تأثير نواتج حفر الإسمنت على خواص سوائل الحفر الغضارية المحلية ومعالجتها

د. محمد حسن خضور

أستاذ في قسم الهندسة البترولية بجامعة البعث

الملخص

يعتبر التلوث بالإسمنت أثناء عملية الحفر من أهم عوامل تلوث سائل الحفر. وينتج هذا التلوث من مصادر عدة ، أهمها : الإسمنت الناتج عن حفر الجسور والسدادات الإسمنتية واختلاط الإسمنت مع سائل الحفر أثناء تنفيذ العمليات الإسمنتية المختلفة . هذا التلوث يؤدي إلى تغيرات جوهرية في خواص سائل الحفر ويمنعه من القيام بوظائفه الأساسية ، ولمتابعة الحفر فإن الأمر يقتضي إصلاح خواص هذا السائل ، أو تبديله رغم الكلفة الكبيرة المترتبة على تحضيره .

ونهدف من خلال هذا البحث إلى دراسة تلوث سائل الحفر بنواتج حفر الإسمنت والتأثيرات السلبية لها على الخواص المختلفة لسائل الحفر ، وصولاً إلى وضع الحلول المناسبة لحماية سوائل الحفر الغضارية المحلية ضد التلوث بهذه النواتج ، وبالتالي تقليل الكلفة الناجمة عن استبدال أو إصلاح هذه السوائل .

وبنتيجة الدراسة التجريبية التي قمنا بها في إطار هذا البحث تبين أن إضافة سيليكات الصوديوم بمقدارلا يقل عن 6 g/l تؤدي إلى حماية سوائل الحفر الغضارية المحلية ضد التلوث بهذه النواتج ، وتجعلها تحافظ على خواصها ، الأمر الذي يمكّن من استمرار عملية الحفر دون اللجوء إلى تغيير السائل أو معالجته .

The Effect of Cement Products on Local Drilling Fluids Characteristics and Their Treatment

Dr. Mohammad Khaddour

Department of Petroleum Engineering – Al-Baath University

Abtract

Drilling fluids polluted with cement due to the following factors: drilling of cementing plugs and bridges, mixture of drilling fluids with cement during cementing processes. These cotents are negatively affecting properties of drilling fluids. They change their physical and chemical properties, however prevent drilling fluids to execute their essential functions, so to continue drilling these formations we must change these fluids or treat them.

This research aims to study the contamination of drilling fluids by cement and their negative effects on the different characteristics of drilling fluids for putting suitable solutions for fortification of clay drilling fluids against pollution by cement, consequently, minimizing the cost, produced from substitution these fluids by new others.

Experiments showed that the addition of 6 g/l sodium silicate to polluted by cement drilling fluids leads to continue drilling process without changing or maintenance these fluids.

1– مقدمة :

أثناء عملية الحفر غالباً ما يحدث تلوث لسائل الحفر بمحتويات الطبقة . بعض هذه الملوثات ذات طبيعة حيادية إلى حدٍّ ما ، حيث تؤدي إلى تغيير كثافة سائل الحفر أو لزوجته ، وتتم إزالة هذه الملوثات على السطح بواسطة معدات التنظيف السطحية لسائل الحفر (المناخل الهزازة ، فواصل الطمي) ، بينما تؤدي المحتويات الأخرى دوراً فعالاً ، وتؤثر سلباً على خواص سوائل الحفر ، حيث تؤدي إلى تغيير خواصها الفيزيائية والكيميائية . وتعتبر نواتج حفر الإسمنت من أهم هذه الملوثات ، وهي تنتج عن حفر الجسور والسدادات الإسمنتية المنفذة مقابل الطبقات التي تؤدي إلى تهريب سائل الحفر ، أو في مناطق تمييل الآبار . يؤدي الإسمنت إلى تغيرات جوهرية في خواص سائل الحفر ، تمنعه من القيام بوظائفه الأساسية ، ولمتابعة الحفر فإن الأمر يقتضي إصلاح خواص هذا السائل أو تبديله رغم الكلفة الكبيرة المصروفة لتحضيره.

ونهدف من خلال هذا البحث إلى دراسة تلوث سائل الحفر بالإسمنت الناتج عن حفر الجسور والسدادات الإسمنتية ، والتأثيرات السلبية له على الخواص المختلفة لسائل الحفر ، وصولاً إلى وضع الحلول المناسبة لتلافي تأثير الإسمنت على خواص سوائل الحفرالغضارية المحلية ، وتقليل الكلفة الناجمة عن استبدال أو إصلاح هذه السوائل .

2– الدراسة المرجعية :

يتلوث سائل الحفر بالإسمنت بالطرق الآتية :

1 – بعد تنفيذ العمليات الإسمنتية ، حيث يبقى جزء من الإسمنت داخل مواسير التغليف ، ولا بد من حفره قبل متابعة الحفر إلى أعماق أكبر .

2 – بعد تنفيذ الجسور والسدادات الإسمنتية في البئر (لمعالجة مشكلة تهريب سائل الحفر عند القاع أو عند حدوث التهريب على ارتفاع معين عن القاع ، أو تشكيل قاعدة لاستناد أجهزة تمييل البئر عند ضرورة الحفر من جذع البئر بزاوية معينة ، أو عند متابعة الحفر بعد تنفيذ العملية الإسمنتية ، حيث يتم حفر الإسمنت بين حلقة الصد وحذاء مواسير التغليف على قاع البئر) . كل هذه الحالات تحتَّم حفر جزء من الإسمنت بعد تصلبه .

وبنتيجة ذلك فإن الإسمنت يختلط بسائل الحفر ويسبب له تلوثاً ، يسيء إلى خواصه ، حيث ترتفع لزوجة هذا السائل وقوة هلامه ونقطة خضوعه في بادئ الأمر، وينخفض الأس الهيروجيني للسائل (ترتفع حموضته) ، ثم تعود هذه الخواص إلى الانخفاض . ويترافق ذلك مع ارتفاع كبير في فاقد الرشح لسائل الحفر ، وما يتبع ذلك من تأثيرات سلبية لهذا الراشح على الطبقات الضعيفة الثبوتية ، والأهم من ذلك تأثيره على الطبقات المنتجة (التقليل الحاد لنفوذيتها ، وصعوبة وضعها في الإنتاج واستثمارها) .

وتعتمد درجة التلوث بالإسمنت على عوامل كثيرة ، أهمها : المعالجات الكيميائية للإسمنت المستخدم في العملية الإسمنتية ، وتركيز المواد الصلبة في سائل الحفر ، وصلابة الإسمنت ، وكمية الإسمنت المراد حفرها .

ويمكن تقدير تأثير الإسمنت على سائل الحفر إذا علمنا أن الإسمنت الجاف يحتوي على 60% تقريباً من أكسيد الكالسيوم القابل للتفاعل مع الماء ، معطياً هيدروكسيد الكالسيوم ، وفق التفاعل الآتي :

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + Heat$$

وكما هو ملاحظ من هذا التفاعل فإن كل 56 Kg من أكسيد الكالسيوم تعطي 74 Kg من هيدروكسيد الكالسيوم . وإذا علمنا أن المتر المكعب من السائل الإسمنتي يحتاج إلى حوالي 1500 Kg من الإسمنت ، فإن وزن أكسيد الكالسيوم في المتر المكعب يعادل :

$$1500 \times 0.6 = 900 \text{ Kg}$$

وبالتالي فإن وزن الهيدروكسيد المتكون يساوي :

$$(74 \times 900) / 56 = 1180 \text{ Kg}$$

هذه الكمية الكبيرة من هيدروكسيد الكالسيوم تؤدي إلى التأثيرات السلبية الآنفة الذكر على خواص سائل الحفر ، وقد يصبح هذا السائل غير صالح للمعالجة ، وبالتالي لا يمكن متابعة الحفر باستخدامه .

إن انخفاض الأس الهيدروجيني لسائل الحفر يعود إلى أن هيدروكسيد الكالسيوم يتفاعل مع الصودا الكاوية، وتستهلك هذه الأخيرة ، التي هي أصل الأس الهيدروجيني، كما يستهلك الهيدروجين المرتبط بالغضار [4] . وهناك العديد من المظاهر التي تشير إلى تلوث سائل الحفر بالإسمنت ، كارتفاع اللزوجة بشكلٍ حاد عند بدء دخول الإسمنت

، ثم انخفاضها عند ارتفاع نسبة الإسمنت في سائل الحفر ، ومع ارتفاع اللزوجة ترتفع قوة الهلام وتنخفض بانخفاضها ، كما يلاحظ ازدياد كبير في فاقد الرشح لسائل الحفر [4،5] .

ويكون شكل التأثير على خواص سائل الحفر مرتبطاً إلى حدٍّ كبير بنوع الملح الكلسي المتسرب إلى سائل الحفر ، وكمية الملح المنحل ، وعند اكتشاف تلوث سائل الحفر بالملح يتم إيقاف تقدم رأس الحفر ، مع الاستمرار بضخ سائل الحفر ، مع إضافة الماء لتقليل تركيز الملح ، والابتعاد عن نقطة الاندماج والتهلم في حال حدوثه [10،11] .

وفي حال التلوث الكبير ولفترة طويلة يتم الانتقال إلى سوائل الحفر الممنعة أو المشبعة بالملح لعبور التشكيلات الملحية ذات السماكة الكبيرة .

ومن المتبع حقلياً [5، 8، 10،11] أنه وعند التلوث المحدود بملح كلسي منحل بالماء (40 – 50 ملغ/ليتر) يتم تنشيط الجملة باستخدام كربونات الصوديوم Na_2CO_3 أو كبريتات الباريوم $BaSO_4$ وفق التفاعلات الآتية :

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow Na_2SO4 + CaCO_3 \downarrow$$
$$CaSO_4 + BaCO_3 \rightarrow BaSO4\downarrow + CaCO_3 \downarrow$$

ومن المفيد الإشارة إلى أن كل 1 كغ من كربونات الصوديوم سيرسب 1.3 كغ من كربونات الكالسيوم ، بينما 1 كغ من كربونات الباريوم لا يرسب سوى 0.7 كغ من كربونات الكالسيوم .

إلاّ أن استعمال كربونات الباريوم يبقى أفضل بالرغم من أنه أغلى ثمناً، لأن تنشيط الجملة باستخدام كربونات الصوديوم ينتج عنه ملح كبريتات الصوديوم المنحل والذي يرفع قلوية سائل الحفر ويزيد اللزوجة وقوة الهلام بشكل كبير ، ويحتاج الأمر لإضافة مرققات . أما إضافة كربونات الباريوم فينتج عنه ملحين مترسبين ، لا يؤثران على خواص سائل الحفر بعد التنشيط .

وعند استخدام سائل الحفرالغضاري الطبيعي لعبور الجسر الإسمنتي (ينتج عنه كميات محدودة من ماءات الكالسيوم) فإن إعادة تنشيط سائل الحفر تتم باستخدام بيكربونات الصوديوم ، ويتم التفاعل مع الملح الكلسي على الشكل الآتي :

$$Ca(OH)_2 + NaHCO_3 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + NaOH + H_2O$$
$$NaOH + NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$$

وينتج عن التفاعل كربونات الصوديوم وماءات الصوديوم اللذان يرفعان بقوة قلوية سائل الحفر ، ويؤديان أيضاً لزيادة اللزوجة وفاقد الرشح [3،5،7] .

3- الدراسة المخبرية :

3-1- الأجهزة والمواد المستخدمة في البحث :

تم استخدام الأجهزة الآتية في إنجاز البحث :

- جهاز باروئيد لقياس فاقد الرشح لسائل الحفر في الشروط العادية .
- جهاز باروئيد لقياس فاقد الرشح لسائل الحفر في الشروط الطبقية .
- جهاز ريومتر (Reometer) لقياس الخواص الجريانية لسائل الحفر .
- جهاز (VAN) لقياس لزوجة سائل الحفر .
- جهاز قياس كثافة سوائل الحفر(من نوع باروئيد) .
- مقياس حموضة وقلوية سائل الحفر .
- خلاطات هاملتونHamilton Beach ثلاثية السرع 3000-6000-14000 RPM لتحضير سوائل الحفر .
- جهاز قياس كثافة سوائل الحفر(من نوع باروئيد) .
- بياشر سعة $1000\ cm^3$ وسلندرات سعة $200\ cm^3$ ،$100\ cm^3$مدرجة وقياسية.
- ميزان إلكتروني حساس يقيس بدقة 0.01 gr

كما تم استخدام المواد الآتية :

- غضار سوري حديث الصنع ، إنتاج معمل البنتونايت بحلب لصالح الشركة السورية للنفط ، وهو يتمتع بالخواص الآتية : الرطوبة % 10.4 – 9.5 ، درجة، النعومة % 89.5 (نسبة الوزن المارة عبر منخل 200 Mesh (37 MKM) .

- مادة سيليكات الصوديوم السائلة حديثة الصنع ، إنتاج معمل الشرق للزجاج ، لونها شفاف إلى رصاصي ، كثافتها $\rho = 1.615\ g/Cm^3$ والنسبة $SiO_2 / Na_2O = 2.56$.
- مادة كربوكسيل ميتيل السيللوز الصودي عالي اللزوجة Sodium methyl cellelose – H.V. Carboxy وهي مسحوق أبيض جاف إنتاج شركة Hambulton الألمانية (نموذج تجاري) (تنتجه شركة Baroid تحت اسم CELLEX) .
- مادة كربونات الصوديوم التجارية المستخدمة حقلياً .
- ملح كلور الصوديوم التجاري (غير المعالج باليود) .
- ماءات الصوديوم التجارية المستخدمة في الحقول .

3–2– منهج البحث :

من أجل الوصول إلى هدف البحث سوف نقوم بالخطوات الآتية :

1– تحضير سائل حفر ذي أساس مائي عذب باستخدام مادة البنتونايت المنتجة محلياً .

2– الدراسة التجريبية لتأثير الإسمنت على خواص سائل الحفر المحضر باستخدام مادة البنتونايت المنتجة محلياً .

3– الدراسة التجريبية لتأثير الإضافات الكيميائية على تلافي تلوّث سوائل الحفر بالإسمنت .

3–3– التجارب المخبرية :

إن تحضير الطفلة المحلية يتم بالإضافة المشتركة لمادتي Na_2CO_3 وكربوكسيل ميتيل السيللوز " CMC " ، ورفع القلوية بمادة Na OH حتى PH = 9 - 10 ، وأن الحد الأدنى لتركيز الطور الصلب الذي يمكن استخدامه 70 Kg / m³ .

زيادة تركيز Na_2CO_3 من 12 – 16 Kg / m³ يقلل استهلاك "CMC LV " من 12.5 Kg / m³ – 16 (للوصول باللزوجة إلى 15 CP عند تركيز الغضار المحلي

Kg/m^3 70) . وفي الجدول الآتي نبين بعض مواصفات النموذج المقترح للتطبيق :

الجدول (1) : تركيب وخواص سائل الحفر المحضر للتجارب (عينة المقارنة) .

مكونات الطفلة ، Kg / m^3			ρ Kg/m^3	μ_P CP	Y_P $Lb/100\ ft^2$	Gel strength	F L $Cm^3/30\ min$	PH
غضار	Na_2CO_3	CMC						
80	6.0	6.0	1040	17.0	8.5	15/24	9.0	8.5

3-3-1- تأثير إضافة الإسمنت على خواص سائل الحفر:

لمعرفة تأثير الإسمنت على خواص سائل الحفر ، يتم تحضير خمس عينات مشابهة بالتركيب لعينة المقارنة ، يضاف إليها الإسمنت بنسب متزايدة تبدأ من قيمة أعلى من قيمة التركيز الحرج والذي يصل إلى **g/l** 0.50 وكانت الإضافات على الترتيب : 1, 3, 6, 10, 15 g/l . ويتم قياس جميع خواص سائل الحفر عند كل إضافة ، مع استمرار الخلط بالسرعة القصوى ، حتى التأكد من تجانس خواص سائل الحفر.

نتائج التجارب المخبرية المنفذة على هذه العينات نبينها في الجدول (2) ، حيث يتضح مباشرة أن خواص سائل الحفر الأكثر تأثراً بإضافة الإسمنت هي : اللزوجة البلاستيكية وقوة الهلام ونقطة الخضوع ، وكذلك فاقد الرشح .

الجدول (2) : خواص سائل الحفر المحضر بإضافة الإسمنت .

تركيز الإسمنت ، g/l	خواص سائل الحفر					
	ρ kg/m³	μ_P CP	γ_P Lb/100 ft²	UCT strength	$cm^3/30$ min	PH
0	1040	17	9	15/24	9	8.5
1	1044	18	11	22/48	12	8.0
3	1047	19	13	24/55	14	7.8
6	1055	21	15	26/65	17	7.5
10	1060	20	18	31/73	26	7.2
15	1070	17	22	35/82	36	7.1

نلاحظ أنه مع ازدياد تركيز الإسمنت في سائل الحفر ترتفع المؤشرات الجريانية (اللزوجة ، قوة الهلام ، نقطة الخضوع) وتبلغ قيمها العظمى عند التركيز 6-10 **g/l** ثم تبدأ بالانخفاض إلى المعدل الطبيعي ، بينما يستمر كل من فاقد الرشح وقوة الهلام في الارتفاع ، أي أن السائل بعد هذا التركيز يتمتع بخواص مشابهة لخواص سائل الحفر الجيبسي ، والذي يمتاز بقلوية منخفضة نسبياً ، ويتطلب معالجة سريعة لرفع قلويته إلى الحدود القياسية ، ويقوم بدور التنظيم الذاتي مادة **كبريتات الصوديوم** المتشكلة نتيجة التبادل الشاردي للجيبس مع البنتونيت الصودي :

$$2Bent.Na + CaSO_4 \leftrightarrow Bent_2Ca + Na_2SO_4$$

إن كبريتات الصوديوم الناتجة تقوم بدور ماءات الصوديوم في السوائل الجيرية، فهي تنظّم انحلال الجيبس ، وبالتالي تقيّد تفاعل التبادل الشاردي ، وتحدّ من تحوّل البنتونايت الصودي إلى كلسي [10] .

ونتيجة المحتوى الضعيف للبنتونايت الصودي في الغضار المحلي المستخدم في التجارب [11] ، سيبقى جزء كبير من الجيبس دون تبادل في الوسط ، والأس الهيدروجيني على حدود التعادل .

3-3-3- معالجة سوائل الحفر الملوثة بالإسمنت :

حقلياً يتم حل مشكلة تلوث سائل الحفر بالإسمنت بإحدى طريقتين [1,6, 8,10]:

الأولى : تحويل سائل الحفر إلى سائل كلسي أو سائل جيبسي ، وذلك بإضافة الصودا الكاوية إلى سائل الحفر ، حيث يتم التفاعل الآتي :

$$CaSO_4 + NaOH \rightarrow Ca(OH)_2 + Na_2SO_4$$

وباستمرار إضافة الصودا الكاوية إلى سائل الحفر ، فإنه يتحول إلى سائل كلسي . ويمكن تحويل سائل الحفر إلى سائل جيبسي بإضافة الجيبس المطحون إليه ، مع إضافة المرققات مثل ليغنوسلفونات الكروم .

الثانية : ترسيب شوارد الكالسيوم : ويتم ذلك بإضافة إحدى المواد الآتية :

- **كربونات الباريوم** : تضاف كربونات الباريوم لترسيب شاردة الكالسيوم على شكل ملح كربونات الكالسيوم ، ويترسب ملح آخر هو كبريتات الباريوم (البارايت) ، والتفاعل يتم على الشكل الآتي :

$$CaSO_4 + BaCO_3 \rightarrow BaSO_4\downarrow + CaCO_3\downarrow$$

حجر كلسي بارايت

والمعالجة بمادة كربونات الباريوم أفضل من المعالجات الأخرى لترسيب جميع شوارد الجيبس ، لكنها تحتاج إلى أس هيدروجيني في المجال 9.5 – 9 لتعطي أفضل النتائج .

- **كربونات الصوديوم** : يمكن المعالجة بمادة كربونات الصوديوم بمعدل 2.65 kg لكل 1 kg من الكلس ، ويمكن تقدير ذلك بتحليل فاقد الرشح لسائل الحفر. والتفاعل يتم وفق المعادلة الآتية :

$$Na_2CO_3 + CaSO_4 \rightarrow CaCO_3\downarrow + Na_2SO_4$$

حجر كلسي

3-3-4- الدراسة التجريبية لحماية سوائل الحفر عند حفر الجسور والسدادات الإسمنتية :

تعتمد آلية حماية سوائل الحفر من التلوث بالإسمنت عند حفر الجسور والسدادات الإسمنتية على عدة أسس وحقائق علمية مستخلصة من الدراسة المرجعية والتجريبية:

1- نتائج دراسة انتفاخ الغضاريات في محاليل سليكات الصوديوم المائية [7 ، 9، 10] تبين أن جميع أنواع الغضار البنتونيتي تبدي حاجة مائية أكبر عند الانتفاخ في المحاليل ذات التراكيز المنخفضة (حتى 2.0% (20 Kg/m^3)). والبنتونايت الكلسي أكثر تأثّراً من البنتونايت الصودي . أما في التراكيز الأكبر من 3.5 % (للبنتونايت الكلسي) وأكبر من 2.0% (للبنتونيت الصودي) فإن ازدياد تركيز سليكات الصوديوم يقلل من انتفاخية الغضار ، كما أن حاجته المائية ستقل .

هذه الخاصية الهامة تجعل هذه المادة قابلة للاستخدام في تركيب سائل الحفر ، من حيث إعطائه القدرة على تحييد جدران البئر عند التراكيز العالية (التراكيز الأكبر من 6 %) ، بالإضافة إلى تحسين مردود الغضار المحلي عند التحضير (زيادة حجم الطور الصلب) عند التراكيز المنخفضة .

مادة سيليكات الصوديوم Na_2SiO_2 ملح معدني متشرد ذو طبيعة بوليميرية ، وذو انحلال قلوي بالماء (تشكل NaOH) ، هذه المواصفات مناسبة للاستخدام في سائل الحفر لعد أسباب :

أولاً : يلعب دور كربونات الصوديوم في ترسيب شوارد الكلس المرتبط بالغضار، فأملاح الكالسيوم (والمغنيزيوم) تترسب على هيئة سليكات الكالسيوم وهي مادة هلامية قطنية الشكل تساعد في زيادة اللزوجة وقوة الهلام وتقليل فاقد الرشح ، وذلك وفق التفاعل الآتي :

$$Bent_2Ca + Na_2O.SiO_2 \rightarrow CaO.SiO_2\downarrow + 2Bent.Na + NaOH$$

ثانياً : رفع قلوية الطفلة حسب التركيز ، حيث يمكننا الاستغناء عن إضافة ماءات الصوديوم (NaOH) للطفلة أثناء التحضير والتشغيل .

ثالثاً : تقليل الاحتكاك بين حبيبات الغضار وكذلك مجموعة مواسير الحفر في البئر ، حيث تستخدم مادة سليكات الصوديوم لحل مشكلة الاستعصاء .

1- الدراسة التجريبية لمعالجة سوائل الحفر الملوثة بالإسمنت :

قمنا بإجراء مجموعة من التجارب باستخدام مادة سيليكات الصوديوم السائلة كإضافة الى سائل الحفر المحضر محليا وفق التركيب الموضح في الجدول (1) . وقد أضيفت مادة سيليكات الصوديوم السائلة بالنسب الآتية : 1, 3, 6, 10, 15% . وبنتيجة إجراءالتجارب على الخواص المختلفة لسائل الحفر حصلنا على النتائج الموضحة في الجدول (4) .

نلاحظ من خلال النتائج السابقة ارتفاع قيم المؤشرات الجريانية لسائل الحفر الغضاري المحلي بازدياد تركيز سيليكات الصوديوم حتى تركيز **6 g/l** ، ثم بدأت الطفلة تتهلم ، بحيث لم نتمكن من قياس خواصها الجريانية والارتشاحية عند زيادة التركيز أعلى من **10 g/l** .

ويعزى السبب الى حصول عمليات التبادل الشاردي بين سيليكات الصوديوم والغضار المحلي الغني بشوارد الكلس والذي ينجم عنه راسب هلامي من سيليكات الكالسيوم الذي يرفع اللزوجة ويحد من ارتفاع فاقد الرشح بينما تستمر القلوية بالارتفاع نتيجة تشكل ماءآت الصوديوم في المحلول .

الجدول(4):خواص سائل الحفر الملوّث بالإسمنت والمحضر بإضافة سيليكات الصوديوم

خواص سائل الحفر						تركيز $Na_2 SiO_2$ (g/l)
PH	F $cm^3/30min$	Gel strength	τ_p Lb/100 ft^2	μ_p CP	ρ kg/m^3	
8.5	12	15/24	13	17	1040	0
9	13.5	14/24	14	17	1044	1
9	15	23/53	25	20	1047	3
9.5	17	27/65	26	22	1055	6
10	18	48/77	28	25	1060	10
11	18	-	30	27	1070	15

4 – النتائج والمقترحات :

من خلال هذا البحث خلصنا إلى النتائج المفيدة الآتية :

1– إن تلوث سائل الحفر الغضاري المحلي بنواتج حفر الإسمنت سيؤدي إلى تذبذب حاد في خواصه ، مما ينعكس على قدرة الرفع والتنظيف لسائل الحفر، وكذلك على بقية وظائفه .

2– إن تحضير سائل الحفر باستخدام مادة سيليكات الصوديوم وبنسبة تزيد عن 6 % حجماً يمنع تذبذب خواص سائل الحفر ، ويستهلك جميع الشوارد الداخلة مباشرةً إلى السائل ، ويحولها إلى مقلل لفاقد الرشح ، وفي حال ارتفاع اللزوجة تتم إضافة مرقق ليغنوسلفاتي متوفر محلياً .

3- في حال كان تركيز شوارد الكلس مرتفعاً جداً يفضل تحويل سائل الحفر إلى سائل كلسي ، وفي هذه الحالة فإن دور المنظم الذاتي يقوم به نواتج تفاعل الجيبس مع البنتونايت الكلسي .

4- يمكن تحويل سائل الحفر العادي إلى سائل حفر كلسي في حال وجود طبقات كلسية سميكة (جيبسية أو أنهيدريتية) بوجود سيليكات الصوديوم بتركيز 6 % حجماً – كحد أدنى – ويمكن تحصينه ضد تذبذب الخواص الجريانية والارتشاحية بإضافة ليغنوسلفونات الصوديوم بنسبة 0.2 % وزناً – كحد أدنى .

5- بشكل تطبيقي يمكن الانتقال من سائل الحفر الغضاري المحلي العادي إلى سائل حفر كلسي باستخدام كمية فائضة من سيليكات الصوديوم (أكثر من 0.6 % حجماً ، أي $60\ L/M^3$) دون الحاجة إلى تحضير مسبق . وتتم صيانة هذا السائل باستخدام المرققات وماءات الصوديوم في حال انخفاض القلوية إلى ما دون 8 ($PH < 8$) .

المراجع العلمية

آ – باللغة الإنكليزية

1. Carl Gatlin. Petroleum Engineering, Drilling and well completions. The University of Texas, 1960.

2. Rabia H., Oil well drilling engineering, Principles & Practice. University of Newcastle upon Tyne, 1985.

ب – باللغة الروسية

3. Городнов В. Д. Исследование глин и новые рецептуры глинистыых растворов. Москва, Недра, 1974.-272с.

4. Иогансен к. В. “Спутник буровика”. Москва, Недра, 1990.

5. Кистер Э. Г. Химическая обработка буровых растворов. Москва, Недра, 1972.-390 с.

6. Колесников Т. И. Агеев Ю.Н. Буровы растворы и крерлене скважин. Москва, Недра, 1974.-362 с.

7. Паус.К. Ф. Буровы растворы. Москва, Недра, 1988.-304 с.

8. Ясов В.Г. Мыслюк М.А. Осложнения в бурении. Москва, Недра, 1991.-334 с.

جـ – باللغة العربية

9 – الأحمد ، علي معين . تركيب وخواص سوائل حفر الآبار النفطية . منشورات الشركة السورية للنفط 1983 .

10 – مرهج ، محمد أحمد – سوائل الحفر. منشورات جامعة البعث ، 2008–2009

11– مرهج ، محمد أحمد ، الحسن ، علي . تحسين مواصفات الطفلة البنتونيتية المحلية وتوسيع مجالات تشغيلها . مجلة جامعة البعث 1995