المحاضرة العاشرة : سوائل الحفر المستخدمة في الحفر البحري

الفصل الثالث

سوائل الحفر المستخدمة في الحفر البحري:

تستخدم مياه البئر في تهيئة المرحلة الدليلة ويتابع استخدامهاّ اذا امكن في المراحل الأخرى كونها تؤمن تنظيف جيد لقعر البئر وبالتالي سرعة تقدم عالية بالإضافة إلى كلفتها الزهيدة ، إلا أنه تصادف أثناء الحفر البحري طبقات بتعقيدات كبيرة تفوق ما يصادف على اليابسة خصوصاً عند استخدام المياه كسائل حفر بما فيها المياه المالحة إضافة إلى وجود طبقات ذات ضغوط كبيرة وتتطلب تثقيل سائل الحفر أحياناً يتجاوز الوزن النوعي($2\ gr_f/cm^3$) ،أي تستخدم كل أنواع سوائل الحفر التي تستخدم أثناء الحفر على اليابسة ونذكر بعض نماذج لهذه السوائل:

سوائل الحفر غير المشبعة المحضرة من ماء البحر: يمكن أن تحضر هذه السوائل من ماء البحر حيث يبلغ تركيز ملح كلور الصوديوم في ماء البحر(3-3.5%) ويستعمل نوعين من هذه السوائل :

1.سائل محضر من ماء البحر ومعالج بكربوكسي ميتيل السيللوز ويستعمل لحفر المرحلة السطحية من البئر.

حيث قطر رأس الحفر (26 inch - 17 1/2) يؤدي ذلك إلى ازدياد في قطر الفراغ الحلقي بالتالي سرعة صعود السائل تكون قليلة ونواتج الحفر ذات أبعاد كبيرة بالتالي يجب أن يتمتع هذا السائل بخواص غروية مرتفعة ، ولتحضير متر مكعب من هذا السائل ينصح باستخدام المواد وبالنسب الآتية:

- ماء بحر $1m^3$
- كربونات الصوديوم : 4-5Kg
- غضار اتابولغيت:80 -100 Kg
- غضار بنتونايتي: 30-40Kg
- كربوكسي ميتيل السيللوز : 4-6 Kg

وخواص سائل الحفر موضحة في الجدول (3-1)

الخاصية	واحدة القياس	القيمة
الوزن النوعي	gr_f/cm^3	1.15-1.1
اللزوجة	S	80-50
قوة الهلام الاولية	g	50-25
قـوة الهـلام بعـد خمس دقائق	g	80-70
فاقد الرشح	$Cm^3/30min$	100-70

الجدول(3-1)

2.سائل حفر ذو اساس مائي بحري معالج بكبريتات الحديد والكروم والليغنيين ، ويستعمل لبقية مراحل البئر و يمكن إشباعه بالملح عند حفر الطبقات الملحية.

يجب أن يتمتع هذا السائل بخواص غروية وفاقد رشح عاديين ويناسبان الشروط التي تصادف و التركيب الوسطي لهذا السائل هي :

- ماء بحر $1m^3$
- ماءات الصوديوم الصوديوم : 6-8 Kg
- غضار اتابولغيت: 50Kg
- غضار بنتونايتي: 50 Kg
- كربوكسي ميتيل السيللوز :4-6 Kg
- F. C. L. S: 20-25 Kg
- مانع رغوة : 1-2 Kg
- مانع تآكل :1-2Kg

وخواص سائل الحفر موضحة في الجدول (3-2)

الخاصية	واحدة القياس	القيمة
الوزن النوعي	gr_f/cm^3	1.15
اللزوجة	S	50-40

قوة الهلام الاولية	g	0
قـوة الهـلام بعـد خمس دقائق	g	50-25
فاقد الرشح	$Cm^3/30min$	10-6
القلوية		10.5-9.5

الجدول(3-2)

صيانة هذا السائل تتم على النحو التالي:

- نتيجة وجود شوارد الكالسيوم والمغنزيوم في ماء البحر ، وكذلك كبريتات الحديد والكروم والليغنين تعطي السائل قدرة على تحييد الغضار ، لذلك عند حفر الطبقات الغضارية ومهما كانت سرعة الحفر مرتفعة يعني دخول الفتاتات الغضارية بتركيز عال في السائل فإن الخواص الاساسية للسائل لن تتأثر كثيراً والمعالجة تكون بتمديده بماء البحر مع إضافة كمية قليلة من F. C. L. S والتي تحدد بعد إجراء التجارب المخبرية.
- عند حفر طبقات الانهدريت أو الجص فإن تلوثه بالكبريتات ضعيف وبالتالي تبقى خواصه دون تغير يذكر ، وفي حالة الضرورة تضاف كمية قليلة من F. C. L. S.
- عند تلوثه بملح كلور الصوديوم وبدرجة قليلة (تركيز كلور الصوديوم يزداد بنسبة 3-4% عن التركيز الأولي) فإن الخاصية الأكثر تأثراً هي فاقد الرشح ،في هذه الحالة يمدد بالماء البحر ويعالج بكربوكسي ميتيل السيللوز وماءات الصوديوم ، وعند ارتفاع التلوث إلى ما يزيد عن (10%) عن التركيز الاولي ينصح بالانتقال إلى سائل الحفر المشبع بملح كلور الصوديوم.

ضمن تركيبة سوائل الحفر المالحة غير المشبعة والمحضرة باستخدام ماء البحر يمكن تواجد المركبات التالية:

1. ماء البحر الذي يشكل السائل الأساسي والذي يحوي أملاح منحلة وبشكل كبريتات كربونات ،كلور ، وهذه الأملاح تعطي لماء البحر قدرة جيدة لتحييد الغضار وبالتالي تأمين ثبوتيته عند جدران البئر ،إلا هذه الملوحة تتطلب استخدام كميات كبيرة من المركبات العضوية لتقليل فاقد الرشح.
2. غضار اتابولغيت وهو خاص لتحضير سوائل الحفر المالحة ويتميز بمردود مابين ($12-15m^3$) سائل حفر باستخدام طن من مسحوقه ، ويؤمن سائل بخواص غروية جيدة ، فاقد رشحه مرتفع (عند لزوجة 15CP فاقد الرشح $140Cm^3/30min$).

3. بنتونيت صودي بمرود منخفض ($4m^3/TON$) لانقاص فاقد الرشح من خلال انقاصه لنفوذية الكعكة التي يشكل فيها الرابطة بين الحبيبات الغضارية.
4. CMC لانقاص فاقد الرشح بشكل رئيسي ويمكن أن ينظم اللزوجة وقوة الهلام.
5. كبريتات الحديد والكروم والليغنين وهو مركب يقلل اللزوجة وله قدرة كبيرة على تحييد الغضار وتكون فعاليته عظمى ضمن مجال متوسط القلوية (9-10).
6. ماءات الصوديوم أوكربونات الصوديوم من أجل ترسيب شوارد الكالسيوم والمغنزيوم وتنشيط البنتونايت والحصول على (PH) المطلوبة.
7. كرومات وبيكرومات الصوديوم أو البوتاسيوم التي تستعمل بهدف حماية معدات الحفر من التآكل الذي تسببه ملوحة سائل الحفر.
8. موانع الرغوة : إذ من مميزات سوائل الحفر المالحة تشكل الرغوة.

وعند اختيار نوع سائل الحفر يجب الأخذ بعين الاعتبار تأمين ثبوتية جدران البئر مقابل الطبقات المفتوحة ، وتتم معالجة السوائل بالمركبات المناسبة وفقاً لشروط كل طبقة ، يجب أن تملك وحدة الحفر البحري على سطح المنصة خزانات كافية لسائل الحفر ومستودعات للمواد الكيميائية الخاصة به وبالكميات التي تؤمن استمرارية العمل لفترة طويلة دون الحاجة للاستعانة بمناطق التخزين على اليابسة.

ولايجوز تلويث البحر في منا طق الحفر حفاظاً على البيئة والحياة البحرية وتوجد قوانين صارمة لمنع رمي نواتج الحفر وحتى السائل المعالج بمركبات كيميائية (أملاح الكروم، مركبات الليغنين ، سوائل حفر ذات أساس نفطي) في البحر بل تنقل هذه المواد إلى سفينة خاصة توصلها إلى اليابسة

3-5 : اختبارات السمية في الحفر البحري:

يتطلب السماح برمي النفايات في كثير من الدول التي تقوم بتطوير مصادر النفط والغاز البحرية أداء اختبارات السمية لكل مكون من مكونات سائل الحفر ولمجمل سائل الحفر.

مثلاً: تطلب دول بحر الشمال إجراء اختبارات للسمية لكل مكون لسائل الحفر على حدة ، بينما تطلب EPA (**منظمة الوقاية البيئية**) اختبار جميع سوائل الحفر المستخدمة .

يمكن أن يتم أداء نموذجين من الاختبارات :

1) اختبارات على العمود المائي .

2) اختبارات على الجزء الصلب المترسب على القاع.

يكون الهدف من هذه الاختبارات تقييم الأخطار الكامنة على المتعضيات البحرية والقاعية نتيجة إلقاء مخلفات سائل الحفر في البحر.

تاريخياً : كانت EPA تطلب إجراء اختبار على العمود المائي مع الطور المعلق المستقل SPP(suspended particular Phase)لسائل الحفر ذو الأساس المائي وتأثيرها على القشريات القاعية

وقد وجد أن التركيز القاتل عند التعرض لسائل الحفر ذو الأساس المائي WBF ولمدة 96 ساعة يجب أن يكون مساوياً أو أكبر من (30000 mg/l) أي (3%) حجماً من الطور المعلق المستقل أو من سائل الحفر ذو الأساس المائي WBF غير المسموح لنا إلقاؤه في البحر.

وقد حددت (**منظمة الوقاية البيئية**) **EPA** أن سمية فتاتات الحفر ذات الأساس الصنعي على العمود المائي قليلة للأسباب التي تمت مناقشتها سابقاً، وقد اقترحت إجراء اختبار على الجزء الصلب لتقييم التأثيرات البيئية لفتاتات الحفر ذات الأساس الصنعي التي يتم رميها.

يتضمن اختبار الجزء الصلب تحديد عدد كثيرات الأرجل التي بقيت على قيد الحياة خلال عشرة أيام من التعرض للرسوبيات الحاوية على سائل الحفر القلوي ذو الأساس الصنعي أو فتاتات الحفر ذات الأساس الصنعي ، ويكون تركيزه القاتل في الرسوبيات أكبر من 2600 mg/Kg جاف وزناً ، فمثلاً تطلب الدول المطلة على بحر الشمال اختبارات لسمية سائل الحفر القلوي ذو الأساس الصنع**ي حسب جمعية الصناعة النرويجية** ، أما الاختبارات البيولوجية التي ينصح بها تتضمن اختبارات على الطحالب والرخويات ذات المصراعين والحيوانات القاعية ومزدوجة الأرجل.

وفق الجدول (5-1) : يخصص اختبار العمود المائي للطحالب والرخويات أما اختبارات الجزء الصلب فهي للحيوانات القاعية ولمزدوجات الأرجل.

يتم أداء الاختبارات تبعاً لبروتوكولات اختبار السمية القياسية :

الشعبة	الصنف	الحد الأدنى المقبول LC50 , EC50
طحالب ميكروسكوبية	Skeletonema costatum	EC50>1000 mg/L
الرخويات ذات المصراعين	Acartia tonsa	LC50>2000 mg/L
الحيوانات القاعية	Abra alba	EC50>20 mg/kg
مزدوجات الأرجل	Corophium volutator	LC50>1000 mg/kg

EC50*:التركيز الذي يعطي تأثيراً سمياً محدداً على 50% من المادة المتعرضة للتسمم.

* LC50 :التركيز الذي يقتل 50% من المادة المتعرضة للتسمم.

الجدول (5-1) متطلبات اختبار السمية لسوئل الحفر ذات الأساس الصنعي في بلدان بحر الشمال(جمعية صناعة النفط النرويجية 1996)

أما في **الولايات المتحدة الأمريكية** تتضمن اختبارات السمية على العمود المائي إخضاع القشريات القاعية إلى عدة محاليل ممدة من الطور المعلق المستقل(SPP) لسائل الحفر ذي الأساس المائي(WBF).

أما الطور المعلق المستقل فيحضر بمزج جزء من سائل الحفر إلى تسعة أجزاء من ماء البحر، وتترك الأطوار لتنفصل لفترة قصيرة من الزمن، ثم يجمع الطور المائي للاستخدام في الاختبار البيولوجي.

تعتبر الحيوانات القشرية من بين أكثر الحيوانات البحرية حساسية لطيف واسع من الملوثات الكيميائية ، وتستخدم على نطاق واسع لإجراء الاختبارات في الولايات المتحدة الأمريكية، إذ يكون التركيز المميت من الطور المعلق المستقل (SPP) لأنواع مختلفة من سوائل الحفر ذات الأساس الصنعي على الحيوانات القشرية وعند التعرض 96 ساعة من (200000 – 1000000mg/l). كما في الجدول (5-2)

سائل الحفر القلوي ذو الأساس الصنعي	LC50 (mg/L)(ppm)	المرجع
Ester	1,000,000	Baroid Drilling Fluids (unpublished)

Linear-α-Olefin	56,500- 1,000,000	McKee et al. 1995
Internal Olefin	1,000,000-209,316	Baker Hughes-INTEQ (unpublished), MI Drilling Fluids (unpublished)
Poly-α-Olefin	209,316 - 1,000,000	MI Drilling Fluids (unpublished), Friedheim et al. 1991
Low Toxicity Oil Based Mud	13,200	Friedheim et al. 1991

الجدول(5-2)التركيز المميت الوسطي عند تعرض القشريات القاعية لمدة 96 ساعة(LC50) للطور المعلق المستقل(SPP).

وقد تم إدراج النسبة LC50 لسائل الحفر النفطي ذو السمية المنخفضة للمقارنة فقط .

5-4.رمي فتاتات الحفر ذات الأساس الصنعي :

هناك احتمالان عند معالجة فتاتات الحفر ذات الأساس الصنعي ، فإما أن يتم التخلص منها برميها في البحر أو أن تخضع لنظام تقييم فعال في العديد من دول العالم .

تحتوي فتات الحفر المنتجة خلال استخدام سوائل الحفر الصنعية على كميات قليلة من سائل الحفر الصنعي الملتصق بها، وفيما يلي دورة سوائل الحفر الصنعية :

يتم ضخ سوائل الحفر باستمرار من خلال مواسير الحفر أثناء الحفر، وهي تعود إلى السطح من خلال الفراغ الحلقي حاملة معها فتاتات الحفر بشكل معلق، وعلى المنصة فإن سائل الحفر يمر من خلال التجهيزات المخصصة لتخليص فتاتات الحفر ، ثم يتم ضخه إلى خزانات الطفلة ومن ثم يتم إعادة ضخه مرة ثانية إلى داخل البئر.

يمكن أن تعبر سوائل الحفر الصنعية من خلال ثقوب المناخل على الهزازات والهيدروسيكلونات والمضخات الطاردة المركزية المستخدمة للتخلص من الفتات.

وبعد اكتمال عملية الحفر ، يتم نقل سائل الحفر الصنعي المستعمل إلى البر حيث يتم تنظيفه وإعادة تأهيله لصنع سائل حفر صنعي جديد .

إن رمي سوائل الحفر الصنعية في البحر هو أمر غير مسموح به في مياه الولايات المتحدة الأمريكية وبحر الشمال وأستراليا. إن كمية سائل الحفر الصنعي في الفتاتات الخاضعة للمعالجة متغيرة بشكل كبير ، وهي تعتمد على حجم جزيئات الفتاتات وعلى نموذج سائل الحفر الصنعي وعلى فعالية تجهيزات معالجة الفتاتات وعلى الصفات الجيولوجية للطبقة المحفورة. وكقاعدة عامة ، فعندما تتم المقارنة بين معدات فصل الفتاتات المختلفة فإن كمية سائل الحفر الصنعي المحتجزة في الفتاتات تزداد كلما صغر حجم جزيئة الفتات وكلما زادت لزوجة سائل الحفر الصنعي.

تم تنفيذ العديد من الدراسات عن تركيز سوائل الحفر ذات الأساس النفطي وسوائل الحفر ذات الأساس الصنعي أو ذات الأساس المائي في الفتاتات المرمية في البحر.

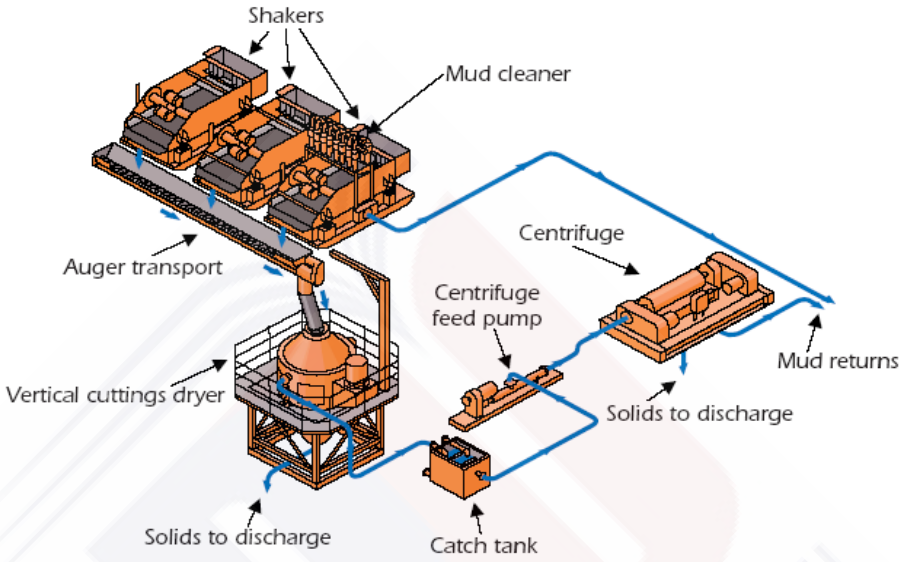
وقد قاس Aniss عام 1997 نسبة سائل الحفر الصنعي في الفتاتات وذلك من 54 بئراً محفورة في خليج المكسيك وتم تحليل 738 عينة محفورة بواسطة نموذجين لسوائل الحفر ذات الأساس الصنعي ، وكان معدل احتجاز سوائل الحفر الصنعية في الفتاتات %(12±4.8).

تقوم المناخل الهزازة الأولية بتخليص الفتاتات الخشنة بشكل أساسي من سائل الحفر الصنعي، ثم تقوم المناخل الهزازة الثانوية بإزالة الفتاتات الناعمة، ويقوم الجهاز الطارد المركزي بنزع أدق الفتاتات، الشكل (5-1) نظام يمثل معالجة فتاتات الحفر

كان احتجاز سائل الحفر الصنعي في الفتاتات أعظمياً في المناخل الهزازة الثانوية وأصغرياً في المناخل الهزازة الأولية أو في الجهاز الطارد المركزي.

تقدم وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية(EPA) أفضل نظام إدارة للنفايات الناتجة عن حفر الآبار. يتضمن هذا النظام معالجة مستمرة للفتاتات بدءاً من الهزازات بواسطة الطرد المركزي ، ثم يتم توجيه الفتاتات المبللة من الهزازات الأولية والثانوية إلى مجفف الفتاتات الذي يملك نظام طرد مركزي على مرحلتين:

يتم فصل الجزيئات الخشنة الكبيرة للفتاتات في المرحلة الأولى ، ثم ترمى في البحر ، وبعد ذلك يتم تمرير السائل من المرحلة الأولى إلى المرحلة الثانية، حيث نستخدم نظام طارد مركزي ذو سرعة أعلى والذي يفصل الجزيئات الأنعم من تيار النفايات.



الشكل (5–1) نظام يمثل معالجة فتاتات الحفر