بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة السودان للعلوم والتكنلوجيا

كلية هندسة المياه والبيئة

قسم هندسة موارد المياه

بحث تكميلي لنيل درجة البكلاريوس مرتبة الشرف بعنوان :

دراسة تأثير جودة خواص سائل الحفر على عمليات الحفر الجوفي

Study of the affection of drilling fluid on drilling operations

إعداد الطلاب :

1/ أبوبكر أحمد عبد الواحد الحاج .

2/ أحمد مصطفى مدني محمد .

3/ أماني عبد السلام آدم عبد الله .

4/ عهد الشفيع عبد الغني أحمد .

إشراف الدكتور :

د. حامد عبد العال المنقوشي

أكتوبر 2015 م

بسم الله الرحمن الرحيم

الآيــة

قال تعالى : {وَإِذِ اسْتَسْقَى مُوسَى لِقَوْمِهِ فَقُلْنَا اضْرِب بِّعَصَاكَ الْحَجَرَ فَانفَجَرَتْ مِنْهُ اثْنَتَا عَشْرَةَ عَيْناً قَدْ عَلِمَ كُلُّ أُنَاسٍ مَّشْرَبَهُمْ كُلُواْ وَاشْرَبُواْ مِن رِّزْقِ اللَّهِ وَلاَ تَعْثَوْاْ فِي الأَرْضِ مُفْسِدِينَ }

صدق الله العظيم

سورة البقرة الآية (60)

الإهداء

إلى من ركع العطاء أمام قدميها وأعطتنا من دمها وروحها وعمرها حباً و تصميماً ودفعاً لغد أجمل ، الغالية التي لا نرى الأمل إلا من عينها ... (أمي الحبيبة)

إلى من تجرّع الكأس فارغاً ليسقيني قطرة حب ، إلى من كلّت أنامله ليقدم لنا لحظة سعادة .. القلب الكبير ..(أبي العزيز)

إلى من هم عصارة النبت الجديد ومهرجانات الفصول

(إخوتي و أصدقائي)

إلى من علمني حرفاً فصار سناء ضوئه ينير دربي

(أساتذتي الأجلاء)

إلى هذا الصرح العلمي الفتي الجبار

(جامعة السودان للعلوم و التكنلوجيا)

الشكر والعرفان

الشكر أولاً وآخراً إلى فالق الحب والنوى خالق الأرض والسماء ، إلى الله الذي أعاننا على إتمام هذا العمل المتواضع ، الشكر إلى كل من علمنا حرفاً و اجتهد من أجلنا و ضحى بكل غالي و نفيس من أجل أن نصل إلى هذه المرحلة ابتداءاً من الآباء ة الأمهات و مروراً بكل المعلمين و المعلمات ، والشكر إلى أساتذة جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا والشكر خاصة إلى الدكتور:

حامد عبدالعال المنقوشي

المستخلص

تناول البحث نبذة تاريخية عن سوائل الحفر ، و الوظائف التي يؤديها والشروط الواجب توفرها في السائل ليؤدي هذه الوظائف بكفاءة .

كما تطرق لأنواع سوائل الحفر وخواصها المختلفة وطرق معرفة وقياس هذه الخواص

وقد هدف هذا البحث لدارسة بعض خواص سائل الحفر وتأثيرها على عمليات الحفر الجوفي .

وقد تم أخذ معلومات عن سوائل حفر متباينة الخواص وذلك لدراسة تأثيرها على الآبار التي تم استخدامها فيها ، وهي ثلاثة حالات لثلاثة آبار لمعرفة تأثير الخواص المتباينة الجودة وعلى الأداء .

Abstract

The research focused on the assessment of the drilling mud as an important element in rotary drilling methods. The assessment focused on the history, types , properties and their affection in the performance of the drilling operation . Data of three wells using different mud properties were collected and studied to show the affection on performance. Some results and recommendations were started.

الفهرس

البند	المحتويات	رقم الصفحة
	الآية	أ
	الإهداء	ب
	الشكر و العرفان	ج
	المستخلص	د
	Abstract	ه
	الفهرس	و
	قائمة الجداول	ز
	قائمة الأشكال	ح
الباب الأول (المقدمة)		
1.1	مقدمة عامة	1
2.1	مشكلة الدراسة	2
3.1	الأهداف	2
1.3.1	الهدف العام	2
2.3.1	الأهداف الخاصة	2
4.1	منطقة الدراسة	3
1.4.1	نبذة تاريخية	3
2.4.1	الجيولوجية العامة للمنطقة	4
الباب الثاني (الإطار النظري و الدراسات السابقة)		
1.2	الحفر الجوفي	6
1.1.2	تمهيد	6
2.1.2	تصنيف عمليات الحفر	6
3.1.2	أنواع الحفر	8
2.2	سوائل الحفر	10
1.2.2	أنواع سوائل الحفر	11
2.2.2	وظائف سوائل الحفر	17
3.2.2	خواص سائل الحفر	21
4.2.2	تأثير خواص سائل الحفر على سرعة الحفر	30
5.2.2	تأثير سائل الحفر على الخواص المكمنية للطبقة المنتجة	33

6.2.2	إختيار سائل الحفر لتعرية الطبقة المنتجة	34
7.2.2	تنقية سوائل الحفر	36
8.2.2	مشاكل الحفر	36
الباب الثالث (العمل الحقلي و التجارب المعملية)		
1.3	جمع العينات	40
2.3	قياس خواص سائل الحفر	41
1.2.3	تحديد كثافة سائل الحفر	41
2.2.3	تحديد لزوجة سائل الحفر	41
3.2.3	تحديد مقاومة الجل	42
4.2.3	قياس محتوى الطفل من الرمل	42
5.2.3	قياس تركيز أيون الهيدوجين	43
6.2.3	تحديد حجم الراشح	44
3.3	الآبار المستخدمة في الدراسة	44
4.3	طريقة إجراء الدراسة	47
الباب الرابع (النتائج و المناقشة)		
1.4	خواص العينات وتأثيرها على الآبار المحفورة	48
الباب الخامس (الخلاصة و التوصيات)		
1.5	الخلاصة	55
2.5	التوصيات	56
	المراجع و المصادر	57

قائمة الجداول

رقم الجدول	اسم الجدول	الصفحة
3 – 1	التكوين الطبقي للبئر رقم (1)	45
3 – 2	التكوين الطبقي للبئر رقم (2)	46
3 – 3	التكوين الطبقي للبئر رقم (3)	47
4 – 1	خواص العينة رقم (1)	48
4 – 2	معدل الإختراق أثناء حفر البئر رقم (1)	49
4 – 3	خواص العينة رقم (2)	50
4 – 4	معدل الإختراق أثناء حفر البئر رقم (2)	51
4 – 5	خواص العينة رقم (3)	52
4 – 6	معدل الإختراق أثناء حفر البئر رقم (3)	53

قائمة الأشكال

رقم الشكل	اسم الشكل	الصفحة
1 – 1	خريطة لمحلية شرق النيل	3
1 – 2	خريطة توضح التكوين الجيولوجي للمنطقة و بعض مواقع الآبار	5
2 – 1	سلوك جريان السوائل اللدائنية و النيوتونية	23
2 – 2	منحنى جريان السوائل اللانيوتونية	24
2 – 3	منحنيات التهلم	27
2 – 4	علاقة محتوى السائل من المواد الصلبة مع سرعة الحفر	32
2 – 5	فقدان دورة سائل الحفر	38
2 – 6	استعصاء الأنابيب	39

الباب الأول

المقدمة

1.1 مقدمة عامة :

في عام 1900 ، وأثناء حفر بئر بترول في سبندلتوب في تكساس ، قام العاملون بقيادة قطيع من الأبقار في حفرة مملوءة بالماء ، ثم تم ضخ الطين الناتج وكان عبارة عن ملاط لزج من الوحل والماء في حفرة البئر . ومازال مائع الحفر يسمى بالطين ، إلا أن المهندسين توقفوا عن الإعتماد على الماء والوحل ، حيث أنهم يقومون بدلاً من ذلك بتصميم مركبات ومخاليط أخرى لمواجهة المواقف الخاصة التي تواجههم أثناء الحفر . وموائع الحفر الحديثة هي بالفعل ماء الحياة في البئر ، وحالياً لا يمكن حفر آبار عميقة بدون تلك الموائع .

وترجع أول التسجيلات عن حفر الآبار إلى القرن الثالث قبل الميلاد في الصين ، وقد تضمنت التقنية المستخدمة وقتها – وهي الحفر بالكابل – إسقاط معدة حفر معدنية ثقيلة ثم إزالة الصخر المتفتت نتيجة سقوطها بإستخدام حاوية أنبوبية . وكان الصينيون متقدمون نسبياً في هذا المجال ، وهم يعتبرون أول من إستخدم الموائع إستخداماً مقصوداً في عملية الحفر ، وفي تلك الحالات كان المائع المستخدم هو الماء ، وكان يؤدي إلى تليين الصخر مما يجعل عملية إختراقه أسهل ، وكان يؤدي إلى إزالة قطع من الصخر المفتت المعروفة بإسم الجذاذات (من المهم إزالة قطع الصخور من حفرة البئر لكي يقوم رأس الحفر بالحفر بحرية) .

وفي عام 1833 وبينما كان مهندس فرنسي يسمى فلوفيل يراقب عملية حفر بإستخدام الكابل حيث كان جهاز الحفر قد وصل إلى الماء ، أدرك أن الماء المتدفق كان له تأثير واضح في رفع قطع الصخور إلى خارج البئر . ومنذ ذلك الحين تأسس مبدأ استخدام مائع متحرك في إزالة قطع الصخور من حفرة البئر . وقد أعد جهازاً يتم فيه ضخ الماء إلى أسفل داخل عمود الحفر ثم يحمل معه نواتج الحفر عند عودته إلى السطح في الفراغ الموجود بين عمود الحفر وجدار حفرة البئر . وقد أصبح هذا الإجراء إجراءاً قياسياً في كل عمليات الحفر المستخدمة حالياً .

وكلما إزداد عمق الآبار ، تتزايد أهمية موائع الحفر ، حيث تستخدم في العديد من الأغراض وتحل العديد من المشاكل التي تختلف اختلافاً كبيراً من مكان إلى آخر .

وقد حلت معدات الحفر الدوارة محل معدات الحفر بالكابل إلى حد كبير . وباستخدام تلك التقنية ، أصبح رأس المثقاب موجود في مقدمة أنبوبة دوارة . وهذه العملية شبيهة بتلك المستخدمة في المثقاب اليدوي أو ملف النجار الذي تستخدمه عندما تريد الحفر في قطعة من الخشب ، ولكن بدلاً من الحفر لعدة بوصات أو سنتيمترات في الخشب ، فإن الآبار الحديثة قد يصل عمقها إلى عدة آلاف من الأقدام أو الأمتار في باطن الأرض . وعند الحفر في الخشب يتم التخلص من نشارة الخشب عن طريق المسارات الحلزونية بطول المثقاب .

وفي هذا البحث تم التطرق لدراسة مستفيضة لسوائل الحفر بصوره تمكن من استخلاص توصيات تفيد قطاع حفر الآبار أو تساعد في التقدم في عمليات الحفر .

2.1 مشكلة الدراسة (Study problem) : -

نلاحظ أن هنالك عوامل تساعد على تدني سرع ة إنجاز عمليات الحفر الجوفي و زيادة التكلفة ، ومن هذه العوامل عدم ضبط خواص سائل الحفر مما ينتج عن ذلك حدوث مشاكل فنية تسبب في إطالة فترة الإنجاز و الزيادة الغير مبررة للتكلفة و هي مشكلة رأينا في دراستنا التركيز عليها و الوصول للحلول التي تساهم في القضاء عليها .

نسبة لعدم توفر مجال تشغيل لإستغلاله كمنطقة دراسة و عمل حقلي فقد تم الإستعانة بمعلومات من ملفات الآبار محفورة سابقاً و اعتبارها منطقة دراسة .

3.1 الأهداف :-

1.3.1 الهدف العام :

المساهمة مع قطاع المياه الجوفية بالوصول لنتائج جيده لتحسين أداء عمليات الحفر الجوفي .

2.3.1 الأهداف الخاصه :

- معرفة أنواع سائل الحفر و خصائصها و ذلك لتسهيل الإختيار المناسب لنوع السائل .
- معرفة تأثير سائل الحفر على زمن انجاز البئر و الطبقات المنتجة .
- لفت النظر لأهمية ضبط الخواص لتفادي تدني الأداء .
- تحسين أداء سائل الحفر في عمليات الحفر الرحوي .

4.1 منطقة الدراسة :

1.4.1 نبذة تاريخية :

منطقة الدراسة كانت محلية شرق النيل ،كانت محلية شرق النيل بحدودها الحالية تسمى مجلس ريفي بحري شرق ، وفي بداية التسعينات كانت جزء من محافظة شرق النيل الكبرى ، و في العام 1995 م تم فصلها عن محافظة بحري لتسمى محافظة شرق النيل و ضمت ثمان محليات . و في العام 2013 م سميت محلية شرق النيل بذات الحدود القديمة و ضمت ثمان وحدات إدارية و هي : أبو دليق ، وادي سوبا ، ود أبو صالح ، أم ضواً بان ، العسيلات ، العيلفون ، الحاج يوسف و شرق النيل .

شكل رقم (1 – 1) خريطة لمحلية شرق النيل (محلية شرق النيل)

- **الموقع :**

تقع في وسط السودان وتمتد من الضفة الشرقية للنيل الأزرق إلى الضفة الشرقية لنهر النيل ، يحدها من الغرب النيل الأزرق و نهر النيل ، و يحدها من الشمال ولاية نهر النيل ، ويحدها من الشرق ولايتي القضارف و كسلا ومن الجنوب ولاية الجزيرة .

- **السكان :**

يبلغ سكان محلية شرق النيل حوالي (956131) نسمة حسب تقدير العام 2012 م السكان الأصلين هم الشكرية ، البطاحين ، الحسانية ، المغاربة ، الجعليين ، المحس ، بالإضافة لبعض القبائل الأخرى . و من أقدم مناطق شرق النيل مدينة الجريف شرق حيث تعد من أعرق مناطق الخرطوم ، و أيضاً الجريف كركوج التي دخلها التعليم منذ الأربعينات و اشتهرت بصناعة الطوب و يتميز سكانها بفن العمارة الإسلامية و قد ساهموا في بناء مسجد الملك فاروق و العديد من المباني الحكومية ، ومن الأحياء الموجودة حي النصر حيث يعتبر هذا الحي من الأحياء الجاذبة للسكان من حيث الموقع الإستراتيجي الذي يتميز به ، و أيضاً من أحياء شرق النيل حي الفيحاء ذو القيمة العالية من حيث الأرض و الموقع و الخدمات .

2.4.1 الجيولوجية العامة للمنطقة :

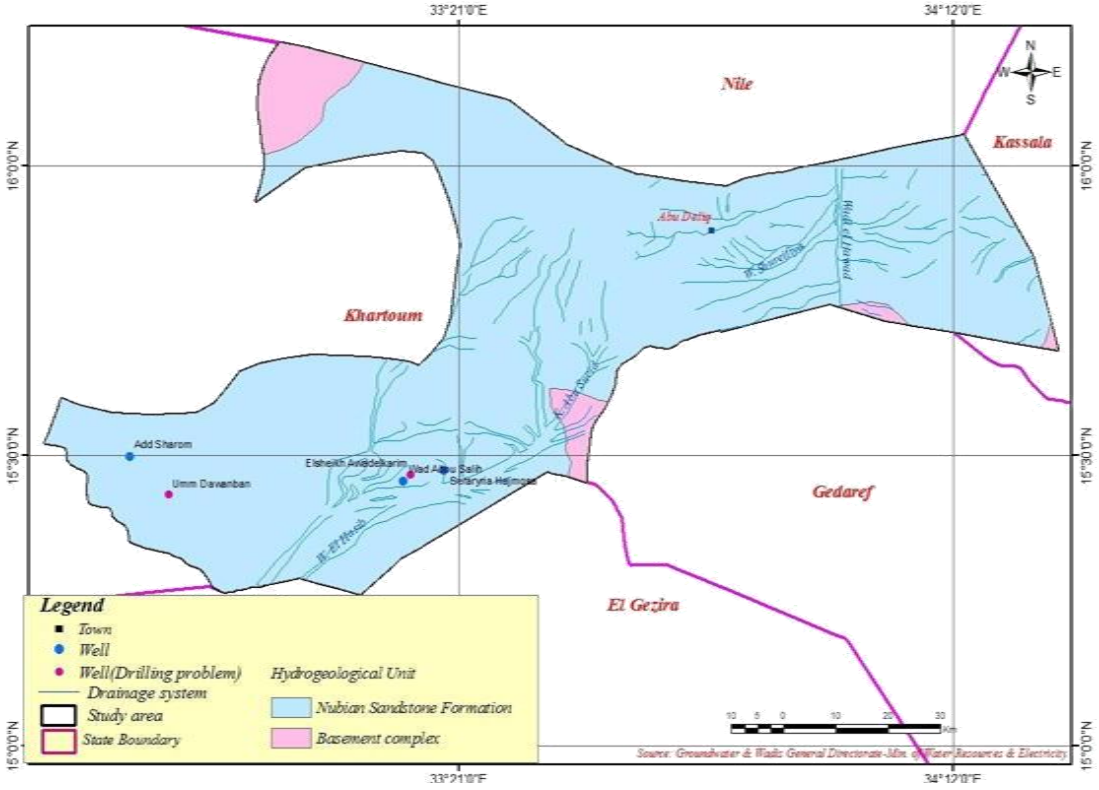
تغطي منطقة الدراسة التكوينات الجيولوجية التالية مرتبة من أعلى إلى أسفل :-

1 – الرسوبيات الحديثة : (**superficial deposits**)

2 – الحجر الرملي النوبي : (**Nubian sandstone formation**)

3 – الصخور القاعدية : (**basement complex**)

- وقد تم إختيار منطقتي ودام بشار و الشبالية كمناقط ممثلة لموضوع الدراسة



شكل (1 ـ 2) خريطة توضح التكوين الجيولوجي للمنطقة و بعض مواقع الآبار (إدارة المياه الجوفية و الوديان)

الباب الثاني

الإطارالنظري والدراسات السابقة

1.2 الحفر الجوفي :-

1.1.2 تمهيد :

عرفت عمليات الحفر منذ فترة طويلة ، وفي حدود عام 1700 قبل الميلاد قام الصينيون بحفر عدة آبار بعمق 500 متر وذلك لإستخراج المياه المالحة بغرض الحصول على الملح عن طريق التبخير .

إن تطور أعمال الحفر بدأت منذ ولادة فكرة إستثمار حقول النفط صناعياً ، و تم حفر أول بئر لهذا الغرض في روسيا حيث كانوا يستعملون الح ـفر المطرقي بدون منظومة تدوير ، أي حفر جاف .

لقد كانت الطريقة المستعملة في بداية أعمال الحفر هي الحفر بالطريقة المطرقية الجافة وبعد ذلك الطريقة المطرقية الهايدرولية حيث تتم إزاحة الصخور المحفورة لأعلى بواسطة منظومة تدوير الماء من قبل الفرنسي (فوفيلي) وبعد استخدام الطريقة المطرقية الهيدرولية تطورت أعمال الحفر كثيراً حيث زاد الأمان وتحسنت استقرارية جدار البئر وقلت إحتمالية حصول إنفجار البئر .

في عام 1951 م إستعمل لأول مرة الحفر الدوراني باستخدام منظومة تدوير سائل الحفر . إن التحول إلى أسلوب الحفر الدوراني وإستعمال عمود الحفر من قبل المنضدة الدورا ة أدى إلى زيادة سرعة الحفر بصورة مستمرة مع زيادة العمق الذي يمكن الوصول إليه .

2.1.2 تصنيف عمليات الحفر :

تصنف عمليات الحفر حسب الهدف من حفرها والطاقة المستعملة لتشغيل جهاز الحفر وحسب الطاقة المستعملة لإزاحة الفتات الصخري من القاع .

- ✓ التصنيف حسب الهدف من حفر الآبار :

أ - عمليات حفر لأغراض الدراسات الجيولوجية :

تجري في المناطق الغير معروفة وهدفها الحصول على معلومات متكاملة عن الطبيعة و محتويات الصخور التي تخترقها الحافرة وتنقسم إلي :-

- عمليات حفر للتنقيب .
- عمليات حفر إسناد .

ب - عمليات حفر إستثمارية :

تهدف إلى استثمار الحقول المكتشفة بصورة إقتصادية .

ج - عمليات حفر لأغراض الحقن :

تتم في حقول النفط لغرض الإستثمار الإقتصادي أو لغرض الإستخلاص الثانوي حيث يتم حقن بعض المواد الكيميائية أو الماء أو الغاز أو الهواء إلي الطبقة المنتجة .

د - عمليات حفر لمتابعة الإستثمار :

أيضاً لأغراض استثمارية .

✓ التصنيف حسب الطاقة المستعملة لتشغيل جهاز الحفر :

أ - عمليات حفر يدوية .

ب - عمليات حفر ميكانيكية : و تتم بواسطة محركات البخار أو الإحتراق الداخلي أو الكهربائية أو الهيدرولية أو محركات الهواء وغيرها .

✓ التصنيف حسب الطاقة المستعملة لإزاحة الفتات المحفور :

أ - عمليات حفر بواسطة الإزاحة الميكانيكية .

ب - عمليات حفر بواسطة الإزاحة الهايدروميكانيكية .

ج - عمليات حفر بواسطة الإزاحة الحرارية .

3.1.2 أنواع الحفر :

أ - الحفر الدوراني :

يتم حفر البئر بواسطة دوران الحافرة التي يسلط عليها ثقل نحو الأسفل و تكون على تماس دائم و مباشر مع قعر البئر و يتم ربط الحافرة بعمود الحفر الذي بواسطته تدور الحافرة ، أما عمود الحفر مكون من أنابيب حفر و أنابيب ثقيل و وصل ربط و يتم بهذه الطريقة إخراج قطع الصخور المحفورة من البئر بواسطة سائل الحفر الذي يتم تدويره بصورة مستمرة من داخل عمود الحفر نحو الأسفل خلال منافث موجودة في الحافرة ، و من ثم يصعد و معه الفتات في الفراغ الحلقي بين عمود الحفر و جدار البئر عائداً إلي السطح ، و على السطح يحول السائل الراجع إلي سلسلة من الأحواض حتى يترسب الفتات ، و في آخر حوض يسحب سائل الحفر بواسطة مضخة ماصة و تعاد هذه الدورة بشكل مستمر و يتطلب تقدم الحفر إضافة أنابيب حفر أخرى لحين الوصول للعمق المطلوب .

- ✓ المكونات الأساسية لجهاز الحفر الدوراني :
  - الأبراج .
  - جهاز الرفع .
  - مضخات الطين .
  - المحركات الأساسية .
  - عمود الحفر .
  - الحافرات .
  - حبل الحفر .
  - معدات متنوعة و مساعدة .

- ✓ مضخات الطين :

إن وظيفة مضخات الطين هي تدوير سائل الحفر تحت الضغط و الحجم المطلوبين و تنقسم إلي :-

- المضخات الثنائية :

هي التي تستخدم مكبس ذو إتجاهين عاملين (أمامي وخلفي) و يتم في هذا النوع من المضخات توليد ضغط عند شوطي المكبس الأمامي و الخلفي .

- المضخات الثلاثية :

هي التي تستخدم ثلاثة مكابس ذات إتجاه عامل واحد حيث يتم في هذا النوع من المضخات توليد ضغط عند شوط المكبس الأمامي فقط .

و يتم الحصول على التغيرات اللازمة في الحجم و الضغط بواسطة تغيير القطر الداخلي للإسطوانة و بواسطة تغيير الحجوم في المكبس ، و يشمل الشوط الواحد على حركة كاملة للأمام و الخلف أو دورة كاملة تعرف عادة مضخة الطين بقطر الإسطوانة و طول الشوط .

- ✓ مميزات المضخات :
  - إستطاعتها لتحمل سوائل حفر تحتوي نسبة عالية من المواد الصلبة .
  - يسمح حيز الصمام بمرور جسيمات صلبة كبيرة مثل مواد معالجة فقدان دورة سائل الحفر بدون حدوث أي ضرر فيها .
  - سهولة و بساطة التشغيل و الصيانة .
  - توفير مجال واسع للضغط و الحجم .

أما سلبيات هذه المضخات فهي تذبذب جريان سائل الحفر . تقاس سعة المضخة عادة بالقوة الحصانية .

ب - الحفر الطوربيني :

لا يختلف عن الطريقة الإعتيادية في الحفر الدوراني الفرق الوحيد أن الحافرة تدور بواسطة طوربين متعدد المراحل موجود في قاع البئر الذي يحصل على طاقته من سائل الحفر .

ج - الحفر المركب (مطرقي ودوراني) :

تم التأكد بأن هناك زيادة كبيرة في طاقة الحافرة يمكن الحصول عليها إذا مزجت ضربات مطرقية عالية الذبذبة بالحافرة الدوارة .

د - الحفر بالصدم الحزدقي للكريات الفولاذية :

تستخدم مبدأ التصادم العشوائي للكريات الحديدية ذات السرعة العالية لغرض تكسير الصخور المحفورة .

هـ - الحفر بواسطة النفث الهيدرولي :

فيه يتم إزاحة الصخور بواسطة قوة تهشيم نفث السائل الذي يخرج بسرعة عالية جداً من عدد من المنافث موضوعة في الطرف السفلى لعمود الحفر .

و - طرق الحفر الحراري :

طريقة الإزاحة التي تعتمد على تسخين الصخور في القعر بواسطة غازات فعالة مولدة من قبل حارق موضوع في الطرف السفلى من عمود الحفر و بواسطة تيارات كهربائية ذات تردد عالي جداً و بواسطة نقث البلازما .

ز - الحفر بواسطة التفجير :

إن أساس هذه الطريقة هو إزاحة الصخور بواسطة التفجير المتكرر في قعر البئر لشحنات صغيرة مزيج كيمياوي متفجر .

2.2 سوائل الحفر :-

سائل الحفر يعرف بأنه خليط من الطين و الماء و بعض المواد الكيميائية و يضخ داخل أنابيب الحفر إلى أسفل البئر لتليين و تهدئة معدات الحفر و إخراج الصخور المكسورة و تعزيز جوانب البئر .

هو السائل المستخدم للمساعدة في الحفر وغالباً ما يستخدم في آبار الغاز و النفط و آبار المياه و يسمي سائل الحفر بطين الحفر .

سوائل الحفر العمود الفقري لعمليات الحفر إذ لا يتم الحفر بدونه ويتم ضخه عبر أنابيب الحفر ، يتم خروج سائل الحفر من فتحات خاصة بفأس الحفر و يتم تدفق السائل إلي السطح في دورة تامة خلال الفراغ الحلقي بين أنابيب الحفر و جدار البئر حتي الوصول إلي السطح .

1.2.2 أنواع سوائل الحفر :

الماء أو النفط تعتبر سوائل حفر وافية بالغرض في بعض الأحيان ، ومع ذلك فإن الوظائف التي يجب أن يؤديها سائل الحفر تتطلب عموماً خواص لا يمكن الحصول عليها من سوائل عادية ، و بناءً على ذلك فإن سائل الحفر النموذجي يتكون من :

- الطور المستمر أو السائل الأساس كالماء أو النفط .
- الطور المتشتت مثل المواد الصلبة التي تحقق الخواص الغروية للسائل مثل البنتونايت أو السوائل المستحلبة التي تؤمن اللزوجة المطلوبة و كيك الجدار .
- المواد المتشتتة الغير فعالة مثل المواد المثقلة ، الرمل ، و قطع الصخور المحفورة .
- الإضافات و تشمل مختلف المواد الكيميائية الضرورية للسيطرة على خواص السائل في حدود معينة مطلوبة .

بالإمكان تقسيم سوائل الحفر الشائعة الإستعمال فيما يلي :-

❖ أولاً : الأطيان المحضرة بالماء العذب :-

وتشمل :

أ - الأطيان الطبيعية (مزيج عادي من الماء و الصلصال) :

من المتعارف عليه تسمى الأطيان الطبيعية تلك الأطيان التي تنتج أثناء عمليات الحفر أو التي تحضر على السطح من الماء و الصلصال . نسبة المواد الصلبة إذا كان الصلصال من نوع بنتونايت الصوديوم تتراوح بين 3 – 8 % ، و تكون اللزوجة الظاهرية للسائل أقل من 40 ثانية بواسطة قمع مارش ، أما حجم الراشح يكون بحدود 15 سم مكعب مقاساً في ظروف API .

مثل هذه السوائل تستعمل في ظروف الحفر الإعتيادية ، أما في الظروف الغير إعتيادية (كإختراق طبقات سميكة من الصلصال أو التي تحتوي على أملاح قابة للذوبان أو في الحفر عند أعماق بعيدة) فإن خواص هذه السوائل تتغير بسرعة كبيرة .

بالنسبة لتأثير الصلصال على خواص سائل الحفر فإنه يقلل ترشيح السائل و يؤثر سلبياً على اللزوجة ومقاومة الجل و بذلك يصبح من الصعب ضخ السائل .

أما بالنسبة لتأثير الأملاح القابلة للذوبان و الموجودة في بعض التكوينات الجيولوجية و التي عند إذابتها في سائل الحفر تؤثر بصورة سريعة على كل من ترشيح و لزوجة السائل .

كما أن هذه السوائل تكون حساسة للضغط و درجات الحرارة العالية لذلك في حالة الأعماق الكبيرة يلجأ إلى إستعمال سوائل حفر ذات استقرارية حرارية جيدة والتي تدخل في ضمن مكوناتها مخفضات اللزوجة و الترشيح .

يتضح مما جاء سابقا بأن مجال استعمال هذه السوائل علمياً محدود حيث ينحصر في عمليات حفر المقاطع السطحية أو المناطق التي يحدث فيها فقدان دورة سائل الحفر أي أن المطلوب سائل حفر ذو لزوجة و مقاومة جل عالية .

ب- السوائل المعالجة كيميائياً :

من مميزات هذه السوائل هي أن تأمين الخواص الغروية يتم عن طريق مزيج (بنتونايت + ماء) .

والغرض الأساسي من معالجة السوائل كيميائياَ هو ليس الحصول علي سوائل حفر خاصة و إنما هي لتحسين خواص السائل الأصلي فقط و خاصة فيما يتعلق بخواص الجريان .

تمتاز هذه السوائل من خلال تكوينها و معالجتها بقاعدية "pH" عالية (أكبر من 9) الأمر الذي يجعل المواد الصلبة الصلصالية في حالة تشتت دائم .

- ❖ ثانياً : سوائل الحفرالكابحة :-

و تشمل :-

أ . سوائل الحفر الكلسية :

إذا كان تلوث أيونات الكالسيوم ++Ca المتوقع كبيراً فإن الأسلوب السائد و الإقتصادي هو المعاملة المسبقة للمنظومة بالكالسيوم و تدعى مثل هذه السوائل بكلسية القاعدة . وتعتمد التسمية أعلاه على مصدر الكالسيوم و أسلوب درجة المعاملة لذلك فإن الفرق بين السوائل الملوثة و المعاملة بالكالسيوم

هو أن في الأخير الكالسيوم لا يعالج لغرض إبعاده و إنما يسمح له بالبقاء في السائل لفائدة خاصة . و هذه السوائل بإمكانها أن تحتوي على نسبة عالية من المواد الصلبة في لزوجات منخفضة و تمتلك سرعة ترشيح و مقاومة جل منخفضة و سهلة الصيانة نسبياً ، هذه الخواص جعلت استعمالها واسع الإنتشار و خاصة في حفر الطبقات العميقة .

في تطبيقات حفر الآبار تستعمل سوائل الحفر الكلسية الاتية :-

- سوائل الحفر المحضرة مع الكلس المطفي .
- سوائل الحفر المحضرة بالجبص .
- سوائل الحفر المحضرة بكلوريد الكالسيوم .

ب . سوائل الحفر المالحة :

إن الإستعمال الرئيسي للسوائل المحضرة بالماء المالح في المناطق أو الأماكن التي يتوفر فيها الماء المالح بكثرة مثل الحفر في البحار و المستنقعات أو السواحل . إن الإشباع المسبق للسائل سوف يبعد ذوبان الملح في داخل البئر . و عليه يحتفظ بقطر البئر أكثر قرباً من القطر المحدد .

في تطبيقات حفر الآبار تستعمل سوائل الحفر المالحة التالية :-

- سوائل الحفر المالحة الغير مشبعة (نسبة تركيز 1 – 5 %) .
- سوائل الحفر المالحة (نسبة تركيز NaCl 5 – 15 %) .
- سوائل الحفر المالحة (نسبة تركيز NaCl > 30 %) .

❖ ثالثاً : سوائل الحفر ذات المحتوى المنخفض من المواد الصلبة الصلصالية :-

كما هو معروف تزداد سرعة الحفر كلما قل محتوى الأجزاء الصلبة و لقد ثبت بأن التأثير السلبي على سرعة الحفر هو بسبب الجسيمات الصغيرة الحجم التي تتشتت على شكل حجوم غروية (أقل من 1 مايكرون) لذلك ظهرت سوائل حفر جديدة تدعى سوائل الحفر الغير متشتتة ذات المحتوى القليل من المواد الصلبة الصلصالية .

تتكون سوائل الحفر الغير متشتتة من السائل الأساس (ماء + بنتونايت) و عامل اندماج و أملاح كابحة لتميؤ الصلصال وفي حالة كونها مستحلبة يضاف إليها عامل استحلاب . أما تثقيلها فيتم بإضافة البرايت كما يتم إضافة مواد مقللة الترشيح و التآكل .

في عام 1968 عرف كل من Lacus و Field سوائل الحفر الغير متشتتة بإنها تلك السوائل التي تحتوي على 4 % كحد أقصى من المواد الصلبة على أن تكون نسبة المواد الصلبة الناتجة من قطع المحتوى المحفورة على المواد البنتونايتية أقل من 1:2 .

- ✓ خواص و إيجابيات هذه السوائل :
  - تتناسب سرعة الحفر و مدة اشتغال الحافرة عكسياً مع نسبة المواد الصلبة في السائل .
  - استقرارية عالية بجدار البئر بسبب خواص الكبح للطور المائي (الراشح) و بسبب الطبقة الرقيقة الواقية المتكونة على سطح الطبقات المعرضة لسائل الحفر وهذا يعني تأثيراً أقل على طاقة المناطق المنتجة ، و مشاكل أقل في حفر الطفل البنتونايتي (المنتفخ).
  - تمتلك هذه السوائل مقاومة لا بأس بها عند التلوث بكلوريد الصوديوم و الأنهدريت .
  - تكون هذه السوائل كيك طين قليل السمك على جدار البئر .

- ✓ سلبيات هذه السوائل تتلخص في :
  - صعوبة الإحتفاظ في المحتوى المنخفض من المواد الصلبة الصلصالية عند اختراق طبقات صلصالية في سرعة حفر عالية .
  - تتطلب معدات خاصة للعزل الميكانيكي على السطح للمواد الصلبة الغير مرغوب فيها و سيطرة قاسية لمحتوى المواد الصلبة .

إن هذه السوائل قد صممت لغرض إستعمالها في الآبار العميقة و ذات درجات الحرارة العالية إلا أن إيجابيتها المتأصلة بإمكانها أن توسع إستعمالها إلى مناطق أخرى .

❖ رابعاً : سوائل الحفر المستحلبة :-

يوجد نوعين من المستحلبات هما :

- مستحلبات نوع نفط في ماء : والتي فيها يمثل الماء الطور المستمر أما النفط فيمثل الطور المتشتت .
- مستحلبات نوع ماء في نفط : و التي فيها النفط يمثل الطور المستمر أما الماء فيمثل الطور المتشتت .

- ✓ مميزات سوائل الحفر المستحلبة :
  - زيادة سرعة الحفر في الطبقات البلاستيكية بسبب تقليل احتمال التصاق الصخور بأسنان الحافرة .
  - زيادة فترة إشتغال الحافرة الأمر الذي يقلل من الوقت المستغرق لإخراج عمود الحفر بهدف تبديل الحافرة .
  - تقليل احتمال امكانية استعصاء الحافرة وعمود الحفر مقابل الطبقات ذات النفاذية العالية .
  - تقليل احتكاك عمود الحفر بجدار البئر الأمر الذي يؤدي إلى تقليل عزم الدوران و إستهلاك عمود الحفر .
  - تحسين مواصفات سائل الحفر الأصلي . يقلل اللزوجة و بالنتيجة تخفيض ضغط المضخات . يقلل سرعة الترشيح و بالتالي الحصول على كيك طين رقيق .
  - تأثير سلبي أقل على الطبقات المنتجة .

- ✓ سلبياته فهي :
  - سعر أعلى .
  - في حالة استعمال النفط الخام كطور متشتت هنالك صعوبة في تحليل قطع الصخور المحفورة من ناحية إحتواء أو عدم إحتواء الطبقات العائدة لها على النفط .

❖ خامساً : سوائل الحفر النفطية القاعدية :-

تعرف بأنها تلك السوائل التي يكون فيها الطور المستمر من منتج نفطي أما المادة الغروية التي تحقق البنيان الداخلي و تكوين كيك الطين فهي الأسفلت المؤكسد أما محتواها من الماء يكون نسبياً قليلاً يتراوح بين 2 – 5 % كما يمكن أن تحتوي على حوامض عضوية .

إن اللزوجة الظاهرية لهذه السوائل عالية نسبياً مقارنة مع السوائل المحضرة بالماء العذب و لكنها تنخفض بقدر كبير مع درجة الحرارة حيث تؤثر الحرارة على خواص السائل الأساسية حيث تقلل اللزوجة و الكثافة و سرعة الترشيح و استقرارية السائل .

مقاومة جل هذه السوائل تكون عادة منخفضة إلا أنها كافية لتعليق البرايت و قطع الصخور المحفورة أما بالنسبة للترشيح فيجب أن يكون صفر سم مكعب في ظروف API (100 رطل / بوصة مربعة ، ودرجة حرارة السطح) أما ظروف 500رطل / بوصة مربعة و درجة حرارة 150° مئوي فيجب

أن يكون حجم الراشح بحدود 2 – 3 سم مكعب من النفط فقط . أما إذا زاد حجم الراشح عما جاء أعلاه فيعالج السائل بإضافة الأسفلت المؤكسد .

- ✓ مميزات سوائل الحفر النفطية القاعدية :
  - سرعة ترشيح منخفضة في درجات الحرارة العالية و فرق الضغط الكبير و يكون من النفط فقط .
  - مقاومة جيدة للملوثات .
  - مقاومة جيدة للحرارة العالية لأنها تحتوي على مكونات تميل للتصلب .
  - لزوجة عالية للطور السائل مقارنة بالماء .
  - قابلية تزييت عالية و التي تؤدي بالنتيجة إلى تقليل عزم دوران عمود الحفر ، و تقليل احتملات استعصاء عمود الحفر و زيادة فترة اشتغال الحافرة بسبب زيادة عمر المحامل و انخفاض تآكل معدات الحفر .
  - تسمح بنقل قطع الصخور المحفورة إلى السطح في حالة عدم تشتت و بذلك يسمح بتحديد محتواه من الماء .

- ✓ سلبياته :
  - عدم إمكانية القيام بالحبس الكهربائي حيث أن النفط لا يوصل الكهربائية إلا أنه بالإمكان القياس بطرق حبس أخرى .
  - يؤثر التلوث المفرط بالماء على خواص السائل خاصة اللزوجة .
  - يؤدي إلى تردي القطع المطاطية .
  - يؤدي إلى توسيخ العاملين ومناطق العمل .
  - خطورة الحريق أعلى .
  - ذو تكلفة عالية .

- ✓ مجالات استعمال هذه السوائل :
  - تنشيط بعض الآبار المنتجة .
  - حفر الطبقات الصلصالية و القابلة للتميؤ و الغير مستقرة .
  - حفر الطبقات الملحية السميكة الأنهدرايت و أملاح البوتاسيوم .

- حفر بعض الطبقات التي تحتوي على H_2S أو Co_2 .
- الحفر في درجات عالية .
- تستعمل كسائل تثقيب حيث يوضع عدد قليل من البراميل مقابل المنطقة المطلوب تثقيبها لكي تقي المقطع من التلوث بعد تثقيبها .
- حفر و أخذ اللباب Cores للتكوينات المنتجة .
- حفر و أخذ عينات للطبقات الرملية الغير متماسكة .
- استعمالات عديدة و متنوعة في أعمال الإصطياد مثل تحرير عمود الحفر و الوقاية من التآكل و أعمال الإصلاح في الطبقات المنتجة .

❖ سادساَ : الهواء ، الغاز الطبيعي كموائع حفر :-

إن استعمال كل من الهواء و الغاز كموائع حفر في تطبيقات هندسة الآبار محدود ، إلا إذا سمحت الظروف بلستعمالها ، إن الهواء و الغاز تكون موائع حفر مرضية في المناطق حيث التكوينات الإنسلاخية و الضغوط العالية .

بالإمكان تحقيق سرعة حفر عالية و فترة اشتغال أطول للحافرة على قاع البئر . من الممكن تحقيق فوائد أخرى في كثير من الحالات مثل تلوث أقل للطبقات المنتجة و التخلص من فقدان سائل الحفر .

إن التحدي الصارم في استعمال الغاز و الهواء كسوائل حفر هو عدم مقدرتها للسيطرة على الضغوط تحت السطحية المصادفة عند حفر طبقة ذات نفاذية عالية فإن محتواها من الموائع يدخل حالاً في البئر وهو أكبر مشكلة سائدة و إزالته يتطلب معدل دورات هواء كبير جداَ .

إن التفكير في استعمال الهواء و الغاز يتطلب تحليل قدرتها على أداء الوظائف الأكثر ضرورة للمنطقة المعينة ، مثلاً رفع قطع الصخور المحفورة و تبريد و تزييت الحافرة و عمود الحفر بالإمكان تأديتها بصورة ملائمة من قبل الغاز ، بينما من ناحية ثانية لا يمكنها تأدية مهمة تعليق الصخور المحفورة وبناء جدار البئر والسيطرة على الضغط . وعليه فإن هذه التقنيات قابلة للتطبيق فقط في تلك الآبار حيث الوظائف الأخيرة ليست ذات أهمية كبيرة .

2.2.2 وظائف سوائل الحفر :

✓ الشروط الواجب توافرها في سائل الحفر ليؤدي وظائفه بصورة جيدة :

- ألا يعيق تقييم إمكانيات الإنتاج للتكوينات التي يصادفها .

- ألا يكون له تأثير سلبي على الطاقة الإنتاجية للمناطق التي يحتمل أن تكون منتجة .
- ألا يسمح بالتعليق والدوران المستمر للكميات الفائضة أو الخشنة مثل قطع الصخور المحفورة والصلصال المصادف والرمل الناعم .
- ألا يقلل من سرعة الحفر .
- ألا يكون ساماً .
- ألا يتطلب ضغط مضخة مفرط في ضخ التدوير المطلوب .
- ألا يسبب صدأ أو تآكل عمود الحفر .
- يجب أن يكون مقاوم للتلوث من قبل الماء والمعادن التي تصادفه و كذلك مقاوم للحرارة و الضغط العالي .
- يجب أن يكون سهل التحضير والتداول والصيانة في الظروف المتوفرة في موقع العمل .
- يجب أن يكون استعماله إقتصادياً (قليل التكلفة) .

من الصعب جداً لأي سائل حفر أن يفي بجميع تلك المتطلبات بصورة مثالية ، و عليه فإن اختيار نوع السائل لعمل ما تتحكم فيه تلك الوظائف ذات الأهمية الأكبر للبئر المعني ، لذا يجب أن يحدث بعض التنازل عن مواصفات أخرى مطلوبة .

✓ وظائف سائل الحفر الخمسة الأساسية :

- تبريد وتزييت عمود الحفر والحافرة :

يتحول العمل الميكانيكي الناتج من إحتكاك الحافرة بقاع وجدار البئر وإحتكاك عمود الحفر بجدار البئر إلي حرارة تؤدي إلي إستهلاك مبكر للمعدات وفي بعض الأحيان تؤدي إلى تلف بعضها إن سوائل الحفر بدورانها داخل البئر تمتص هذه الحرارة الناتجة و تبرد الحافرة و عمود الحفر ، وقدرة السائل على إمتصاص الحرارة تعتمد على حرارته النوعية و معدل الضخ .

وجود سائل الحفر داخل البئر يؤمن طبقة رقيقة داهنه الأمر الذي يؤدي إلى تقليل الإحتكاك و يبعد الإستهلاك المفرط لعمود الحفر .

إن التطوير النسبي الذي تم تحقيقه مؤخراً لتحسين تزييت عمود الحفر يتضمن استخدام مزيتات الضغط المتطرف التي تم تطويرها من قبل شركات نفط الخليج ، إن هذه المنتوجات تغطي سطوح المعادن مثل حاملات الحافرات بطبقة تزييت رقيقة جداً و ذات مقاومة عالية و بهذا تقلل الإحتكاك بين معدن و معدن الأمر الذي يؤدي إلى تقليل التآكل و بالتالي إلى تقليل كلفة الحفر .

- تنظيف قاع البئر من قطع الصخور المحفورة ونقلها إلي السطح :

تتأثر سرعة الحفر بدرجة كبيرة بدرجة تنظيف البئر ونقل الصخور المحفورة إل ى السطح لذلك تمثل خواص سائل الحفر العامل الرئيسي لتحقيق هذه الوظيفة على الشكل الأمثل .

يفهم من التنظيف الأمثل لقاع البئر ، إبعاد قطع الصخور المحفورة من قاع البئر كلياً بحيث تلامس أسنان الحافرة صخور جديدة بصورة دائمة ، وبعكس ذلك فإن الصخورة المحفورة سوف تتجمع في قاع البئر وسيعاد طحنها في المرحلة اللاحقة ، الأمر الذي يؤدي إلى استهلاك جزء من الطاقة بدون فائدة ، و نتيجة لذلك يقل عمق إختراق الأسنان في الصخرة و بالتالي تقل سرعة الحفر .

إن إرتطام سائل الحفر بقاع البئر و انتشاره إلى الجوانب يؤدي إلى إبعاد تلقائي لقطع الصخور المحفورة ، حيث بعد الإرتطام بقعر البئر ينتشر الجزء الأكبر من السائل بصورة موازية لقاع البئر لأن مساحة الإرتطام عادة تكون صغيرة (3 أضعاف قطر المنفث) . أما باقي المساحة من قاع البئر فيتم تنظيفها من قبل حركة السائل الموازية لقاع البئر و التي تسمى بالحركة المتقاطعة لأن السائل المنتشر من خلال الإرتطام لمنفث واحد يقاطع الذي ينتشر من المنافث الأخرى .

مما سبق ذكره يتضح السرعة التي تتم فيها إزالة القطع المحفورة في أسفل الحافرة لها تأثير كبير على كفاءة الحفر بالتالي على سرعة الحفر وأن سرعة تدوير سائل الحفر هي أكثر خاصية تتحكم بصورة رئيسية في هذا العامل .

لقد إستنتج العالم وليام بروس بأن سوائل الحفر ذات اللزوجة ومقاومة الجل المنخفضة هي أكثر فاعلية في رفع الصخور في سرعة جريان معينة .

بصورة عامة تعتبر سرعة سوائل الحفر التي تتراوح بين 80 – 150 قدم/ دقيقة كافية لتنظيف البئر تحت مختلف الظروف .

- تعليق قطع الصخور المحفورة :

قابلية سائل الحفر على تعليق قطع الصخور المحفورة أثناء توقف الدوران تعتمد بصورة رئيسية على مقاومة الجل لذلك السائل ، و مقاومة الجل هي عرض لقابلية سائل الحفر لتكوين تركيب جلاتيني أو المقدرة على التثخن مع وقت الركود ، إن سائل الحفر الذي يتصرف كالجلاتين تكون له خواص جيدة لتعليق القطع المحفورة .

إن خاصية سائل الحفر لتكوين تركيب جلاتيني يجب أن تكون عكسية أي يجب أن يعود إلي الحالة السائلة عند رجه . إن وظيفة تعليق الصخور مهمة داخل البئر لمنع التصاق أنابيب الحفر أثناء توقف العمل .

إن أهمية مقاومة الجل لتعليق قطع الصخور المحفورة تعتمد بصورة كبيرة على خاصية الحالة الموجودة ، حيث في مناطق الصخور الصلبة حيث سرعة الحفر تكون منخفضة و كمية قطع الصخور تكون قليلة نسبياً فإن مقاومة الجل تكون ذات أهمية قليلة و هذا ما يؤكد انتشار استعمال الماء كسائل حفر . أما في الطبقات الرخوة فإن سرعة الحفر كبيرة و كمية قطع الصخور المحفورة في أي وقت كبيرة لذا بالإمكان إعطاء مقاومة الجل أهمية أكبر .

إن خواص سائل الحفر التي تؤثر على تعليق القطع هي اللزوجة و الكثافة . تأثير اللزوجة على سرعة الإنزلاق في الجريان الصفيحي هو ظاهر من معادلة ستوك ، أما الكثافة فإنها تؤثر على التعليق المستقر لأن سقوط القطع هو نتيجة للفرق الكبير بين كثافة السائل و كثافة المواد الصلبة .

- السيطرة على الضغوط التحت سطحية :

كما هو معروف تصادف أثناء عمليات الحفر العديد من الطبقات التي تحتوي على موائع تحت ضغط معين يعتمد الضغط على العمق ، وبهدف منع دخول هذه الموائع إلى داخل البئر يستخدم سائل حفر ذو كثافة كافية لتكوين ضغط معاكس على جدار البئر .

إن كثافة سائل الحفر هي الخاصية الرئيسية التي تتحكم في مهمة السيطرة على الضغط و في بعض الأحيان يكون الماء إضافة إلى الصلصال المصادف ذو كثافة كافية للسيطرة على الضغوط بينما في حالات أخري يجب استعمال كميات كبيرة من المواد المثقلة .

إن استعمال سائل حفر ذو كثافة غير كافية لموازنة ضغط الطبقات بالإمكان أن يؤدي إلي دخول الموائع إلى داخل البئر وقد يتبع ذلك بعض المشاكل مثل انفجار البئر وكذلك استعمال سوائل حفر

ذات كثافة أعلى من المطلوب يؤدي إلي تشقيق الطبقات وظهور مشكلة فقدان إلي دورة سائل الحفر بالإضافة إلي التأثير السلبي على سرعة الحفر .

- خواص بناء الجدران :

عادة يكون ضغط عمود سائل الحفر أكبر من ضغط الموائع الموجودة في الطبقات لذلك فإن سائل الحفر يميل للدخول في الطبقات المخترقة ، إذا كانت المسامات كبيرة فإن سائل الحفر سيدخل فيها مما سبب فقدان دورة سائل الحفر . ولكن عموماً تكون مسامات الصخور صغيرة لذلك يدخل الطور السائل فقط (ماء ، أو نفط) وفي نفس الوقت يترسب جزء من المواد الصلبة في السائل على جدار البئر مكونة كيك الطين أو كيك البناء .

إن كيك الطين مهم من أجل استقرارية الطبقات المتشققة و الرملية والحصوية قليلة التماسك ، حيث أحياناً من الصعب تحقيق هذه الإستقرارية باستعمال سائل حفر ملائم من ناحية الكثافة فقط . إن وجود كيك الطين مقاوم ، متراص ، و قوي الترابط مع جدار البئر و قليل السمك نسبياً يقي بدرجة كبيرة تهدم جدار البئر إضافة إلى أن كيك الطين يقلل من نحت جدران البئر بسبب تيار سائل الحفر الصاعد إلي السطح .

3.2.2 خواص سوائل الحفر :

هي خواص يتم من خلالها تقييم قابلية سوائل الحفر لأداء وظيفتها في الظروف المستخدمة فيها وهي :-

- ❖ أولاً :- الكثافة Density :

هي كتلة وحدة الحجوم ، ومعرفة الكثافة ضرورية لتقييم الضغط الهيدروستاتيكي المسلط على نقطة ما على أي عمق من البئر .

تحديد وتنظيم كثافة سائل الحفر لتحقق ضغطاً هيدروستاتيكاً كافياً لمنع دخول الموانع الموجودة في الطبقات التي يتم اختراقها . كما أن هذا الضغط يجب ألا يكون قليلاَ و إنما من الكفاية بحيث يحول دون تهدم جدار البئر ، كذلك يجب ألا يكون الضغط عالياَ حيث يوجد خطر تشقق الطبقات و فقدان دورة سائل الحفر جزئياَ وفي بعض الأحيان كلياً .

إن كثافة سوائل الحفر المحضرة بالماء تتراوح بين 8.33 (و هي كثافة الماء العذب) ، و 118.32 رطل / جالون عند إضافة البرايت لها ، أما بالنسبة لسوائل الحفر المحضرة من النفط فإن كثافتها من الممكن أن تقل عن 8.33 رطل / جالون .

فحص كثافة سائل الحفر :

يتم قياس كثافة سوائل الحفر عن طريق جهاز يسمى (مكثاف الطين) على أن تكون دقة القياس عالية جداً .

❖ ثانياَ :- الخواص التيارية :

تعني خواص سوائل الحفر التي تصف سلوكه أثناء الجريان وتشمل :-

- اللزوجة Viscosity :

تصف ثخانة سائل الحفر أثناء حركته و تعرف :

نوعياً : مقاومة السائل للجريان.

كمياً : هي خاصية فيزيائية تحدد العلاقة بين إجهاد القص الذي يحرض على الجريان و سرعة القص .

تنقسم السوائل عموماً إلي :-

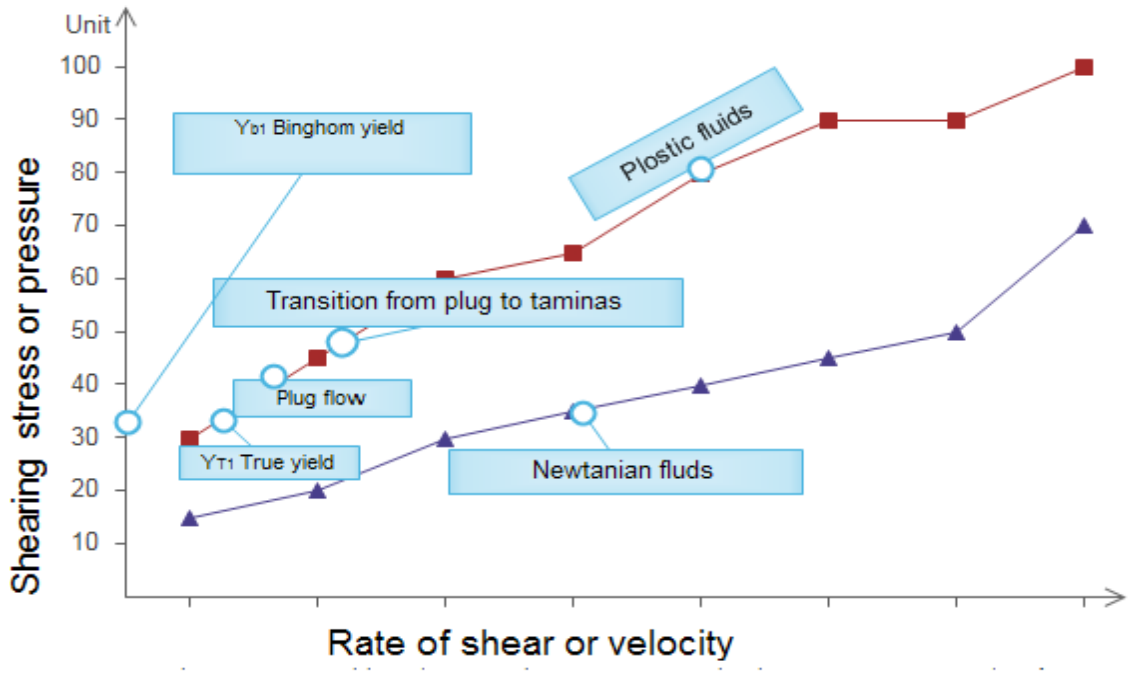
أ - السوائل النيوتونية مثل الماء والغازات والمنتجات النفطية سوائل التثقيف والسوائل ذات التركيز المنخفض (شكل رقم 2-1)

✓ خواص السوائل النيوتونية :

- تمتلك لزوجة ثابتة في أي درجة حرارة وضغط معينين .

- تبدأ بالجريان البطئ حتى ولو سطلت عليها قوة صغيرة جداً .

- لا توجد أي ظاهرة للبنيان الداخلي الدائم .

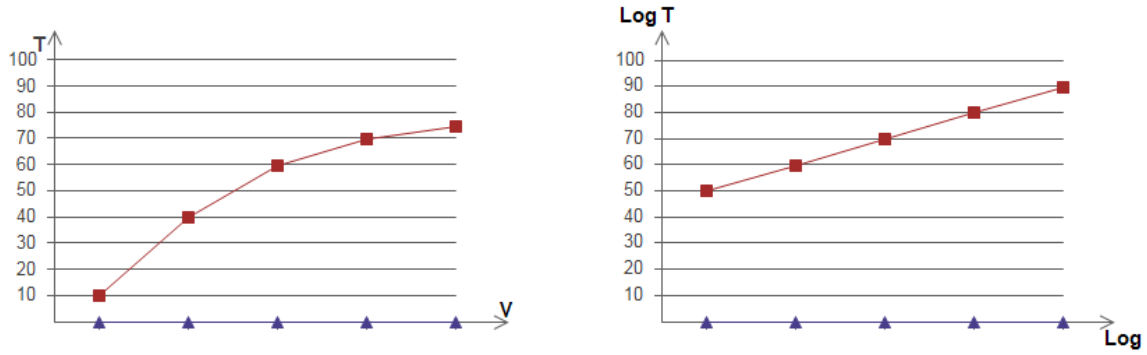


شكل رقم (2-1) سلوك جريان السوائل اللدائنية والنيوتونية ــ هندسة حفر الآبار النفطية (المرحلة الثالثة)

ب - السوائل اللا نيوتونية :

مثل معاجين الأسمنت المحضرة بالماء و سوائل الحفر والعوالق الفردية وجريانها كما هو موضح في الشكل رقم (2 - 2) الذي يوضح جريانها .

- ✓ خواصها :-
- لزوجتها غير ثابتة .
- لزوجتها تعتمد على عامل جريان إضافي .
- لها بنيان داخلي .
- اللزوجة الظاهرية تعتمد على الجريان السابق وظروف الجريان الحالي .



شكل رقم (2 - 2) منحني جريان السوائل اللانيوتونية ـ هندسة حفر الآبار النفطية (المرحلة الثالثة)

- اللزوجة البلاستيكية :

تعرف بإجهاد القص اللازم بالإضافة إلى نقطة المطاوعة لتحريض وحدة سرعة القص .

تزداد اللزوجة البلاستيكية بزيادة تركيز الأجزاء الصلبة في سائل الحفر ويتم تقليلها بتخفيف السائل بالماء أو بإزالة المواد الصلبة ميكانيكياً .

قيمة اللزوجة البلاستيكية تعتمد على :-

- لزوجة السائل الأساس .
- تركيز الأجزاء الصلبة في السائل .
- حجم وشكل الأجزاء الصلبة .

- اللزوجة الظاهرية :

يتضح بأن اللزوجة الظاهرية تظهر كفعل مركب بين اللزوجة البلاستيكية و قيمة المطاوعة ، و تقل اللزوجة الظاهرية عادة بزيادة سرعة الجريان ، و أنها تعتمد على طبيعة الجريان السابق و ظروف الجريان الحالي .

- نقطة المطاوعة :

تمثل الجزء الثاني من مقاومة الجريان لسائل الحفر ، وهي مقياس للكهروكيميائية أو قوى تجاذب الجسيمات الصلبة الموجودة في السائل .

تعتمد قيمة المطاوعة على :

- حجم و تركيز الأجزاء الصلبة في السائل .
- خواص سطح الأجزاء الصلبة .
- الوسط الكهربائي لهذه الأجزاء .

وتزداد قيمتها بإضافة المواد الصلبة الفعالة كالبنتونايت والأملاح . ويتم تخفيفها بمعالجتها كيميائياً بإضافة المخففات .

قياس اللزوجة :-

توجد العديد من الأجهزة لقياس لزوجة سوائل الحفر ، منها :

- قمع مارش .
- ملزاج ستورمر .
- ملزاج فان .
- جهاز بارويد لقياس التيارية .

✓ أسباب تغيير لزوجة سائل الحفر :

- تغيير في لزوجة السائل الأساس .
- تغييرات بنيانية عكسية أو غير عكسية للأجسام الصلبة المكونة لسائل الحفر .
- التلف الكلي أو الجزئي الغير عكسي للإضافات.

✓ أهمية معرفة الخواص التيارية لسوائل الحفر :

- حساب فقدان (هبوط) الضغط في منظومة دوران سائل الحفر للبئر .
- تقييم قابلية سائل الحفر على أساس تنظيف قاع البئر و إخراج الفتات الصخري إلي الخارج .
- تحديد متغيرات العمل الرئيسية مثل حجم التصريف ، قطر منافث الحافرة وسرعة التيار الخارج من المنافث وتحديد القوة الحصانية الهايدرولية لمضخات سائل الحفر .
- تحديد أسلوب تشغيل التوربين عند استعماله للحفر .
- تقييم قابلية سائل الحفر لتعليق قطع الصخور المحفورة .

- تلافي الضغوط الهيدروديناميكية عند بدء الضخ وعند تنزيل عمود الحفر وتنزيل عمود البطانة .

❖ ثالثاً :- مقاومة الجل Gel strength :

هي قياس الحد الأدنى من إجهاد القص اللازم لحدوث سرعة قص محدودة أو لإنتاج حركة إنزلاقية ، وهي قياس لقابلية سائل الحفرلتكوين تركيب هلامي .

أو هي قياس لقوى التجاذب في الظروف الإستقرارية أو عدم الجريان .

تعتمد مقاومة الجل للمحاليل الغروية على الفترة الزمنية التي يبقى فيها السائل في حالة ركود . عموماً السوائل التي نقطة مطاوعتها عالية تكون لها مقاومة جل عالية ، و ذلك لأن كلا الخاصيتين هما بسبب نفس الظاهرة و هي التغلب على قوى التجاذب الكهربائي في الجسيمات الغروية .

عند زيادة درجة حرارة سوائل الحفر البنتونايتية (الصلصالية) تعجل من سرعة تكوين التركيب الهلامي ، تكون مقاومة الجل عالية عند زيادة درجة الحرارة ولا تعود السوائل إلى الحالة السائلة بعد انخفاض الحرارة .

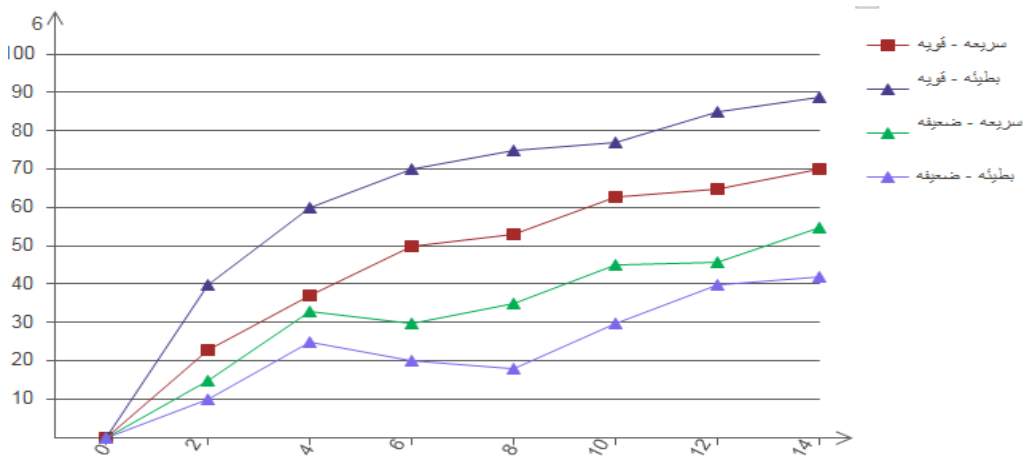
✓ أنواع التركيب الهلامية :

أ - متقدمة أو قوية.

ب - هشه أو ضعيفة.

بالنسبة للنوع المتقدم فهو صعب الإنكسار بسبب تركيز المواد الصلبة به وهو غير مرغوب فيه لإحتمال حدوث مشاكل به .

أما بالنسبة للنوع الضعيف فهو يبدأ بمقاومة جل أولية كبيرة وهو سهل الإنكسار ويحتاج إلي ضغط أقل في مضخات سائل الحفر لتأمين الدوران كما أن مشاكله أقل .



شكل رقم (2 – 3) منحنيات التهلم – هندسة حفر الآبار النفطية (المرحلة الثالثة)

❖ رابعاً :- الترشيح Filtration :

هو تغلل جزء من الطور المستمر و الطليق لسائل الحفر في التكوينات النفاذه التي يتم اختراقها بسبب فرق الضغط بين عمود سائل الحفر الموجود في البئر وضغط التكوين .

هذا الترشيح مصحوب بترسيب جزء من المادة الصلبة الموجودة في السائل ، و التي تملأ المسامات السطحية للصخور و المساحة المعرضة للسائل مكوناً ما يدعى كيك الطين .

بما أن نفاذية كيك الطين منخفضة جداً مقارنة بنفاذية الوسط المسامي للصخور فإن السيطرة على سرعة الترشيح في هذه الفترة تكون من قبل خواص كيك الطين و التي بدورها تعتمد على طبيعة سائل الحفر .

سيزداد سمك كيك الطين على جدار البئر بصورة مستمرة إلى حين الوصول إلى سمك التوازن ومن بعدها تستقر سرعة الترشيح على قيمة ثابتة .

✓ أنواع الترشيح :

- الترشيح الحركي :

يتم أثناء دوران عمود الحفر وضخ سائل الحفر داخل البئر . و الذي يعتمد على معدل الجريان و لزوجة سائل الحفر و حيز الفراغ الحلقي و نفاذية كيك الطين .

- الترشيح الساكن :

هو الترشيح الذي يحدث أثناء توقف ضخ سائل الحفر و دوران عمود الحفر . و يعتمد على طبيعة الأجسام الصلبة في السائل و انضغاطية الأجزاء الصلبة و لزوجة سائل الحفر .

✓ الآثار الجانبية للترشيح العالي :-

- تميؤ و انتفاخ الطفل و الصلصال الحساسة للماء مما يؤدي إلى تقليص قطر البئر الأمر الذي يسبب استعصاء عمود الحفر .
- سقوط الطفل والصلصال المنتفخ غير المتماسك .
- تهدم بعض التكوينات الغير قابلة للتميؤ .
- تكوين كيك طين سميك مقابل الطبقات ذات النفاذية العالية عند توقف دورة سائل الحفر الأمر الذي يؤدي إلى عدم إمكانية وصول عمود الحفر إلى قعر البئر عند إدخاله أو تكوين كتل من كيك الطين فوق الحافرة .
- ذوبان الكتل الملحية مع تكوين كهوف وخلق إمكانية هدم الطبقات الموجودة فوق الكتل الملحية .

وكخلاصة لغرض استمرار الحفر بدون مشاكل و إبعاد الضرر عن الطبقات المنتجة ، يفضل استعمال سائل حفر ذو سرعة ترشيح منخفضة ، ويتم تحقيق ذلك بإضافة بعض المواد الضرورية في سائل الحفر التي تثبت أكبر كمية من الماء ، مخفضة بذلك كمية الماء الطليق و لتكون كيك طين قليل النفاذية .

فيما يخص سرعة الحفر يفضل استعمال سوائل حفر ذات سرعة ترشيح عالية في اللحظات الأولى بهدف تساوي الضغط على سطح قطع الصخور المحفورة و التي لم تنفصل بعد عن قعر البئر الأمر الذي يسهل إزاحتها و نقلها إلى السطح .

❖ خامساً :- الحامضية والقاعدية acidity and alkalinity :

إن الحامضية أو القاعدية لأي محلول توصف بواسطة دليل القلوية PH وهو اللوغريثم العشري السالب لتركيز أيونات الهايدروجين في لحظة ما في محلول ما .

أي أن :

$$pH = -\log H +$$

يكون المحلول حامضي إذا تراوحت قيمة pH بين (0 – 7) وقلوي بين (7 – 14) أما إذا كانت 7 فيكون المحلول حيادي .

إن قياس pH مبني على أساس أن المحاليل الإلكتروليتية قابلة للتجزئة إلى كاتيون الهيدروجين (+H) التي تمثل الجزء الحمضي ، و مجموعة الهايدروكسيد (-OH) التي تمثل الجزء القاعدي و على أساس ذلك فإن المواد التي تزيد في تركيز+H تؤدي إلى انخفاض في قيم pH ، وعكس ذلك إذا أضيفت المواد التي تقلل في تركيز+H (أي زيادة -OH) فسوف ينتج عنها زيادة في قيمة pH السائل .

يعتبر PH سوائل الحفر يمثل دليل موجه للمعالجات الكيميائية حيث أن علاجات معينة تتطلب مجال معين من الحامضية والقاعدية . كما أنه يلعب دوراً رئيسياً في السيطرة على ذوبان الكلس و المخففات و على تحلل الغرويات العضوية وعلى تشتت الصلصال . و تمثل قيمة pH مؤشراً مهما للسيطرة على التآكل ، حيث يجب ألا تقل عن 7 لمنع تآكل أنابيب البطانة و عمود الحفر و غيره .

✓ فحص الحامضية :

هنالك طريقتين لفحص الحامضية :

- بواسطة أوراق PH .
- بواسطة مقياس PH .

4.2.2 تأثير خواص سائل الحفر على سرعة الحفر :

❖ تأثير كثافة سائل الحفر :

للكثافة تأثير على سرعة الحفر أكبر من تأثير بقية خواص السائل حيث أن الفرق بين ضغط عمود السائل الهايدروستاتيكي وضغط التكوين تأثير كبير على سرعة الحفر حيث تزداد السرعة كلما قل هذا الفرق . وتزيد السرعة كلما زاد ضغط التكوين على ضغط عمود سائل الحفر .

ولغرض الحفاظ على أعلى معدل اختراق (أو معدل الإختراق المناسب عملياً) فلا بد من الحفاظ على ضغط أو كثافة سائل الحفر بأدنى مستوى ممكن بشرط ألا تحدث أي مشاكل عند الطبقات ذات الضغط العالي ، و هذا يعني ضرورة وجود توازن جيد بين ضغط سائل الحفر و ضغط الطبقة المحفورة .

❖ تأثير لزوجة سائل الحفر :

إن قيم اللزوجة لسائل الحفر تتعلق بمحتواه من المواد الصلبة . حجم و توزيع هذه المواد ، كذلك التجاذب و التنافر بين جسيمات المواد الصلبة و لزوجة السائل الأساس .

إن الدور الذي تلعبه اللزوجة في عملية حفر الآبار يتضح من قابلية السائل على كسح قطع الصخور المحفورة ترفع بسرعة إلى الأعلى لتلافي إعادة حفرها وتكون فاعلية الكسح تكون أفضل بإستعمال سائل حفر قليل اللزوجة .

يتضح بأن سائل الحفر الذي له لزوجة منخفضة في منافث الحافرة يمكن التوقع أن يحفر أسرع من طين عادي محضر من الماء و البنتونايت أو الأطيان المعالجة بالمخففات .

سرعة الحفر بالإمكان أن تتأثر أيضاً بقابلية سائل الحفر لتنظيف البئر من قطع الصخور المحفورة ، حيث أن التركيز العالي من قطع الصخور المحفورة في الفراغ بالإمكان أن يؤدي إلى تكتلها على الأنابيب الثقيلة أو الحافرة .

❖ تأثير سرعة الترشيح :

تقل سرعة الحفر عموماً مع زيادة اللزوجة ، وبما أن اللزوجة تتناسب عكسياً مع الترشيح لذلك فإن سرعة الحفر تتناسب تناسباً طردياً مع الترشيح .

عندما يتم رفع أو إزاحة الشظية بعد أن تعمل الحافرة شق حولها فسوف يتولد فراغا تحت الشظية ما لم يكن هنالك سائل يكفي لملء هذا الشق المفتوح .

وفي حالة الحفر المتوازن (عندما يكون ضغط عمود سائل الحفر أكبر من الضغط المسامي للتكوين) فسوف يتكون فراغاً كاملاً تحت الشظايا الغير نفاذة ، و يُحدث فراغاً جزئياً تحت الشظايا المعتدلة النفاذية .

أما في حالة الحفر الغير متوازن فإن الشق الإبتدائي حول الشظية سيملأ فوراً في حالة كون الصخور المحفورة ذات نفاذية العالية ، بينما يملأ الشق بسرعة أقل في حالة الصخور الغير نفاذة نسبياً ، و على هذا الأساس فإن من المتوقع أن يتناسب معدل الإختراق (أو سرعة الحفر) طردياً مع سرعة ملء الشق حول الشظية بالسائل .

درجة تأثر معدل الإختراق بترشيح سائل الحفر يعتمد على :

- نفاذية الصخور المحفورة .

- الفرق بين ضغط عمود سائل الحفر و ضغط التكوين .

❖ تأثير محتوى السائل من المواد الصلبة :

هنالك علاقة بين المواد الصلبة وخواص سوائل الحفر الأخرى التي تؤثر على سرعة الحفر ، حيث أن هذه المواد الصلبة تؤثر على كل من الكثافة و اللزوجة و الترشيح عن طريق حجوم و توزيع الماد الصلبة في السائل .

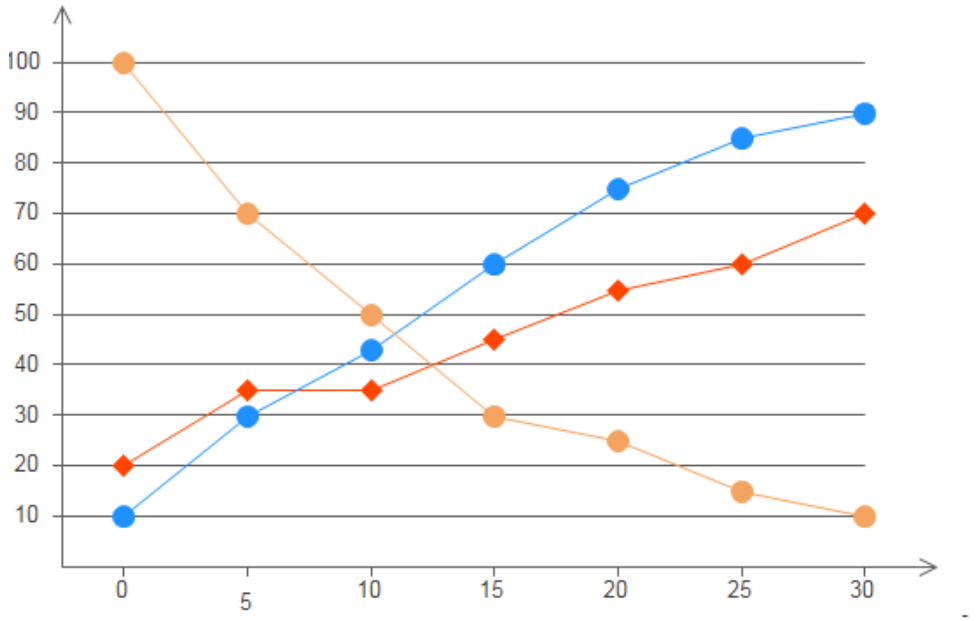
و لذلك فإن للمواد الصلبة في سائل الحفر علاقة قوية بكثافته و لزوجته ، فالجسيمات الصغيرة جداً تؤثر على سرعة الحفر بعكس ما تؤثر عليه الأجسام الكبيرة ، فالأولى تسد الفتحات الصغيرة في الصخور و الناتجة عن تأثير دفع الأسنان لها .

وكلما قلت نسبة المواد الصلبة تزداد إيجابيات السائل المستعمل بالتالي تزيد سرعة الحفر و الشكل رقم (2 – 4) يوضح العلاقة مع سرعة الحفر .

كما أن الوزن النوعي للمواد الصلبة الموجودة في سائل الحفر له علاقة مباشرة بسرعة الحفر ، عادة يكون مصدر المواد الصلبة ذات الوزن النوعي المنخفض من الصخور المحفورة ، أما ذات

الوزن النوعي العالي فهي إضافات كالبرايت و غيرها . يتضح من الضروري إبعاد المواد الصلبة ذات الوزن النوعي المنخفض و المتمثلة في قطع الصخور المحفورة .

ومع ذلك فإن لشكل المواد الصلبة و لكيفية تشتتها تأثير واضح على معدل الإختراق ، ويلاحظ بأن معدل الإختراق يكون أعلى بكثير عند استخدام طين حفر غير متشتت .



شكل رقم (2-4) علاقة محتوي السائل من المواد الصلبة مع سرعة الحفر ـ هندسة حفر الآبار النفطية (المرحلة الثالثة)

❖ تأثير التزييت :

إن الزيادة في معدل الإختراق بسب التزييت كان كافياً بدرجة كبيرة لإحداث تخفيض ملموس في تكاليف الحفر .

و يعود سبب الزيادة الواضحة في معدل الإختراق عند إضافة النفط إلى سوائل الحفر إلى تقليل قابلية تكتل فتات الصخور المحفورة على الحافرة و أسنانها بصورة رئيسية .

كما أن للزيت وظيفة تزييت خيط الحفر للتقليل من إحتكاكه على جدار التجويف ، و بالتالي ارتفاع مفعول الوزن المسلط على رأس الحفر .

ومع ذلك فإن ما يلي يساهم بصورة جزئية على تفسير زيادة سرعة الحفر عند إضافة النفط لسوائل الحفر المحضرة بالماء :

- تبلل الحديد أو الأنابيب الفولاذية بالنفط يؤدي إلى تقليل التصاق الصلصال بالسطوح الحديدية .
- تغليف قطع الصخور المحفورة بالنفط يقلل من احتمال تماسكها فيما بينها و هكذا يمنع من حصول تكتلات أكبر .
- إحكام سد مسامات كيك الطين على جدار البئر .

في بعض الأحيان في الصناعة النفطية تستعمل مواد خاصة لزيادة قابلية سائل الحفر للتزييت مثل TORQ-TRIM المنتج من قبل شركة باروید و الذي مهمته تقليل عزم الدوران بالإضافة إلى فائدة التزييت و قد لوحظ عند استعماله زيادة في سرعة الحفر بنسبة 50 % ، حيث اختفت ظاهرة التكتل على الحافرة تماماً .

5.2.2 تأثير سائل الحفر علي الخواص المكمنية للطبقة المنتجة :

أثبتت الملاحظات الطويلة والدراسات الخاصة أن سائل الحفر يمكن أن يكون له تأثير كبير علي الزمن اللازم لإنجاز البئر ومدي الجهد المبذول ومقدار الإنتاج .

أثناء الحفر في الطبقة المنتجة يرشح إلى داخلها الطور السائل من سائل الحفر ، ويزداد حجم الراشح المنتشر في الطبقة كلما ازداد الفاقد المائي لسائل الحفر ، و ارتفع فرق الضغوط ، و ازدادت سرعة تيار السائل الصاعد في الفراغ الحلقي ، و ارتفعت درجة حرارة السائل . ويمكن أن يصل نصف قطر منطقة نفوذ الراشح في الطبقة المنتجة عدة أمتار ، وتحتوي الطبقة المنتجة دائماً على كمية من الجسيمات الطفلية وغيرها الحساسة لتأثير الراشح والقادرة على التفاعل معه .

فإذا استخدم لغسل البئر أثناء الحفر سائل على أساس مائي ، فإن الراشح الذي ينتشر في الطبقة المنتجة يمكن أن يسبب إنتفاخاً في الجسيمات الطفلية وزيادة حجمها وبالتالي اختناقاً في القنوات المسامية وإغلاقها بالكامل و تقليل النفاذية . و عند وقوع العوامل الكيميائية - المستخدمة في ضبط

خواص سائل الحفر - في الطبقة المنتجة ضمن مكونات الراشح يمكن أن تؤدي إلى زيادة أو تقليل انتفاخ الجسيمات الطفلية ، و تسبب بذلك في تغيير عدم نفاذية المكمن الإبتدائية للبترول و الغاز .

والسبب الأخر لتدهور نفاذية المكمن لتأثير سائل الحفر هو اختراقه بجسيمات دقيقة التشتت من الطور الصلب من خلال المسام الكبيرة و الشقوق الدقيقة ، و إغلاق هذه المسام أو تقليل مقطعها العرضي الفعال . و في الظروف العادية يكون عمق اختراق الجسيمات الصلبة في الطبقة المسامية (الغير مشققة) أقل كثيراً من عمق تغلغل الراشح و لا يتعدى عادة عدة سنتيمترات ، و تترسب أكبر كمية من الجسيمات الصلبة في المسام القريبة من جدران البئر ، حيث يلاحظ في هذه المنطقة بالذات أعلى تدهور في النفاذية .

و كلما زادت نفاذية الصخر كانت القنوات المسامية أكثر إتساعاً ، و لذلك فإن الصخر العالي النفاذية ينسد بجسيمات الطور الصلب لسائل الحفر بصورة أشد مما يحدث في الصخر القليل النفاذية ، و تتدهور نفاذيته بدرجة أعلى ، ففي بعض حالات الأحجار الرملية تنخفض النفاذية لهذا السبب بمقدار عشرة أضعاف و أكثر . أما المكامن الحبيبية ذات النفاذية المتناهية في الصغر فيبدو أن جسيمات الطور الصلب من سائل الحفر لا تخترقها على الإطلاق .

و كثيراً ما يحدث أثناء الحفر تكسير هيدرولي في الطبقة المنتجة أو تعرية الشقوق الطبيعية الموجود فيها تحت تأثير الضغط العالي لعمود سائل الحفر و في هذه الحالة يتغلغل سائل الحفر بكامله خلال هذه الشقوق و ينتشر في عمق الطبقة لمسافة عشرات الأمتار . وفي هذه الحالة يكون تدهور الخواص المكمنية للطبقة أكثر شدة .

6.2.2 إختيار سائل الحفر لتعرية الطبقة المنتجة :

في الآبار الإستكشافية كثيراً ما تحدث أخطاء كبيرة في تفسير المعطيات الجيوفيزيائية نتيجة التدهور الشديد في الخواص المكمنية للطبقات بسائل الحفر . فبعض الطبقات المنتجة تُفسر على أنها غير منتجة .

وقد اتضح أن تركيب و خواص سائل الحفر تؤثر بشدة عل ى معدل الإختراق ، ومن الطبيعي أن يكون السعي عند ضبط تركيب خواص سائل الحفر بحيث تكون سرعة الإختراق أكبر ما يمكن ، ولذلك فعند اختيار سائل الحفر لاجتياز الطبقة المنتجة يلزم دائماً مقارنة الوفر الذي يمكن الحصول

عليه نتيجة السرعة العالية في حفر البئر مع الخسائر المحتملة بسبب تلوث الطبقة المنتجة وانخفاض الإنتاج .

و لتثقيل سائل الحفر عند اجتياز الطبقة المنتجة يفضل استخدام مثقلات تكون أقطار الجسيمات فيها أقل من أصغر قطر للقنوات المسامية .

وعندما يلزم زيادة كثافة سائل الحفر بدرجة غير كبيرة فإن أفضل المثقلات التي يمكن استخدامها هي الطباشير ، فتات الرخام ، الحجر الجيري والمواد الأخري التي يمكن أن تذوب في حامض الهيدروكلوريك والتي يمكن التي يمكن أن تزال من المنطقة المحيطة بجذع البئر عند إنجازها .

ويمكن أن يكون للمواد النشطة السطح المستخدمة في معالجة سائل الحفر تأثير بالغ عل ى الخواص المكمنية للمنطقة من الطبقة المنتجة المحيطة بجذع البئر ، ومن الضروري عند وضع وصفة تحضير سائل الحفر لاجتياز الطبقة المنتجة اختيار نوع المادة نشطة السطح ونسبة تركيزها بحيث تمنع تكوين المستحلب البترولي المائي وتحطم المستحلب المتكون ، وتؤدي إلى صد الماء عن سطح القنوات المسامية ومن الضروري عند اختيار المواد نشطة السطح إستيضاح مد ى ملائمتها لسائل الحفر المستخدم في حفر الطبقة المنتجة . و يتراوح تركيز المواد النشطة السطح في سائل الحفر عادة من (0.1 – 3 %) حسب نوع المادة و ظروف المعينة للبئر .

و يسمح استخدام سوائل الحفر المعالجة بالمواد نشطة السطح المختارة بطريقة صحيحة لحفر الطبقة المنتجة ، بتقليل تلوث هذه الطبقة و توفير كثير من الوقت المستغرق لإنجاز البئر و رفع معدل الإنتاج الإبتدائي .

و أفضل السوائل لحفر الطبقات المنتجة ذات معامل الشذوذ أكبر من 0.9 هي المحاليل ذات الأساس البترولي التي لا تلوث الطبقة المنتجة عملياً ، و يكون معدل الإنتاج الإبتدائي للآبار التي استخدمت هذه المحاليل في اجتياز الطبقة المنتجة بها أعلى بكثير من 2 – 5 مرات غالباً من معدلات الإنتاج في الآبار المجاورة و المحفورة باستخدام سوائل حفر ذات أساس مائي .

7.2.2 تنقية سوائل الحفر :

تستهدف عملية تنقية سائل الحفر تخليص الأخير من فتات الصخور المحفورة والجسيمات الحاكة التي يحتويها الخام الطفلي ومن الطور الصلب الزائد ايضا .

ولتنقية السائل من الجسيمات الكبيرة الحجم تستخدم على نطاق واسع الطرق الميكانيكية (الغربال الهزاز و الشبكة الناقلة) وطرق الجاذبية (الترسيب) .

تستخدم الفرازات المخروطية الهيدروليكية لإزالة الجسيمات الأكثر دقة أو الفرازة الطاردة المركزية لهذ الغرض .

وتستخدم الغرابيل الهزازة لتنقية المحاليل المثقلة وكذلك محاليل الحفر اللزجة ، و العيب الأساسي لهذه الآليات هو التآكل السريع نسبياً للغرابيل الباهظة التكاليف ، و ينصح بإستخدام الفرازة المخروطية الهيدروليكية لتنقية سائل الحفر من الأجزاء الدقيقة للجسيمات الصلبة التي لايمكن إزالتها بواسطة الغربال .

تجرى بلستمرار تنقية سوائل الحفر أثناء عملية الحفر من فتات الصخر علي الغربال الهزاز ، أما الفرازات المخروطية فيمكن إطلاقها للتشغيل بصفة دورية عندما تبلغ نسبة الرمل في المحلول 2-3 % أو عند ضرورة إزالة الطور الصلب الزائد لتقليل لزوجة المحلول .

8.2.2 مشاكل الحفر :

من المشاكل التي تحدث أثناء عملية الحفر ولها علاقة مباشرة بسائل الحفر :-

- ❖ فقدان دورة سائل الحفر :

تعرف عملية فقدان دورة سائل الحفر بأنها كمية مائع الحفر أو ملاط السمنت المستعمل في عملية الحفر الدوراني و إكمال الآبار المفقود داخل تجاويف التكوينات الصخرية .
و تتراوح كمية الفقدان ما بين الهبوط التدريجي لمستوى سائل الحفر في الخزانات السطحية إلى فقدان كامل للمائع العائد من البئر ، و يجب عدم الخلط ما بين فقدان دورة سائل الحفر و النقصان المستمرين في حجم طين الحفر الناتج عن فقدان الطور الصلب كراشح خلال الطبقة الصخرية

الناتج عن فقدان الطور الصلب لتكون ما يسمى بكيكة الطين خلال عملية الترشيح المستمرة و التي تحدث مقابل سطوح التكوينات الصخرية النافذة .

يحدث فقدان دورة سائل الحفر في جميع أنواع الصخور إلا أن الصخور الضعيفة أو المتكهفة بصورة خاصة أكثر عرضة للفقدان ، وعادة يحدث الفقدان في التكوينات الرخوة مثل الرمل الصخري بسبب النفاذية العالية التي تمتلكها و بسبب سهولة تشققها ، أما الصخور الصلبة فإن الفقدان يحدث بسبب التجاويف والكهوف والشقوق الطبيعية .

- ✓ الآثار السلبية لحدوث فقدان دورة سائل الحفر :

أ - فقدان كميات من سائل الحفر يؤدي إل ى خسارة مادية كبيرة بسبب التكلفة العالية لمواد سائل الحفر .

ب - فقدان السائل يتسبب في عملية ترسب وتراكم ناتج الحفر (فتات الصخور المحفورة) في موضع ما بعد نقطة الفقدان مما يسبب مسك معدات الحفر (التصاق المعدات بسبب الإنتفاخ) من مواسير حفر وعمدان حفر وسكينة حفر ، الشئ الذي يعتبر مشكلة إضافية .

ج - انخفاض في الإنتاجية بسبب تضرر الطبقة المنتجة من جراء الفقدان وذلك بتقليل مسامات الطبقة المنتجة .

د - إمكانية حدوث اندلاع بسبب انخفاض الضغط الهيدروستاتيكي في المناطق ذات الضغط العالي .

هـ - إمكانيه دخول موائع بكميات كبيرة إلي داخل البئر من الطبقات المجاورة الحاوية علي الموائع .

و - إمكانية دخول كميات كبيرة من الماء .

ز - إذا احتوى البئر علية طبقات محتملة التهدم فإن الفقدان قد يسبب التهدم .

ح - إزدياد كلفة الآبار المحفورة والتي يحصل فيها فقدان للطين خلال الحفر .

ط - خسارة في الوقت جراء حفر السمنت أو التكوينات من جديد .

ي - الإمكانية الكبيرة لحدوث إنحسار الأنابيب في مناطق الفقدان لكونها مناطق ضعيفة .

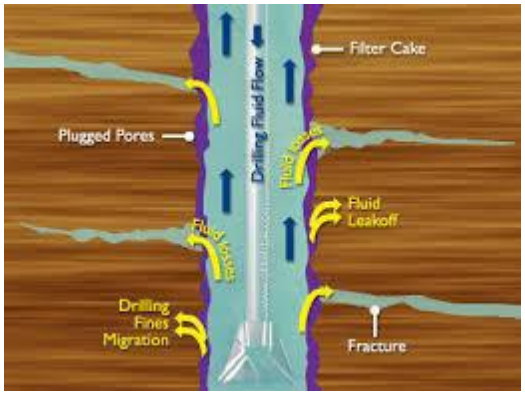
✓ اسباب حدوث فقدان سائل الحفر :

أ - إنزال الأنابيب بسرعة كبيرة جداً .

ب - التكوينات الصخرية الغير متماسكة والعالية النفاذية والمتكهفة والمستحثة والحاوية علي الشقوق الطبيعية أو المستحدثة .

ج - ظروف البئر (من الضغط داخل البئر وطبيعة تكوين البئر والعوامل المساعدة لحدوث الفقدان)

د - ضغط سائل الحفر .



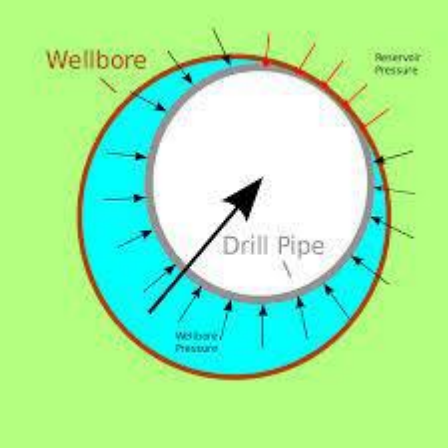
شكل (2 – 5) : فقدان دورة سائل الحفر(Servicepompa.blogspot.com)

❖ إستعصاء الأنابيب pipe stuck :

تحدث هذه الحالة عندما يلتصق جزء من أنبوب الحفر أو أنابيب التثقيل بجدران البئر . عندما يحدث هذا الإلتصاق فإنه يعني عدم إمكانية تحريك الأنابيب ، أي لا يمكن الإستمرار في عملية الحفر . وعادة يحدث في الطبقات الطينية عند انتفاخها وذلك يؤدي إلى إعاقة عملية إخراج الأنابيب .

✓ الإستعصاء ينقسم إلى نوعين هما :

- الإستعصاء التفاضلي differential pipe stuck
- الإستعصاء الميكانيكي Mechanically pipe stuck



شكل (2 – 6) : استعصاء الأنابيب

(www.wikipedia.org)

❖ مشكلة تهدم أو إنهيار جدران البئر :

يحدث التهدم لجدران البئر بسبب الخلل الذي تحدثه أثناء الحفر بنزع جزء من الصخر ، و بالتالي سيشكل محصلة قوى ناتجة عن قوة أفقيه و عمودية (من الأسفل ومن الأعلى) و محصلة القوى هذه تعمل على إعادة التوازن للطبقات وإزالة هذا الخلل الحادث بها . إن إعادة التوازن للطبقات بشكل تام غير ممكن إلا بهدم البئر ، وهذا غير منطقي بالطبع كما أن استخدام سائل الحفر سيقلل من المشكلة ، ولكن لن يزيل هذا الخلل حيث يتطلب ذلك أن يكون الوزن النوعي لسائل الحفر مساويا للوزن النوعي الوسطي للصخور و هذا لا يمكن تحقيقه ، و بالتالي لا يمكن الإعتماد على الوزن النوعي لإزاله الخلل فقد توجد طبقات بالأصل لن تتحمل الوزن النوعي المرتفع ، عندها سيحدث تشقق و تهريب لسائل الحفر ، و بالنتيجة يمكن القول أنه لايمكن الإعتماد على الوزن النوعي لإزالة الخلل .

الباب الثالث

العمل الحقلي والتجارب المعملية

3 . 1 جمع العينات :

نسبة لعدم توفر مجال تشغيل لاستغلاله كمنطقة دراسة وعمل حقلي كما ذكرنا سابقا فقد تم الإطلاع على بعض سجلات الآبار التي تم حفرها بعينات سائل حفر متباينة الخواص بهدف دراسة تأثير خواص سائل الحفر على كل بئر حسب سائل الحفر الذي استخدم فيها .

❖ عينات سائل الحفر :

هي عبارة عن عينات من سائل الحفر أخذت من البئر أثناء عملية الحفر ليتم تحليلها معملياً لمعرفة خواصها ومعرفة التغيرات التي حدثت للعينة ومنعتها من أداء وظائفها بالصورة المطلوبة.

- العينة رقم (1) :

هي عينة من سائل الحفر ذات خواص معتدلة استخدمت في حفر البئر رقم (1) ، و استخدام هذه العينة أثر إيجابياً كما سيفصل لاحقاً في الباب الرابع .

- العينة رقم (2) :

هي عينة من سائل الحفر ذات خواص غير معتدلة استخدمت في حفر البئر رقم (2) ، وقد تم أخذ العينة في أثناء عملية الحفر و استخدام هذه العينة أثر إيجابياً و لكن صاحبته بعض المشاكل كما سيفصل لاحقاً في الباب الرابع .

- العينة رقم (3) :

هي عينة من سائل الحفر ذات خواص غير معتدلة استخدمت في حفر البئر رقم (3) ، وقد تم أخذ العينة في أثناء عملية الحفر واستخدام هذه العينة كان له تأثير إيجابي ولكن الخلل في بعض خواصها أدى إلى ظهور بعض المشاكل كما سيفصل لاحقاً في الباب الرابع .

2.3 قياس خواص سائل الحفر :

1. 2. 3 تحديد كثافة سائل الحفر :

الأدوات :-

جهاز مكثاف الطين و الذي يحتوي على القدح الأسطواني و ذراع التوازن و المؤشر المنزلق و القاعدة و فقاعة ضبط المستوى .

المواد المستخدمة :-

سائل الحفر المراد قياس كثافته بالإضافة للماء العذب .

طريقة العمل :-

نُزع الغطاء و مُلأ القدح إلى نهايته بالعينة المراد قياس كثافتها ، و وُضع غطاء القدح و ثُبت جيداً مع التأكد من أن جزء من السائل قد خرج من الثقب العلوي للغطاء ، مُسح سائل الحفر المتبقي على الجزء الخارجي للقدح ، وُضع الذراع مع الحامل في المكان المحدد لذلك ، و حُرك مؤشر القراءة المنزلق على الذراع المدرج للجهاز حتى إتزن الجهاز وتم التأكد من ذلك بواسطة فقاعة ضبط المستوى ، وتمت قراءة الكثافة حسب إتجاه السهم المؤشر و دُونت القراءة .

2.2. 3 تحديد لزوجة سائل الحفر :

الأدوات :-

قمع مارش ، مكيال سعة 1 لتر ، ساعة إيقاف .

المواد المستخدمة :-

سائل الحفر بالإضافة للماء العذب .

طريقة العمل :-

مُسك القمع باليد مع سد الفتحة السفلى باليدي الأخرى ، و سُكب سائل الحفر في القمع من خلال المنخل و سُحب الأصبع من الفتحة السفلية ، و حُسب الزمن الإنسياب بالثواني للتر من السائل ، و غُسل الجهاز من آثار سائل الحفر ، و أُعيدت التجربة ثلاث مرات و أُخذت القيمة المتوسطة .

3.2.3 تحديد مقاومة الجل :

الهدف :-

قياس مقاومة الجل أو قياس الخاصية الجلاتينية لعينة سائل الحفر .

الأدوات :-

جهاز مقاومة الجل ويتكون من :

- اسطوانة طفو من الألمونيوم بطول 3.5 بوصة و قطر داخلي 1.4 بوصة و تزن 5 جرامات .
- كوب طين و هو عبارة عن كوب بسعة 500 ملي لتر ، مزود بمسطرة مدرجة .
- ساعة إيقاف .

طريقة العمل :-

مُزجت 500 مللتر من سائل الحفر لمدة كافية ، و سُكب سائل الحفر في الأسطوانة حتى العلامة المحددة ، و تُرك السائل في الكوب لمدة دقيقة ، و بُللت اسطوانة الطفو بالماء و أُدخلت في المسطرة المدرجة حتى لامست سطح سائل الحفر ، ثم تُركت تسقط سقوطاً حراً حتى سكنت ، ثم أُخذت القراءة ، وكُررت التجربة لنفس العينة بنفس الخطوات ، و لكن تُركت لمدة 10 دقائق ثم أُخذت القراءة .

3.2.4 قياس محتوى الطفل من الرمل :

لتحديد النسبة المئوية الحجمية في الرمل الموجود في سائل الحفر .

الأدوات :-

جهاز قياس نسبة الرمل و يتكون من قسمين :

الجزء البلاستيكي و يتكون من اسطوانة بلاستيكية مفتوحة من الجانبين و تحتوي في الوسط على منخل قطر فتحاته 0.074 ملم .

و جزء يتكون من انبوب زجاجي له فتحة في الأعلي وجسم مؤلف من قسمين اسطوانة عليها إشارتين (mud to here - Water to here) . والقسم الثاني مخروط نهايته مدرجة من (0 % – 20 %) حيث يعطي نسبة الرمل مباشرة .

طريقة العمل :-

صُب سائل الحفر في الأنبوب الزجاجي حتى مُلأ إلى العلامة mud to here ، ثم أضيف الماء حتى العلامة الأخرى ، وتمت تغطية فتحة الأنبوب الزجاجي بالإصبع ، ثم رُج بقوة ثم صُب الخليط في الوعاء الذي يحتوي على مصفاة ، وغُسل الأنبوب المدرج جيداً بالماء ، وأضيف ناتج الغسيل إلى الخليط على أن يستعمل الماء النظيف اثناء عملية الغسيل ، ثم غُسل الرمل المتجمع في المصفاة بتيار من الماء لتخليصه من سائل الحفر ، ووُضع القمع عل ى فوهة الأنبوب ، و دُورت نهايته قليلاً من فوهة الأنبوب ثم قُلب محتوى المصفاة من الرمل المغسول بحيث يصبح بوسط القمع ثم غُسل الرمل بتيار مائي بطئ من الماء حتى يدخل الرمل كله في الأنبوب ، تم الإنتظار مدة كافية حتي سكن الرمل في نهاية الانبوب ثم قرأت مباشرة النسبة المئوية لمحتوى الرمل في السائل .

5.2.3 قياس تركيز أيون الهيدوجين pH :

الأجهزة والأدوات :

جهاز PH meter ، جهاز PH paper

طريقة العمل :

تم إحضار عينة من المائع المراد قياس تركيز أيون الهيدروجين فيه ، تم غمس الورقة في العينة وإخراجها ، تم مقارنة اللون الجديد للورقة مع الالوان العيارية الموجودة وتمت القراءة من اللوحة الإلكترونية .

6.2.3 تحديد حجم الراشح :

الهدف :

قياس سماكة Filter cake وحجم السائل الراشح عند 30 دقيقة .

الأجهزة والأدوات المستخدمة :

جهاز Apl Filtration ، ساعة إيقاف

طريقة العمل :

تم ملء خلية بواسطة سائل الحفر حتى العلامة ثم تم وضع ورقة الترشيح بعد ذلك تم تركيب الجهاز حسب التوجيهات ، تم تعريض العينة لضغط (100 psi) بفتح صمام الضغط ، وتشغيل ساعة الإيقاف عند خروج اول قطرة تم وضع measuring cylinder أسفل الجهاز لتجميع الراشح .

ثم تم قراءة التدرج (Cc) وتسجيل الحجم مقابل الزمن ، بعد إنتهاء المدة المقررة (30 دقيقة) تم تفكيك الخلية وإخراج ورقة الراشح ومن ثم قياس سمك كعكة الطين .

3.3 الآبار المستخدمة في الدراسة :-

- بئر رقم (1) :

تقع في منطقة ودام بشار بمحلية شرق النيل ، وقد استخدمت فيها طريقة الحفر الدوراني بعمق 345 قدم وقد استخدمت فيها عينة سائل الحفر رقم (1) وكانت بيانات طبقاتها كما ذكر في جدول

(Litho logical) أدناه .

جدول رقم (3 – 1) Litho logical description

Depth (ft)	Description
O ---6 ft	black clay to silt
6 ---50 ft	sticky clay fine grains yellowish in color
50---67 ft	mudstone fine grains reddish in color
67---135 ft	limestone fine grains homogeneous yellowish in color
135---233 ft	sandstone light red in color medium grain size
233---250 ft	sandstone vary in size clear well rounded
250---284 ft	sandstone fine grain size light in color
284---310 ft	sandstone fine grain size vary clear well rounded
310---323 ft	sandstone fine grain size homogeneous yellowish in color
323---340 ft	sandstone medium to coarse size clear well rounded
340---345	sand stone medium grains yellowish in color

- البئر رقم (2) :

تقع في منطقة ودام بشار بمحلية شرق النيل وقد استخدمت فيها طريقة الحفر الدوراني بعمق 363 قدم واستخدمت فيها عينة سائل الحفر رقم (2) وكانت بيانات طبقاتها كما ذكر في جدول (Litho logical) أدناه .

Litho logical description(2 – 3)جدول رقم

Depth (ft)	Description
O ---6 ft	black clay to silt
6 ---33 ft	sticky clay fine grains yellowish in color
33---65 ft	limestone fine grains homogeneous vary in color
65---90 ft	sandstone medium to fine grains yellowish in color
90---135 ft	limestone fine grains homogeneous pinkish in color
135---200 ft	sandstone fine grain size brownish in color
200---245 ft	sandstone medium grain size yellowish in color
245---280 ft	sandstone medium grain size clear well rounded
280---300 ft	sandstone medium grain size yellowish in color
300---320 ft	sandstone medium grains brownish in color
320---363 ft	gravely sand very clear rich of water well rounded

- بئر رقم (3) :

تقع في منطقة الشبالية بمحلية شرق النيل وقد تم حفرها بإستخدام الحفر الدوراني وكانت بعمق 410 قدم واستخدمت في حفرها عينة سائل الحفر رقم (3) وبيانات طبقاتها كما هو موضح في جدول رقم (3 – 3) .

جدول رقم (3 –3)Litho logical description

Depth (ft)	Description
0---23	clay to silt black
32 ---50	sticky clay brownish in color
50 ---115	Lime stone very fine green in color
115 ---197	Fine sand stone yellowish in color
197 ---279	sand stone fine to medium cares clear
279 ---318	Cause sandstone well rounded clear
318 ---377	Gravel to cause sand
377 ---410	Mudstone brownish in color

3 .4 طريقة إجراء الدراسة (Methodology) :-

تم وضع خطة لإجراء الدراسة وذلك بتقسيم العمل إلى عدة مراحل وهي : مرحلة البحث عن البيانات و المعلومات المتعلقة بموضوع البحث من المراجع و الشبكة العنكبوتية و الإفادات الشخصية للأساتذة و المهندسين والعاملين في المجال و القيام بعملية تنقيب و تصفية لهذه البيانات من أجل الحصول على المعلومات المفيدة لموضوع البحث .

و من ثم مرحلة زيارة المؤسسات العاملة في المجالات ذات الصلة بالبحث للحصول على معلومات تشمل (ملفات حفر الآبار ، و بيانات خواص سوائل الحفر المستخدمة و تأثيرها على الأداء) و ذلك لعدم توفر مجال تشغيل لإستغلاله في الدراسة كعمل حقلى .

تم أخذ معلومات لثلاثة آبار تم حفرها بعينات من سائل الحفر متباينة الجودة وإدخال هذه المعلومات في عملية دراسة و مناقشتها للحصول على نتائج ومناقشتها .

ومن ثم عرض ما توصلنا إليه من معلومات في بداية البحث عل ى العاملين في المجال من أساتذة ومهندسين وغيرهم ومعرفة آرائهم و اقتراحاتهم و الإضافات التي يمكن وضعها للوصول إلى شكل نهائي ومتناسق للمشروع .

الباب الرابع

النتائج والمناقشة

1.4 خواص العينات وتأثيرها على الآبار المحفورة :

- **الحالة الاولى :**

في هذه الحالة تم استخدام عينة ذات خواص معتدلة ساهمت في الأداء بصورة جيدة الجدول (4 – 1) يوضح خواص سائل الحفر للعينة الأولى التي استخدمت في حفر البئر رقم (1)

جدول رقم (4 – 1) خواص العينة (1)

الخاصية	عينة (1)
Density(Lp/gal)	8.9
(After 10 min) Gel strength (Lp/100ft)	12
Viscosity (second/liter)	40
Filtrate loss (ml)	20
Mud cake thickness (mm)	2
Sand content (%)	0.75
Ph	9

من نتائج فحص العينة يتضح أن خواص سائل الحفر مناسبة وتلائم عملية الحفر حيث أن جميع قيم خواص العينة في المدى المسموح . استخدام هذا النوع أثر إيجابيا على عميلة الحفر حيث أنه قد أدى وظائفه بصورة جيدة ولم يتسبب في ظهورأي مشاكل ، كما أنه ساهم في زيادة معدل الإختراق بالقدر المطلوب (كما هو موضح في جدول رقم 4 – 2) وذلك بقدرته على تبليل سطح الطبقة المحفورة بصورة دورية وكذلك لمقدرة السائل على كنس فتات الصخور المحفورة وتعليقه بصورة جيدة ، وكذلك فإن كمية الراشح المتسربة إلى الطبقة المنتجة كانت قليلة ولم تأثر على نفاذية الطبقة .

penetration rate (2 – 4) جدول رقم

No	Length Ft	Depth Ft	Drilling Time Min
1	20	25	47
2	20	45	41
3	20	65	41
4	20	85	39
5	20	105	42
6	20	125	40
7	20	145	37
8	20	165	34
9	20	185	29
10	20	205	30
11	20	225	28
12	20	245	29
13	20	265	22
14	20	285	19
15	20	305	11
16	20	325	8
17	20	345	8

الحالة الثانية :

في هذه الحالة تم اختيار عينتين من سائل الحفر تم أخذهما أثناء عملية الحفر ، استخدام هذه العينات لم يساهم في الاداء كما يجب وصاحبته بعض المشاكل .

- **الحالة الثانية (أ) :**

في هذه الحالة استخدمت العينة رقم (2) والتي استخدمت في حفر البئر رقم (2) الجدول رقم (4 -3) يوضح خواص العينة .

جدول رقم (4 – 3) خواص العينة (2)

الخاصية	عينة (2)
Density(Lp/gal)	8.7
(After 10 min) Gel strength(Lp/100ft)	7
Viscosity (second/liter)	32
Filtrate loss (ml)	21
Mud cake thickness (mm)	1.5
Sand content (%)	0.75
Ph	8

من نتائج فحص العينة يلاحظ انخفاض كثافة سائل الحفر وكذلك اللزوجة والخاصية الجلاتينية ، وتبعا لذلك فقد أدت إلى ظهور مشكلة توحل المعدات داخل البئر وذلك في العمق (320– 350) قدم حيث توجد طبقة (gravely sand very clear rich of water well rounded) وذلك نتيجة لإنخفاض الكثافة والزوجة مما أفقد السائل قدرته على حمل الفتات الصخري المحفور (cutting) الأمر الذي أدى إلى تراكمها في قاع البئر مسببا استعصاء أو توحل لأنابيب الحفر .

كما أن عينة سائل الحفر لم تساهم في زيادة معدل الإختراق بالصورة المطلوبة كما هو موضح في جدول رقم (4 – 4) penetration rate وذلك لإتساع الفرق بين ضغط عمود السائل (الهايدروستاتيكي) وضغط التكوين وكذلك فإن ضعف مقدرة سائل الحفر على إزاحة فتات الصخور المحفورة أثر سلبا على سرعة الإختراق . وكذلك فإن كمية السائل المتسربة إلى الطبقة المنتجة كانت قليلة بحيث يمكن تجاوزها .

جدول رقم (4 – 4) Penetration rate

No	Length Ft	Depth Ft	Drilling time Min
1	20	25	55
2	20	45	49
3	20	65	45
4	20	85	29
5	20	105	35
6	20	125	34
7	20	145	27
8	20	165	28
9	20	185	25
10	20	205	24
11	20	225	19
12	20	245	18
13	20	265	18
14	20	285	17
15	20	305	18
16	20	325	12
17	20	345	30
18	20	365	40

- **الحالة الثانية (ب) :**

في هذه الحالة أستخدمت عينة سائل الحفر رقم (3) التي استخدمت في حفر البئر رقم (3) والجدول رقم (4 – 5) يوضح خواص العينة .

جدول رقم (4 – 5) خواص العينة (3)

الخاصية	عينة (3)
Density(Lp/gal)	8.7
(After 10 min) Gel strength(Lp/100ft)	8
Viscosity (second/liter)	33
Filtrate loss (ml)	26.4
Mud cake thickness (mm)	1.7
Sand content (%)	1
Ph	8

من نتائج فحص العينة يلاحظ انخفاض كثافة سائل الحفر وكذلك اللزوجة و ارتفاع في قيمة فاقد الرشح وتبعا لذلك فقد أدت إلى ظهور مشكلة الإنتفاخ في الطبقة بعمق (43 - 73 قدم) حيث توجد طبقة (sticky clay) ومن المعروف أن حبيبات الطين عندما تتفاعل مع الماء بالقدر الكافي فإنها تنتفخ .

كما أن العينة بخواصها هذه لم تساهم في زيادة معدل الإختراق بالقدر الكافي كما هو موضح في جدول رقم (4 – 6) .

penetration rate (6 – 4) جدول رقم

No	Length Ft	Depth Ft	Drilling Time Min
1	20	20	54
2	20	45	50
3	20	65	45
4	20	85	35
5	20	105	34
6	20	125	30
7	20	145	27
8	20	165	28
9	20	185	26
10	20	205	26
11	20	225	29
12	20	245	28
13	20	265	28
14	20	285	27
15	20	305	18
16	20	325	17
17	20	345	20
18	20	365	17
19	20	385	16
20	20	405	37

ومن خلال ذلك تم إستنتاج الأتي :-

1- لخواص سائل الحفر تأثير واضح على أداء عملية الحفر وتلعب دوراً مهما في تحسينها .

2 - الدراسات الجيولوجية والجيوفيزيائية مهمة جداً في مرحلة ما قبل البدء في عملية الحفر حتى نتمكن من تحديد الطبقات الجيولوجية وموقع البئر واختيار المعدات المناسبة لحفر البئر و اختيار سائل الحفر المناسب .

3 - تم ملاحظة أنه في الكثير من عمليات الحفر يتم اختيار وخلط سائل بطريقه عشوائية دون عمل تجارب معملية على خواصه السبب الذي يؤدي إلى حدوث مشاكل في عملية الحفر .

4 - عدم الإهتمام بإجراء تجارب دورية على خواص سائل الحفر أثناء عملية الحفر ومعرفة التغيرات التي قد تحدث للسائل يسبب مشاكل عند حفر الطبقات التالية .

5 - معرفة طبيعة الطبقات التي سوف يتم حفرها أمر ضروري لأن كل طبقة تحتاج إلى سائل بخواص محددة يتناسب مع طبيعتها .

6 - معظم المشاكل التي تحدث في الآبار سببها العامل البشري وذلك نتيجة عدم الإهتمام وإهمال تفاصيل قد تكون السبب الرئيسي في حدوث المشكلات .

الباب الخامس

الخلاصة والتوصيات

1.5 الخلاصه :

توصل البحث إلى أن مراقبة وضبط والتأكد من مقادير خواص سائل الحفر قبل وأثناء عملية الحفر تساهم بصورة واضحة في تحسين اداء عملية الحفر كما أنها تجنب حدوث المشاكل المتعلقة بخواصه قدر الإمكان وتساهم فى توفير الزمن الضائع فى معالجة المشاكل .

2.5 التوصيات :

1/ أهمية إجراء الدراسات الجيوفيزيائية والجيولوجية ؛ وذلك للتعرف على التكوينات التحتية للمنطقه المراد حفرها ولتحديد ولمعرفة خواص السائل المناسبة .

2/ ضرورة متابعة عينات التربة اثناء الحفر لملاحظة أى تغير يحدث بها .

3/ التأكد من مطابقة خواص سائل الحفر للمواصفات قبل أن يباشر العمل به وتحديد نسبة وحجم البنتونايت في الخلطة ومراعاة الدقة عند الخلط .

4/ يجب أن يكون هناك فحص دوري لخواص سائل الحفر أثناء عملية الحفر لمعرفة التغيرات الحاصلة لخواص سائل الحفر حتي يتم التحكم فيها وفي ملائمتها للطبقات المحفورة .

5/ أهمية وجود معمل حقلي يصاحب عملية الحفر ويكون مجهز ومكتمل بجميع المعدات اللازمة لعمل كافة القياسات المطلوبة لخواص سائل الحفر .

6/ إجراء التعديلات اللازمة في حالة ظهور خلل في وظائف سائل الحفر مباشرة لتجنب تبعات الخلل في الوظائف .

المراجع والمصادر (reference) :-

1. أكرم حموى عبدالوهاب الهينيي ،(1988) ، هندسة حفر الآبار النفطية (المرحلة الثلثة) ، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي العراقي .

2. (ن.سيريدا ى.صولوفيف)، حفر آبار البترول والغاز ، الإتحاد السوفيتي –موسكو (مير) (من غير تاريخ) .

3. هيئة مياه ولاية الخرطوم . (م 2015 / 6 / 5)

4.مقابلات شخصية مع المهندسين .

5. مواقع الكترونية

- (Servicepompa.blogspot.com) (20/ 5 / 2015 pm 11:30:16)
- (www.wikipedia.org) (23/5/2015 :pm 12:14:23)