



مجید نغمای* شرکت ملی حفاری

چکیده

پلیمر اکریل آمید با نام تجاری PHPA معرف رشته‌های پلیمر زنجیره‌ای است که بخشی از آنها آبکافت^۱ شده‌اند. این پلیمر یکی از جدیدترین افزایش‌دهنده‌های سیال حفاری می‌باشد.

کاربرد این ماده به‌واسطه احاطه کردن کنده‌های حفاری رسی، جلوگیری از پخش شدن رس در سیال و همچنین پایدار سازی سازندهای شیل موجود در چاه‌ها روز به روز بیشتر شده است. با توجه به محدوده وسیع کاربرد PHPA، می‌توان از این پلیمر در سیالات با پایه آب شیرین، آب شور و آب دریا و هم‌چنین جهت انجام عملیات‌های گوناگون حفاری استفاده کرد.

این پلیمر دارای قطب‌های لیگاندی منفی است که در صورت پخش شدن در گل حفاری به قطب‌های مثبت رس‌های واقع در سازند شیل متصل شده و آنها را در برابر نفوذ آب و ریزش مصون می‌دارد. با وجود خواص گفته شده، این افزایش‌دهنده باعث افزایش گرانیروی گل حفاری شده و در دمای زیاد چاه مقاومت لازم را دارد.

واژگان کلیدی: پلیمر، PHPA، شیل، افزایش‌دهنده گل حفاری، اکریل آمید

مقدمه

با توجه به رویکرد جدید صنعت حفاری در استفاده از سیالات پیشرفته و جدید جهت حفاری سازندهای شیلی و مشکل ساز، موضوع مواد شیمیایی به‌کار رفته در این سیالات به یکی از مهم‌ترین موارد قابل بحث در صنعت حفاری تبدیل شده است. به‌کارگیری سیالات کم‌هزینه، عدم استفاده از سیالات پایه روغنی که محیط زیست را آلوده می‌کنند و پایدار سازی دیواره چاه و جلوگیری از ریزش آن، از اهداف آرمانی این صنعت است که همیشه بیشترین حجم تحقیقات در بخش سیالات حفاری را به خود اختصاص داده است.

بنابراین جهت رفع این مشکل، سیالات استفاده شده را با افزودنی‌های مختلفی ممزوج می‌کنند. خصوصیات سیال ساخته شده با هر کدام از این افزایش‌دهنده‌ها، بسته به کارآیی ماده به‌کار رفته، متفاوت است. خواص میدانی سیال تهیه شده برای کاربران سیالات حفاری بسیار مهم بوده و سیالی می‌تواند مورد قبول واقع شود که بتواند در عین ارزان بودن، مشکلات موجود را رفع کند. یکی از این افزایش‌دهنده‌ها پلیمر PHPA است.

این پلیمر توسط شرکت‌های مختلف و با خواص تقریباً مشابهی تولید می‌شود. به‌همین جهت در این مقاله سعی شده خصوصیات

میانگین محصول این شرکت‌ها مدنظر قرار گیرد.

۱- معرفی PHPA، مشخصات و موارد ایمنی و بهداشتی مربوط به آن

همان‌گونه که از نام اختصاری PHPA معلوم می‌شود، این پلیمر یک ملکول زنجیره‌ای بلند سنگین می‌باشد که از تک‌پاره‌های^۳ یکسان و آب‌دوست تشکیل شده است. این پلیمر به‌صورت رشته‌های بلند الیاف ماندنی در آب حل می‌شود (شکل-۱) [۴].

این ماده کنده‌های حفاری شده از دیواره چاه را در خود به‌شکل قفس دربر گرفته و آنها

* نویسنده‌عهد دار مکاتبات



را به صورت تجمع‌هایی پوشش داده، از انحلال و آب‌پوشی بیش از حد آنها در سیال حفاری جلوگیری می‌کند [۲].

سیالات حاوی این ماده، سیال PHPA نیز نامیده می‌شوند. این ماده را بیشتر برای پایداری شیل‌های فعال در سیال‌های پایه آبی به کار می‌برند. PHPA همان‌گونه که از نام آن استنباط می‌شود بخشی از پلیمر اکریل آمید آبکافت شده می‌باشد که کاربرد آن جهت پایداری سازندهای شیلی دیوارهٔ چاه یا برای پراکندگی بنتونیت در سیال سبک است. (شکل-۲)

اعتقاد بر اینست که حضور PHPA در سیالات، سبب مسدود شدن شکاف‌های ریزسازند شده و سطوح شیل را با لایه‌ای از پلیمر پوشش می‌دهد (شکل-۳) [۱].

در سیالات بنتونیتی، PHPA بدون اینکه باعث افزایش بار اضافی مواد جامد کلونیدی در سیال شود از طریق ایجاد تعامل با حداقل غلظت بنتونیت سبب پیوند ذرات آن با هم و بهبود خواص حرکتی سیال می‌شود.

PHPA هم‌چنین می‌تواند به‌عنوان ماده گرانروی‌زا، کاهنده اصطکاک، منعقد کننده در آب شیرین و هم‌چنین آب شور استفاده شود [۵].

در جدول-۱ و ۲ به ترتیب مشخصات عمومی و موارد ایمنی و بهداشتی مربوط به PHPA آورده شده‌است.

همان‌طور که گفته شد پلیمر PHPA به دو حالت جامد و مایع عرضه شده و جهت استفاده آن در سیالات حفاری می‌توان روش واحدی به کار برد. برای استفاده از PHPA در دو حالت و تبدیل این حالت‌ها به یکدیگر، از جدول-۳ استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که این جدول بر مبنای ۳۰ درصد از فعالیت این ماده تهیه شده است.

۲- کاربردهای PHPA

۲-۱- استفاده از PHPA در سیالات حفاری پایه آبی

این سیال می‌تواند در غلظت‌های متفاوتی، کنده‌های حفر شده (دیواره چاه) را به‌خوبی کپسوله کرده سبب پایداری دیواره چاه گردد.

۲-۳- استفاده از PHPA در حفاری با سیالات حاوی درصد کم جامدات (جامدات غیرفعال)

این سیالات بیشتر در حفره‌های بالایی استفاده می‌شوند و PHPA بهترین افزاینده برای این سیستم و هم‌چنین برای سیال بنتونیتی است. پلیمر PHPA می‌تواند به‌عنوان پخش‌کننده ذرات بنتونیت باعث افزایش گرانروی و به‌تبع آن دفع بهتر کنده‌های حفاری چاه شود.

این پلیمر هم‌چنین با پوشش دادن دیواره چاه و سازندهای حساس موجب پایداری چاه و سازند می‌شود [۳].

۲-۴- استفاده از PHPA در سیالاتی با وزن زیاد (گل سنگین)

پلیمر PHPA در سیالات سنگین می‌تواند با عنوان زیر استفاده شود:

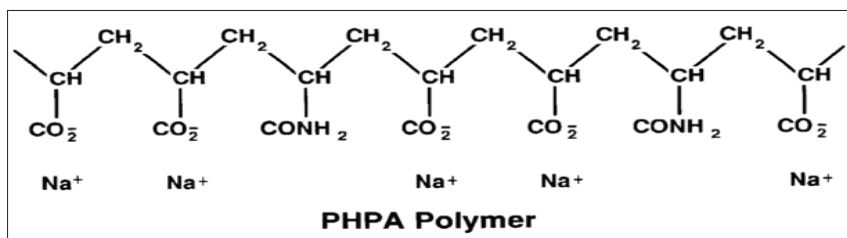
- کپسوله کننده کنده‌ها
 - پایدار کننده دیواره چاه
 - گرانروی‌زای فرعی
 - بهبود دهنده وضعیت کیک سیال در عمل دیواره‌سازی
 - افزایش پخش ذرات آنیونی (مثل بنتونیت)
- PHPA هم‌چنین به‌مقدار خیلی کم باعث انحلال ذرات آلی در سیالات پایه آبی می‌شود.

به‌طور متوسط غلظت‌های ۳-۰/۷۵ پوند در بشکه (۸/۵-۲/۱ کیلوگرم در مترمکعب) این ماده رایج‌تر است. این پلیمر در آب‌های نمکی نیز مؤثر است. به‌طور مثال در سیالاتی که برای کنترل شیل دیواره چاه به آنها درصد معینی کلرید پتاسیم اضافه شده نیز می‌توان از این پلیمر استفاده کرد. (در این مورد نسبت به حالت آب شیرین باید مقدار بیشتری PHPA را در سیال حل کرد) [۳].

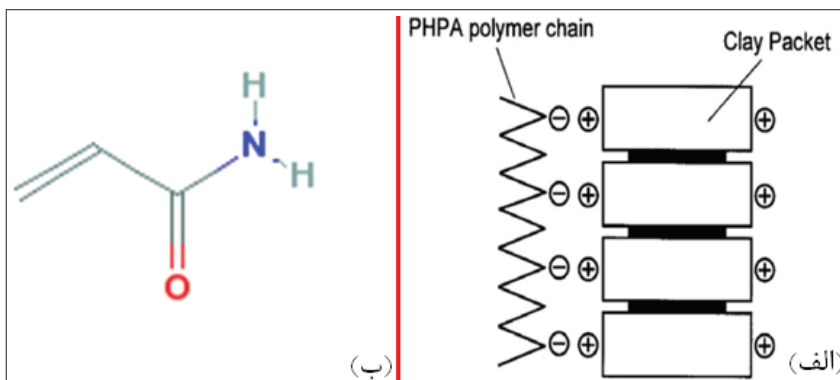
۲-۲- استفاده از PHPA در حفاری با آب

پلیمر PHPA را می‌توان در آب به‌عنوان سیال حفاری بدون جامد استفاده کرد. این سیال با بهره‌گیری از گرانروی حاصل از انحلال و هم‌چنین پایدار سازی دیواره شیلی چاه می‌تواند در حمل و دفع هر چه بهتر کنده‌های حفاری نقش مؤثری ایفا کند.

جهت حفاری حفره‌هایی با قطر کوچک و مغزه‌گیری‌های مداوم بهترین گزینه استفاده از سیستم "سیال بدون جامدات محلول" است. غلظت‌های استفاده شده جهت منعقد کردن کنده‌ها و دفع بهتر آنها از چاه در این مورد بین ۱/۷۵-۰/۵ پوند در بشکه (۵-۱/۴ کیلوگرم در مترمکعب) است [۳].



۱ | نمایش ملکول زنجیره‌ای PHPA



۲ | نمایش اتصال PHPA به صفحات رسی در سازندهای شیلی (ب) تکپاره (مونومر) PHPA

۲-۵- استفاده از PHPA در سیالات تمیز کننده چاه

شستشوی چاه و خارج سازی همه کننده‌ها که در اصطلاح Sweep کردن چاه گفته می‌شود نیاز به سیالی دارد که ضمن داشتن گرانیوی عالی جهت حمل و منعقد کردن کننده‌ها، برای دفع بهتر آنها، پایداری لازم را نیز به دیواره چاه

داده و از ریزش دیواره به درون چاه جلوگیری کند. بنابراین می‌توان از سیال حاوی مقادیر کافی PHPA در چاه‌های تعمیر و هم‌چنین شستشوی چاه‌های با دیواره ریزشی استفاده کرد. در جدول-۴ انواع کاربردها و مقدار مصرف PHPA در حالت مایع به‌طور خلاصه ذکر شده است.

۳- روش افزودن پلیمر PHPA به سیالات

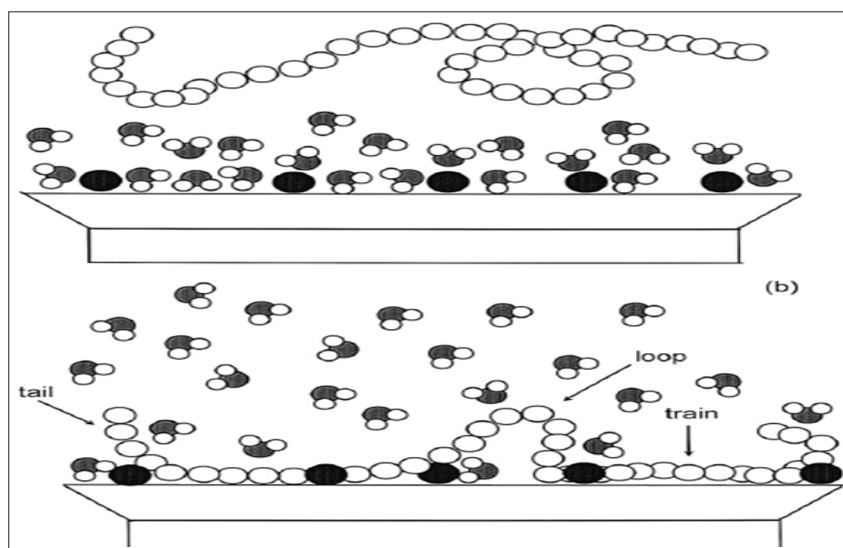
PHPA را می‌توان مستقیماً به سیال ساخته شده اضافه کرد یا اینکه آنرا با غلظت‌های زیاد در مخزن جداگانه‌ای مخلوط کرد و سپس به سیال ساخته شده افزود. هم‌چنین می‌توان این ماده را از طریق قیف‌های مخلوط مواد شیمیایی به سیال ساخته شده اضافه کرد. در صورت استفاده از PHPA در حالت مایع می‌توان آنرا به آرامی به جریان برگشتی از چاه افزود. (این روش در بعضی موارد جهت منعقد سازی کننده‌های بیرون آمده از چاه و دفع بهتر آنها بر روی الک‌های لرزان استفاده می‌شود) در خصوص PHPA توجه به نکات زیر الزامی است:

- هم‌زمان با افزودن پلیمر PHPA به سیال، نباید آهک یا کاستیک سودا به سیستم اضافه کرد.
- یکی از کاربردهای جانبی PHPA تمیز کردن مخازن سیال از مواد جامد ته‌نشین شده، قبل از تخلیه آنهاست. بنابراین می‌توان مقداری از PHPA را به‌صورت مستقیم به سیال اضافه کرده و برای مدتی گل را به‌وسیله هم‌زن‌های مخازن به‌هم‌زد و سپس از طریق باز کردن دریچه تخلیه مخازن، حجم بیشتری از مواد جامد را بیرون ریخت. یا اینکه قبل از گردش سیال، چند لیتر از محلول را درون رشته حفاری ریخته و با پمپ کردن گل، محلول را از نوک مته خارج کرد. با این کار می‌توان ذرات جامد معلق را از رشته حفاری تمیز کرد [۴].

۴- مزایای PHPA

- انجام عمل کپسوله کردن کننده‌ها و جلوگیری از پخش شدن آنها
- فراهم آوردن شرایط پایداری برای شیل‌های دیواره چاه
- بهینه‌سازی عمل دفع جامدات ناخواسته در سیستم آب خالص و افزایش قدرت حمل کننده‌ها در سیستم حفاری با کف
- وجود این ماده به‌صورت مایع موجب سهولت و سرعت در اختلاط می‌شود
- نقطه ریزش پایین این ماده و امکان استفاده از

مشخصات عمومی PHPA	
مشخصه	توضیح
نام علمی	پلی‌اکریل آمید
فرمول شیمیایی	$n(\text{CH}_2=\text{CHCONH}_2)$
شکل ظاهری	به‌صورت جامد (پودر کره‌رنگ)، به‌صورت مایع (سیال کره‌رنگ غیر شفاف)
بو	تقریباً شبیه بوی هیدروکربن‌ها
وزن مخصوص	۱/۰۷-۱/۱۰
PH (یک درصد محلول)	۸-۹
نقطه اشتعال	بیش از ۲۰۰ °F
نقطه ذوب نوع جامد	۱۸۴ °F
میزان حلالیت	۲۱۶% (در دمای ۸۶ °F)
گرانیوی (میانگین انواع آن)	در حدود ۵۰۰ سانتی‌پویز



۳۳ | نمایش اتصال پلیمر زنجیره بلند PHPA به دیواره چاه [۲]

- آن در مناطق سردسیر امکان استفاده از این ماده به عنوان گرانشی‌زا در سیالات سبک بدون جامدات فراهم کردن حالتی از روان کاری در بیشتر سیالات سبک-سنگین با جامدات فعال و غیرفعال
- جلوگیری از تویی شدن مته، پایدار کننده و روان کردن کنده‌ها در کل رشته حفاری و پوشش دادن به آنها و در نتیجه دفع بهتر جامدات چسبناک
- کاهش افت فشار سیال حفاری در رشته حفاری و چاه از طریق حمل و بیرون کردن کنده‌های چسبیده به لوله‌ها و دیواره چاه [۶]

۵- محدودیت‌های استفاده از PHPA

- در صورت سهل انگاری در مقدار مورد استفاده و روش افزودن PHPA به سیال حفاری حاوی جامدات غیرفعال، ممکن است انعقاد شدیدی رخ دهد یا با کپسوله کردن

بیش از اندازه جامدات موجود در سیال، گرانشی بیش از حد افزایش یابد. بنابراین اضافه کردن PHPA با هر غلظتی، باید به آرامی و به مقداری انجام شود که سیال نتایج مطلوبی نشان داده و چاه به پایداری لازم برسد. ضمن اینکه باید توجه داشت: الف) محدودیت‌های یادشده برای بیشتر پلیمرهای آکریل‌آمید-اکریلات، صادق هستند.

ب) در سیالات حاوی جامدات فعال نظیر بنتونیت پیشنهاد می‌شود ابتدا باید بنتونیت افزوده شده و زمان کافی جهت ایجاد گرانشی به آن داده شود و سپس PHPA به سیال اضافه گردد تا با استفاده از تأثیر جامدات فعال بر نقطه تسلیم سیال، از مصرف بی‌رویه PHPA جلوگیری به عمل آید.

■ عملکرد PHPA به PH نیز بستگی دارد؛ محدوده بهینه PH برای این پلیمر، ۸/۵ - ۱۰/۵ است. در مواردی که PH بیشتر یا کمتر از این محدوده باشد فرآیند تبدیل PHPA به پلی‌اکریلات آغاز شده و در نتیجه

۲ | موارد ایمنی و بهداشتی PHPA [۴]

ردیف	عارضه	علائم	روش پیشگیری	روش درمان
۱	تماس با پوست	سوزش پوست (در صورت مرطوب بودن)	عدم تماس مستقیم	شستن با مقدار زیاد آب
۲	تماس با چشم	سوزش چشم (در حالت خشک و مرطوب)	استفاده از عینک	شستن سریع چشم‌ها
۳	استنشاق	خواب‌آلودگی، سرگیجه، بی‌حسی اندام	استفاده از ماسک	مراجعه به پزشک
۴	خوردن	سرطان‌زایی، سردرد، تأثیر بر اندام عصبی	استفاده از ماسک	مراجعه به پزشک

۳ | تبدیل غلظت حالت جامد به مایع PHPA و بالعکس

حالت مایع (گالن در بشکه) (لیتر در مترمکعب)	حالت جامد (بوند در بشکه) (کیلوگرم در مترمکعب)
۰/۰۵۶ (۱/۳)	۰/۵۰ (۱/۴)
۰/۰۸۴ (۲/۰)	۰/۷۵ (۲/۱)
۰/۱۱۰ (۲/۶)	۱/۰۰ (۳/۰)
۰/۱۷۰ (۴/۰)	۱/۵۰ (۴/۳)

گاز آمونیاک حاصل از این واکنش در محیط رها می‌گردد.

■ PHPA تقریباً تا دمای ۳۵۰°F (۱۷۶/۷ °C) پایدار است و در دمای بالاتر به پلی‌اکریلات تجزیه می‌شود. هم‌چنین در صورتی که این ماده به مدت طولانی در دمایی بالاتر از ۲۷۵°F (۱۳۵ °C) قرار گیرد امکان از هم گسستن رشته‌های آن وجود دارد [۶].

۶- آلودگی‌های مؤثر بر سیال حاوی PHPA

■ کاتیون‌هایی با ظرفیت‌های مختلف (M^+ , M^{2+} , M^{3+}) در صورتی که غلظتی بیش از ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر داشته باشند می‌توانند بر این پلیمر تأثیر گذار باشند که برای جلوگیری از این تأثیر می‌توان از سودااش (جهت حذف یون کلسیم) استفاده کرد.

■ آلودگی‌های ناشی از سیمان در اثر وجود مقادیر زیاد کلسیم و PH زیاد، تأثیر زیادی بر این پلیمر دارند. برای مقابله با این معضل باید قبل از مواجهه با این آلودگی، سیال را با مقادیر کافی بی‌کربنات سدیم (جوش شیرین) پیش‌درمانی کرد. چنانچه آلودگی سیمان ناخواسته وارد سیال شده و بر آن اثر کند می‌توان با کاهنده‌های PH آنرا درمان کرد یا برای درمان انعقاد سیال از لیگنیت استفاده نمود.

■ گاز هیدروژن سولفید (H_2S) می‌تواند به‌عنوان عاملی جهت برهم زدن تعادل شیمیایی سیال حاوی PHPA باشد که جهت پیشگیری از این امر باید مقادیر کافی اکسیدروی (ZnO) یا کربنات روی ($ZnCO_3$) به سیال اضافه شود [۶].

۷- شستشو و حل کردن PHPA

■ پلیمر PHPA به‌وسیله محلول بلیچ^۴ (با همان غلظت کاربردهای خانگی؛ سدیم هیپوکلریت ۵ درصد) تجزیه می‌شود. به‌طور مثال جهت تجزیه و شکستن پیوندهای ۱۰۰ گالن از PHPA مقدار ۵ گالن محلول بلیچ مورد نیاز است.

لازم به تذکر است که برای مورد فوق هیچ‌گاه نباید از محلول بلیچ معطر (همراه

و درون انبار نگهداری شود. در صورتی که PHPA به صورت خشک در بسته بندی های ۲۵ کیلویی باشد، باید هر گونه آلودگی، رطوبت، شعله، حرارت و نور آفتاب را از مکان انباشت آن دور کرد.

۹- روش های اندازه گیری غلظت PHPA در سیالات

اندازه گیری غلظت PHPA به دو روش قابل انجام است:

■ روش ارلن های مرتبط [۴]

■ روش تعیین درصد حجمی مقدار PHPA در سیال حفاری بر اساس اندازه گیری مقدار رسوب کمپلکس "قلع-اکریل آمید" [۴]

نتیجه گیری

PHPA یکی از پلیمرهایی است که در دهه اخیر مورد توجه شرکت های ارائه دهنده خدمات سیال و مواد شیمیایی حفاری قرار گرفته است. این پلیمر علاوه بر خاصیت گرانشی (بدون نیاز به مصرف زیاد)، دارای خاصیت پایدارکنندگی شیل ها نیز هست و ضمن کاربرد مطلوبی در سیالات پایه آبی هم دارد. پلیمر PHPA باید طبق تجارب قبلی، با احتیاط و پس از آزمایش های اولیه مورد استفاده قرار گیرد. هم چنین توسعه دامنه کاربری این گونه مواد با خاصیت های ذکر شده می تواند بر تعداد افزودنی های سیالات حفاری با کاربردهای دوگانه بیافزاید. ■

۸- نحوه نگهداری و بسته بندی PHPA
پلیمر PHPA در حالت مایع، اغلب در بشکه های ۵ گالنی عرضه می شود که ضروری است دور از نور مستقیم آفتاب، گرما و شعله با افزودنی های خوشبوکننده) یا کلسیم هیپوکلریت جامد استفاده کرد. هم چنین در هنگام کار با PHPA باید از لباس ایمنی استفاده کنیم [۶].

مقدار تقریبی افزایه PHPA در حالت مایع با کاربردهای مختلف	
لیتر در مترمکعب	نوع سیال و کاربرد آن
۵/۲	آب شیرین؛ پایدارکننده شیل ها در سازندهای فعال و حساس
۷۵/۳	کاهش گشتاور پیچشی و فشار پمپ ها، افزایش پایداری چاه در سیالات بدون جامدات یا با جامدات غیرفعال و افزایش گرانشی
۲۵/۱	تمیزسازی مطلوب چاه
۵	کاهش ضخامت کیک سیال در حفاری همراه با ۳ درصد کلرید پتاسیم
۵/۲-۲۵/۱	سیال تزریقی در سیستم های حفاری باهوا یا کف



شکل ۴ | الف) PHPA در حالت مایع در بشکه های ۵ گالنی ب) PHPA در حالت جامد در کیسه های ۲۵ کیلوگرمی

پانویس ها

- Partially Hydrolyzed PolyAcryl Amid
- hydrolyze
- monomers
- Bleach

منابع

- [1] Amoco, 1994, "Drilling fluids manual", Amoco Production Company.
- [2] Clark R.K., Scheurman R.F., Rath H., Van Larr H.G., 1976 "Polyacrylamide/Potassium-Chloride Mud for Drilling Water-Sensitive Shale's", SPE 5514, Journal of Petroleum Technology, June 7-9, 1976
- [3] Ewy R.T. and Morton E.K., 2008: "Wellbore Stability Performance of Water Based Mud Additives", SPE 116139 was prepared for presentation at the 2008 SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in Denver, Colorado, USA, September 21-24, 2008.
- [4] MI-Swaco, 1998, "Drilling Fluids Engineering Manual Version 2.1.
- [5] Schlumberger Oilfield Glossary. <http://www.glossary.oilfield.slb.com>
- [6] O'Brien D.E., and Chenevert M.E., 1973 "Stabilizing Sensitive Shale's with Inhibited, Potassium-Based Drilling Fluids", JPT. Vol. 25, pp 1089-1100.