



## بررسی استفاده از سیال‌های حفاری سازگارتر با محیط زیست

◀ سیده زهرا صمدی \*

### چکیده:

ظرفیت اکوسیستم‌ها برای پذیرش تغییرات در محیط زیست محدود است. امروزه گسترش صنایع و کارخانه‌ها و آلودگی‌هایی که بعضاً وارد طبیعت می‌کنند باعث بروز مشکلات زیست‌محیطی فراوانی شده است. در این میان کاربرد تکنولوژی‌های جدید در صنایع می‌تواند فشارهای وارده به محیط را متعادل‌تر سازد. یکی از مهم‌ترین صنایعی که فعالیت آن مستقیماً در ارتباط با طبیعت است صنعت حفاری است و یکی از مهم‌ترین ترکیبات مورد استفاده سیال‌های حفاری هستند. سیال‌های حفاری یک بخش بسیار مهمی در عملیات حفاری هستند که برای کنترل چاه و خارج نمودن کنده‌های حفاری بخصوص در لایه‌های زمین‌شناسی تحتانی به سطح زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند. سیالات حفاری براساس فازهای شکل‌گیری و اجزاء آن تقسیم بندی می‌شوند.

سه نوع سیال مهم حفاری عبارتند از:

(۱) سیال پایه آبی (Water Based Muds) WBMs2) سیال پایه روغنی (OBMs (Oil-Based Muds و (۳) سیال پایه سیلیکاته (Synthetic-Based-Muds (SBMs). به هر یک از آنها در عملیات، سیال حفاری گفته می‌شود و بطور وسیع در عملیات‌های حفاری منابع نفت و گاز مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای هر چاه مشخص و برای انتخاب نوع سیال حفاری، فاکتورهای ژئولوژی، ژئوگرافی و اقتصادی، بخش‌های قابل ملاحظه هستند، که به این فاکتورها عواملی چون آگاهی از نوع حفاری، شرایط قبلی چاه، ایمنی کارگران، هزینه سیال و هزینه‌های دفع پسماند را نیز بایستی اضافه نمود. استفاده از سیال پایه SBMs باعث کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و حذف روش‌های دفع پسماند هزینه بر در خشکی می‌شود. علاوه بر این SBMs می‌تواند در جریان عملیات حفاری دوباره مورد استفاده قرار گرفته و در نتیجه حجم پسماند تخلیه شده کاهش یابد. در این تحقیق در نظر است، تا امتیازات استفاده از سیال‌های سازگار با محیط زیست مورد بحث قرار گیرد.

**کلمات کلیدی:** سیال پایه آبی، سیال پایه روغنی، سیال پایه سیلیکاته، دفع پسماند، محیط زیست.

### مقدمه

همراه داشته و بتوان به حفظ، احیاء و گسترش سلامت محیط زیست کمک نمود.

از اهداف مهم شرکت ملی حفاری ایران - یکی از بزرگترین شرکت‌های معتبر در زمینه حفاری چاه‌های نفت و گاز در سطح ملی و بین‌المللی - دستیابی به اصول بین‌المللی زیست‌محیطی و استانداردهای حفاری سبز می‌باشد. این شرکت ضمن انجام پروژه‌های بزرگ صنعتی، دستورالعمل‌های علمی، تحقیقاتی و مطالعاتی در زمینه کاهش آلودگی را سر لوحه کار خود قرار داده است تا بتواند همچون گذشته طلایه‌دار کاهش اثرات نامطلوب زیست‌محیطی در صنعت باشد.

امروزه، توسعه صنایع نفت و گاز و اثرات نامطلوب آنها بر روی طبیعت، محیط‌بانان را بر آن داشت که قوانین محکمی را به منظور حمایت و حفاظت از محیط زیست در سطح ملی و بین‌المللی وضع نمایند. در صنعت حفاری که یکی از صنایع مهم بالا دستی نفت و گاز است، کنترل آلودگی سیال‌های حفاری و کنده‌های حاصله اهمیت دارد. امروزه مطالعات علمی در زمینه مسائل زیست‌محیطی به کمک صنعت حفاری شتافته است تا با استفاده از تکنیک‌های علمی و نوین ترکیبات سیالی را انتخاب نمایند که حداقل اثرات زیست‌محیطی به

## اهداف مجموعه

- ۱- شناسایی انواع مختلف سیال‌های حفاری؛
- ۲- انتخاب سیال حفاری با کمترین اثر بر محیط زیست؛
- ۳- استراتژی‌های نوین در دستیابی به استانداردهای زیست‌محیطی؛
- ۴- شناسایی استانداردهای سازمان EPA؛
- ۵- ارائه راه‌های مناسب در زمینه استفاده بهینه از سیال حفاری؛
- ۶- معرفی جدیدترین ترکیبات سیال سازگار با محیط زیست.

## کاربرد سیال حفاری

سیال‌های حفاری بخش بسیار مهمی در عملیات حفاری هستند که برای کنترل چاه و خارج ساختن کنده‌های حفاری (به‌خصوص در لایه‌های زمین شناسی تحتانی) به سطح زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند که حدود ۶۲ درصد از پسماند حفاری را شامل می‌شود. از نقطه نظر سازمان EPA (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY) سیالات حفاری بر اساس فازهای شکل‌گیری و اجزای آن تقسیم بندی می‌شوند. سه نوع سیال مهم حفاری عبارتند از: سیال پایه آبی (WBMs) (Water Based Muds)، سیال پایه روغنی (OBMs) (Oil-Based Muds) و سیال پایه سنتزی (SBMs) (Synthetic-Based-Muds) [۲ و ۳ و ۴].

امروزه، اکثر کشورهایی که در صنایع نفت و گاز فعالند از سیال‌هایی در حفاری استفاده می‌کنند که دارای کمترین اثر بر محیط‌زیست و سلامت انسانها باشند. برای هر چاه مشخص، عوامل ژئولوژی، ژئوگرافی و اقتصادی بخشهای قابل ملاحظه در انتخاب نوع سیال مورد استفاده هستند که به آنها عواملی مثل آگاهی از نوع حفاری، شرایط قبلی چاه، ایمنی کارگران، هزینه سیال و هزینه‌های دفع پسماند را نیز بایستی اضافه کرد.

## انواع سیال‌های حفاری و موارد استفاده از آنها

سه نوع سیال در صنایع حفاری وجود دارد که عبارتند از:

- ۱- سیال پایه آبی (WBMs) ۲- سیال پایه روغنی (OBMs)
- ۳- سیال پایه سنتزی (SBMs).

### WBMs

ساده‌ترین نوع سیال حفاری سیال‌های پایه آبی هستند که پیچیدگی شیمیایی خاصی نداشته و در عملیات حفاری خشکی و دریا به وفور مورد استفاده قرار می‌گیرند. در گذشته از WBMs بطور وسیع در صنعت حفاری استفاده می‌شد زیرا کم هزینه بود و کنده‌های حاصل از چاه می‌توانست در محل دفع گردد. در بیشتر مناطق دنیا WBMs مستقیماً به دریا تخلیه می‌شود.

EPA در سال ۱۹۹۳ تخمین زده است که تقریباً همه چاه‌های کم عمق، کمتر از ۱۰۰۰۰ فوت عمق و در حدود ۸۵ درصد از چاه‌های عمیقتر از ۱۰,۰۰۰ استفاده از WBMs حفاری می‌شوند. این سیال‌ها عموماً از ۹۰ درصد آب تشکیل شده و ده درصد شامل: باریت، رس، لیگنوسولفات، سود سوزآور، لیگنیت و مجموعه ویژه دیگری را که بر حسب شرایط چاه تعیین می‌شود را شامل می‌شوند.

EPA در گزارش دیگری در سال ۱۹۹۳ اعلام کرد که استفاده از WBMs عموماً بین ۱۳,۰۰۰-۷,۰۰۰ پسماند را بوجود می‌آورد که ۲,۸۰۰-۱,۴۰۰ آن شامل کنده‌های حفاری بوده و بسته به عمق چاه مقدار آن متفاوت است. در موقعیتهای دشوار حفاری نظیر چاه‌های عمیق، موقعیتهای حفاری عمودی، WBMs بعنوان سیال مناسب پیشنهاد نمی‌شود؛ برای این نوع از موقعیتهای در خشکی از OBMs استفاده می‌گردد که بایستی به نحو مطلوبی مدیریت شود تا آلودگی‌های ناشی از آن متوجه منابع آب و خاک نگردد [۱ و ۲ و ۵ و ۶].

### OBMs

بیش از ۴۰ سال است که سیال‌های پایه روغنی در صنایع حفاری به کار می‌روند. سیال‌های OBMs زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند که استفاده از WBMs از نظر تکنولوژی و ریسک‌پذیری غیر ممکن باشد و یا به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نباشد. مقدار پسماند حاصله از OBMs کمتر از WBMs است زیرا این سیال‌ها می‌توانند مجدداً مورد استفاده قرار گیرند و فقط کنده‌های حاصله دفع شوند. متوسط حجم پسماند OBMs در حدود ۸۰۰۰-۲۰۰۰ bbl در هر چاه تخمین زده شده است [۱]. از آنجایی که پسماندهای OBMs نمی‌تواند بر اساس قوانین EPA در دریا تخلیه گردد، کنده‌های حفاری حاصله برای جلوگیری از تهدید محیط‌زیست دریایی به ساحل انتقال داده می‌شود. استفاده از OBMs در مقیاس جهانی محدود شده زیرا دفع آن در خشکی هزینه‌بر است [۱ و ۷ و ۸ و ۹ و ۱۰].

### SBMs

دراکثر تحقیقات بر روی سیالات مناسب حفاری، استفاده از سیالات سازگار با محیط زیست توصیه می‌شود. در سال ۱۹۹۰ شرکت‌های سیال حفاری یک نوع جدیدی از سیال را که اثرات نامطلوب آن به مراتب کمتر از OBMs می‌باشد، به جامعه صنعتی دنیا معرفی کردند شامل: الفین‌ها، استرها، آلفا-الفین‌ها و پارافین‌ها.

امروزه استفاده از سیال‌های SBMs نسبت به سیال‌های OBMs ارجحیت بیشتری دارد زیرا دارای تاکسونومی کم خطرتری بوده و سریعاً توسط کرمها و باکتری‌ها تجزیه می‌شوند. به همین سبب کنده‌های حاصل از سیال‌های پایه SBMs اثرات زیست محیطی کمتری نسبت به OBMs دارند به طوری که جدیداً EPA در صنایع نفت و گاز آمریکا پیشنهاد داده است که سیال‌های SBMs جایگزین OBMs شود تا آثار نامطلوب آنها بر روی محیط زیست به حداقل برسد. فواید زیست محیطی استفاده از SBMs به شرح ذیل است:

- ۱- تولید پسماند کمتر؛
- ۲- حذف Diesel از گل پایه که نوعی آلودگی خطرناک است و ایمنی کارگران را بهبود بخشیده و خاصیت شیمیایی سیال‌ها و ریسک خطر را کاهش می‌دهد.
- ۳- کاهش اثرات زیست محیطی فعالیت‌های نفت و گاز در اثر افزایش استفاده از آن در حفاری افقی.
- ۴- کاهش زمان حفاری.
- ۵- بهبود وضعیت حفاری و کاهش حوادث ناشی از آن، (به طور مثال با عدم استفاده از دیزل حجم پسماند کاهش می‌یابد).

استفاده از سیال پایه SBMs باعث کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و حذف روشهای دفع پسماند هزینه بر در خشکی می‌شود. علاوه SBMs می‌تواند در جریان عملیات حفاری دوباره مورد استفاده قرار گیرد و به همین خاطر حجم پسماند تخلیه شده کاهش می‌یابد. SBMs باعث کم شدن اصطکاک، کاهش شکست، تسریع در عملیات و ثبات چاه شده و در نتیجه زمان حفاری یک چاه با استفاده از این نوع سیال کاهش می‌یابد. بنابراین استفاده از SBMs باعث کاهش هزینه از یک سوی و امکان رهاسازی کنده‌های حاصل از آن در محل از سوی دیگر شده و در نتیجه استفاده از آن توسط سازمانهای حامی محیط‌زیست دنیا توصیه گردد.

در چند سال اخیر استفاده از سیلیکات سدیم و سیلیکات پتاسیم برای استفاده در پایه سیال‌های حفاری مرسوم شده است. استفاده از سیلیکات پتاسیم می‌تواند در آینده از لحاظ اقتصادی و همچنین فواید زیست محیطی مفید و مناسب باشد، زیرا سیلیکاتهای محلول می‌توانند بطور گسترده در مناطقی که از لحاظ زیست محیطی حساس‌اند استفاده شود و رهاسازی آن در طبیعت سبب بهبود وضعیت خاک گردد. استفاده از آنها برای ایجاد هوموس خاک در صنعت کشاورزی مرسوم می‌باشد. (ولی خاصیت شیمیایی آن می‌تواند روی پوست کارگران تأثیرگذار باشد بنابراین کارگران باید مجهز به وسایل استحضافی فردی (Personal Protection Equipment) باشند.

اثرات مثبت استفاده از سیلیکات‌های محلول در صنعت کشاورزی افزایش راندمان محصولات، تسهیل در شخم‌زدن، رشد گیاهان زراعی و غیره است. سیلیکات پتاسیم یک کود مهم در بسیاری از کشورها به شمار می‌رود و برخی از محصولات نظیر برنج، گندم، علوفه، نیشکر و درختان میوه چون سیب می‌توانند از سیلیکات پتاسیم جهت رشد خود بهره‌مند شوند. سیلیکات‌های سدیم حتی می‌توانند به عنوان یک کود مناسب در کاربری‌های دریایی برای افزایش رشد دیاتومه‌ها در دریا استفاده شوند. سیلیکات‌ها عمدتاً در عملیات حفاری در دریا تخلیه می‌شوند (البته ماکزیمم مقدار سیلیکات‌ها در آب‌های بین‌المللی نایستی از مقدار ۴۷۵۰ ton/year تجاوز نماید) [۲ و ۳ و ۱۰ و ۱۱ و ۱۲ و ۱۳].

#### مقایسه بین WBMs,OBMs,SBMs

مقایسه سه نوع سیال حفاری می‌تواند با توجه به کاهش هزینه‌ها صورت بگیرد. بسیاری از مشکلات در صنعت حفاری رابطه مستقیمی با سیال حفاری دارد که لازم است سناریوهای مختلفی در آینده برای حل مشکلات عملیات و قبول تکنولوژی‌های جدید جایگزین در این زمینه مطرح شود.

- نسبت (Benefit/Cost)(B/C) استفاده از WBMs,OBMs, SBMs به شرح زیر است:

۱- مقدار حفاری انجام شده در واحد زمان با استفاده از WBMs، ۱۱۶ فوت در روز بوده در حالی که در مورد SBMs، ۳۳۶ فوت در روز است؛

۲- زمانی که هزینه استفاده از دو نوع سیال یکسان باشد، SBMs هزینه کمتری نسبت به WBMs داراست؛

۳- هزینه کلی استفاده از WBMs در محدوده‌ای میان ۱۴/۷-۹/۶ میلیون و هزینه چاه‌های SBMs در محدوده‌ای

میان ۶/۵-۴/۴ میلیون می‌باشد.

۴- حفاری با سیال WBMs برای هر حلقه چاه بطور متوسط ۱۸۰ روز بطول می‌انجامد در صورتی که حفاری یک حلقه چاه با سیال SBMs پس از ۵۴ روز به اتمام می‌رسد؛

۵- آلودگی‌های حاصل از SBMs کمتر از OBMs است؛

۶- از قابلیت‌های استفاده از SBMs تخلیه کنده‌ها در محل حفاری و اجتناب از پرداخت هزینه‌های حمل بویژه در عملیات دریایی است [۱ و ۸ و ۱۰].

#### اثرات زیست محیطی سیال های حفاری

بر اساس مطالعات EPA تخلیه سیالات حفاری در دریا تا ۱۰۰ متر از نقطه تخلیه بر روی کیفیت آب و مقدار رسوب آن تأثیرگذار است.

در این حالت دو موضوع مطرح می‌شود:

اول مقدار آهن و دوم مقدار آرسینیک (که سلامت انسان را تهدید می‌کند) در اعماق دریا چقدر است؟ قابل ذکر است، مقدار آهن به شدت بر روی سلامت انسانها تأثیرگذار است و مقدار آن در مطالعات محیط‌زیست دریایی اهمیت دارد. به طوری می‌تواند تا ۷۰ سال در آب دوام داشته و سلامت بشر را تهدید نماید.

بر اساس گزارش WRC (Water Research Council) در سال ۱۹۸۳ حدود ۹۰ درصد از ذرات تخلیه شده تقریباً به حالت سکون رسیده و اثرات نامطلوبی بر روی دریا می‌گذارند. در مطالعات دیگر نشان داده شده که مقادیر کادمیوم و جیوه دارای ثبات بیشتری در آب هستند.

علاوه بر این تحقیقات دیگر نشان داده است که اگر جانداران دریایی (مخصوصاً ماهی‌ها) به مدت ۳۰ روز در معرض SBMs باشند ترکیبات حاصله دریافت آنها مشاهده نخواهد شد و بر عکس اگر جانداران دریایی (نظیر ماهی‌ها) به مدت ۳۰ روز در معرض OBMs قرار گیرند تجمع مواد حاصله در بافت ماهی قابل مشاهده است.

هر یک از انواع سیال‌هایی که مورد استفاده قرار می‌گیرد اثرات متفاوتی بر روی محیط زیست دارند. تخلیه سیال در محیط می‌تواند بر تراوش آبهای سطحی و زیرزمینی اثر داشته و علاوه بر این موجب آلودگی هوای ناشی از نقل و انتقال سیال‌های OBMs به ساحل گردد. در این حالت پیشنهاد می‌شود از قایق برای انتقال سیال استفاده گردد.

سیال‌های حفاری بر محیط‌زیست خشکی، مخصوصاً در مناطقی که سطح آب زیرزمینی بالاست و یا در مناطق نزدیک به آبهای سطحی اثرات زیادی دارند. در این موارد استفاده از مطالعات ارزیابی زیست‌محیطی می‌تواند کمک شایانی به حفظ مناطق حساس زیست‌محیطی نماید. بدین منظور تهیه گزارشات ارزیابی اثرات زیست‌محیطی قبل و بعد از انجام عملیات حفاری بر اساس استانداردهای جهانی توصیه می‌شود [۲ و ۳ و ۹].

#### اثر سیال‌های حفاری بر محیط‌زیست دریایی

تخلیه کنده‌های OBMs اثرات زیست‌محیطی نامطلوب بیشتری بر سطح دریا نسبت به تخلیه کنده‌های WBMs و SBMs برجا می‌گذارند. بیشترین تأثیر آن در شعاع ۵۰۰ متری از سکوی حفاری مشاهده می‌گردد که میزان اکسیژن در این

محدوده بشدت کاهش یافته و اثرات فلزات سنگین حاصله تا ۱۰۰۰ متری محل حفاری قابل مشاهده خواهد بود. تحقیقات دیگری نشان داده است که SBMs و WBMs نمی‌توانند تأثیرات دراز مدتی بر محیط‌زیست داشته باشند [۳۰].

#### سیال حفاری سازگار با محیط زیست:

در حال حاضر اکثر کشورهای جهان از سیال پایه سیلیکاته در صنایع حفاری استفاده می‌کنند و شرکت‌های تولید کننده سیال حفاری سیستم‌های سیال متنوعی را در این زمینه معرفی نموده‌اند که از لحاظ بیولوژیکی و زیست محیطی دارای اثرات کمتری هستند. سیلیکتهای محلول می‌توانند بطور گسترده در مناطقی که از لحاظ زیست محیطی حساس هستند، به کار بروند.

سیالات پیشنهادی پایه حفاری سازگارتر با محیط‌زیست عبارتند از: فرمیت سزیموم ( $\text{HCOO-CS}^+$ )، فرمیت پتاسیم ( $\text{HCOO-K}^+$ ) و فرمیت سدیم ( $\text{HCOO-Na}^+$ ). برای جایگزینی عناصر سنگین در سیال حفاری (مانند: باریت، هماتیت  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  و کربنات کلسیم  $\text{CaCO}_3$ )، استفاده از عناصری که حجم توده مضر را کاهش می‌دهند و سازگاری بیشتری با محیط‌زیست دارند راه حل مناسبی خواهد بود. مثلاً در بعضی از چاهها از  $\text{FeTiO}_3$  (ایلمینیت بجای باریت استفاده می‌شود).

#### فواید سیال‌های پایه سیلیکاته به شرح ذیل است:

- ۱- سیلیکتهای محلول اثر منفی بر محیط زیست ندارند؛
  - ۲- ایمن بوده اثر تاکسونومی ندارند و منطبق بر استانداردهای GRAS می‌باشند.
  - ۳- فاقد هر گونه مواد ارگانیکی می‌باشند؛
  - ۴- می‌توانند در کشاورزی مورد استفاده قرار گیرند (مانند سیلیکات پتاسیم بصورت کود).
  - ۵- همچنین آلودگی صوتی هنگام استفاده از آنها (سیال‌های پایه سیلیکاتی) به حد صفر می‌رسد [۲ و ۴ و ۹].
- ترکیبات سیال پیشنهادی بایستی دارای خصوصیات ذیل باشند:

- ۱- حجم توده تخلیه شده را کاهش دهند ۲- تجزیه پذیر باشند و ۳- از نظر استانداردهای بین‌المللی زیست محیطی کم خطر باشند. به همین دلیل اکثر سازمان‌های حامی محیط زیست استفاده از سیال‌های پایه سیلیکاته را به جای استفاده از سیال‌های پایه روغنی پیشنهاد می‌کنند، زیرا پسماند حاصله در کاربری‌های دیگر (مثلاً در صنعت کشاورزی) نیز قابل استفاده خواهد بود.

#### پیشنهادات

سازمان EPA بطور منظم استانداردهای استفاده از SBMs را مشخص می‌سازد و برای کنترل آلودگی و دستیابی به روشهای کاهش آلودگی خط‌مشی‌های مشخصی را تنظیم می‌کند. مهمترین فاکتوری که EPA در نظر می‌گیرد، جلوگیری از ورود آلودگی به طبیعت در اثر توسعه تکنولوژی‌های جدید در صنعت حفاری است و همواره توصیه می‌کند که از SBMs در صنایع حفاری استفاده شود و نوع سیال پایه آن نیز مشخص گردد. پیشنهادات زیر در رابطه با سیال‌های سازگارتر با محیط‌زیست ارائه می‌شود:

• ارزیابی اثرات زیست محیطی (Environmental Impacts Assessment) EIA با مقایسه بین OBM, WBM, SBM در یک بازه زمانی مشخص صورت پذیرد.

• در شرایط عملیاتی یکسان از سیال‌های پایه SBM استفاده گردد تا هم از لحاظ زیست محیطی و عملیاتی (کاهش زمان حفاری) مقرون به صرفه باشد و هم اینکه اثر نامطلوب بر ایمنی کارگران نداشته و خطر را کاهش دهد.

• دستورالعملها، چک لیستها و فرمهای مربوط به استفاده از انواع مختلف سیال‌های سازگار با محیط‌زیست تکمیل، تنظیم و به روزرسانی شوند.

• از اثرات SBM بر دریا در مقایسه با دو نوع سیال دیگر ارزیابی‌های مناسب به عمل آید.

• در مناطقی که محدوده انجام عملیات حفاری در مناطق چهارگانه محیط زیست قرار دارد، نوع سیال سازگار با محیط‌زیست انتخاب گردد.

#### References:

1. Ayers, R.C., Jr., 1994, personal communication from Ayers (Robert Ayers & Associates Houston, Texas) to C. Burke (Aygonne National Laboratory, Washington, D.C.), June 26.
2. Brandsma, M.G., and S. Mckelvie, 1994, "Modeling North Sea oil Based Mud Cuttings Discharges to Assess Environmental Loading: An E8P Forum Study," Proc. Of offshore Technology Conference, Houston, Texas, May.
3. Candler, J.E., et al, 1995, sea floor Monitoring for synthetic Based Mud Discharged in the western Gulf of Mexico "presented at society of profession Engineers, Houston, Texas, March.
4. DOE, 1999 Environmental Benefits of Advanced oil and Gas Production Technology, "DOE - FE - 0385, U.S. Department of Energy, office of Fossil Energy, Washington, DC (Available at [http://www.sti.gov/bridge/product\\_biblio.jsp?osti-id=771125](http://www.sti.gov/bridge/product_biblio.jsp?osti-id=771125).)
5. Environment Protection Agency (EPA) Reports., (1990)
6. Environment Protection Agency (EPA) Reports., (1993)
7. Environment Protection Agency (EPA) Reports., (2002)
8. International Association of Oil & Gas Production., (2003). Environmental aspects of the use and disposal of non aqueous drilling fluids associated with offshore oil & gas operations., Report No. 342.
9. Grow cock, F.B., G.W. Curtis, B. Hoxha, W.S. Broo, and J.E. Candler, 2002 "Designing Invert Drilling Fluids to yield Environmentally Friendly Drilled Cuttings," IADC/SPE 74470, IADC/SPE Drilling Conference, Dallas, Tx, Feb 26-28.
10. Macdonald, M., Reifsnnyder, R., Sidorkiewicz, V., and Lapland, D., (2002). Silicate Based Drilling Fluids: A Highly Inhabitive Mud System Offering HS&E Benefits Over Traditional Oil Based Muds., AADE Technical Conference., Houston, Texas.
11. Norwegian University of Science & Technology (2000) First Maricult Conference, Trondheim, Norway Conference.
12. Uday Aring and Feresheed Mody, Baroid: "stabilizing Boreholes While Drilling Reactive shales With Silicate based Drilling Fluids": Drilling Contractors Magazine, May/June 2000.
13. U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1993 c, "Fact Sheet for NPDES Permit No. A005205-1, "EPA Region x, Seattle, Wash., April.
11. Veil, J.A., 2002, "Drilling Waste Management: Past, Present, and Future," SPE 77388, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, San Antonio, Tx, September 29-october 2.

#### Websites:

1. <http://www.Worldoil.Com>
2. <http://www.EPA.gov>
3. <http://web.ead.anl.gov>