خلالها. ومن جانب آخر، ونظرا لما هو معروف عن مثل هذه الأنسجة المفتوحة من سهولة توغل المحاليل من خلالها، فإن سرعة التنامي التحويري للعقد الكبريتاتية تؤدي بدورها وبمرور الزمن، الى التضاغط والإلتحام. وعليه، يعتقد أن هذا التراص والالتحام العقدي كان يؤدي تدريجياً إلى تدَني مسامية المواد المضيفة وتراجع نفاذيتها واقترابهما من الصفر، لتشكل مع الهيدروكاربونات التي سبق ان ملأت مبكراً مسامات هذه المواد سداً مانعاً أمام تسرب المزيد من الهيدروكاربونات.

يعزى تطور الأنسجة العقدية في الكبريتات إلى التحولات التحويرية من الجبسوم إلى الانهايدرايت وبالعكس (Butler, 1970). ففي حالة تحول الجبسوم إلى الانهايدرايت (Dehydration) فان درجة احتباس المحاليل الفائضة عن هذه العملية ضمن الأنسجة الانهايدراتية المتشكلة يعتمد بشكل أساس على نفاذية المواد المضيفة. الا أن هذه المواد، بالمقابل تكون سريعة التأثر بالمحاليل الناتجة، ولا سيما عندما تكون بنسيج خشن ذات مسامات مفتوحة. من هنا تتضح العلاقة الجدلية الموجودة فيما بين الأنسجة التحويرية وخاصية النفاذية (Sherman and Fuller , 1969) .

أظهرت الدراسة البتروغرافية للعينات تحت السطحية أن وجود المواد البتيومينية في بعض الصخور الانهايدراتية يُقتصر على مسامات المواد الحشوية اللاكبريتاتية المضيفة التي تغلف العقد. وتبيّن ان هذا الوجود البتيومييني يقتصر على الصخور الانهايدراتية ذات الأنسجة اللبادية (Felty) (لوحة ٣) والبوفيروبلاستية (Porphyroblastic) (لوحة ٤). وتؤدي هذه الظاهرة الى تدني نفاذية هذه الأنسجة الانهايدراتية، بل ربما الى تلاشيها، مما تجعلها تؤدي دوراً ايجابياً استثنائياً في عملية حجز الهيدروكاربونات.

أما الوجود البتيومييني في الطبقات الجبسومية فإنه مقتصر على بقايا رقائق المواد اللاكبريتاتية المغلفة جزئياً للعقد الالباسترية (لوحة ٥). وتبعاً لتصنيف (Holliday, 1971)، فإن أنسجة هذه الطبقات تظهر حقلياً على هيئة أنسجة أصناف: الجبسوم الموزائيكي والخيطي والمصمت. وهذا الاقتران ما بين هذه الأصناف والهيدروكاربونات يدعو الى الاعتقاد بوجود دور متميز لأنسجة مثل هذه الاصناف المتضاغطة في حجز الهيدروكاربونات ومنع تسربها، وكما تظهرها جلياً مكاشف طيّة الشيخ إبراهيم. وسجلت الدراسة الحقلية في هذه المكاشف هذين المقطعين، وتحديداً ضمن تتابعات العضو السفلي للتكوين، طبقات جيرية سميكة مسامية مشبعة وبصورة متجانسة بالمواد البتيومينية. وتقع هذه الطبقات الجيرية البتيومينية حصراً تحت طبقات الجبسوم الموزائيكية والخيطية والمصمتة. اذ يعتقد ان مثل هذه الاصناف الجبسومية المتضاغطة كانت تشكل قبل انكشافها سداً مانعا أو صخوراً غطائية (Cap

Rocks) للطبقات الجيرية الخازنة التي تسفلها (لوحة ٦). وهذه الاصناف هي نفسها التي تشكل صخور الغطاء للطبقات الجيرية الخازنة في حقل كركوك (لوحة ٧).

مناقشة النتائج

من المعروف ان التسريبات النفطية عبر الطبقات الكبريتاتية لا تتم الا من خلال مسامات المواد اللاكبريتاتية المضيفة للعقد الكبريتاتية. واتضح ان العمليات التحويرية التي مرت بها كبريتات تكوين فتحة ومنذ ترسيبها والتطورات النسيجية والسحنية التي تمخضتْ عنها ، قد أدت دوراً متبايناً في الكفاءة الغطائية للطبقات الكاربوناتية الخازنة للهيدروكاربونات. فمثلاً أظهرت الدراسة الحالية عموماً أنَ فقدان البلورات الجبسومية لجزيئاتها المائية (Dehydration) في الطبقات تحت السطحية قد أدى الى تقليص حجم الطبقة الانهايدراتية الناتجة، وبالتالي تشكّل التشققات الانكماشية و التكهفات المؤدية بدورها إلى تدني كفاءتها الغطائية. الا ان المحاليل الناتجة من هذه العملية و المتسربة عبر منافذ المواد المضيفة اللاكبريتاتية تعمل على ترسيب السمنت الكبريتاتي في تلك المنافذ الناقلة، وبالتالي جعل المواد المضيفة المحيطة بالعقد الكبريتاتة غير نفاذة.

عموما، تبين أن دور عملية السمنتة في الطبقات الكبريتاتية قد تمثل بإملاء الفراغات والتجاويف، وبالتالي اتلاف كافة المسامات الموجودة فيها، عاكسةً بذلك التأثير الايجابي للسمنتة في رفع الكفاءة الغطائية لهذه الترسبات. كما اتضح أنَ عملية الانضغاط تؤدي هي الأخرى دوراً ايجابياً في تحسين الكفاءة الغطائية للكبريتات، بل ويتصاعد هذا الدور مع تصاعد وتائر الإنضغاط ومرورها بمراحل نسيجية متنوعة وصولاً إلى مرحلة النسيج الالتحامي وفقدان المسامات البينية، بل وحتى أنحسار أو اختفاء المواد اللاكبريتاتية المضيفة نفسها. و عليه، بالأمكان تفسير وجود المواد البيتيومينية في مسامات المواد البينية المضيفة الفاصلة ما بين العقد الكبريتاتية بإفتراض التوغل المبكر للهيدروكاربونات الى تلك المسامات (لوحة ٨). و بذلك يتضح أن لاكتمال نمو العقد الكبريتاتية والتحامها وبلوغها مرحلة أصناف العقد الكبريتاتية: الموزائيكية والخيطية والمصمتة حسب تصنيف (Holliday, 1971) دوراً حاسماً في احتباس الهيدروكاربوات في الطبقات الجيرية التي تسفلها (لوحة ٧).

أما مظاهر عملية التميه التي حصلت في كبريتات تكوين فتحة فإنها تجسدت بالزيادة الحاصلة في حجم الطبقة الجبسومية الناتجة من هذه العملية. ويُعزى سبب هذه الزيادة إلى أكتساب كل جزيئة انهايدراتية جزيئتين من الماء، مما يؤدي إلى تنامي العقد الكبريتاتية حجمياً بصورة معتبرة. وتملأ هذه الزيادة الحجمية كافة المسامات والكهوف والفواصل والكسور والشقوق ومستويات التطبق، سواء بنتيجة النمو الحجمي للعقد أم بفعل ترسيب عروق الجبسوم الثانوي (Fibrous gypsum) أو (Selenite)

فيها. وهكذا، فإن هذه العملية بمجملها تؤدي هي الأخرى إلى رفع الكفاءة الغطائية للطبقات الكبريتاتية. وتتمثل مظاهر التميه في كبريتات تكوين فتحة بالأنسجة الجبسومية الموزائيكية والخيطية والمصمتة والعروق الجبسومية. ولا تختلف المظاهر التحويرية الناجمة عن عملية الإحلال (Replacement) في كبريتات تكوين فتحة عن المظاهر الناجمة عن التميه. وهي بذلك وتماماً كعملية التميه تؤدي دوراً ايجابياً في رفع كفاءة الكبريتات في احتباس الهيدروكاربونات. كما تُشارك عملية إعادة التبلور (Recrystallization) عمليتي التميه والإحلال في جعل كبريتات تكوين فتحة أكثر كثافةً و أقل مسامية وأكثر تماسكاً وذلك عبر نمو البلورات الجبسومية الالباستيرية ومرورها بكافة المرحل التطورية.

الاستنتاجات

تأسيساً على ما سبق ، يتضح أن العمليات التحويرية في اغلبها كالسمنتة والانضغاط والتميه والإحلال وإعادة التبلور قد ساهمت وبشكل فعال جداً في رفع الكفاءة الغطائية لكبريتات تكوين فتحة ، في حين أدَى بعضها القليل في جانب منها كعملية فقدان الماء دوراً سلبياً في هذا الصدد. وعموماً، تبين أن الكفاءة الإحتباسية لكبريتات تكوين فتحة تزداد بتقدم مراحلها التحويرية. حيث أن ذلك يعني نمو العقد الكبريتاتية وتراصها وإنضغاطها، من جهة وتلاشي لمسامات المواد اللاكبريتاتية المضيفة، من جهة أخرى. ويعتقد أن المواد البتيومينية التي تحصرها تلك العقد ضمن بقايا المواد اللاكبريتاتية المضيفة ما هي الا بقايا التسريبات النفطية المبكرة، والتي انقطعت لاحقاً مع تنامي العقد والتحامها. بل أن هذه البقايا البتيومينية ساهمت هي الأخرى لاحقاً مع العوامل المذكورة في أعلاه في رفع الكفاءة الإحتباسية للطبقات الكبريتاتية. فأصبحت بذلك كبريتات تكوين فتحة صخوراً غطائية للكثير من المكامن النفطية في الشرق الأوسط.

المصادر العربية

المنشأة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، 2000 . خارطة العراق الجيولوجية ، مقياس 1/1000 000 الطبعة الثالثة، بغداد، العراق.

محمد علي، رنا عبد الاله محمود، ٢٠٠٩. دراسة تصنيفية وتحويرية وبيئية لكبريتات تكوين فتحة (المايوسين الأوسط) في منطقتي الموصل وكركوك ودورها في احتباس النفط، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الموصل، كلية العلوم، ١٧٥ صفحة.

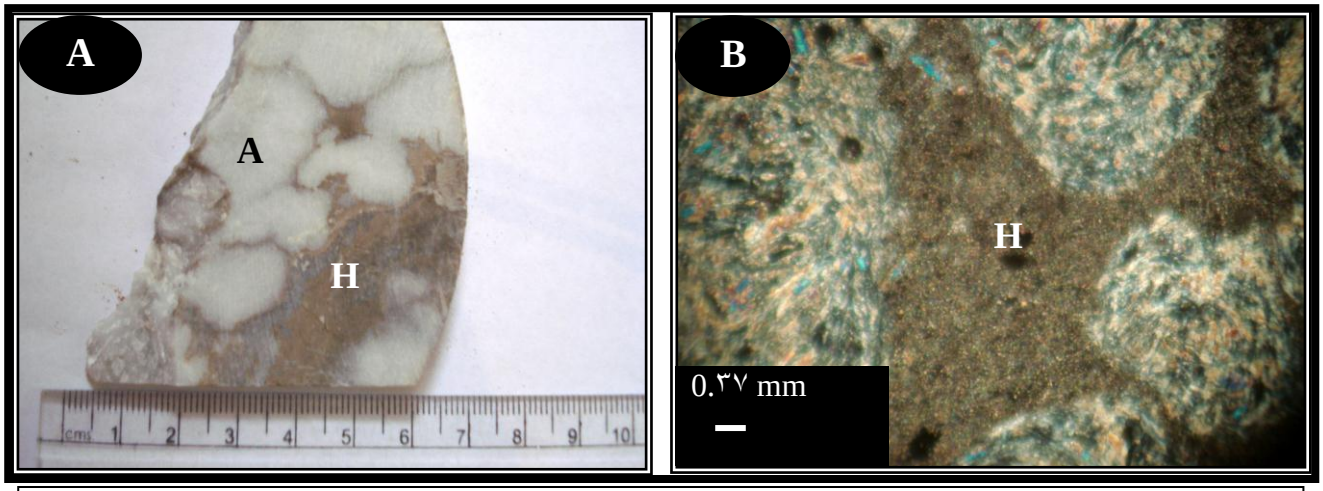
المصادر الأجنبية

Aljubouri, Z. A. J., 1972. Geochemistry, Origin and Diagenesis of Some-Triassic Gypsum Deposits and Associated Sediments in the East Midlands, Unpub. Ph. D. Thesis, Univ. of Nottingham, England, 460 P.

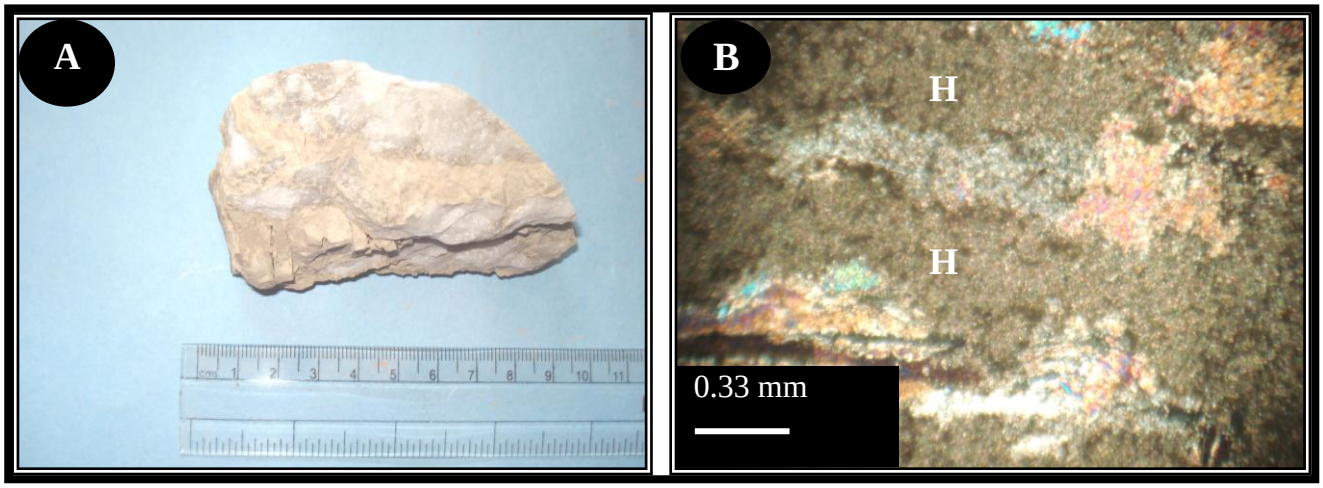
Aljubouri, Z. A. and Sulayman M. A., 1996. Mineralogy and Geochemistry of Gypsum Rocks of Fat'ha Formation at West
Butma Area, North Iraq, Raf. J. Sci., Vol. 7, No. 1, pp. 114-128.
Butler, G. P., 1970. Holocene Gypsum and Anhydrite of the Abu-Dhabi Sabkha, Trucial Coast: an Alternative Explanation of Origin, Proc. 3rd Symposium on Salt, Vol. 1, pp. 120-152 .
Google, 2008. Image LeadDog Consulting, Available, at : http://www. Merchantcircle. com/business/ Leaddog. Consulting. Accessed 1/4/2008.
Holliday, D. W., 1971. Origin of Lower Eocene Gypsum-Anhydrite Rocks-South Eastern St Andrew Jamaica, Applied Earth Science, Vol. 80, pp. 305-315.
Hussain, M. and Warren, J. K., 1989. Nodular and Enterolithic Gypsum : The "Sabkha – tization" of Salt Flat Playa, West Texas, Sedimentary Geology, Vol. 64, pp. 13-24.
Maiklem, W. R., Bebout, D. C. and Glaister, R. P., 1969. Classification of Anhydrite-a Practical Approach, Bull. of Canadian Petroleum Geology, Vol. 17, pp. 194-233.
Meyer, F. O., 2005. Gypsum-Anhydrite Classification, Carbonate Research Consulting, Inc., Available at: http://www.Crienterprises.com/ Edu_Classif_Evap. Accessed 4/8/2008.
Mustafa, A. A. M., 1980. Sedimentological Studies of the Lower Fars Formation in Sinjar Basin – Iraq, Unpub. MSc. Thesis, Coll. Of Sci., Univ. of Mosul, 122 P.
Selley, R. C., 2005. Elements of Petroleum Geology, 2nd ed., Elsevier Academic Press, London, 470 P.
Shearman, D. J. and Fuller, J. G., 1969. Anhydrite Diagenesis, Calcitization and Organic Laminates, Winnipegosis Formation, Middle Devonian, Saskatche Wan, Bull. of Canadian Petroleum Geology, Vol. 17, pp. 496-525.

لوحة ١: عقد جبسومية متباعدة مغمورة في وسط حشوة جيرية مضيفة (وادي شيخ إبراهيم).

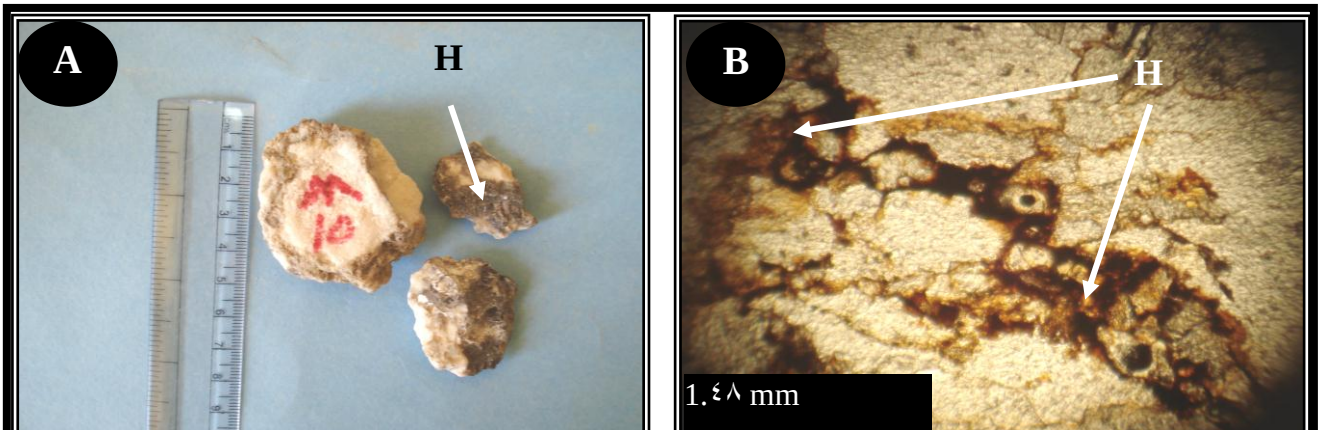
لوحة ٢: عقد جبسومية متراصة بفعل إلتحامها التحويري شبه التام (وادي مكرود).



لوحة ٣: (A): عينة أنهايدرات عقدي. (B): نسيج الأنهايدرايت اللبادي يوضح إقتصار التوغل الهيدروكاربوني (H) على الحشوة الكاربوناتية المضيفة (بئر كركوك K 139).

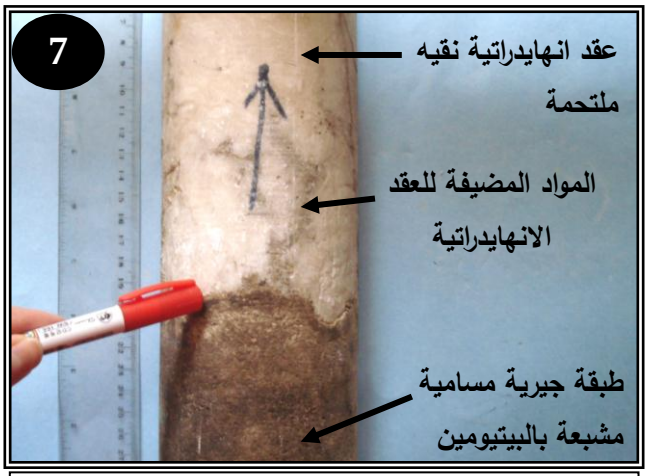


لوحة-٤: (A): عينة أنهايدرايت عقدية. (B): النسيج البورفيروبلاستي لعقد الانهايدرايت في (A) مغمورة في وسط وفرة من الحشوة الكاربوناتية المضيفة المشبعة بالهايدروكاربونات (H) (بئر كركوك K 144).

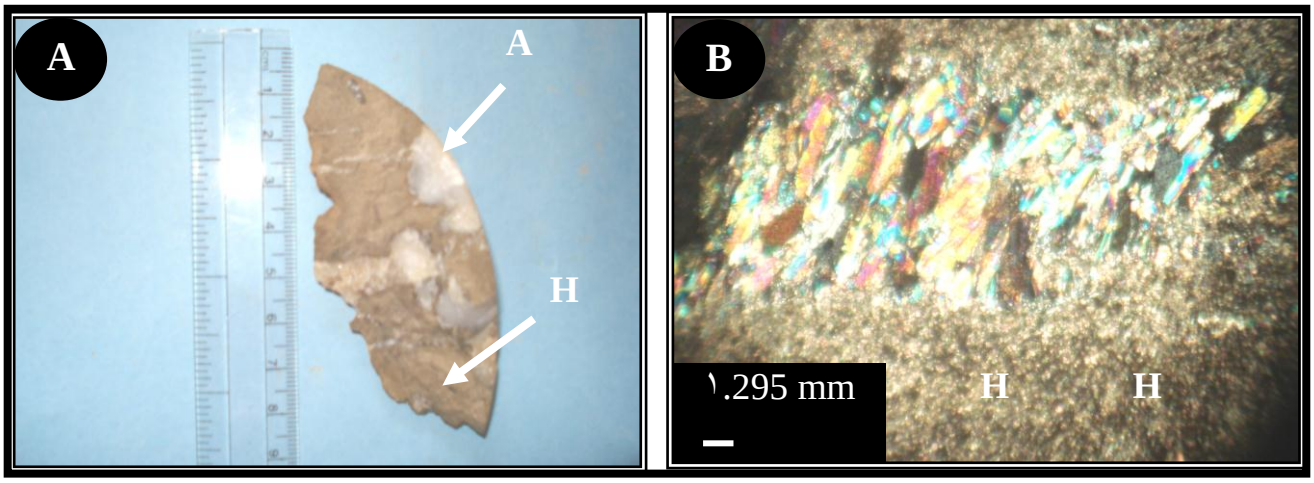


لوحة ٥: (A): عينة جبسوم عقدي. (B): تظهر التوغل الهيدروكاربوني (H) عبر مسامات الحشوة الكاربوناتية المضيفة (بئر كركوك K 144).

لوحة ٦: طبقة جيرية منكشفة غنية جداً بالمواد البتيومينية تعلوها غطاء جبسومي (خيطي - مصمت) (وادي مكرود).



لوحة ٧: لباب لتكوين فتحة في أحد آبار حقل كركوك يظهر طبقة جيرية خازنة للنفط تحصرها طبقة أنهايدراتية خيطية غير نفاذة.



لوحة ٨: (A): عقد أنهايدراتية عقدية. (B): النسيج العصوي (Bacillar) لعقد الأنهايدرايت في (A) مغمورة في وسط كاربوناتي مضيف تظهر طبيعة التوغل الهايدروكاربوني (H) المبكر (بئر كركوك K 139).