

نقش انواع کانی‌های رسی در ایجاد مشکلات حفاری و روش‌های رفع آن

ولی مهدی پور*، شرکت بین‌المللی نفت سینوپک ■ سهیلا هدایتی خواه، دانشگاه آزاد اسلامی امیدیه

چکیده

تورم شیل و هیدراته شدن رس مشکلات بسیاری از قبیل گیرکردن لوله‌های حفاری را به همراه خواهد داشت. این مشکلات بیشتر در سازندهای شیلی از قبیل پابده و گورپی، کژدمی، گرو و بورقان و دشتک اتفاق می‌افتد. شیوه‌های متفاوتی جهت کنترل و کاهش میزان تورم و ریزش لایه‌های شیلی وجود دارد که اساس کار اکثر آنها متمرکز شدن بر نقش سیال حفاری در پایداری دیواره چاه می‌باشد. از جمله این روش‌ها استفاده از گل‌های پایه روغنی می‌باشد که خود با محدودیت‌های زیست‌محیطی همراه است. به همین دلیل بررسی سیالات حفاری پایه آبی و افزودنی‌های مناسب به آن بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. افزودنی‌های وارد شده به سیال حفاری از چندین طریق از قبیل بستن گلوگاه‌های فضای متخلخل، پوشش دادن، افزایش گرانروی فیلتره سیال حفاری و بازدارندگی یونی می‌توانند مانع از تورم شیل شوند. افزودن بنتونیت و کلرید پتاسیم یا برخی پلیمرها، افزایش گرانروی فیلتره سیال حفاری، استفاده از پلی‌گلایکول‌ها و در نهایت، استفاده از نانوتکنولوژی از جمله روش‌های مرسوم در صنعت نفت جهت مقابله با مشکلات ناشی از تورم شیل‌ها در حین حفاری می‌باشد.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۷/۰۲/۰۸

تاریخ ارسال به داور: ۹۷/۰۲/۱۲

تاریخ پذیرش داور: ۹۷/۰۵/۲۷

واژگان کلیدی:

سیال حفاری، گل پایه روغنی، شیل، بنتونیت

مقدمه

کتابی و پُرکننده فضاهای خالی دیده می‌شود، در صورتی که ایلیت به صورت صفحات نامنظم، فضاهای خالی نمونه‌ها را فرا گرفته و باعث می‌شود که نفوذپذیری نمونه‌ها تا حد زیادی کاهش پیدا کند. روش‌های مستقیم و غیر مستقیم شناسایی کانی‌های رسی در این نمونه‌ها نتایج مشابهی خواهند داشت. نمونه‌های شیل از نظر تقسیم‌بندی، جزء گروه شیل‌های کائولینیتی شگننده با مقدار بسیار کمی ایلیت می‌باشند. مشکل محتمل در حین حفاری این سازندها، شکسته شدن آنها در امتداد سطوح لایه‌بندی و ریزش شیل می‌باشد که منجر به بروز مشکلاتی در چاه خواهد شد.

۲- مشکلات حفاری در سازندهای زاگرس

سازندهای پابده و گورپی حاوی شیل‌های آهکی می‌باشند. مشکلات

شیل‌ها سنگ‌های رسوبی دانه‌ریزی هستند که عمدتاً از کانی‌های رسی تشکیل شده‌اند. مهم‌ترین مشخصه شیل‌ها ورقه ورقه شدن یا شکستن آنها در امتداد سطوح لایه‌بندی است. این سنگ‌ها به علت ویژگی‌های خاصی که دارند، عامل بسیاری از مشکلات در حین عملیات حفاری می‌باشند. برخی از عوامل مکانیکی مانند فشار گل حفاری، تنش‌های حرارتی، ضربه زدن و مکش به دلیل حرکت رشته حفاری و یا حرکت پلاستیکی شیل‌ها و عوامل شیمیایی مانند هیدراسیون یا دفع آب می‌توانند باعث تغییر شکل و یا تخریب شیل‌ها و در نهایت ایجاد مشکلات در عملیات حفاری شوند. نتایج ناپایداری شیل‌ها می‌تواند به مشکلاتی مانند ناپایداری دیواره چاه، افزایش گشتاور و دراگ در رشته حفاری، هرزروی گل، افزایش جامدات گل، افزایش قطر چاه، سیمانکاری ضعیف، تنگ شدن چاه و یا گیر کردن رشته حفاری منجر شود. این مشکلات را می‌توان با روش‌های مکانیکی مثل طراحی شیب و جهت مناسب چاه، افزایش وزن گل، تراشیدن دیواره چاه و یا روش‌های شیمیایی مثل استفاده از سیالات حفاری طراحی شده برطرف کرد. مجموع این مشکلات هر ساله به اتلاف زمان و هزینه‌های بسیار زیاد در صنعت حفاری منجر می‌شود.

۱- شناسایی کانی‌های رسی

مهمترین و فراوانترین کانی‌های رسی شناخته شده، کائولینیت، ایلیت، مونت‌موریلونیت و کلریت می‌باشند (جدول-۱). با توجه به اندازه بسیار ریز ذرات رسی، مطالعه آنها تنها با روش‌هایی ویژه مانند روش‌های آنالیز پراش اشعه ایکس، مطالعه فلورسانس اشعه ایکس و یا با میکروسکوپ الکترونی ممکن خواهد بود. کائولینیت به شکل صفحات هگزاگونال یا

انواع کانی‌های رسی

گروه کائولینیت	گروه اسمکتیت	گروه ایلیت	گروه کلریت	گروه سپیولیت
کائولینیت	مونت موریلونیت	ایلیت	کلریت	سپیولیت
دیکیت	مونترونیست	گلوکونیست	شاموزیت	پالی گورسکیت (آتاپولزیت)
هالوزیت	سپونیت		نیمیت	
ناکریت	اسمکتیت		کلینوکلر	
	بایدلیت		پناتیت	

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (mehdipour.vali@gmail.com)

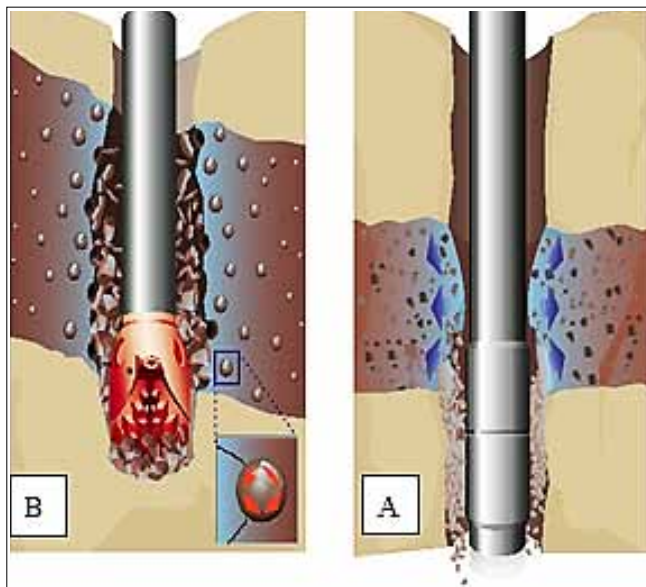
شیل‌های ترد خواهد بود، که هر دو پدیده باعث برهم زدن پایداری دیواره چاه می‌شوند. یکی از راه حل‌های اولیه برای مقابله با مشکل ناپایداری در شیل‌ها، استفاده از گل‌های پایه روغنی می‌باشد اما با ایجاد مسائل و مشکلات زیست‌محیطی و لزوم رعایت قوانین بین‌المللی، تمایل به استفاده از گل‌های پایه آبی بیشتر شده است. استفاده از یک سیال حفاری مناسب می‌تواند هزینه‌های حفاری، زمان دکل، آسیب‌های سازند و هزینه‌های تکمیل را نیز کاهش دهد [۵].

۴- روش‌های غلبه بر مشکلات حفاری رس‌ها

شیوه‌های متفاوتی جهت کنترل و کاهش میزان تورم و ریزش لایه‌های شیلی وجود دارد. هر کدام از این روش‌ها به تنهایی قادر به کنترل این مشکل نخواهند بود و همواره در عملیات حفاری از تلفیقی از این روش‌ها استفاده می‌شود. علاوه بر استفاده از گل‌های پایه روغنی، از برخی افزودنی‌ها جهت کنترل ریزش دیواره چاه استفاده می‌شود. افزودنی‌های وارد شده به سیال حفاری از چندین طریق از قبیل بستن گلوگاه‌های فضای متخلخل، پوشش دادن، افزایش گرانشی فیلتره سیال حفاری و بازدارندگی یونی می‌تواند مانع از تورم رس (شیل) شوند [۶]. در ادامه، برخی از این روش‌ها مورد بحث و بررسی اجمالی قرار می‌گیرند.

۴-۱- استفاده از گل‌های پایه روغنی

یکی از ساده‌ترین روش‌ها در کنترل اثر منفی رس‌ها در پایداری دیواره چاه‌ها استفاده از گل‌های پایه روغنی می‌باشد. گل‌های روغنی برای حفاری سازندهای رسی حساس به آب مناسب هستند. اگرچه آب در فاز نفت پخش



۱ | (A) گیر کردن مته و رشته حفاری در اثر تورم شیل (B) گیر کردن مته و لوله‌های حفاری در اثر ریزش شیل [۲].

عمده حفاری در این سازندها جذب آب توسط شیل‌ها، تنگ‌شدگی چاه و گیر کردن لوله‌های حفاری است. سازند کژدمی متشکل از شیل و شیل‌های آهکی است که از دیدگاه حفاری گاهی حاوی فشارهای غیرعادی زیاد و گاهی با ایجاد تند شدگی چاه همراه خواهد بود. سازند گرو نیز از شیل و شیل‌های آهکی سیاه رنگ تشکیل شده است که به علت تورق شیل‌ها، معمولاً دیواره چاه در مجاورت این سازند بسیار ناپایدار می‌باشد. سازندهای بورگان و برخی بخش‌های سازند دشتک نیز بدلیل وجود شیل دارای مشکل گیر کردن لوله‌های حفاری می‌باشند.

۳- ناپایداری دیواره چاه در بخش‌های شیلی

ناپایداری دیواره چاه که در حفاری سازندهای رسی با سیالات پایه آبی رخ می‌دهد، در اثر علل مختلفی بروز می‌کند. شیل به لحاظ مکانیکی مقاومت کمی دارد و با جذب آب متورم شده و ناپایداری آن افزایش می‌یابد (شکل-۱). به دلیل پایین بودن نفوذپذیری رس، اندود گل به طور موثر در جداره چاه تشکیل نمی‌شود؛ بنابراین سازند محافظ مناسبی در مقابل فشار هیدرولیکی چاه ندارد. از سوی دیگر، فشارهای هیدرولیکی القا شده به دلیل پایین بودن نفوذپذیری قادر به انتشار سریع درون سازند نمی‌باشند که بتواند تنش‌های موثر را کاهش دهند. مجموع این عوامل سبب می‌گردد تا ناپایداری ناحیه مجاور چاه افزایش یابد. ناپایداری چاه‌های حفاره باز، مشکلاتی مانند افزایش گشتاور و اصطکاک در رشته‌ی حفاری، هرزروی گل، افزایش جامدات گل، گشاد شدگی چاه، سیمان کاری ضعیف و تنگ شدن چاه را به دنبال خواهد داشت. یکی دیگر از این مشکلات عمده، گیر کردن لوله‌های حفاری^۱ می‌باشد. برآوردها نشان داده است که هزینه گیر کردن لوله‌های حفاری در چاه‌های نفتی چیزی بالغ بر ۲۵۰ میلیون دلار در سال می‌باشد [۱]. گیر کردن لوله‌های حفاری درون چاه می‌تواند عوارضی مانند از دست دادن رشته‌ی حفاری یا از دست دادن مته را در پی داشته باشد. دیدگاه‌های بسیاری برای تحلیل ناپایداری دیواره چاه وجود دارد؛ از جمله دلایل مکانیکی عمده در گیر کردن لوله‌های حفاری، تورم یا ریزش شیل می‌باشد [۱].

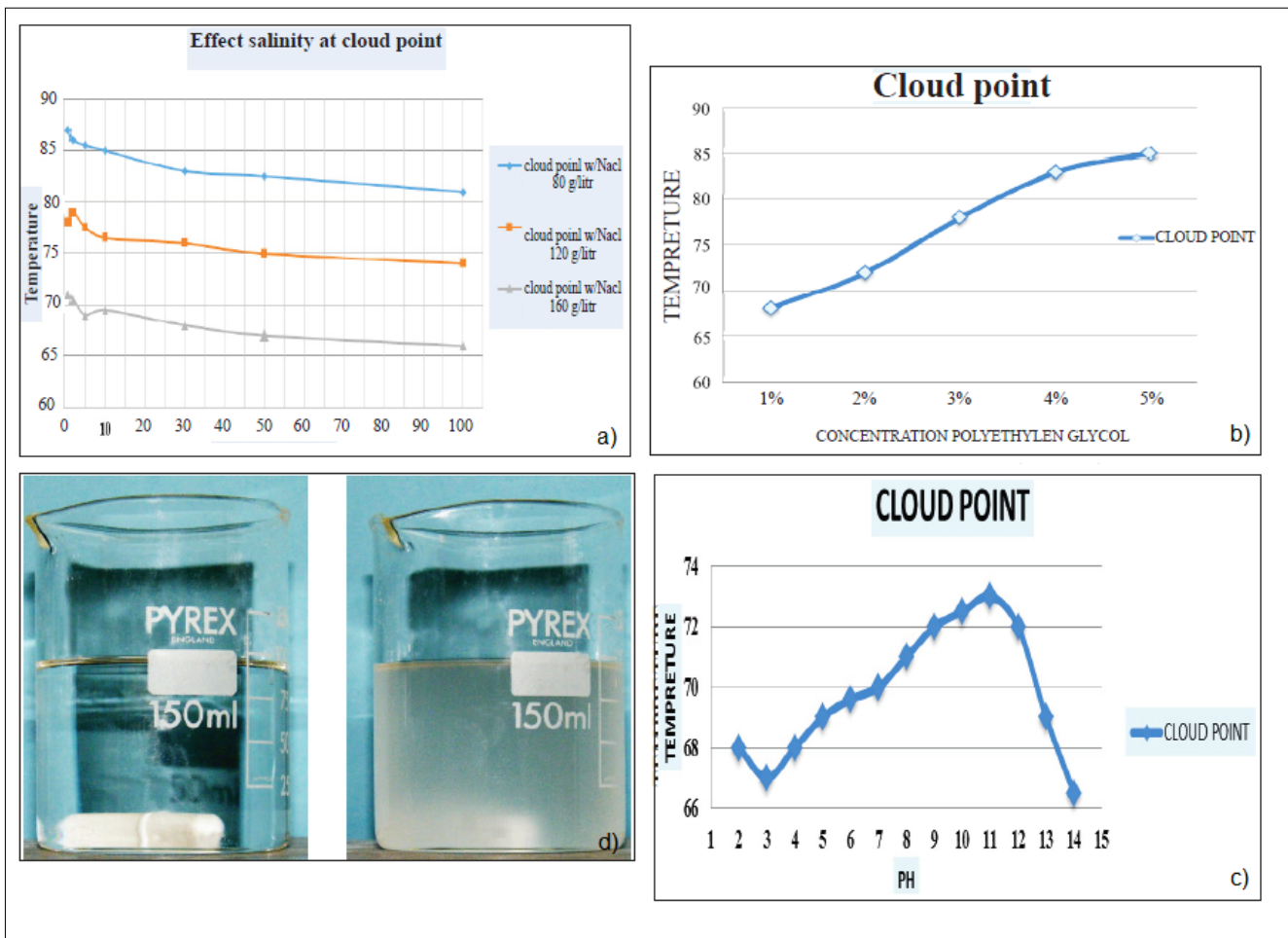
تورم شیل و هیدراته شدن رس مشکلات دیگری از قبیل بسته شدن چاه، شرایط چاه‌نگاری ضعیف را نیز به همراه خواهد داشت [۳]. آنچه که باعث بیشتر شدن حساسیت در حیطه حفاری سازندهای شیلی شده است، خصوصیت منحصربه‌فرد شیل می‌باشد. شیل به دلیل سرعت سنگ‌شدگی بالا، دارای تخلخل و تراوایی کمی می‌باشد؛ در نتیجه جامدات گل حفاری نمی‌توانند براحتی در آن نفوذ کنند. این نفوذ کم جامدات گل حفاری به درون سازند موجب عدم تشکیل کیک گل و به تبع آن ناپایدار شدن شیل در مقابل ریزش می‌شود. از طرفی نفوذ اندک سیال حفاری و جذب آب گل توسط حفاری به درون سازند موجب بالا رفتن فشار منفذی شیل و در نتیجه تورم آن می‌شود [۴]. پیامد جذب آب گل حفاری در چاه، تورم شیل و تنگ شدن چاه در شیل‌های نرم و ریزش و گشادشدگی چاه در

تشکیل شده است. از خواص مهم کانی‌های گروه اسمکتیت می‌توان جانشینی یونی، خاصیت شکل‌پذیری، انقباض و انبساط یونی را نام برد. بنتونیت حاوی کاتیون‌های قابل مبادله مانند Na^+ ، Ca^{2+} ، Mg^{2+} می‌باشد که به راحتی می‌توانند جذب بار منفی موجود در لایه‌های کانی‌های رسی شوند. دارا بودن این کاتیون‌ها سبب شده است که بنتونیت به همراه مواد پلیمری به گل حفاری افزوده نشود، چراکه پلیمرهایی مانند PHPA به کاتیون‌هایی مانند کلسیم و منیزیم حساس هستند. این کاتیون‌ها باعث لخته شدن و ناکارآمدی پلیمرها می‌شوند. معمولاً در صنعت حفاری از بنتونیت سدیم‌دار در مقابل بنتونیت کلسیم‌دار بیشتر استفاده می‌شود. با آزاد شدن بنتونیت سدیم‌دار در آب، پوسته‌های نسبتاً بزرگ سدیم بنتونیت به ذرات کلوییدی تبدیل شده، انرژی الکتریکی ذخیره شده در شبکه بلوری را آزاد می‌کنند و در حدود ۱۵ تا ۳۰ برابر حجم اولیه متورم می‌شوند. این تورم و دارا بودن کاتیون‌های موجود در بنتونیت سبب جذب روی دیواره چاه و به دنبال آن ایجاد کردن پوشش محافظ روی دیواره چاه و در نتیجه پایداری آن می‌شود.

است، اما جهت جلوگیری از مهاجرت آب به داخل سنگ‌های رسی، میزان شوری مناسب، از اهمیت بالایی برخوردار است. برخی انواع کانی‌های رسی موجود در شیل‌ها به دلیل ویژگی‌های خاص، خود عامل بسیاری از مشکلات در حین عملیات حفاری می‌باشند. دو روش متفاوت مکانیکی (مثل افزایش وزن گل یا تراشیدن دیواره چاه) و شیمیایی (مثل استفاده از سیالات حفاری بازدارنده) جهت غلبه بر این مشکلات مورد استفاده قرار می‌گیرد. سیالات حفاری پایه روغنی بهترین گزینه برای حفاری در سازندهای شیلی بوده‌اند اما به علت هزینه بالا و مسائلی که برای محیط زیست ایجاد می‌کنند، برای جایگزین کردن آنها با یک سیال پایه آبی و دوست‌دار محیط زیست تلاش می‌شود. لذا می‌توان با افزودن برخی مواد به گل حفاری پایه آبی به منظور رفع مشکلات شیل‌ها، ادامه حفاری را در این سازندها اقتصادی کرد.

۲-۴- افزودن بنتونیت

بنتونیت یک کانی رسی است که اساساً از کانی‌های گروه اسمکتیت



شکل ۲ | (a) تغییرات ابری شدن گلیکول با درجات شوری مختلف، (b) تغییرات ابری شدن گلیکول برحسب دما در میزان شوری ثابت، (c) تغییرات نقطه ابری شدن با تغییرات pH (d) گلیکول و ابری شدن گلیکول [۱۱].

۳-۴- افزودن کلراید پتاسیم

کلراید پتاسیم برای کاهش دادن میزان هیدرات رس درون چاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این کانی رسی یکی از بهترین پایدارکننده‌های شیل می‌باشد که توانایی بسیاری در کاهش تورم کانی‌های رسی مخصوصاً اسمکتیت (شیل‌هایی که دارای اسمکتیت هستند نسبت به سایر شیل‌های حاوی دیگر کانی‌های رسی، حساسیت بیشتری نسبت به آب دارند) دارد اما در برابر ایلیت و بدتر از آن کائولینیت خاصیت بازدارندگی کمی از خود نشان می‌دهند [۷]. کلراید پتاسیم باعث جایگزینی کاتیون پتاسیم می‌شود که خود سبب پایداری بیشتر سنگ شیلی خواهد شد. میزان تخمین KCl استفاده شده برای جلوگیری از تورم شیل مشکل است، اما معمولاً برای سازندهایی که سن زمین‌شناسی بالایی دارند و عموماً تورم رس در آنها کم می‌باشد، به میزان ۳ تا ۵ درصد وزنی و برای سازندهای جوان‌تر با هیدراته شدن رس بالا به میزان بیش از ۱۵ درصد وزنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اغلب از KCl به همراه افزودنی‌های دیگری مانند PHPA نیز استفاده می‌شود [۸]. از جمله نمک‌های افزودنی دیگری که مورد استفاده قرار می‌گیرد، NaCl می‌باشد. Na⁺ نسبت به K⁺ قدرت بازدارندگی کمتری دارد، ولی نسبت به محلول‌های اشباع از پتاسیم کلراید از میزان گرانیوی بالاتری برخوردار است. این گرانیوی بالا سبب کمتر شدن نفوذ فیلتره سیال حفاری درون سازند و در نتیجه، پایداری بیشتر دیواره چاه می‌شود.

۴-۴- افزایش گرانیوی فیلتره سیال حفاری

در حفاری فراتعادلی^۱، نفوذ فیلتره سیال حفاری به سازند رخ خواهد داد. در سازندهای شیلی تراوایی بسیار کم می‌باشد، پس، نفوذ فیلتره نیز کم خواهد بود اما همین میزان کم نیز می‌تواند فشار منفذی را تغییر داده و بیشتر کند که خود باعث ناپایداری دیواره چاه می‌شود. حال اگر گرانیوی سیال حفاری بالا باشد، توانایی گل حفاری در نفوذ به سازند کمتر می‌شود که این خود موجب پایداری بیشتر دیواره چاه خواهد شد [۶]. برای افزایش فیلتره سیال حفاری از افزودن نمک‌هایی چون پتاسیم کلراید، سدیم کلراید، بنتونیت استفاده می‌شود. در این میان استفاده همزمان از پلی‌گلیکول‌ها و مواد پلیمری به اندازه مناسب نیز توصیه می‌شود.

۲ | انواع پلی‌گلیکول‌ها [۱۰].

POLYGYCOL GP	Broad-range-clouding polyglycol, low salinity
POLYGYCOL LC	Low salinity-clouding, <3000 mg/l cl-
POLYGYCOL MC	Modrate-salinity-clouding, 30000 to 90000 mg/ l cl-
POLYGYCOL HC	High-salinity-clouding polyglycol, >90000 mg/l cl-

۴-۵- استفاده از پلی‌گلیکول‌ها از طریق بستن گلوگاه‌های فضای متخلخل

ساختار داخلی شیل به گونه‌ای است که دارای گلوگاه‌های خلل و فرج بسیار ریزی می‌باشد. یکی از راه‌های مناسب برای جلوگیری از ورود سیال حفاری به درون بافت شیل و در نتیجه متورم شدن آن، مسدود کردن همین گذرگاه‌های فضای متخلخل می‌باشد. یکی از روش‌های شیمیایی برای دست یافتن به این منظور، استفاده از پلی‌گلیکول‌ها می‌باشد. سیال گلیکولی، سیال بهینه‌سازی شده‌ای است که نسبت به سیال پایه روغنی سازگاری بیشتری با محیط دارد و عملکرد آن در کاهش تورم شیل نزدیک به سیال پایه روغنی است. بیشتر پلی‌گلیکول‌ها که در حالت عادی قابلیت انحلال در آب را دارند، با افزایش دما انحلال آنها در سیال حفاری کاهش می‌یابد و در دمای معینی شروع به جدا شدن از سیال می‌کنند. جدا شدن گلیکول از محلول به صورت ابری می‌باشد که در فضای محلول پراکنده شده است، به این نقطه دمایی، دمای ابری شدن می‌گویند. ابری شدن گلیکول مکانیسم اصلی کنترل تورم شیل می‌باشد [۹]. نقطه ابری شدن درجه حرارتی است که در آن پلی‌گلیکول از حالت محلول به طور کامل به حالت نامحلول تغییر شکل می‌دهد [۱۰].

در دماهای بالاتر از دمای ابری شدن، پلی‌گلیکول‌ها به شکل قطرات کوچک کلونیدی در می‌آیند که باعث تشکیل شدن یک میکروامولسیون می‌شوند. از این پدیده در گل‌های حفاری غالباً به عنوان گل امولسیونه حرارتی یاد می‌شود. سیالات امولسیونه فعال حرارتی معمولاً به سه روش کاملاً متمایز بر روی پایداری دیواره چاه تأثیر می‌گذارند. این سه روش شامل موارد زیر می‌باشد:

- روش جذب سطح شیمیایی
 - ایجاد میکروامولسیون و نشست آنها بر روی خلل و فرج دیواره چاه و مسدود کردن آنها
 - فراهم کردن کیک نازک با منافذ کوچک‌تر بر روی دیواره چاه
- حداکثر کارایی این دسته از سیالات حفاری با تنظیم دمای نقطه ابری شدن پلی‌گلیکول با دمای ته چاه و با درجه حرارت سازند در حال حفاری به دست می‌آید، زیرا در این حالت موجب جذب سطحی پلی-گلیکول بر روی دیواره چاه و به داخل کیک گل می‌شود [۱۰]. با افزایش دما و در نتیجه جدا شدن گلیکول از محلول، گلیکول جذب سطح سازند خواهد شد. در نتیجه، از ورود و تماس آب به سازند جلوگیری می‌کند و موجب کاهش تورم شیل می‌شود [۹]. باید توجه نمود که جذب پلی‌گلیکول‌های نامحلول از این طریق بر سازندهای رسی (شیلی) تأثیر می‌گذارند که یک سد محافظ در مقابل آب را تشکیل می‌دهند. همچنین جذب پلی‌گلیکول‌های نامحلول به درون بافت کیک موجود بر روی منافذ، تراوایی سازند، ضخامت کیک و میزان فیلتر شدن گل حفاری را کاهش می‌دهد. از طرفی پلی‌گلیکول نامحلول، میل ترکیبی با سطوح دارند و می‌توانند مواد جامد و سطوح بیرونی دیواره را بپوشانند. گلیکول‌های مختلفی با دامنه گسترده و متنوعی از نظر دمای نقطه ابری شدن در دسترس می‌باشد. همچنین باید

روز بیشتر می‌شود. این پلیمر دیواره داخلی چاه را پوشش داده، به ذرات رس متصل شده و باعث پایداری دیواره داخلی چاه می‌شود [۱۳]. در واقع این پلیمر با تشکیل لایه‌ای محافظ بر روی شیل از تماس سیال حفاری با آن جلوگیری کرده که خود باعث پایداری دیواره چاه می‌شود [۱۴]. از این پلیمر در سیالات با پایه آب شیرین، آب شور، آب دریا و همچنین جهت انجام عملیات گوناگون حفاری می‌توان استفاده کرد [۱۵]. پلیمر PHPA همچنین می‌تواند به‌همراه افزودنی‌های دیگری مانند NaCl, KCl نیز مورد استفاده قرار گیرد. البته باید خاطر نشان کرد که در صورتی که شوری آب زیاد باشد، PHPA به‌راحتی در مجاورت آب قرار نخواهد گرفت که این پدیده خود باعث حلقه‌ای شدن پلیمر و در نتیجه، کاهش گرانیوز آن می‌شود. ولی با توجه به آنیونی بودن پلیمر، هنوز هم می‌تواند با وجود نمک، روی سطح‌های کاتیونی خصوصاً رس حتی با درصد کم جذب شود. کاربرد PHPA در گل‌های حفاری حاوی NaCl به‌سادگی بیانگر این مطلب است که برای مشاهده آثار مشابه کپسول‌کنندگی و افزایش گرانیوز سیال باید مقدار بیشتری پلیمر اضافه شود. از آنجایی که گل‌های نمکی به‌ویژه گل حاوی KCl، موجب پایداری شیل می‌شوند، در صورت اضافه کردن PHPA این پایداری بیشتر خواهد شد زیرا نمک KCl خود باعث پایدار شدن شیل می‌شود و افزودن PHPA علاوه بر ایجاد سطح محافظ دیواره می‌تواند گرانیوز سیال حفاری را افزایش دهد. از این طریق میزان نفوذ سیال کاهش پیدا کرده و درصد پایداری شیل بیشتر می‌شود. از جمله اشکالات PHPA، حساسیت آن نسبت به کلسیم و منیزیم است. در گل‌های حاوی این دو نمک، PHPA به‌صورت حلقه‌گره‌خورده‌ای لخته و در نهایت، ته‌نشین می‌شود. این دو کاتیون به حلقه‌ آنیونی PHPA می‌چسبند، به نحوی آن را غیرفعال می‌کنند و مانع از واکنش دادن آن با قطب مثبت رس می‌شوند [۱۳].

۴-۷- استفاده از نانوتکنولوژی

نانوتکنولوژی با تولید موادی با اندازه نانو که دارای خواص بسیاری هستند به کم کردن مشکلات حفاری کمک می‌کند. این مواد می‌توانند نقش مهمی در بهتر کردن کیفیت کیک گل، کاهش اصطکاک، کم کردن پتانسیل گیر کردن لوله‌های حفاری، ثبات و پایداری دیواره چاه ایفا کنند [۱۶]. یکی از جنبه‌های مهم برای موفقیت در انجام عملیات حفاری چاه‌های نفتی، انتخاب سیال حفاری مناسب با قابلیت ثبات در نگهداری از خواص گل حفاری می‌باشد. تراوایی بسیار کم و کوچک بودن اندازه‌ی خلل و فرج سازندهای شیلی سبب شده است که افزودنی‌ها و جامدات گل که برای فیلتر کردن و ایجاد کیک گل به سیال حفاری اضافه می‌شوند، نتوانند کیک گلی در مقابل سازند شیلی ایجاد کنند. نانوتکنولوژی با ایجاد موادی با اندازه‌هایی در حد نانو می‌تواند باعث بستن خلل و فرج شیل و در نهایت، مانع از ورود آب به درون سازند شود [۱۷]. مواد نانو به‌علت خواص پیشرفته فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی، الکتریکی، حرارتی، هیدرودینامیک به نظر

خاطر نشان کرد که سیستم‌های پلی‌گلایکول قبل از شروع حفاری چاه طراحی می‌شوند و تنها گلایکول مناسب به محل چاه فرستاده می‌شود [۱۰]. انواع پلی‌گلایکول‌ها در جدول ۲ ذکر شده‌اند.

از جمله حساسیت‌های استفاده از پلی‌گلایکول‌ها تأثیر میزان شوری (Salinity) و pH بر روی آنها می‌باشد. می‌دانیم که جنس سازندهای مورد حفاری (سازندهای نمکی یا غیرنمکی) بر میزان شوری تأثیر گذار است. در مواردی که شرایط چاه با میزان شوری ثابت (حفاری سازندهای غیرنمکی) مواجه است، تغییرات نقطه ابری شدن گلایکول با افزایش دما دارای شیب مثبت بوده، به طوری که با افزایش درصد وزنی گلایکول، دمای نقطه ابری شدن نیز بالا می‌رود. در صورتی که میزان شوری متغیر باشد و افزایش یابد، می‌توان با افزایش مقدار گلایکول این تغییر را خنثی کرد. حال اگر مقدار گلایکول ثابت باشد (سیستم‌های پلیمری پلی‌گلایکول قبل از شروع عملیات حفاری چاه طراحی می‌شوند و گلایکول مناسب به محل چاه فرستاده می‌شود) و غیرقابل تغییر و مقدار میزان شوری به‌صورت متغیر مشاهده شود (سازندهای نمکی)، بلافاصله از خاصیت بازدارندگی گلایکول کاسته می‌شود. تأثیرات این پدیده را می‌توان در میزان شیل همراه با کنده‌های حفاری و کلوخه شدن آن روی الک لوزان مشاهده کرد [۱۱]. تغییرات pH نیز بر دمای ابری شدن گلایکول تأثیر گذار است به طوری که با افزایش pH گل حفاری، دمای نقطه ابری شدن گلایکول نیز افزایش می‌یابد (شکل ۲-۲).

گل‌های پلی‌گلایکولی در صورتی که همراه با نمک‌ها و پلیمرهای مناسب به کار گرفته شوند می‌توانند جایگزین مناسبی برای گل‌های پایه روغنی باشند، چرا که افزون بر پایداری دیواره چاه، با محیط‌زیست سازگار بوده و هزینه آنها نیز بسیار کمتر از گل‌های پایه روغنی و سنتتری خواهد بود.

۴-۶- افزودن برخی پلیمرها جهت پوشش دادن سطح خارجی شیل ۳

فرآیند پوشش دادن، واکنش بین برخی از پلیمرهای دراز زنجیر مانند PHPA با سطح شیل می‌باشد. در واقع در این نوع فرآیند، پلیمرها به سطح خارجی شیل متصل شده و آنها را احاطه می‌کنند [۶]. افزایش‌های پلیمری تشکیلات شیمیایی با ملکول‌های بزرگ هستند که از بسیاری از واحدهای کوچک‌تر تکراری به نام مونومر تشکیل شده‌اند. این پلیمرها هنگام اضافه شدن به گل تغییرات کمتری در محتویات جامد گل ایجاد می‌کنند و به‌منظور کنترل صافی، اصلاح ویسکوزیته و مقاومت شیلی به گل اضافه می‌شوند. یکی از این پلیمرها که به تازگی نیز وارد صنعت حفاری شده است، پلی‌آکریل آمید آبکافت شده جزئی^۴ می‌باشد. این نوع سیال تا به امروز به‌عنوان یکی از موثرترین نوع از سیالات بازدارنده ریزش شیل شناخته شده است [۱۲]. کاربرد این ماده به واسطه‌ی احاطه کردن خرده‌های حفاری رسی (کپسولی کردن)، جلوگیری از پخش شدن رس در سیال، همچنین پایدارسازی سازندهای شیلی موجود در چاه‌ها روز به

حفراری می‌شود. این مشکلات بیشتر در حفاری سازندهای رسی با سیالات پایه آبی رخ می‌دهد. ساده‌ترین راه‌حل برای مقابله با مشکل ناپایداری در شیل‌ها، استفاده از گل‌های پایه روغنی می‌باشد که به دلیل بروز مشکلات زیست‌محیطی و لزوم رعایت قوانین بین‌المللی دارای محدودیت می‌باشد. شیوه‌های متفاوتی جهت کنترل و کاهش میزان تورم و ریزش لایه‌های شیلی وجود دارد. هر کدام از این روش‌ها به تنهایی قادر به کنترل این مشکل نخواهند بود و همواره در عملیات حفاری از تلفیقی از این روش‌ها استفاده می‌شود. معمولاً در گل‌های پایه آبی از برخی افزودنی‌ها جهت کنترل ریزش دیواره چاه استفاده می‌شود. افزودنی‌های وارد شده به سیال حفاری از چندین طریق از قبیل بستن گلوگاه‌های فضای متخلخل، پوشش دادن، افزایش گرانروی فیلتره سیال حفاری و بازدارندگی یونی می‌تواند مانع از تورم کانی‌های رسی در شیل شوند. افزودن بنتونیت و کلرید پتاسیم یا برخی پلیمرها، افزایش گرانروی فیلتره سیال حفاری و یا استفاده از پلی‌گلایکول‌ها و در نهایت، استفاده از نانو تکنولوژی از جمله روش‌های مرسوم در صنعت نفت جهت مقابله با مشکلات ناشی از شیل‌ها در حین حفاری می‌باشد. ■

بهترین مواد برای طراحی سیالات هوشمند در کاربردهای میادین نفت و گاز می‌باشند. به علت ابعاد اتمی ذرات نانو نقش نیروهای سطحی در رفتار این ذرات در تعلیق بر نیروهای جرمی غالب است و این عامل کلید خواص بهبود یافته فیزیکی و شیمیایی و کارآیی اعلا مواد نانویی و سیالات نانویی است. قوانینی که بر رفتار مواد در مقیاس نانو حاکم‌اند به مقدار قابل توجه با قوانین حاکم بر رفتار مواد در مقیاس ماکرو و میکرو متفاوت می‌باشند. یک ماده نانویی می‌تواند دارای یک یا چند کاربرد باشد. استفاده از مواد نانویی چند کاربردی می‌تواند مقدار کلی جامدات سیال حفاری را کاهش دهد و مزایای فنی و اقتصادی و زیست‌محیطی فراوان داشته باشد. اگرچه استفاده از افزودنی‌های نانویی ممکن است در نگاه اول پرهزینه به نظر بیاید، اما کمی مقدار مصرف و مزایای استفاده از آن، کاملاً هزینه‌ها را پوشش می‌دهد [۱۸].

نتیجه‌گیری

حفراری شیل‌ها باعث بروز مشکلات حفاری از قبیل گیر کردن لوله‌های

پانویس‌ها

1. pipe sticking
2. Over Balance
3. Encapsulation

4. PHPA
5. Mud Cake

منابع

- [1] S.R.Shadizadeh, F.Karimi, M.Zovida vianpoor, "Drilling Stuck Pipe Prediction in Iranian Oil Fields: An Artificial Neural Network Approach" Iranian Journal Of Chemical Engineering.2010. Vol.7,No.4(Autumn)
- [2] C.Bowes & R.Procter "Drillers Stuck Pipe Hand Book" Published By Procter & Collint Ltd 1997.
- [3] A.Zaltoun, N.Berton "Stabilization Of Montmorillonite Clay in Porous Media by High-Molecular Weight Polymers" Francais du petrol 1992.
- [4] پورفرج قاجاری. میلاد، امامی. مهرداد، طباطبایی نژاد. علیرضا، "مطالعه اثر به کارگیری نانو ذرات در گل حفاری بر روی تورم شیل" اولین کنفرانس و نمایشگاه تخصصی نفت ۱۳۹۳.
- [5] Ronald P.Steiger "Fundamental and Use of Potassium / Polymer Drilling Fluid To Minimize Drilling and Completion Problems Associated With Hydratable Clays" Exxon Production Research Co .1982.
- [6] براتی. پژمان، شهبازی. خلیل، قاسم‌العسکری. محمد کمال "شیل و انواع روش‌های پایدارسازی آن در عملیات حفاری" ۱۳۹۴.
- [7] مومنی. علی، براتی. پژمان، شهبازی. خلیل "شیل و راه‌های مقابله با شیل توسط گل پایه آبی دوست‌دار محیط‌زیست" چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی ۱۳۹۴.
- [8] R.L.Anderson, I.Ratcliffe, H.C.Greenwell, P.A.Williams, S.Cliffe,P.V.Convey "Clay Swelling –A Challenge in The Oilfield. journal Elsevier 2010.
- [9] پیرقره باغی. محمود، تخم‌چی. بهزاد، اسکندری. محمد مهدی، بازاریار. حسین "بررسی آزمایشگاهی تاثیر دما در عملکرد سیال حفاری پایه آبی گلایکولی در کاهش تورم نمونه‌های شیلی" سومین کنفرانس و نمایشگاه تخصصی نفت ۱۳۹۲.
- [10] غلامزاده. محمدامین، عاشوری‌زاده. رضا "مدیریت پسماند سیال حفاری به روش جاگزینی سیالات حفاری گلایکولی پایه آبی همراه با افزایش کلرید پتاسیم با سیالات پایه روغنی" نخستین همایش مدیریت پساب و پسماند در صنایع نفت و انرژی ۱۳۸۹.
- [11] سعید. شهاب‌الدین، نبوی زاده. محمدجواد، خراط. ریاض "ساخت و به کارگیری سیال حفاری پلیمری و گلایکولی جهت پایدارسازی شیل در دو میدان در جنوب غرب ایران" ماهنامه علمی-ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز، شماره 121-1394.
- [12] Hale A.H, Mody F.K "Partially Hydrolyzed Polyacrylamide (PHPA) Mud System "for Gulf of Mexico Deepwater Prospects, SPE 25180-MS 1993.
- [13] نصیری. علی‌رضا، ولسی‌زاده. مجید "کارایی پلی آکریل امید آبکافت شده جزئی در سیالات حفاری پایه آبی" تهران، پژوهشگاه صنعت نفت ۱۳۹۲.
- [14] "Drilling Fluid Manual" Amoco production Company 1993.
- [15] Mombeni Goodazhdar.A "The Importance of Drilling Fluids In Extraction of Oil and Gas and The Current Position Of Iran" 2011.
- [16] E.Kasiralvalad" The great potential of nanomaterials in drilling & drilling fluid application " International Journal of Nano Dimension. January 2014.
- [17] T.Sensoy, M.E.Chenevert, Mukul M.Sharma "Minimizing Water Invention in Shale Using Nanoparticles" SPE, The University of Texas at Austin. 2009.
- [18] قجری. علی، سلیمانی. محمد، محمدی. صابر "کاربرد فناوری نانو در سیالات حفاری" اولین کنفرانس و نمایشگاه تخصصی نفت ۱۳۹۲.