دراسة إمكانية تقليل فاقد الرشح باستخدام مواد هيدروفوبية

د.م. مسرور سليمان *

د.م. مصطفى المصري **

م. فيصل صبح ***

ملخص البحث

تهدف هذه الدراسة إلى تقليل فاقد الرشح أثناء حفر الآبار النفطية كونه يسبب العديد من المشاكل التي تعيق عمليات الحفر وتزيد من كلفة الحفر وتؤثر على إنتاجية البئر لاحقاً، ولقد تم إجراء العديد من التجارب المخبرية لتقليل فاقد الرشح عن طريق التأثير على كعكة الحفر بحيث تكون ذات مسامية ونفوذية منخفضتين قدر الإمكان وذات خواص مقاومة لارتشاح سائل الحفر عبرها.

حيث قمنا باستخدام بعض المخلفات الصناعية كزيت السيارات المستعمل والفحم الناتج عن تكرير النفط وتبين أن إضافة هذه المواد قللت من نفوذية كعكة الحفر وتسببت في جعلها كارهة للماء مما أدى إلى تقليل انتقال فاقد الرشح عبرها وبالتالي الحد من المشاكل المتعلقة به.

* أستاذ مساعد في قسم الهندسة البترولية كلية الهندسة الكيميائية والبترولية – بجامعة البعث .

** أستاذ مساعد في قسم الهندسة البترولية بجامعة البعث .

*** مهندس بترول في الشركة العامة لمصفاة حمص .

Abstract

This study aim to reduce mud filtrate while drilling oil wells, which cause a lot of problems that delay drilling operations and increase drilling cost and destroy the well productivity later, so we make a lot of experiments for reduce mud filtrate by effect on mud cake to make it have lower porosity and permeability as possible and make it resistance for filtration of mud through it. So we benefit of industrial detritus such of used cars oil and the coke resultant of petroleum refinement and discern that the addition of these materials reduce permeability of mud cake and make it water averse subsequently reduce mud filtrate through it and reduce problems that caused by it.

دراسة إمكانية تقليل فاقد الرشح باستخدام مواد هيدروفوبية

مقدمة:

أجمع العديد من الباحثين والعاملين في الحقول على الارتباط الوثيق بين فاقد الرشح والعديد من المشاكل التي تواجهها عملية الحفر ولاسيما الواقع الحقلي في الحقول السورية التي يشكل الغضار جزءاً أساسياً من مكوناتها ولاسيما الغضار الزاحف في طبقة الكوراشينا انهدريت وتناوبات الغضار مع الرمل قي طبقات أمانوس رمل والمرقدة المنتجة في أغلب الحقول السورية مما زاد من أهمية البحث والدراسة لتقليل فاقد الرشح وتبعاته السلبية ونظراً للدور الاستثنائي الذي تقوم به كعكة الحفر بالحد من وتيرة وحجم فاقد الرشح فقد وجهنا بحثنا لإيجاد أفضل السبل المتوفرة للحد من هذا الراشح.

وعلى أرضية الكم الكبير من المراجع ومراكز البحوث كمعهد مندلييف في موسكو التي درست الحواجز أو الأغشية وأهميتها في التطبيقات الصناعية مثل تنقية المياه من الشوائب وفصل العناصر المعدنية عن بعضها.

أوضح العديد من الباحثين خاصية مهمة لهذه الأغشية والحواجز تقوم من خلالها بإنجاز وظيفتها باحتجاز بعض المواد خلفها ومنعها من العبور من خلالها وعبر بعض الباحثين عن رأيهم بأن الانتقال هو انتقال انتقائي يتعلق بطبيعة كل من الحواجز والمواد التي تحاول العبور عبرها تحت تأثير فرق الضغط، والانتقائية هذه تحصل بغض النظر عن نفوذية ومسامية الحاجز وهذا ما تم تعريفه في المراجع العلمية بالهيدروفيلية (وهي المواد المحبة للماء) والهيدروفوبية (وهي المواد الكارهة للماء).

إن الغالبية العظمى من المواد التي تستخدم حالياً في الحقول لتقليل فاقد الرشح تعتبر مواد هيدروفيلية إنطلاقاً من البنتونايت إلى البوليميرات (CMC ، PAA ، سيليكات الصوديوم....) ويعول عليها من خلال تشكيلها أغشية قليلة النفوذية في بنية الكعكة إضافة إلى احتباسها واحتواء فراغاتها على الماء الحر للحد من انتقاله من البئر إلى الطبقة.

إلا أن هذه المنهجية بتقليل فاقد الرشح لم تكن كافية وفعالة بالحد من فاقد الرشح إلى المستوى الذي يجعلنا نتفادى مشاكل الحفر وهي كثيرة نذكر منها زحف الغضار بطبقة الكوراشينا انهدريت وتهدم طبقات الامانوس والمرقدة بسبب فاقد الرشح وتفاقم المشكلة مع الزمن عند التوقف لمعالجتها.

ومن هنا وجهنا بحثنا هذا عن مواد هيدروفوبية تدخل بمكونات سائل الحفر وتساهم بتشكيل كعكة حفر كارهة للماء ولاسيما أن العديد من الآبار الحديثة التي حفرت في الحقول السورية تم فيها استخدام سوائل حفر زيتية أسهمت إلى حد كبير بالحد من المشاكل المذكورة أعلاه إلا أن الكلفة العالية لسوائل الحفر الزيتية وصعوبات استخدامها حصر هذا الاستخدام بحفر بعض الطبقات المنتجة للحفاظ على مواصفاتها الخزنية وبالتالي الإنتاج منها.

وإن هذا الواقع الذي استعرضناه استوجب البحث عن مواد هيدروفوبية رخيصة تدخل بمكونات سائل الحفر وتساهم بتشكيل كعكة حفر ذات مواصفات هيدروفوبية تحد إلى حد كبير من فاقد الرشح المائي وتبعاته السلبية.

الارتشاح في البئر:

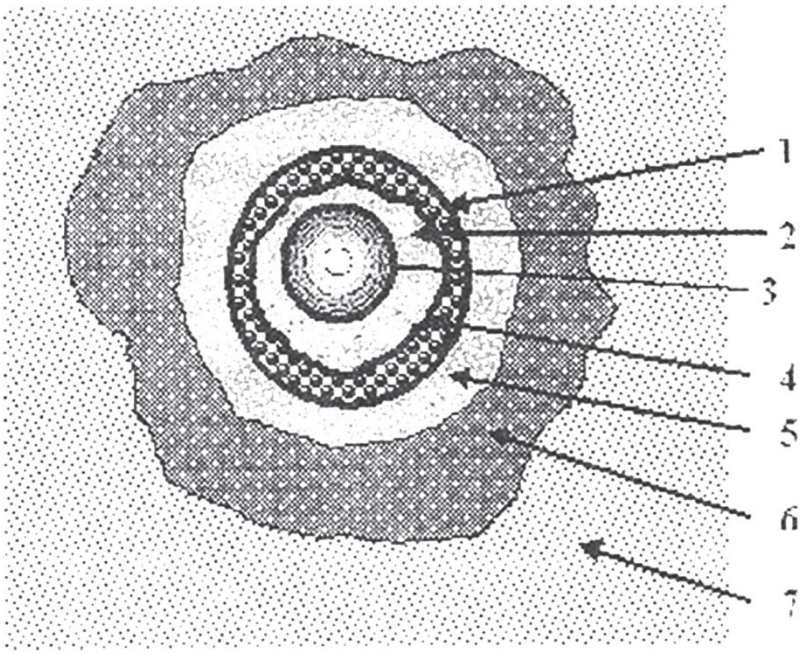
اتفقت معظم المراجع العلمية على تعريف الارتشاح في البئر بأنه عملية يتم من خلالها ارتشاح الطور المشتت لسائل الحفر عبر الوسط النفوذ (التشكيلات الصخرية لجدران البئر) بينما يترسب الطور المتشتت (الصلب) على سطح هذا الوسط تحت تأثير فارق الضغط بين البئر والطبقة النفوذة.[6]

ينتج عن عملية ارتشاح سائل الحفر تشكل ثلاث طبقات من حبيبات سائل الحفر على سطح الطبقة النفوذة أو في داخلها (انظر الشكل 1) . [2]

1- نطاق كعكة الحفر (دليل 4 على الشكل 2): والتي تتشكل نتيجة تراكم الطور الصلب على سطح الوسط النفوذ.وحسب العلاقة بين قطر حبيبات الطور الصلب وقطر مسام الوسط النفوذ يمكن للطور الصلب أن يتغلغل لمسافة معينة في مسام الصخر.

2- نطاق الكعكة الداخلية (احتشاء الطور الصلب) (دليل 5 على الشكل 2): والتي تنجم عن تغلغل جزء من الطور الصلب إلى الفراغ المسامي المجاور لجذع البئر.عمق هذا النطاق محدد بالعلاقة بين أبعاد الطور الصلب لسائل الحفر وبين أبعاد المسام وفارق ضغط الارتشاح.

3- نطاق تغلغل راشح سائل الحفر(دليل 6 على الشكل 2): وهو الجزء المحيط بجذع البئر والذي وصل إليه الطور المشتت لسائل الحفر،وتمتد في الطبقة عادة إلى حوالي بوصة واحدة. [6]



الشكل(1) غزو التشكيلة النفوذة بالجسيمات الصلبة لسائل الحفر

1 جدران البئر
2 الفراغ الحلقي
3 مواسير الحفر
4 كعكة الحفر
5 نطاق الكعكة الداخلية
6 نطاق غزو الراشح
7 الصخر النفوذ غير المغزو بالراشح

الآثار السلبية لارتشاح سوائل الحفر:

اتفقت المراجع العلمية على إن ارتشاح الطور المائي لسائل الحفر سوف يؤدي لظهور مشاكل تعيق عمليات الحفر وتنعكس على إنتاجية البئر لاحقاً نذكر منها:

1- التأثير على ثبوتية جدران البئر:

يؤدي راشح الحفر إلى انهيار الطبقات ضعيفة التماسك وتهدمها باتجاه البئر، وإلى انتفاخ الطبقات الغضارية النشطة وحتى إلى زحف البعض منها باتجاه البئر كطبقة الكوراشينا انهدريت، ويؤدي إلى انحلال التوضعات الملحية مسبباً توسعاً بقطر البئر وسلسلة أخرى من المشاكل لها علاقة بسمنتة البئر والقياسات البئرية. وجميع هذه الآثار تترافق مع حالات من استعصاء مجموعة مواسير الحفر وما قد ينجم عن ذلك من تأخير في إنجاز البئر وتكلفة مادية إضافية.

2- التأثير على النفوذية الطبيعية للمجالات المنتجة:

إن تغلغل الطور المائي في الوسط المسامي النفوذ وتشكل كعكة داخلية تطوق جذع البئر تؤثر سلباً على الخواص الارتشاحية الأولية للوسط المسامي، وذلك بسبب:

- اختصار القطر الارتشاحي الفعال للقنوات المسامية: نتيجة انتفاخ الحبيبات الغضارية المبعثرة في الفراغ المسامي أو امتزاز العناصر الكيميائية والإسفلتية على سطوح هذه القنوات.

– إغلاق قنوات الوسط المسامي: بسبب تغلغل الطور الصلب لسائل الحفر إلى مسافات كبيرة، أو ترسب نواتج تفاعل راشح سائل الحفر مع المياه الطبقية، وكذلك يمكن لسائل الحفر أن يغلق الشقوق الطبيعية ويتخثر ضمنها.

– نقص حركية السوائل الطبقية: في نطاق تغلغل راشح سائل الحفر وذلك بسبب تشكل المستحلبات المعقدة اللزجة على حدود تماس الراشح مع المائع الطبقي. كما أنه في نطاق تغلغل الراشح المائي لسائل الحفر تزداد درجة التشبع بالماء مقللة من النفوذية النسبية للنفط عند وضع البئر في الإنتاج.

– التأثير على نتائج الدراسات الجيوفيزيائية البئرية: ولاسيما قياس المقاومة الكهربائية والدراسات الصوتية.[6]

العوامل المؤثرة على ارتشاح سوائل الحفر:

تتأثر عملية الارتشاح بعدد كبير جداً من العوامل المؤثرة يمكن تصنيفها ضمن المجموعات التالية:

- الخواص البتروغرافية والفيزيائية للوسط النفوذ
- خواص وتركيب المائع الطبقي
- خواص وتركيب سائل الحفر
- خواص كعكة الحفر ونطاق تغلغل الطور الصلب

- ظروف الارتشاح(حرارة، فرق ضغط)
- زمن الارتشاح وشكله(سكوني، حركي)
- سرعة جريان سائل الحفر وخواصه التدفقية

هذا الكم الكبير من المؤثرات في حركية ارتشاح سوائل الحفر، تجعل من نمذجة هذه العملية رياضياً في غاية الصعوبة والتعقيد. بيد أنه من الممكن تبسيط هذه المهمة وتقييد القسم الأكبر من هذه العوامل بهدف إبراز العوامل الأكثر أهمية. حيث قمنا في هذا العمل بالتركيز على دراسة المواد الكيميائية التي تؤثر على نفوذية الكعكة وما يعرف في المراجع بالنفوذية الانتقائية وتأثير هيدروفوبية الكعكة* على عملية الارتشاح.[6]

دور كعكة الحفر في عملية الارتشاح:

أثناء حفر البئر يحصل انتقال لراشح سائل الحفر إلى الجزء المجاور للبئر وبنتيجة ذلك تتشكل على جدار البئر كعكة الحفر. خواص هذه الكعكة (مسامية، نفوذية، متانة، سماكة،....) يمكن أن تؤثر بشكل كبير على عملية الحفر وتتعلق بنوع سوائل الحفر. [23]

عمليات الارتشاح:

تحصل خلال تشكل الكعكة حيث يكون قطر المسامات والشقوق أكبر من 10 ميكرون وبنتيجة ذلك يمكن أن يتسرب من خلالها بالإضافة إلى المحلول المواد المنحلة وحتى الجزيئات الصلبة الصغيرة.

* الحد من الراشح عبر الكعكة بسبب تشكل حاجز كاره للماء.

الارتشاح الشعري:

عملية يتم فيها فصل جزيئات المعلقات الكبيرة والصغيرة (قياس0,1 –10ميكرون)عن المحلول وهو يشغل موقع متوسط بين الارتشاح الكبير والعادي.

الارتشاح الكبير:

وفيه يحصل عملية فصل الجزيئات المنحلة ذات الوزن الجزيئي الكبير (وهي أكبر ب500 مرة من حجم جزيء المحلول) وذلك بفعل الضغط الخارجي حيث حجم جزيء المحلول في هذه الحالة ينبغي أن يكون أقل بكثير من حجم الجزيئات المنحلة التي تم احتجازها. بمقدار ما يتم تراص الجزيئات المنحلة بقوة فإن هذا يساعد في تشكيل غلاف من الجل (الهلام) على سطح الحاجز حيث ينخفض تدفق المحلول بشكل واضح.[20]

أثبت الدارسون لخواص كعكة الحفر تجريبياً العلاقة مابين خواص الكعكة وفرق الضغط الذي بموجبه تشكلت الكعكة ونوع المواد الكيميائية والمواد الصلبة التي تدخل في تركيبها.[17]

عند معالجة المحلول بالمواد الكيميائية الهيدروفيلية CMC ، PAA، سيليكات الصوديوم.....وبعض المواد الهيدروفوبية فإن نفوذية الكعكة تنخفض بشكل حاد[18].

قطر المواد الصلبة في سائل الحفر تؤثر تأثيراً كبيراً على نفوذية كعكة الحفر. [16]

المثقلات مثل البارايت والهيماتيت تؤدي إلى زيادة سرعة الارتشاح.[14]

*خاصية الكعكة بامتلاك المقدرة على احتجاز الجزيئات المنحلة بالمحلول والسماح للسوائل الحالة فقط بالنفاذ.

وبهذا الشكل فإن نفوذية وقياس المسامات في كعكة الحفر تتعلق بنوع وخواص سائل الحفر ومكوناته.

ويمكن تصنيف الإضافات التي تدخل في مكونات سائل الحفر وتساعد في تشكيل كعكة تقلل راشح سائل الحفر إلى:

1- الإضافات البوليميرية ذات الكتلة الجزيئية الكبيرة[13] .

2- المواد التي تؤدي إلى إماهة السطح الداخلي للقنوات بواسطة المواد النشطة السطوح [19]

3- المواد الهيدروفوبية التي تقلل من قطر مسامات الكعكة [15].

تأثير الحرارة يؤدي إلى زيادة حركة جزيئات الماء وشوارد الأملاح المنحلة بسبب انخفاض لزوجة الماء إلا أن الحرارة تؤثر أيضاً على خواص الكعكة الأخرى حيث أنه عند ارتفاع الحرارة فإن نفوذية الكعكة للماء تزداد حتى لحظة معينة بعدها يمكن أن يحصل انحراف وهذا يفسره حصول التصاق بمسامات الحاجز أثناء عملية إعادة بناء تركيب البوليمير عند حرارة معينة[1].

تحت تأثير الضغط والحرارة فإن متانة الكعكة وثباتيتها الحرارية تضيع (وهذا يتعلق بالمواد المتشكلة منها الكعكة). [21]

يتشكل غشاء على المخدة المسامية (وهي في الشروط البئرية الصخر النفوذ أو كعكة الحفر) عند ارتشاح المحاليل البوليميرية من خلال كعكة الحفر، هذه الأغشية يجب أن تكون بلزوجة مناسبة ودرجة معينة من البلورة وبمتانة ثابتة حتى تقوم بدورها بالحد من فاقد الرشح.[1]

علاقة تبللية المواد بالهيدروفيلية والهيدروفوبية:

تتحكم القوى السطحية بسلوك المعلقات الغروية بشكل كبير وتؤثر القوى السطحية على كثير من الجوانب التقنية لسائل الحفر مثل تشكل المستحلبات والرغويات وتلبد رأس الحفر بالغضاريات اللدنة وإعطاب الطبقات براشح سائل الحفر.

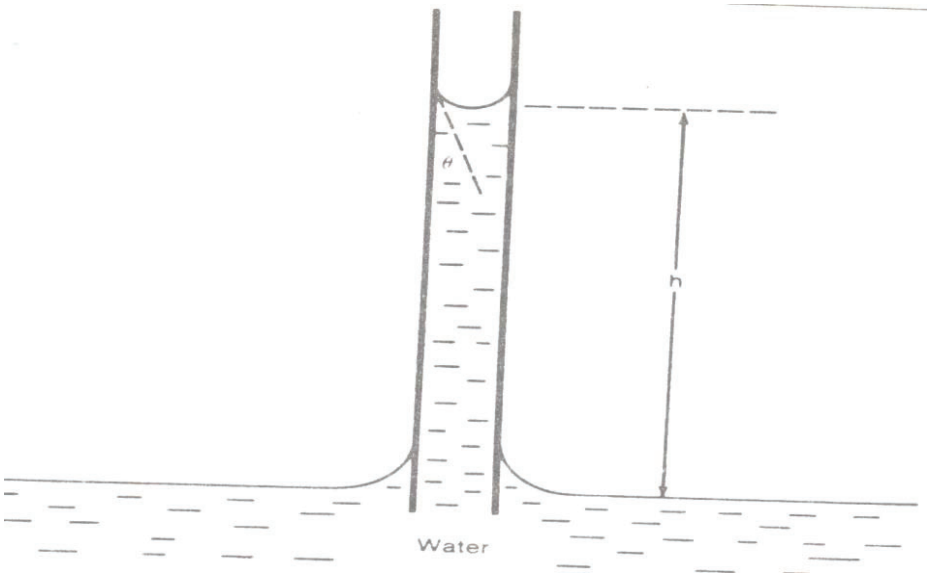
التوتر السطحي:

يسلك السطح الفاصل بين الطور السائل والطور الغازي سلوك غشاء مرن قابل للتمدد. وتعرف القوة الانقباضية لهذا الغشاء التخيلي بالتوتر السطحي الذي يحدث أيضاً في الطبقات السطحية الفاصلة بين الأجسام الصلبة والغازية وبين الأجسام الصلبة والسائلة وبين سائلين غير قابلين للامتزاج مع بعضهما البعض حيث يعرف التوتر السطحي عندئذ بالتوتر البيني.

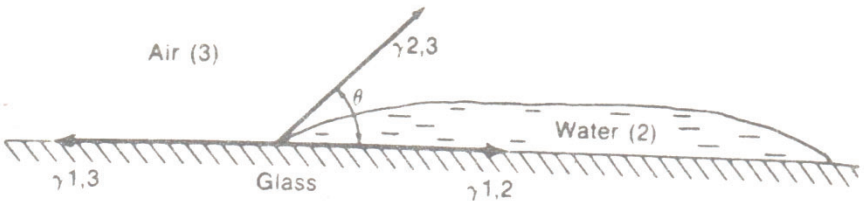
ويعرف التوتر السطحي بأنه القوة المتعامدة مع مقطع السطح بطول سنتمتر واحد ولقد وصف بيكرمان بالتفصيل طرقاً متنوعة لقياس التوتر السطحي أكثرها استعمالاً هي الطريقة التي تستخدم جهاز دونوي حيث القوة اللازمة لسحب حلقة عبر سطح السائل. وتعتمد طريقة أخرى على قياس الارتفاع الذي يبلغه السائل نتيجة حركته المستمرة إلى أعلى في أنبوب شعري كما في الشكل (2).[8]

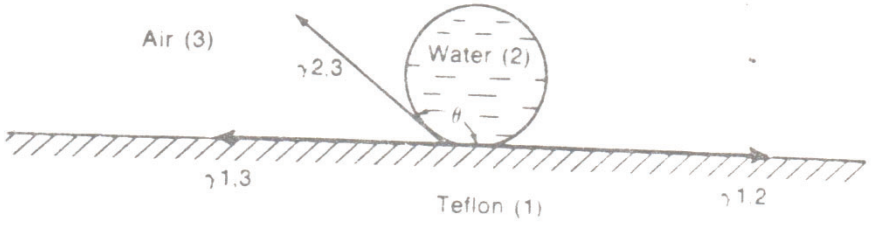
قابلية التبلل:

إذا وضعت قطرة من السائل فوق سطح ما فإما أن تنتشر على السطح (أي تبلل السطح) أو لا تنتشر (لا تبلل السطح) وذلك حسب قوى التوازن المبينة في الشكل(3) فمثلاً يبلل الماء الزجاج بينما لا يبلل الزئبق الزجاج بسبب توتره السطحي المرتفع جداً ولا يبلل الماء التفلون لأن التوتر السطحي للتفلون منخفض كما هو مبين في الشكل (3).



الشكل (2) ارتفاع الماء في الانبوب بخاصية التبلل





الشكل (3) قابلية التبلل

الخاصة الشعرية وقابلية التبلل:

يرتفع الماء باستمرار في الأنبوب الزجاجي الشعري لأن الزجاج يتبلل بالماء بوجود الهواء بينما لا يمكن للسوائل (كالزئبق مثلاً) التي لا تبلل الزجاج أن ترتفع باستمرار في الأنبوب الزجاجي الشعري بل يجب ضغطها كي ترتفع أي بمعنى آخر يكون الضغط الشعري في هذه الحالة سالباً.

وبشكل مشابه يفضل الزجاج التبلل بالماء أكثر منه بمعظم الزيوت ولذلك يزيح الماء الزيت بشكل مستمر من الأنبوب الشعري بينما يجب استخدام الضغط لإزاحة الماء بواسطة الزيت وتؤثر هذه الظاهرة كثيراً على نفوذية الطبقات الخازنة للنفط وتفسد إنتاجيتها نتيجة تسرب راشح سائل الحفر عبر مساماتها.

وعلى أرضية هذه القاعدة النظرية توجهنا في هذا البحث إلى إضافة بعض المواد الهيدروفوبية إلى سائل الحفر للاستفادة منها كمواد تدخل في مكونات كعكة الحفر وتكسبها صفة الهيدروفوبية التي تحد من قدرة راشح سائل الحفر المائي من العبور عبر هذه الكعكة ولاسيما أن جزيئات الماء تعتبر من أصغر الجزيئات في الطبيعة وهذا ما يعطيها قدرة كبيرة على النفاذ من القنوات المسامية الصغيرة جداً وهذا يسبب مشاكل في قطاعات أخرى كجدران وأسقف المساكن وتتم مكافحته باستخدام المواد الهيدروفوبية كطلاءات.

التجارب المخبرية:

مقدمة:

تم إجراء مجموعة من التجارب على سائل الحفر الحقلي لدراسة تأثير مكونات هذا السائل في تشكيل كعكة الحفر وتوجيه استخدام هذه المكونات بحيث يتم التحكم بخواص الكعكة حيث تم استخدام مواد هيدروفوبية تدخل بمكونات كعكة الحفر وتعمل على تقليل فاقد الرشح من خلال تكريه الكعكة بالماء.

حيث تم استخدام سائل حفر بدون إي إضافات كيميائية بهدف مقارنة نتائج التجارب اللاحقة مع نتائج هذا السائل، كما تم في هذه المجموعة التجريب على سائل الحفر الحقلي مع إضافة مقلل فاقد الرشح كربوكسيل ميتيل السيليلوز CMC. وتم دراسة تأثير البارايت (الذي يستخدم كمثقل لزيادة الوزن النوعي) على كل من النفوذية وفاقد الرشح.

كما تم إجراء مجموعة من التجارب باستخدام بعض المواد الهيدروفوبية التي تدخل بمكونات سائل الحفر ودراسة تأثيرها على خواص كعكة الحفر (زيت السيارات المستعمل، soltex، الفحم الناتج عن تكرير النفط).

وقمنا بإجراء مجموعة من التجارب تمت فيها محاكاة الشروط الموجودة في الطبقات المخترقة حيث الضغط والحرارة المرتفعين ودراسة تأثيرهما على فعالية المواد الكيميائية المضافة وذلك عند ضغط وحرارة قريبة مما يصادف عادة في الحقول السورية.

للقيام بهذه التجارب تم استخدام جهاز قياس فاقد الرشح بالشروط المخبرية، جهاز قياس فاقد الرشح بالشروط الطبقية، وجهاز قياس اللزوجةVAN.

وتم حساب نفوذية كعكة الحفر بالاعتماد على قانون دارسي.

ويعطى قانون دراسي بالعلاقة:

$$dv/dt=k\ p\ A\ /\ \mu\ h \qquad (1)$$

حيث k النفوذية المقدرة بالدارسي

P فرق الضغط مقدرا بالضغط الجوي

μ اللزوجة البلاستيكية مقدرة بالسنتي بواز

h سماكة الكعكة مقدرة بالسنتيمتر

v حجم الرشاحة مقدرا بالسنتيمتر المكعب

t الزمن مقدرا بالثانية

A سطح الارتشاح مقدراً بالسنتيمتر المربع

.

1- إجراء مجموعة من التجارب باستخدام سائل الحفر الحقلي مع اضافات كيميائية تقلل من فاقد الرشح:

	سائل حفر حقلي بدونCMC	سائل حفر حقلي معCMC	سائل حفر حقلي مع زيت السيارات المستعمل	سائل حفر حقلي مع soltex	سائل حفر حقلي مع الفحم الناتج عن التكرير حبيباته اكبر من 0,425 ملم	سائل حفر حقلي مع الفحم الناتج عن التكرير حبيباته متدرجة الأقطار
بنتونايت غ/350مل	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5
صودا آش غ/350مل	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
كاوستك صودا غ/350مل	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
CMC غ/350مل	–	1	–	–	–	–
بارايت غ/350مل	–	0,31	–	–	–	–
إضافات أخرى غ/350مل	–	–	1غ/350مل زيت السيارات المستعمل	1غ/350مل Soltex	1غ/350مل الفحم الناتج عن التكرير حبيباته اكبر من 0.425ملم	1غ/350مل الفحم الناتج عن التكرير حبيباته متدرجة الأقطار
اللزوجة البلاستيكية CP	15	17	16	17	18	18
نقطةالخضوع $Lb_f/100ft^2$	21	23	22	24	24	25
قوة الهلام $Lb_f/100ft^2$	10/12	15/30	15/27	15/28	15/22	15/30
فاقد الرشح مل/30دقيقة	15	7,5	10	10,5	6,1	5
سماكة الكعكة ملم	0,54	0,39	0,5	0,53	0,75	0,5
النفوذية 10^{-4} ميلي دارسي (تحسب وفق العلاقة1)	6,4	2,2	3,5	4,4	2,4	1

الجدول(1) تجارب مخبرية باستخدام مواد تقلل من فاقد الرشح

1-1: استخدام سائل حفر حقلي باستخدام غضار صودي(بنتونايت) فقط:

تم تحضير سائل الحفر وفق الجدول المبين أعلاه

فحصلنا على سائل حفر بفاقد رشح وخواص ريولوجية مبينة في الجدول(1)، وتم إجراء تجربة الارتشاح للعينة فحصلنا على النتائج المبينة في الجدول(2).

نلاحظ أن سائل الحفر الحقلي الناتج يتميز بمواصفات ريولوجية جيدة من حيث اللزوجة ونقطة الخضوع وقوة هلام حسب معايير سائل الحفر، ويعطي فاقد رشح عالي نسبياً بالنسبة لتأثير الراشح على الطبقات وخاصة المنتجة.

1-2: استخدام سائل حفر حقلي مع إضافة بارايت وCMC :

حيث قمنا بتحضير سائل الحفر وفق الجدول أعلاه فحصلنا على سائل حفر ذو الخواص الريولوجية المبينة في الجدول(1)، وزنه النوعي 1.31 غ /سم^3 حيث يسيطر سائل الحفر عند هذا الوزن على ضغط الطبقة المنتجة في أغلب آبار المنطقة الوسطى كما أن إضافة البارايت تزيد متانة كعكة الحفر وتمت إضافته لتحديد دوره بتشكل الكعكة وتأثيره على نفوذيتها، وتم إجراء تجربة الارتشاح للعينة فحصلنا على النتائج المبينة في الجدول(2).

نلاحظ أن سائل الحفر الحقلي الناتج يتميز بمواصفات ريولوجية جيدة من حيث اللزوجة ونقطة الخضوع وقوة هلام ، ونجد أن إضافة الCMC قللت من فاقد الرشح بالرغم من وجود البارايت الذي يزيد من النفوذية إلا أن بوليمير CMC الذي يشكل غشاء قليل النفوذية طغى تأثيره بتخفيض فاقد الرشح على دور البارايت الذي يزيد الفاقد.

1-3: استخدام سائل حفر حقلي مع إضافة زيت السيارات المستعمل:

حيث قمنا بتحضير سائل الحفر كما في التجربة (1-1) مع إضافة 1غ من زيت السيارات المستعمل فحصلنا على سائل حفر ذو الخواص المبينة في الجدول(1)، وتم إجراء تجربة الارتشاح للعينة فحصلنا على النتائج المبينة في الجدول(2).

نلاحظ أن إضافة زيت السيارات المستعمل إلى سائل الحفر الحقلي أعطت سائل حفر ذو مواصفات ريولوجية جيدة من حيث اللزوجة ونقطة الخضوع وقوة الهلام حسب معايير سائل الحفر، ونجد أن إضافة زيت السيارات المستعمل قللت من فاقد الرشح.

1-4: استخدام سائل حفر حقلي مع إضافة مادة soltex:

حيث قمنا بتحضير سائل الحفر كما في التجربة (1-1) مع إضافة 1غ من مادة soltex وهي مادة اسفلتية مؤكسدة ، فحصلنا على سائل حفر ذو الخواص المبينة في الجدول(1)، وتم إجراء تجربة الارتشاح للعينة فحصلنا على النتائج المبينة في الجدول(2).

نلاحظ أن إضافة مادة soltex إلى سائل الحفر الحقلي أعطت سائل حفر ذو مواصفات ريولوجية جيدة من حيث اللزوجة ونقطة الخضوع وقوة الهلام ، ونجد أن إضافة مادة soltex قللت من فاقد الرشح.

1-5: استخدام سائل حفر حقلي مع إضافة الفحم الناتج عن تكرير النفط:

قمنا بإضافة الفحم الناتج عن تكرير النفط وهو احد المنتجات النهائية في مصافي النفط ينتج من إجراء عمليات تكسير للفيول الناتج عن أبراج التقطير حيث يتم استخلاص بعض المواد المتبقية في الفيول كالمازوت والكيروسين والنفتا ويتبقى الفحم على شكل مادة صلبة تستخدم كوقود في بعض الصناعات خاصة في المداجن.

حيث قمنا بتحضير سائل الحفر كما في التجربة (1-1) مع إضافة 1غ من الفحم الناتج عن تكرير النفط حبيباته اكبر من 0,425 ملم في التجربة الأولى و1غ من الفحم الناتج عن تكرير النفط حبيباته متدرجة الأقطار في التجربة الثانية فحصلنا على سائل حفر ذو الخواص المبينة في الجدول(1)، وتم إجراء تجربة الارتشاح للعينتين فحصلنا على النتائج المبينة في الجدول(2).

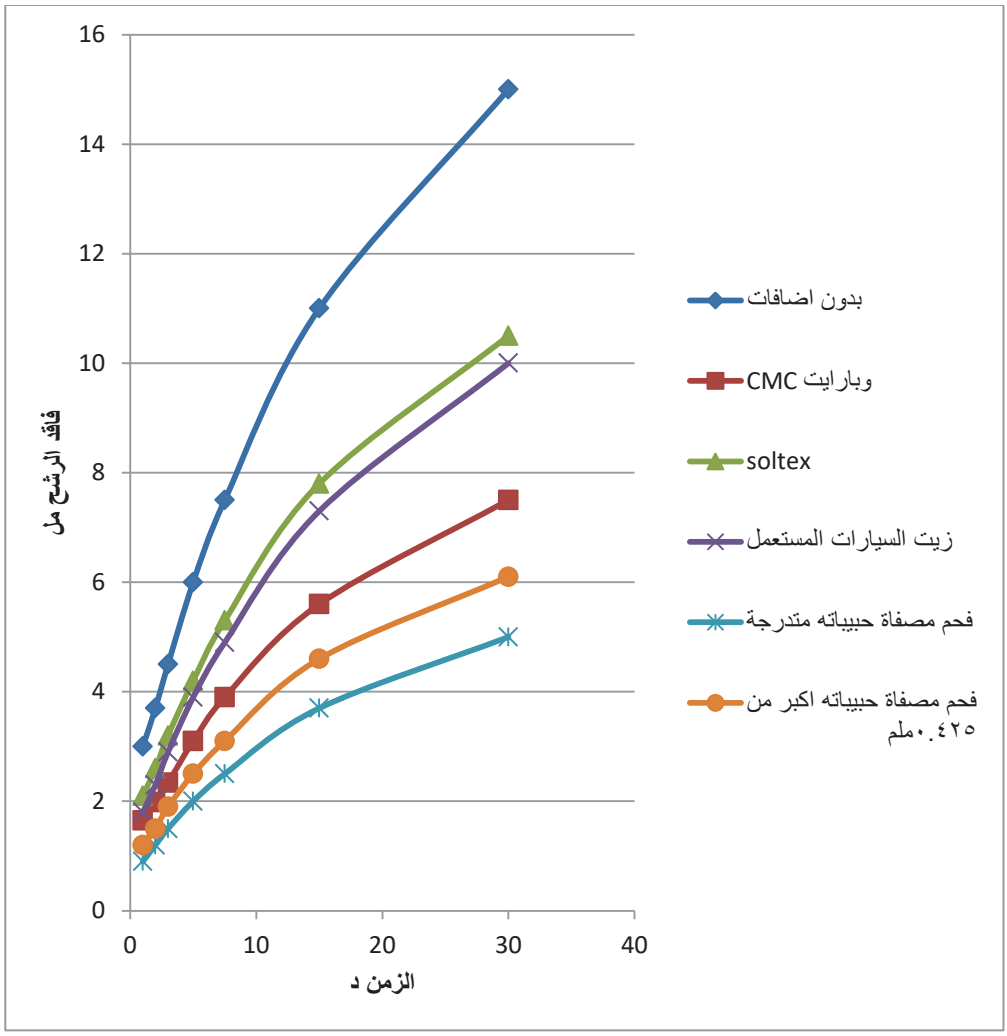
نلاحظ أن إضافة الفحم الناتج عن تكرير النفط إلى سائل الحفر الحقلي أعطت سائل حفر ذو مواصفات ريولوجية جيدة من حيث اللزوجة ونقطة الخضوع وقوة الهلام ، ونجد أن إضافة الفحم الناتج عن تكرير النفط قللت من فاقد الرشح، كما أن الفحم ذو الحبيبات متدرجة الأقطار خفض فاقد الرشح بشكل أكبر من الفحم ذو الحبيبات الأكبر من 0,425 ملم

ويبين الجدول التالي نتائج تجارب الارتشاح للعينات السابقة:

الزمن	سائل حفر حقلي بدونCMC	سائل حفر حقلي معCMC	سائل حفر حقلي مع زيت السيارات المستعمل	سائل حفر حقلي مع soltex	سائل حفر حقلي مع الفحم الناتج عن التكرير حبيباته اكبر من 0,425 ملم	سائل حفر حقلي مع الفحم الناتج عن تكرير النفط حبيباته متدرجة الأقطار
1	3	1,7	2,1	1,8	1,2	0,9
2	3.7	2	2,6	2,3	1,5	1,2
3	4,5	2,3	3,2	2,9	1,9	1,5
5	6	3,1	4,2	3,9	2,5	2
7.5	7,5	3,9	5,3	4,9	3,1	2,5
15	11	5,6	7,8	7,3	4,6	3,7
30	15	7,5	10,5	10	6,1	5

الجدول(2) تجارب الارتشاح للمواد المستخدمة في التجارب

ولدى تمثيل النتائج بيانياً حصلنا على الشكل التالي:



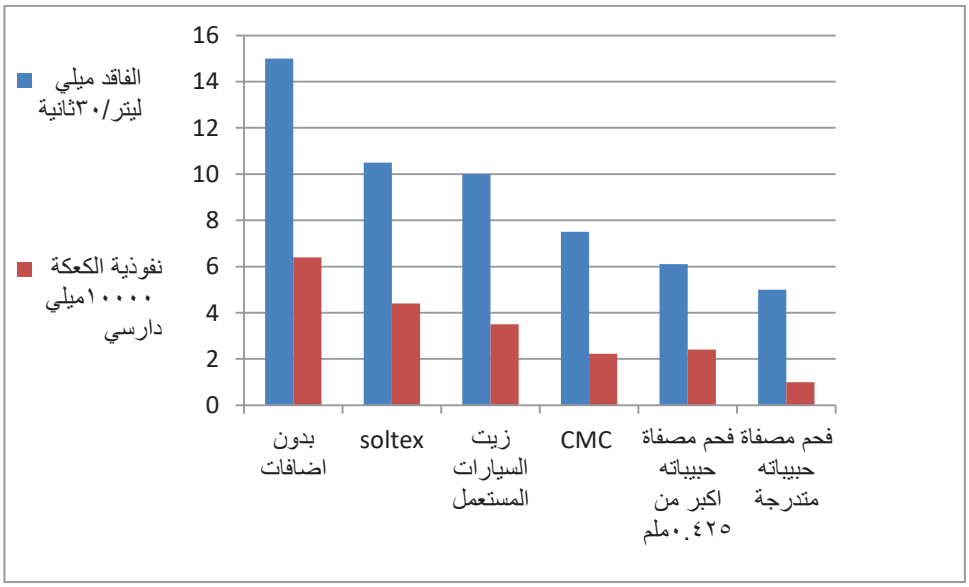
شكل (4) علاقة فاقد الرشح بالزمن عند إضافة مواد كيميائية تقلل من فاقد الرشح

وتم إدراج نتائج التجارب التي تبين تأثير إضافة المواد الهيدروفوبية على كل من نفوذية الكعكة وكمية فاقد الرشح في الجدول التالي:

	سائل حفر حقلي بدون CMC	سائل حفر حقلي معCMC	سائل حفر حقلي مع زيت السيارات المستعمل	سائل حفر حقلي مع soltex	سائل حفر حقلي مع الفحم الناتج عن التكرير حبيباته اكبر من 0,425 ملم	سائل حفر حقلي مع الفحم الناتج عن التكرير حبيباته متدرجة الأقطار
فاقد الرشح مل/30دقيقة	15	7,5	10	10,5	6,1	5
النفوذية 10^{-4} ميلي دارسي	6,4	2,2	3,5	4,4	2,4	1

الجدول (3) علاقة فاقد الرشح بنفوذية الكعكة

ولدى تمثيل النتائج بيانياً حصلنا على الشكل التالي:



الشكل(5) علاقة فاقد الرشح مع نفوذية كعكة الحفر

نلاحظ من الشكل أن استخدام كل من مادة soltex وزيت السيارات المستعمل خفض فاقد الرشح كما أنه خفض نفوذية الكعكة قليلاً، كما نجد أن استخدام مادة الCMC خفض نفوذية

الكعكة وفاقد الرشح بشكل أكبر، فيما نلاحظ أن استخدام الفحم الناتج عن تكرير النفط ذو الحبيبات الأكبر من 0,425 ملم قلل فاقد الرشح أكثر منه عند استخدام ال CMC بالرغم من أنه لم يخفض نفوذية الكعكة كما فعل استخدام الCMC، بينما خفض الفحم الناتج عن تكرير النفط ذو الحبيبات المتدرجة الأقطار فاقد الرشح ونفوذية الكعكة بشكل أكبر.

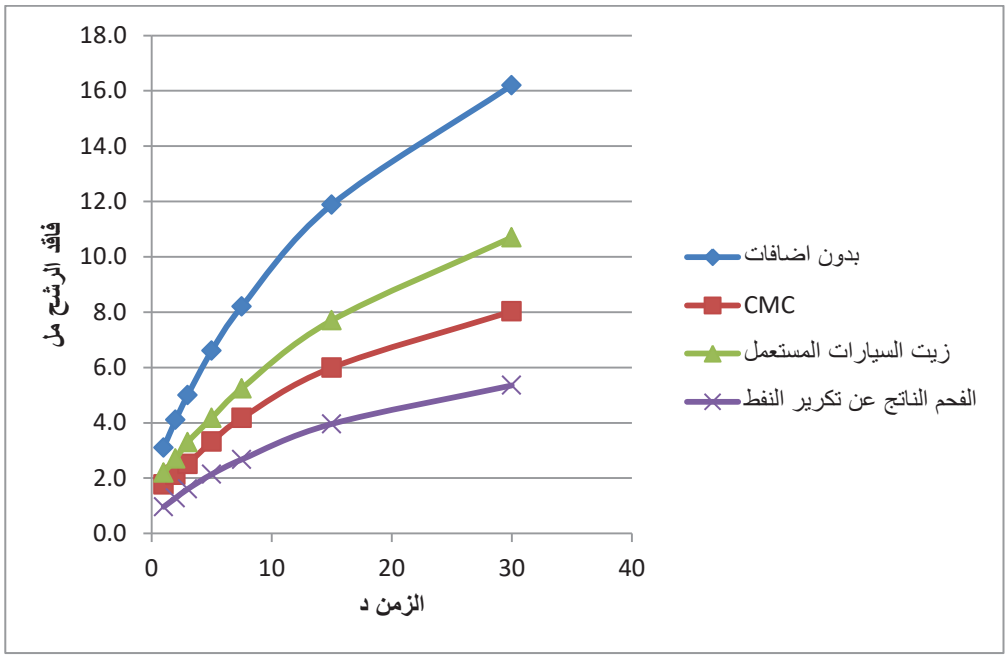
دراسة تأثير الشروط الطبقية على تخفيض فاقد الرشح:

تم إجراء التجارب السابقة بالشروط الطبقية عند درجة حرارة 92 م° وفرق ضغط 600 psi فحصلنا على النتائج التالية:

الزمن	بدون اضافات	CMC	زيت السيارات المستعمل	الفحم الناتج عن تكرير النفط
1	3,1	1,8	2,2	1
2	4,1	2,1	2,7	1,3
3	5	2,5	3,3	1,6
5	6,6	3,3	4,2	2,1
7.5	8,2	4,2	5,2	2,7
15	11,9	6	7,7	4
30	16,2	8	10,7	5,4

الجدول (4)تجارب الارتشاح عند الشروط الطبقية

ولدى تمثيل النتائج بيانياً حصلنا على الشكل التالي:



الشكل(6) علاقة فاقد الرشح بالزمن عند الشروط الطبقية

نلاحظ من الشكل أن إجراء التجارب في الشروط الطبقية زاد من راشح الحفر تحت تأثير زيادة درجة الحرارة عند استخدام كل من الCMC وزيت السيارات المستعمل، فيما نجد أن زيادة الحرارة أدت إلى زيادة بسيطة في فاقد الرشح عند استخدام الفحم الناتج عن تكرير النفط.

مناقشة النتائج:

1- يتأثر فاقد الرشح بالعديد من العوامل ولقد بينت التجارب أن تحسين خواص كعكة الحفر يعتبر من أهم العوامل التي تساعد على الحد من فاقد الرشح والمشاكل التي يسببها، حيث تبين أن العمل على تقليل نفوذية الكعكة أو جعلها كارهة للماء يحد بشكل كبير من فاقد الرشح.

2- إن استخدام مادة الCMC الهيدروفيلية أدى إلى تراص الغضار وبالتالي تخفيض نفوذية الكعكة وفاقد الرشح.

3- إن استخدام المواد الهيدروفوبية (الكارهة للماء) مثل مادة soltex وزيت السيارات المستعمل والفحم الناتج عن تكرير النفط في المصافي أدى إلى تقليل فاقد الرشح عن طريق تكريه الغضار بالماء حيث أن هذه المواد تدخل في تركيب كعكة الحفر وتجعلها كارهة للماء وبالتالي يقل فاقد الرشح عبرها.

4- إن استخدام الفحم الناتج عن تكرير النفط ذو الحبيبات متدرجة الأقطار أعطى نتائج أفضل في تقليل فاقد الرشح من استخدام الفحم ذو الحبيبات الأكبر من 0,425 ملم حيث أن اختلاف حجم الجسيمات الصلبة في الفحم الناتج عن تكرير النفط ساهم بتقليل مسامية كعكة الحفر وبالتالي نفوذيتها مما يقلل انتقال راشح الحفر عبرها عن طريق حدوث عملية تجسير تتوضع خلالها الحبيبات الأكبر في مسامات الكعكة ثم الأصغر فالأصغر مما يؤدي إلى تقليل مسامية الكعكة بشكل كبير وبالتالي نفوذيتها وراشح الحفر عبرها، حيث يعمل الفحم ذو الحبيبات المتدرجة بالتالي على تقليل نفوذية الكعكة إضافة إلى جعلها كارهة للماء الأمر الذي يتسبب بانخفاض حاد براشح الحفر.

6- حافظت المواد المستخدمة على فعاليتها في الشروط الطبقية وقللت من فاقد الرشح بالمقارنة مع سائل الحفر بدون اضافات في نفس الشروط الطبقية، وتفسر الزيادة في فاقد الرشح بالشروط الطبقية بنقصان لزوجة سائل الحفر نتيجة الحرارة المرتفعة، كما لوحظ أنه عند استخدام الفحم الناتج عن تكرير النفط زيادة بسيطة في فاقد الرشح حيث أدت الحرارة المرتفعة إلى زيادة تأثيره في تكريه كعكة الحفر بالماء وبالتالي تقليل فاقد الرشح عبرها.

7- ينصح باستخدام زيت السيارات المستعمل والفحم الناتج عن تكرير النفط لتقليل فاقد الرشح أثناء حفر الآبار النفطية حيث أنها مواد رخيصة الثمن كونها مخلفات صناعية، كما أنها لا تؤثر في الخواص الأخرى لسائل الحفر، خاصة الفحم الناتج عن تكرير النفط حيث أنه أعطى أفضل النتائج في تقليل فاقد الرشح.

8 - لتقليل فاقد الرشح ينصح بتركيز الدراسات على كعكة الحفر وذلك كونها تشكل حاجز يلعب دوراً مهماً في الحد من كمية الراشح الذي ينتقل باتجاه الطبقة وتبعاته السلبية، وينصح بمتابعة الأبحاث والدراسات على مواد هيدروفوبية أخرى من المخلفات الصناعية لتحديد تأثير هذه المواد في تقليل فاقد الرشح، كما ينصح بمتابعة البحث في هذا المجال باستخدام المواد النانوية التي تبين الدراسات الحديثة إمكانية تأثيرها الجيد في الحد من فاقد الرشح.

9- إن استخدام زيت السيارات المستعمل والفحم الناتج عن تكرير النفط لا يؤثر سلباً على الطبقة المنتجة ويحافظ على خواصها الخزنية.

المراجع العربية:

1. .سليمان،مسرور، 1986- إعداد وتركيب سوائل الحفر المناسبة لاختراق الطبقة المنتجة على أساس دراسة العمليات الحلولية من خلال كعكة الحفر.
2. أحمد، علي معين، 1983- كتاب تركيب وخواص سوائل حفر الآبار النفطية.
3. مرهج، أحمد ،1996- كتاب سوائل الحفر القسم العملي.
4. سعادة، ماهر، 2001- كتاب ميكانيك السوائل.
5. خضور، محمد، 2011- هندسة الحفر 1.
6. مرهج، أحمد، 1996- كتاب سوائل الحفر.
7. خضور،محمد . حويري ،محمد. سعادة، ياسر، 2011-تحسين جودة سمنتة المراحل الإنتاجية للآبار الغازية في المنطقة الوسطى.

المراجع العربية (باللغة الانكليزية):

1- Soliman.M,1986-preparation of suitable mud to penetrate production formation according to the study of osmosis process into mud cake.
2- Ahmad.A.M,1983-Construct and properties of mud.
3- Mrheg.A,1996-Mud book (workable section).
4- Saada.M,2001-Liquids mechanic.
5- Khador.M,2011-Drilling engineering 1.
6- Mrheg.A,1996-Mud book.
7- Khador.M, Hoire.M, Saada.E,2011-Improve cementing quality of producing stages of gas wells in middle region.

المراجع الانكليزية:

8. Bikerman,G.G. 1958-surface chemistry theory and applications.13p.

9. Shafeeg.O. B . Fattah K.A,2013- The Influence of XC-Polymer on Drilling Fluid Filter Cake Properties and Formation Damage

10. Wenping Li, Carl K, Quintin R,2005- Development of A Filter Cake Permeability Test Methodology

11. OSAO.N.B,2002-DRILLING FLUID TEST PROCEDURE FILTRATION TESTS

المراجع الروسية:

12.أفيتيسيان ن.غ، سماتوف أ.ك، شيميتوف ف.يو، 1973- مسائل عب الضغط الحلولي الشاذ عبر كعكات رشح سوائل الحفر البنتونيتية.

13.أفيتيسيان ن.غ، مريم بولسكي ن.أ، أخمادولين م.م، شيميتوف ف.يو، 1975- عمليات النقل الحلولي عبر الحجر الاسمنتي.

14.باير ف.ن. 1962- نقل المواد بواسطة الديفوزي.

15.ديتنيرسكي. يو.أ.1973- دراسة خواص الحواجز الديناميكية.

16.جيفتش ك.ف، باوس ك.ف. 1975- تأثير سوائل الحفر على نفوذية الصخور.

17.ميخايلوف ن.ن. 1982- آلية إزاحة النفط براشح الحفر.

18.ميخييف ف.ل. 1985- الدراسة التجريبية لعوامل نفوذية كعكات الحفر.

19.موسوموف أ.أ. 1976- الأسس الهيدروديناميكية لتكنولوجيا حفر الآبار العميقة.

20.بانيكار روفسكي ف.ف فيدور تسيف ف.ف 1985- دراسة تأثير راشح الحفر على النفوذية والنقل الحلولي.

21.سفيريدوف ل.أ. 1972- دراسة بعض أسباب المشاكل التي لها علاقة برشح سوائل الحفر.

22.سفيريدوف ل.أ، ريابتشينكوف إ. 1971- ظاهرة النقل الحلولي عند حفر الآبار في كتاب سوائل الحفر وسمنتة الآبار.

23.خفانع س.ت، كامير مائير ك. 1981- عمليات الفصل باستخدام الأغلفة.