Archive of SID

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

# شیل و راه های مقابله با تورم شیل توسط گل پایه آبی دوستدار محیط زیست

**علی مومنی**[۱]

دانشجوی کارشناسی در رشته نفت ( گرایش حفاری)،دانشگاه صنعت نفت،دانشکده نفت اهواز

Momeni9052023@gmail.com

**پژمان براتی**[۲] **، خلیل شهبازی**[۳]

## چکیده:

ناپایداری‌های دیواره‌ی چاه در سازندهای شیلی همواره به عنوان یکی از عوامل مشکل‌ساز و هزینه‌بر در پیش روی مهندسان حفار قرار داشته است. برخی از عوامل مکانیکی مانند فشار گل حفاری و یا عوامل شیمیایی باعث تغییر شکل دیواره ی چاه و در نهایت ایجاد مشکلات در عملیات می شود. در ابتدا سیالات حفاری پایه روغنی جهت کنترل تورم شیل معرفی شد. به دلیل محدودیت های استفاده از سیالات پایه روغنی (آسیب‌های محیط زیستی و هزینه‌بر بودن)، محققان به دنبال ساخت و معرفی پایدارساز های جدید برای استفاده در سیالات پایه آبی هستند. بعد از سیالات حفاری پایه نفتی، گل های نمکی پیشنهاد شد، که باز به دلیل غلظت بالای نمک های کلرید سدیم و کلرید پتاسیم باعث ایاد مشکلات زیست محیطی می شوند.

در این مقاله روش های مختلف پایدار سازی شیل ها و جلوگیری از تورم رس ها مورد بررسی قرار گرفته است. گل های پایه آبی هم ارزان قیمت از گل های پایه روغنی بوده بوده و هم مشکلات زیست محیطی کمتری به وجود می آورد. همچنین تحقیقاتی را که در مورد آزمایش های مختلف در زمینه ی پایدار سازی شیل ها صورت گرفته است را مورد بررسی قرار داده ایم.

کلمات کلیدی: پایدارساز، سازند شیلی، کانی رسی، تورم، ناپایداری دیواره چاه، گل های پایه آبی

---

[۱] ۱. دانشجوی کارشناسی مهندسی نفت(گرایش حفاری)،دانشگاه صنعت نفت، دانشکده مهندسی نفت اهواز

۲.دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نفت( گرایش حفاری)،دانشگاه صنعت نفت، دانشکده مهندسی نفت اهواز[۲]
[۳]۳.دکترای مهندسی نفت، عضو هیئت علمی دانشگاه صنعت نفت، دانشکده مهندسی نفت اهواز، ایران

www.SID.ir

Archive of SID

# Shale and Shale swelling Inhibition by Water-Based Drilling fluids

**Ali Momeni** [1]
B.S. student in Petroleum engineering, P.U.T. Ahwaz Faculty of Petroleum Engineering
Momeni9052023@gmail.com

**Pezhman Barati**[2], **Khalil Shahbazi**[3]

## Abstract:

Wellbore instability in shale formations is the most troublesome and costly issue facing drilling engineers. Some mechanical factors such as drilling mud pressure or chemical factors such as hydration or dehydration lead to deformation of wellbore and finally cause problem in drilling operation. Due to restrictions on the use of oil-based fluids (environmental damage and costly), researchers are looking to design and introduce new shale stabilizers for using in water-based fluids. After oil-based muds salty muds suggested which also causes an environmental problem because of high salt concentration.

In this article several methods for shale stabilization and clay swelling prevention is investigated. Water-based drilling fluid is cheaper than oil-based drilling fluid and also is environmentally friendly. Also several experimental technique are investigated in this article.

Keywords: stabilizer, shale Formation, clay mineral, swelling, wellbore instability, water-based muds

1. B.S. Student of Drilling Engineering, Petroleum University of Technology, Ahwaz Faculty of Petroleum, Iran
2. M.S. Student of Drilling Engineering, Petroleum University of Technology, Ahwaz Faculty of Petroleum, Iran
3. PH.D , Petroleum University of Technology, Ahwaz Faculty of Petroleum, Iran

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

## ۱. مقدمه:

حفاری چاه اولین و پر هزینه ترین مرحله در مجموعه فعالیت تولید نفت و گاز به شمار می آید.[۱] از لحاظ آماری[۲] ناپایداری دیواره چاه در چاه های نفت و گاز سالانه در کل جهان موجب خسارت یک هزار میلیارد دلاری می شود.[۳و۴] شیل‌ها بخش عظیمی از سازندهای زیرزمینی مخازن نفت و گاز را شامل می‌شوند. هنگام حفاری این سازندها با سیالات حفاری پایه آبی، جذب آن و لذا تورم شیل منجر به ناپایداری و ریزش دیواره‌ی چاه می‌گردد. به این نوع از ناپایداری‌ها که ناشی از برهم کنش سیال حفاری و شیل موجود در سازند می‌باشد، ناپایداری‌های شیمیایی می‌گویند. گونه‌ای دیگر از عوامل ناپایداری دیواره‌ی چاه مربوط به خصوصیات مکانیکی سازند و بزرگی و نحوه‌ی توزیع تنش‌های زیرزمینی در اطراف چاه می‌باشد که در حین حفاری، این توزیع تنش‌ها برهم خورده و منجر به ناپایداری و ریزش دیواره می‌گردد.[۲] بسیاری از محققان بر این باورند که مشکلات ناپایداری چاه ناشی از دو گروه عوامل می باشد؛ عوامل مکانیکی و عوامب فیزیو-شیمی.[۲و۵و۶] عوامل مکانیکی اثر رشته ی حفاری بر دیواره چاه می باشد که اغلب مستقل از زمان بوده و به مکانیک سنگ مربوط می شود.[۷] ولی عوامل شیمیایی وابسته به زمان می باشد.[۸]حدود ۷۵ درصد از سازند های حفاری شده برای چاه های نفت و گاز شیلی هستند و تقریبا ۹۰ درصد از مشکلات پایداری چاه ناشی از آن می باشد.[۹]

گل های پایه روغنی به صورت گسترده در میادین ایران برای حفاری لایه های بهره ده استفاده می شود. در صورتی که هزینه تمام شده ی بالا و مسائل زیست محیطی استفاده از این نوع گل را محدود می کند.[۱۰]در این پروژه ما به بررسی کار های انجام شده در زمینه ی گل های پایه آبی دوست دار محیط زیست و روش های آزمایشگاهی خواهیم پرداخت.

## ۲. آزمایش های شیل:

### ۲,۱. آزمون پراش اشعه ی ایکس:

پراش اشعه ایکس یکی از تکنیک‌های قدیمی و پرکاربرد در بررسی خصوصیات کریستال‌ها، از جمله کانی‌های شیلی می‌باشد. اشعه‌ی ایکس یک اشعه‌ی الکترومغاطیسی است که دارای طول موج در حدود چند انگستروم می‌باشد (یعنی برابر با فاصله‌ی شبکه‌ای رس‌هاست). در یک دستگاه پراش اشعه ایکس، اشعه‌ی ایکس را به صورت تک‌فام (طول موج ثابت) به سمت نمونه کانی شیلی مورد مطالعه می‌تابانند که پس از برخورد با اتم‌ها، الکترون‌ها شروع به نوسان کرده و از خود امواج الکترومغناطیس را در زوایای مختلفی منتشر می‌کنند. این اشعه‌ی بازتابیده از سطح نمونه‌ی کانی شیلی، توسط یک آشکارساز ثبت می‌گردد. آشکارساز دارای یک بازوی مکانیکی جهت پویش محیط اطراف نمونه‌ی کانی شیلی است که از زاویه‌ی ۰ تا ۱۷۰ درجه می‌تواند تغییر کند ولی عموما بازه‌ی پویش با توجه به خصوصیات کریستالی نمونه‌ی مورد مطالعه تعیین می‌گردد. آشکارساز در گام‌هایی از بازه‌ی پویش توقف کرده و میزان اشعه‌ی ایکس بازتابیده از سطح نمونه کانی شیلی در آن نقطه را ثبت می‌کند[۱۱و۱۲] خروجی این دستگاه، یک الگوی پراش یا دیفراکتوگرام است که شدت پرتوی ایکس بازتابیده از سطح نمونه کانی شیلی را در زوایایی موسوم به $2\Theta$ (زاویه‌ی بین پرتوی تابش و بازتابش) بیان می‌کند. برای یک نمونه کانی شیلی چندین زاویه‌ی پراش ماکزیمم وجود دارد که با توجه به مکان ، پهنا و بلندی این قله‌های ماکزیمم و با استفاده از جداول استاندارد ارائه شده برای هر نوع کانی رسی، می‌توان نوع و میزان کانی‌های موجود در نمونه مورد مطالعه را تعیین نمود. همچنین می‌توان از الگوهای پراش هر نمونه به فاصله‌ی بین صفحه‌ای کانی‌های رسی موجود در آن نیز پی برد.

www.SID.ir

Archive of SID

### ۲,۲. آزمون سختی توده:

هدف این آزمون اندازه گیری سختی کنده های شیل بعد از آن که کنده ها در معرض گل حفاری قرار گرفت می باشد. در این آزمون، کنده های شیل در دستگاه هات-رولینگ( گرم –چرخان) قرار گرفته و در حضور گل حفاری برای ۱۶ ساعت در دمای ۱۵۰ درجه فارینهایت قرار گرفته می شود. سپس باید آنها را بازیافت کرده و شست. سختی توده سنج قرار می دهند، این دستگاه بر اساس گشتاور کار می کند. نتایج به صورت نمودار گشتاور بر حسب دور نمایش داده می شود. هر چه مقدار بیشترین گشتاور بزرگ تر باشد نشان دهنده ی کنده های سخت تر و در نتیجه نشان دهنده ی خواص باز دارندگی خوب گل را نشان می دهد.[۱۳]

### ۲,۳. آزمون رشد پیوسته :

در این آزمون تمایل چسبیدن شیل هیدراته به سطح فلزات اندازه گیری می شود. این تست تحت تاثیر نوع سازند شیلی، گل حفاری، روغن کاری و نرخ نفوذ می باشد. این آزمون با پر کردن ظرف گرم-چرخان با سیال حفاری شروع می شود تا کنده های شیل مورد مطالعه قرار گیرد. یک قالب استیلی در داخل ظرف گذاشته می شود و برای مدتی ظرف چرخانده می شود.سپس قالب استیلی را بیرون آورده سپس کنده هایی که به سطح قالب چسبیده شده اند را به آرامی شسته و خشک کرده و وزن می کنیم. نتایج به صورت درصد کنده های چسبیده به کل کنده ها بیان می شود. درصد های زیاد نشان دهنده ی خاصیت باز دارندگی کم می باشد.

### ۲,۴. آزمون پایداری بازدارندگی

این آزمون با هدف اندازه گیری دوام و پایداری خاصیت بازدارندگی انجام می شود.یعنی تا چه مدت گل خاصیت بازدارندگی خود را حفظ می کند. گل های بازدارنده ی دوام بالا می تواند مدت زیادی از هیدراته شدن بافت شیلی جلوگیری کند.در این آزمون ۱۰ گرم از کنده های شیلی در داخل سیال حفاری مخلوط می شود و در داخل هات-رولینگ به مدت ۱۶ ساعت در دمای ۱۵۰ درجه فارنهایت قرار می گیرد سپس کنده ها شسته شده و به مدت ۲۴ ساعت خشک می شود. سپس ۵ گرم از کنده های خشک شده را دوباره در دستگاه قرار داده و در زمان های مختلف بازیافت آنها را بررسی می کنیم.[۱۴]

### ۲,۵. تست تورم آزاد

این تست جهت تعیین شاخص تورم آزاد (Free Swell Index) انواع نمونه‌های رسی به کار می‌رود. افزایش حجم نمونه‌ی پودر شده‌ی رسی بدون هیچ‌گونه محدودیت خارجی و تنها با فروبری در آب یا محلول مورد نظر را، شاخص تورم آزاد رس می‌گویند. اندازه‌گیری و مقایسه‌ی این شاخص در انواع مختلف محلول‌های حاوی پایدارساز شیل میتوان یک دید کیفی و اولیه از میزان قدرت پایدارساز شیلی بدست آورد. جهت انجام این تست معمولا از استاندارد ((IS: 2720 (Part40)) استفاده می‌شود که در آن مقداری شیل پودرشده را در درون استوانه‌های مدرج می‌ریزند و سپس محلول‌هایی حاوی درصدهای مختلفی از پایدارساز شیلی مورد مطالعه را که از قبل آماده کرده‌ایم را به آرامی به درون استوانه‌های مدرج اضافه کرده و در حالت سکون رها می‌کنیم. اغلب جهت در نظر گرفتن اثر غوطه وری ذرات رس در مایع، یک استوانه‌ی حاوی نمونه‌ی کانی رسی و نفت سفید (کروزن) را هم در آزمایش شرکت می‌دهند. بعد از مدت زمان کافی (حداقل ۲۴ ساعت) سطح رس متورم شده را برای محاسبه ی شاخص تورم آزاد رس ثبت می‌کنند:

www.SID.ir

Archive of SID

$$\text{شاخص تورم آزاد کانی نمونه رسی برای هر محلول} = \frac{Vd-Vk}{Vk} * 100$$

$Vd =$ حجم نمونه کانی رسی در استوانه مدرج مورد نظر

$Vk =$ حجم نمونه کانی رسی در استوانه مدرج حاوی نفت سفید

در این تست همچنین می‌توان اثر دما را نیز مورد مطالعه قرار داد که باید استوانه‌های مدرج را در حمام آب گرم قرار داد. در این صورت برای جلوگیری از تبخیر سیال درون استوانه های مدرج، مقداری پارافین مایع را بر سطح سیال درون استوانه‌ها میریزند.

### ۲,۶. آزمایش بازدارندگی بنتونایت:

همان‌طور که می‌دانیم در حین حفاری سازندهایی که کانی‌های رسی فعال دارند، خواص رئولوژیکی سیال حفاری پایه آبی معمولا افزایش پیدا می‌کند که این به دلیل ورود کانی‌های رسی فعال به درون گل و هیدراته شدن آن‌ها می‌باشد. در آمایشگاه نیز می‌توان این شرایط را با افزودن مقادیر یکسان از بنتونایت به سیال حفاری مورد نظر در طی چندین روز شبیه‌سازی نمود. در این آزمایش میتوان از محلول‌هایی با درصدهای متفاوتی از پایدارساز شیلی استفاده کرد، و هم می‌توان از نمونه سیالات حفاری حاوی درصدهای متفاوت پایدارساز شیلی بهره برد. جهت انجام این تست نمونه‌های مورد نظر ساخته شده و سپس مقدار مشخصی از بنتونایت (برای مثال ۲,۵ درصد وزنی) به آن‌ها اضافه شده و هم میزنیم. سپس نمونه‌ها را بعد از قراردادن در کوره‌ی گردان به مدت زمان مشخص (معمولا ۱۶ ساعت) خارج کرده و خواص رئولوژیکی آن‌ها را اندازه‌گیری و ثبت می‌کنیم. فرایند اضافه کردن بنتونایت را هر ۱۶ ساعت یک‌بار و پس از ثبت خواص رئولوژیکی تا ویسکوز شدن تمام نمونه‌ها ادامه می‌دهیم. نمونه سیالاتی که دارای پروفایل رئولوژیکی پایین‌تری باشند و در درصدهای بالاتری از بنتونایت ویسکوز شوند، قطعا دارای خواص بازدارندگی بهتری خواهند بود[۱۵و۱۶].

### ۲,۷. آزمون پراکندگی کنده ها

سیال حفاری باید به گونه‌ای باشد که حین عملیات حفاری لایه‌های شیلی دارای کانی‌های رسی فعال، از هیدراته شدن و متلاشی شدن کنده‌های شیلی در فضای حلقوی جلوگیری به‌عمل آورد و آن‌ها را سالم و با کمترین تغییر به سطح زمین منتقل کند، در غیر این صورت با هیدراته شدن و متلاشی شدن کنده‌های شیلی علاوه بر بالارفتن خواص رئولوژیکی سیال حفاری، سبب افزایش درصد ذرات جامد گل شده که این خود عملکرد دیگر افزودنی‌های موجود در سیال حفاری را نیز تحت تاثیر قرار خواهد داد. حال برای شبیه‌سازی این فرایند در آزمایشگاه، از تست ازهم‌پاشیدگی کنده‌های حفاری استفاده می‌شود. نحوه‌ی انجام این تست به این صورت است که مقدار مشخصی از نمونه کنده‌های شیلی با سایز مشخص (معمولا بین ۲ و ۴ میلیمتر) را به همراه نمونه سیال مورد مطالعه به درون محفظه‌ی کوره‌ی گردان اضافه می‌کنیم. لازم به ذکر است که معمولا مقدار دو-سوم از حجم حفظه را خالی رها کرده تا در حین دوران محفظه‌ها در کوره‌ی گردان، شرایط تلاطم سیال در فضای حلقوی اعمال شود. بعد از حرارت دادن در دمای ثابتی( اغلب ۲۰۰ درجه فارنهایت) و پس گذشت مدت زمان مشخصی (معمولا ۱۶ ساعت) محتویات محفظه‌ها را بر روی الک ریزتری (معمولا الک شماره ۳۵ ) می‌ریزند و با محلول ۱۰ درصد وزنی KCl شستشو می‌دهند و توسط کوره خشک می‌کنند و

www.SID.ir

Archive of SID

سپس وزن کرده و با در نظر گرفتن درصد رطوبت اولیه‌ی کندهای شیلی، میزان بازیافت نمونه‌های شیلی را محاسبه می-کنیم[۱۷و۱۸]:

$$\text{درصد بازیافت} = \frac{\text{وزن ثانویه با اعمال درصد رطوبت اولیه‌ی کنده‌های شیلی}}{\text{وزن اولیه‌ی کنده‌های شیلی}}$$

### ۲,۸. آزمون تهنشینی بنتونایت

همان‌طور که میدانیم هنگامی که نمونه کانی رسی در آب ریخته شود صفحات رس از هم فاصله گرفته و در آب تشکیل یه کلوئید می دهند. حال اگر سیال اطراف رس‌ها خاصیت بازدانگی داشته باشد این کلوئید ایجاد شده ناپایدار خواهد بود، که سبب به هم متصل شدن صفحات رس گردیده و رسوب می‌کنند. تست رسوب بنتونایت به منظور اندازه‌گیری میزان ناپایداری کانی‌های رسی در محیط‌های بازدارنده به کار گرفته می شود. در این تست معمولا محلول‌هایی حاوی پایدارسازهای شیلی مورد مطالعه را آماده کرده و درون آن‌ها مقدار کمی بنتونایت (در حدود ۰,۵ درصد) ریخته و هم میزنیم و سپس این سوسپانسیون ایجاد شده را درون لوله‌های آزمایش می ریزیم و در حالت سکون قرار می دهیم. بعد از گذشت مدت زمان کافی (حداقل ۲۴ ساعت) یک سطح تماس مشخصی بین بنتونایت رسوب شده و محلول بالای آن ایجاد می‌شود. هرچه این سطح تماس پایین‌تر باشد نشان‌دهنده‌ی بازدارندگی بهتر آن محلول می باشد.[۱۷]

### ۲,۹. ظرفیت تبادل کاتیونی (Cation Exchange Capacity)

همانطور که می‌دانیم به دلیل جابجا شدن یون فلزی واقع در ساختار کانی‌های رسی با یون فلزی با والانس (بارمثبت) کمتر، روی صفحات کانی‌های رسی بار منفی ایجاد می‌شود که این کمبود بار منفی با جذب کاتیون‌هایی مثل $Na^{+}$، $Ca^{2+}$ و ... جبران می‌گردد. این کاتیون‌ها اغلب پیوندهای ضعیفی با سطوح رس دارند [۲۰و۲۱] در صورت شرایط مناسب می‌توانند با دیگر کاتیون‌ها جابجا شوند. این قابلیت کانی‌های رس به جذب و جابجایی کاتیون‌های بین صفحه را "ظرفیت تبادل کاتیونی یا به اختصار CEC" گویند.[۲۲و۲۳] این خاصیت بسیار حائز اهمیت است زیرا میزان تورم و ناپایداری لایه‌های شیلی با میزان ظرفیت تبادل کاتیونی مرتبط است، لذا تعیین دقیق آن بسیار مهم می‌باشد. از جمله روش‌های تعیین میزان ظرفیت تبادل کاتیونی، می‌توان به روش "متیلن بلو"، "آمونیوم استات" ، "باریم-کلراید تری اتانول آمین" و "کوبالت هگزامین تری کلراید"اشاره کرد که هرکدام مزایا و محدودیت‌های خاص خود را دارند(API RP، ۲۰۰۰).

### ۲,۱۰ آزمایش انتقال فشار منفذی

همان‌طور که می‌دانیم یکی از عوامل ناپایداری در لایه‌های شیلی، ورود صافاب سیال حفاری به درون خلل و فرج شیل‌هاست که سبب افزایش فشار منفذی آن‌ها گردیده و کاهش پایداری و در نهایت ریزش دیواره‌ی چاه را به دنبال خواهد داشت. این افزایش فشار منفذی یک فرایند وابسته به زمان بوده و هنگامی رخ می‌دهد که فشار فراتعادلی هیدرولیک و فشار اسمزی، جبهه‌ی فشار را به درون فضای منفذی برانند و منجر به افزایش فشار منفذی در دیواره‌ی چاه و نواحی دوردست دیواره گردد، که در نهایت سبب ناپایداری و ریزش دیواره چاه خواهد شد. به منظور محدود کردن تهاجم سیال و انتشار فشار به سازند شیلی می‌توان به افزایش گرانروی صافاب سیال، کاهش تراوایی شیل (مسدودسازی گلوگاه‌های فضای منفذی شیل) و یا کاهش اکتیویته‌ی سیال حفاری (با افزودن نمک به سیال حفاری) جهت ایجاد جریان معکوس اسمزی از سیال منفذی سازند به دهانه‌ی چاه اشاره کرد. به منظور

www.SID.ir

Archive of SID

مطالعه‌ی میزان توانایی نمونه‌ی سیال حفاری حاوی پایدارسازها در امر کاهش نرخ افزایش فشار اسمزی از آزمایش انتقال فشار منفذی بهره می‌بریم. در این آزمایش، نمونه‌ی پلاگ شیلی مورد نظر را درون یک محفظه‌ی مخصوص قرار می‌دهند. در یک طرف این نمونه، سیال شبیه‌سازی شده‌ی منفذی را به حالت سکون و تحت فشار مشخص قرار می‌دهند، و در طرف دیگر آن یک نمونه سیال حفاری طراحی شده‌ی حاوی پایدارساز مورد مطالعه را به صورت موازی با سطح پلاگ شیلی، تحت یک فشار مشخص و ثابتی در گردش خواهد بود. به مرور زمان صافاب سیال حفاری به درون شیل نفوذ کرده و فشار سیال در طرف دیگر پلاگ ( نمونه سیال شبیه سازی شده‌ی منفذی شیل) افزایش می‌یابد. با ثبت تغییرات این فشار بر حسب زمان می‌توان به میزان قدرت بازدارندگی نمونه‌ی سیال حفاری مورد مطالعه پی برد. همچنین میتوان مقدار بازده‌ی غشایی را از تفسیر نتایج این تست بدست آورد.[۲۵]

### ۲,۱۱. طیف‌سنجی مادون قرمز

در طیف سنجی مادون قرمز از اشعه‌ی مادون قرمز برای تشخیص نوع گروه‌های عاملی و پیوندهای موجود مورد استفاده قرار می-گیرد. برخی از پایدارسازهای شیلی با ایجاد پیوندهای شیمیایی با سطوح باردار کانی‌های رسی باعث پایداری و جلوگیری از تورم صفحات رس می‌شوند. به منظور تشخیص نوع پیوندهای ایجاد شده بین پایدارساز و سطح رس، از طیف‌سنجی مادون قرمز بهره می‌برند. نحوه‌ی اماده‌سازی نمونه‌ها جهت طیف‌سنجی مادون قرمز همانند فرایند پراش اشعه ایکس می‌باشد. در این نوع طیف سنجی اشعه مادون قرمز را به نمونه‌های از پیش آماده شده می‌تابانند و نحوه‌ی تابش نیز به صورتی است که مدام فرکانس (طول موج) اشعه را تغییر می‌دهند. از آنجایی که هر پیوند شیمیایی در فرکانس‌های متفاوتی از اشعه‌ی مادون قرمز شروع به جذب اشعه و در نهایت ارتعاش می‌کند در نتیجه از این خاصیت برای تعیین نوع پیوندها استفاده می‌گردد زیرا که هر پیوند شیمیایی تنها در یک طول موج مشخص از اشعه‌ی مادون قرمز شروع به ارتعاش می‌کند. با ثبت اشعه‌ی مادون قرمز عبوری از نمونه، می‌توان با توجه به مکان‌هایی که اشعه جذب شده است (جذب اشعه مادون قرمز با ظاهر شدن قعرهایی در گراف طیف‌سنجی مادون قرمز مشخص می‌باشد)، به ماهیت پیونهایی که بین پایدارساز و سطح کانی‌های رسی ایجاد شده اند پی برد.[۱۹و ۲۶]

### ۲,۱۲. آزمایش تورم سنج خطی

به منظور ارزیابی کمی میزان تورم نمونه‌های شیلی بر اثر جذب آب از تست تورم سنجی بهره می‌بریم. جهت انجام این تست، نمونه‌های شیلی را در تماس با نمونه سیال حفاری قرار می‌دهند و سپس برحسب زمان، میزان افزایش حجم نمونه‌های شیلی را به صورت خطی (فقط در یک راستا) اندازه‌گیری و ثبت می‌کنند. در این تست از روش‌ها و دستگاه‌های متفاوتی می‌توان بهره برد که هر کدام مزایا و محدودیت‌های خاص خود را دارد. دستگاه تورم سنج خطی دینامیکی، جدیدترین دستگاه معرفی شده در بحث مطالعات تورم کانی‌های مختلف رسی است که قابلیت اعمال شرایط حفاری ( اثر دما و گردش سیال) را دارد و با دقت بسیار بالایی میزان تورم نمونه‌های رسی را حتی در دقایق اولیه‌ی تست اندازه‌گیری و ثبت می‌کند. در این دستگاه از قرص‌های شیلی ساخته شده از طریق فشرده‌سازی نمونه کانی‌های رسی پودرشده استفاده می‌گردد ( معمولا قرص های شیلی را تحت فشار psi ۶۰۰۰ به مدت ۳۰ دقیقه تهیه می‌کنند)، که همین مزیت سبب عدم نیاز به مغزه‌های شیلی شده است. از دیگر مزایای این دستگاه می‌توان به تماس سیال حفاری با قرص‌های شیلی از تمامی جهات اشاره کرد. خروجی این دستگاه شامل نمودارهای مربوط به میزان انبساط نمونه‌های شیلی با زمان و همچنین تغییرات دما در طول تست می‌باشد. بدیهی است که هرچقدر میزان افزایش حجم نمونه‌های شیلی با زمان کمتر باشد، سیال حفاری قدرت بازدارندگی بالاتری خواهد داشت. در نمونه‌های پیشرفته‌ی این دستگاه عامل فشار هم در نظر گرفته شده است که این خود سبب اعمال شرایط واقعی حفاری (فشار، دما، گردش سیال) در آزمایشات گردیده است.[۲۷]

## ۳. روش های بازدارندگی

www.SID.ir

Archive of SID

برای غلبه بر مسائل ناشی از شیل های هدرات شونده سیالات پایه روغنی در اواسط دهه ی ۱۹۳۰ استفاده شد. با اینکه با استفاده کردن از گل های پایه روغنی به نظر می رسید تمام مشکلات حل شود[۲۸] ولی آن کاملا انتقال یون ها را از بین نبرد و در بعضی موارد هیدراته شدن شیل ها همچنان ادامه پیدا کرد.[۲۹] به علاوه بر اینها اگر مسائل زیست محیطی و قیمت بالای آن را در نظر بگیریم به این نتیجه می رسیم که بهترین راه استفاده از گل های پایه روغنی بازدارنده می باشد.

### ۳,۱. پایدار سازی با نمک:

نمک هایی مانند سدیم کلرید، پتاسیم کلرید و کلسیم کلرید از جمله موتد افزودنی جهت کنترل رس می باشند. این نمک ها فقط تا زمانی که در درون گل در برابر ری ها هستند موثر واقع می شوند. سیستم نمک پتاسیم کلرید/پلیمر به طور قابل توجهی مشکلات آسیب سازند ناشی از حرکت ذرات رس را حل کرد. با این که پتاسیم کلرید در کاهش تورم اسمکتیت بسیار موثر واقع شد اما در برابر الیت و بدتر از آن کائولینیت خاصیت بازدارندگی کافی از خود نشان نداد.[۳۰]

### ۳,۲. پایدار سازی با آمین

در اواسط دهه ی ۱۹۸۰ میلادی به دلیل معایب پتاسیم نیاز به جایگزین احساس شد. به همین دلیل، مشتقات آمین به سرعت به بازار حفاری آمد. از سال دهه ی۱۹۵۰مطالعات زیادی برای علت، جذب آمین بر روی رس ها، انجام شده است. به نظر می رسد مانند کاتیون های ساده ی دیگر، تبادل یونی نقش مهمی در جذب سطحی توسط رس بر عهده دارد. به علاوه بررسی های زیادی بر روی مشتقات آمین،(اغلب پلی-آمین)-برهم کنش رس برای امتحان سازوکار بازدارندگی انجام شده است. از جمله کسانی که در این زمینه کار کرده اند می توان لورا و کلوس ۱۹۷۵، ویلیام و آندیردام ۱۹۸۱، یوکسلن و کایا ۲۰۰۳، سوزا و ناسکیمنتو ۲۰۰۸، بلچیر۲۰۰۹، ژانگ ۲۰۱۱ و وانگ ۲۰۱۱ می توان اشاره کرد.[۱۷و۱۶و۱۸و۳۱و۳۲و۳۳]

از آن زمان تا کنون مطالعات بسیاری در زمینه ی مطالعات بسیاری بر روی آمین ها صورت گرفته و هر ساله به تعداد آنها افزوده می شود.

### ۳,۳. عصاره های گیاهی

چند سالی است که در پی مهم تر شدن مسائل زیست محیطی تحقیقاتی در این زمینه صورت گرفته و کار هایی انجام شده است که از جمله آن می توان به تاثیر عصاره ی شاه توت بر گل حفاری و تاثیر عصاره ی حنا بر گل حفاری و .... می توان اشاره کرد.[۳۴]

## ۴. نتیجه گیری

۱. با اینکه گل های پایه روغنی مشکلات ناپایداری دیواره ی چاه را تا حد زیادی حل می کنند، اما به دلیل آسیب زیاد به محیط زیست و هزینه بالای تمام شده ی آنها و همچنین آسیب به سازند، استفاده از آنها توصیه نمی شود.

۲. گل های نمکی نسبت به گل های پایه روغنی آسیب کمتری به محیط زیست رسانده ارزان تر هستند. ولی به دلیل غلظت بالای نمک مشکلات زیست نیز دارند همچنین در همه ی سازند ها ممکن است عملکرد مطلوب نداشته باشند.

۳. آمین ها نیز جایگزین خوبی برای گل های پایه روغنی می باشند ولی بعضی از آنها خواص سمی دارند.

www.SID.ir

Archive of SID

۴. عصاره های گیاهی بهترین جایگزین برای سیالات دیگر برای کنترل تورم شیل می باشند که هم ارزان قیمت هستند و هم مشکلات زیست محیطی به وجود نمی آورند.

www.SID.ir

Archive of SID

## منابع


1. Diaz-Perez, A., Cortes-Monroy, I., and Roegiers. J., "The role of water/clay interaction in the shale characterization", ournal of Petroleum Science and Engineering, Vol. 58, Issue 1, pp. 83-98, 2007.
2. Zeynali, M.E., "Mechanical and physico-chemical aspects of wellbore stability during drilling operations", Journal of Petroleum Science and Engineering, Vol. 82, pp. 120-124, 2012
3. Cheatham Jr, J., "Wellbore stability", Journal of petroleum technology, Vol. 36,Issue. 06, pp. 889-896, 1984
4. Fam, M., and Dusseault, M., "Borehole stability in shales: a physico-chemical perspective", SPE/ISRM No. 47301, Presented at the SPE/ISRM Eurock,Trondheim, Norway, 8-10 July, 1998.
5. Osuji, C.E., Chenevert, M.E., and Sharma, M.M., "Effect of porosity and permeability on the membrane efficiency of shales", SPE paper No. 116306,Presented at the SPE Annual Technical Conference, Colorado, USA, 21-24 September , 2008.
6. Tan, C.P., Richards, B.G., and Rahman, S., "Managing physico-chemicalwellbore instability in shales with the chemical potential mechanism", SPE paper No. 36971, Presented at the Asia Pacific Oil and Gas Conference,Adelaide, 28 October, 1996.
7. Zhu, X., and W. Liu., "The effects of drill string impacts on wellbore stability",Journal of Petroleum Science and Engineering, Vol. 109, pp. 217-229, 2013.
8. Manohar Lal, S., and Amoco, B., "Shale stability: drilling fluid interaction and shale strength", SPE paper No. 54356, Presented at the Asia Pacific Oil and Gas Conference, Caracas, Venezuela, 21-23 April, 1999.
9. Steiger, R.P., and Leung, P.K., "Quantitative determination of the mechanical properties of shales", SPE Drilling Engineering, Vol. 7, Issue. 3, pp. 181-185, 1992.
10. Y. Saki, N. Dinarvand, B. Habibnia, K. Shahbazi, “Experimental Investigation of Possibility of Replacing Oil-based Muds with Environmentally Friendly Water-Based Muds in Maroon Oil Field”, Energy Resource Conference, 27-30 June 2010.
11. Kumar, R,. Senthil Rajkumar, P., “Characterization of minerals in air dust particles in the state of Tamilnadu, India through FTIR, XRD and SEM analyses”, Infrared Physics & Technology, Vol. 67, pp. 30-41, 2014.
12. Stanjek, H., Häusler, W., “Basics of X-ray Diffraction”, Hyperfine Interactions, Vol. 154, Issue. 1-4, pp. 107-119, 2004.
13. Patel, A., Stamatakis, E., Young, S. and Friedheim, J. “Advansed in Inhibitive Water-Based Drilling Fluids-Can They Replace Oil-Based Mud?” SPE 106476, March 2007.
14. Al-Arfaj, M., Amanullah, M. “An Innovative Experimental method to evaluate the Inhibition Durability of Drilling Fluids. Paper SPE 171428 prepared for presentation at Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition held in Australia 14-16 October 2014
15. Chenevert, M.E., "Shale alteration by water adsorption", Journal of petroleum technology, Vol. 22, Issue. 9. pp. 1141-1148, 1970.
16. Zhong, H., Qiu, Z., Huang, W., Cao, J. “Shale Inhibitive Properties of Polyether Diamine in Water-Based Drilling Fluids” Journal of Petroleum Science and Engineering 78 (2011) 510-515.
17. Wang, L., Liu, S., Wang, T., Sun, D., "Effect of poly (oxypropylene) diamine adsorption on hydration and dispersion of montmorillonite particles in aqueous solution", Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, Vol. 381, Issue. 1, pp. 41-47, 2011.
18. Souza, C., Fonseca, M., Sá, C., Nascimento, R.,"Inhibitive properties of cationic polymers in a borehole environment", Journal of applied polymer science, Vol. 102, Issue 3,pp. 2158-2163, 2006.
19. Civan, F., "Reservoir formation damage", Gulf Professional Publishing, Second Edition, 2011.
20. Bourgoyne ,A.T., Chenevert, M.E., Millheim, K.K., Young, F., "Applied drilling engineering", Society of Petroleum Engineering of AIME, Vol. 2, 1991.
21. Anderson, R., Ratcliffe, I., Greenwell, H., Williams, P., Cliffe, S., Coveney, P.,"Clay swelling—a challenge in the oilfield", Earth-Science Reviews, Vol. 98, Issue 3, pp. 201-216, 2010.
22. Hill, D.G.,"Clay stabilization-criteria for best performance",SPE paper, 10656, Presented at the SPE Formation Damage Control Symposium, Lafayette, LA, 24-25 March, 1982.


www.SID.ir

Archive of SID


**23.** API Recommended Practice.,"Recommended practice standard procedure for laboratory testing drilling fluids",6th Edition, Washington, D.C., USA, 2000.

**24.** Bol, G., Wong, S.-W., Davidson, C., Woodland, "Borehole stability in shales", SPE Drilling & Completion, Vol. 9, Issue. 2, pp.87-94, 1994.

**25.** Qu, Y., Lai, X., Zou, L., Su, Y.n.,"Polyoxyalkyleneamine as shale inhibitor in water-based drilling fluids", Applied Clay Science, Vol. 44, Issue. 3, pp. 265-268, 2009.

**26.** OFI Testing Equipment, Inc, "Dynamic linear swell meter instruction manual", Houston, Texas, USA, 2013.

**27.** Kersten, V Glenn. 1946. “Results and Use of Oil-Base Fluids in Drilling and Completing Wells.” In Spring Meeting of the Pacific Coast District, Division of Production, 61-68. Los Angeles, CA: SPE

**28.** Browning, W.C., and A.C. Perricone. 1963. “Clay Chemistry and Drilling Fluids.” In SPE 540 First University of Texas Conference on Drilling and Rock Mechanics. Austin: SPE.

**29.** vanOort, Eric. 1997. “Physico-Chemical Stabilization of Shales.” In SPE 00037263 SPE International Symposium on Oilfield Chemistry, 523-538. Houston, Texas, U.S.A: SPE.

**30.** Laura, R D, and P Cloos. 1975. “Adsorption of Ethylenediamine (EDA) on Montmorillonite Saturated with CationsIV : AI- , Ca- and Mg-Montmorillonite: And Hydrogen-Bonding.” Clays and Clay Minerals 23: 343-348.

**31.** Williams Jr, Lewis H., and David R. Underdown. 1981. “New Polymer Offers Effective Permanent Clay Stabilization Treatment.” Journal of Petroleum Technology July: 1211-1217.

**32.** Yukselen, Yeliz, and Abidin Kaya. 2003. “Zeta Potential of Kaolinite in the Presence of Alkali, Alkaline Earth and Hydrolyzable Metal Metal Ions.” Water, Air, and Soil Pollution 145: 155168.

**33.** Blachier, C, L Michot, I Bihannic, O Barres, AJacquet, and M Mosquet. 2009. “Adsorption of Poly amine on Clay Minerals.” Journal of Colloid and Interface Science 336 (2) (August 15): 599-606. doi:10.1016/j.jcis.2009.04.021.

**34.** Aghil Moslemizadeh, Seyed Reza Shadizadeh, Mehdi Moomenie, “Experimental investigation of the effect of henna extract on the swelling of sodium bentonite in aqueous solution” Applied Clay Science 105–106 (2015) 78–88


www.SID.ir