



بررسی علل هرزروی گل حفاری و متغیرهای مؤثر بر آن در یکی از میادین گازی ایران

مسعود نصیری^۱، ایمان جعفری^۲ • دانشگاه سمنان

چکیده

هرزروی گل حفاری که سبب از دست رفتن زمان و افزایش هزینه‌ها می‌شود از مهم‌ترین موضوعات صنعت حفاری است. هرزروی گل به دلیل عواملی از قبیل اختلاف فشار ستون گل حفاری و سازند، وجود شکاف و خواص سازند رخ می‌دهد. برای جلوگیری از این مشکل راهکارهای متفاوتی از جمله کاهش وزن گل، کاهش جریان ورودی به سازند، استفاده از مواد کنترل‌کننده هرزروی^۱ و در نهایت گذاشتن پلاگ سیمانی وجود دارد. در میدان گازی مورد مطالعه در طول حفاری جهت دسترسی به منابع گازی گروه دهرم، سازندهای آسماری و جهرم در حفاره "۲۴" حفاری می‌شوند که این سازندها شامل شکافها و حفرات به هم پیوسته‌ی متعددی هستند. در این سازندها به دلیل کم بودن فشار شاره‌های درون حفاره‌ها در مقایسه با گل حفاری، هرزروی گل اتفاق می‌افتد. در حالت کلی هرزروی گل به چند دلیل اتفاق می‌افتد که برخی از آنها دلایل زمین‌شناسی بوده و برخی مربوط به حفاری هستند. به همین دلیل در مقاله‌ی حاضر با مطالعه‌ی گزارش‌های روزانه‌ی حفاری، گل، زمین‌شناسی و نمودارگیری چاه دلایل هرزروی بررسی شده، نواحی هرزروی مشخص گردیده و راهکارهایی جهت حل این مشکل ارائه شده است. همچنین با هدف کنترل هرزروی، بهترین برنامه‌ی کاربردی گل حفاری جهت تمیزسازی حفاره "۲۴" نیز ارائه گردیده است. متغیرهای حفاری بیشترین تأثیر را بر مقدار هرزروی داشتند و بهترین حالت، کنترل وزن روی مته، کنترل جریان ورودی به چاه و سرعت حفاری است. همچنین استفاده از آب دریا به‌عنوان سیال اصلی جهت تمیزسازی چاه با استفاده از ژل از قبل هیدراته‌شده بهترین انتخاب بوده است.

اطلاعات مقاله

* دریافت:

۹۴/۵/۱۹

* ارسال برای داوری:

۹۴/۵/۱۹

* پذیرش:

۹۴/۱۰/۲

واژگان کلیدی

گل حفاری
متغیرهای بهینه‌ی حفاری
هرزروی سیال
آب دریا

مقدمه

نفوذپذیری مخزن در اطراف چاه کاهش یابد. جهت رفع این معضل باید عملیات پرهزینه‌ی تحریک سازند و اسیدکاری انجام شود [۴و۵]. هرزروی در صنعت حفاری به چهار نوع؛ نشت (کمتر از ۱۰ bbl/hr)، مختصر (۱۰۰-۱۰ bbl/hr)، شدید (۵۰۰-۱۰۰ bbl/hr) و کامل (بیش از ۵۰۰ bbl/hr) تقسیم می‌شود [۱]. باید توجه داشت که کاهش حجم گل از حجم کل در اثر کاهش عصاره‌ی گل و پر کردن چاه جدید، کاملاً متفاوت از هرزروی است [۶]. هرزروی در نوع، شدت و مکان وقوع درون چاه متفاوت است. دانستن نوع و مکان هرزروی به انتخاب صحیح مواد کنترل‌کننده‌ی هرزروی کمک می‌کند. محل هرزروی با استفاده از اطلاعات حفاری چاه‌های مجاور، تغییرات سازندی و روش‌های مختلف نمودارگیری مشخص می‌شود [۷]. برای کنترل اقتصادی و مؤثر هرزروی، روشی سیستماتیک (شامل هر دو عامل پیشگیری و درمان) شناخته شده است [۸]. متغیرهای فراوانی از جمله گرادیان فشار شکست سازند، خصوصیات گل حفاری، سنگ‌شناسی و جنس سازند در حال حفاری، وجود شکافها و غارها در سازند، متغیرهای حفاری مثل فشار و نرخ پمپ و متغیرهای شناخته شده و شناخته نشده‌ی فراوان دیگری که

هدررفتن گل حفاری یا دوغاب سیمان در فضاهای خالی درون سازند در حین عملیات حفاری را هرزروی گویند [۱]. مشکل هرزروی گل از زمان‌های اولیه‌ی آغاز عملیات حفاری چاه‌های نفت و گاز مشهود بوده است. وقتی این مسأله شکلی جدی به خود گرفت که حفاری چاه‌های عمیق‌تر یا تخلیه شده در دستور کار قرار گرفت [۲]. شرکت‌های نفتی سالانه میلیون‌ها دلار صرف حل مشکل هرزروی می‌کنند. مشکلاتی از جمله گیر کردن لوله‌ها، از دست رفتن زمان دکل، فوران چاه، از دست رفتن حجم زیاد گل حفاری و آسیب به سازند در اثر هرزروی ایجاد می‌شوند [۳]. هنگام هرزروی، بر اثر ایجاد اختلاف فشار بین گل و سازند ممکن است لوله‌ها در چاه گیر کنند. جهت حل این مشکل باید عملیات پرهزینه‌ی مانده‌یابی انجام شود. نتایج چاه‌آزمایی در مخازن شکاف‌دار نشان می‌دهد که در چاه‌هایی با هرزروی جزئی یا کلی گل، آسیب شدیدی به سازندهای تولیدی وارد شده است [۱]. هرزروی گل می‌تواند سبب انتقال ذرات ریز گل به درون منافذ سازند و کاهش نفوذپذیری ناحیه‌ی اطراف چاه شود. علاوه بر این، فیلتر شدن گل ممکن است سبب واکنش شیمیایی گل با ترکیبات سیالات مخزن شده و با تشکیل رسوب،

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (mnasiri@semnan.ac.ir)

۲- روش بررسی مسأله

۱-۱- روند انجام کار

در این مطالعه چاه‌های حفاری شده در فازهای ۱۳، ۲۲ و ۲۴ مطالعه شد. فاز ۱۳ دارای ۴ مکان و ۷۶ چاه حفر شده، فاز ۲۲ دارای یک مکان و ۱۱ چاه حفر شده و فاز ۲۴ دارای ۲ مکان و ۲۰ چاه حفر شده است. در این مطالعه با بررسی گزارش‌های روزانه‌ی حفاری، زمین‌شناسی، گل و نمودارگیری از چاه در حفره‌ی "۲۴"، دلایل هرزروی تجزیه و تحلیل شده، نواحی هرزروی مشخص گردیده و راهکارهایی جهت جلوگیری از هرزروی ارائه شده است. با هدف کنترل هرزروی، متغیرهای بهینه‌سازی حفاری و بهترین برنامه‌ی گل برای حفره‌ی "۲۴" پیشنهاد شده و هدف نهایی، افزایش سرعت حفاری، پیشنهاد بهترین برنامه‌ی کاربردی گل حفاری و کاهش هزینه‌ها بوده است.

۲-۲- برنامه‌ی حفاری در حفره‌ی "۲۴"

پس از قرار دادن لوله‌ی جداری "۳۲" در عمق ۱۷۲ متری، حفره‌ی "۲۴" به وسیله‌ی مته‌ی کاجی "۴" ۲۴" حفاری می‌شود. حفاری این حفره با آب دریا و پمپاژ پیل‌هایی با گرانش زیاد جهت تمیزسازی حفره انجام می‌گردد. به دلیل غالب بودن لیتولوژی مارنی و چسبنده بودن مارن، حفاری در گروه فارس به کندی انجام می‌شود. اما به علت لیتولوژی آهکی- دولومیتی سازند آسماری، حفاری سرعت بیشتری دارد و در سازند جهرم به علت ریزشی بودن دولومیت‌ها و احتمال وجود آمدن هرزروی گل، گیر کردن لوله و بسته شدن دیواره‌ی چاه به کندی، با دقت و با برنامه‌ی خاصی انجام می‌شود که از جمله‌ی این برنامه‌ها، کنترل وزن روی مته، حداکثر کردن نرخ پمپاژ گل به همراه پمپاژ Hi-Vis Pill و روان کننده‌ها در مواقع ضروری به همراه پمپ کردن مواد کنترل کننده‌ی هرزروی است. با ورود به سازند ایلام، حفاری در این سازند حدود ۳۰ متر ادامه می‌یابد، پاشنه‌ی لوله‌ی جداری ۱۸/۸ اینچ در این سازند قرار می‌گیرد و عملیات سیمان کاری طبق برنامه انجام می‌گردد.

۳-۲- بررسی هرزروی در حفره‌ی "۲۴"

جهت بررسی ابتدا از گزارش‌های روزانه‌ی حفاری، گل و زمین‌شناسی چاه، تمامی متغیرهای حفاری و مشخصات گل استخراج گردید. همچنین از گزارش‌های نمودارگیری چاه مقادیر متغیرهای مؤثر بر هرزروی و مقدار هرزروی یادداشت و به صورت جدول تنظیم شد. سپس نمودار مقدار هرزروی و عوامل مؤثر بر آن نسبت به عمق ترسیم و نتایج آن با داده‌های لیتولوژیکی انطباق داده شد. بر این اساس هرزروی در سازندهای آسماری- جهرم به طور عمده از دو متغیر لیتولوژی و متغیرهای حفاری ایجاد شده است.

پیش‌بینی مقدار هرزروی گل هنگام حفاری چاه در یک سازند خاص را مشکل می‌کنند [۹ و ۴] بر شدت هرزروی گل حفاری مؤثرند.

در تمامی چاه‌های حفاری شده در میدان مورد مطالعه، هرزروی اتفاق افتاده است. در این چاه‌ها هرزروی سبب اتلاف زمان زیادی شده؛ به طوری که پس از زمان تلف شده برای انتظار و مانده‌یابی، بیشترین زمان از دست رفته در اثر هرزروی بوده و گاهی اوقات زمان تلف شده برای بهسازی و هرزروی از کل زمان حفاری نیز بیشتر است.

در هنگام حفاری سازند آسماری و جهرم در حفره‌ی "۲۴" در میدان مورد مطالعه به منظور دستیابی به منابع گازی گروه دهرم، به شکاف‌ها و حفره‌های به هم پیوسته‌ی متعددی برخورد می‌کنیم. در این سازند به دلیل کم بودن فشار شاره‌های درون حفره‌ها در مقایسه با گل حفاری، هرزروی اتفاق می‌افتد. در حالت کلی هرزروی گل به چند دلیل اتفاق می‌افتد که برخی از آنها علل زمین‌شناسی دارند و برخی مربوط به حفاری هستند. به همین دلیل در مقاله‌ی حاضر، دلایل هرزروی بررسی شده، نواحی هرزروی مشخص گردیده و راهکارهایی جهت حل این مشکل در حفره‌ی "۲۴" مورد مطالعه ارائه شده است.

۱- شرح موضوع

۱-۱- معرفی میدان مورد مطالعه

میدان مورد مطالعه در شمال خلیج فارس واقع شده و از نظر زمین‌شناسی روی یک کمان برآمده‌ی قدیمی قرار دارد. همواره در طول دوران زمین‌شناسی نسبت به مناطق مجاور خود در سطح بالاتری بوده و در نتیجه ته‌نشینی رسوبات روی آن نسبت به اطراف سرعت کمتری دارد و بنابراین ضخامت رسوبات لایه‌های مختلف دوران‌های زمین‌شناسی روی آن در مقایسه با پیرامونش کمتر است. این میدان در دوره‌ی پرمین و تریاسیک^۳ تشکیل شده و شامل سازندهای دالان و کنگان است. ضخامت مخزن حدود ۴۰۰ متر است و بالاترین نقطه‌ی مخزن تقریباً در عمق ۳۸۰۰ متری سطح دریا قرار دارد.

۲-۱- زمین‌شناسی حفره‌ی "۲۴"

در این حفره سازندهای گروه فارس، آسماری و جهرم وجود دارند. بر اساس مطالعه‌ی صادق‌الوعد و فقیه با بررسی سنگ‌واره‌ی روزن‌داران، سن این سازند در دو برش اطراف شیراز پالتوسن پسین تا ائوسن میانی اعلام شده است. مرز بالایی سازند جهرم با سازند آسماری ناپیوستگی فرسایشی دارد؛ به طوری که در برش نمونه، این مرز در زیر سنگ آهک‌ها با لایه‌بندی نامنظم و کنگلومرای همراه با تریکبات آهن‌دار قرار دارد. در میدان مورد مطالعه، سازندهای آسماری و جهرم را با هم در نظر می‌گیرند اما این مرز به طور تجربی در محل تغییر سنگ آهک به سنگ آهک دولومیتی و دولومیت قرار دارد [۱۱].



۲-۴- تأثیر متغیرهای حفاری بر مقدار هرزروی

در این بخش با بررسی گزارش‌های روزانه‌ی حفاری و نمودارگیری چاه، متغیرهای حفاری از جمله وزن روی مته، سرعت حفاری، میزان چرخش رشته‌ی حفاری در یک دقیقه، جریان ورودی به چاه و وزن گل استخراج گردید. نمودار متقاطع این متغیرها در مقابل عمق در محیط اکسل رسم شد و نتایج با هم مقایسه و بررسی گردید. در حیطه‌ی متغیرهای حفاری، عوامل بسیاری می‌توانند سبب کاهش یا افزایش هرزروی شوند که مهم‌ترین آنها را می‌توان وزن روی مته، سرعت حفاری، مقدار جریان ورودی به چاه و میزان چرخش رشته‌ی حفاری در یک دقیقه عنوان کرد. اگر چگونگی تأثیر این عوامل بر هرزروی دقیقاً مشخص باشد به راحتی می‌توان هرزروی را کنترل کرد و حتی از وقوع هرزروی شدید جلوگیری به عمل آورد. همان‌گونه که در شکل‌های ۱-۲ و ۱-۲ دیده می‌شود بعضی از این متغیرها با مقدار هرزروی گل رابطه‌ی مستقیم دارند و بعضی دیگر رابطه‌ی معکوس. مثلاً اگر این متغیرها در چاه‌های A و B با نمودار میزان هرزروی مقایسه شوند در هر دو چاه چهار ناحیه‌ی هرزروی وجود خواهد داشت که در هر کدام از آنها تأثیر عوامل هرزروی از جمله عوامل لیتولوژیکی و دیاژنتیکی نسبت به عوامل متغیرهای حفاری بررسی شده است. در برخی از این نواحی عوامل لیتولوژیکی تعیین‌کننده و سایر عوامل تشدیدکننده‌ی مقدار هرزروی هستند و برعکس. در ادامه این چهار ناحیه بررسی خواهند شد.

۲-۴-۱- ناحیه‌ی A

این ناحیه از عمق ۶۲۰ متری آغاز شده و تا حدود ۷۸۰ متری ادامه یافته است. در این ناحیه به علت لیتولوژی نه‌چندان متخلخل، مقدار هرزروی ناچیز بوده و اغلب، متغیرهای حفاری مقدار هرزروی را تعیین کرده‌اند. سنگ‌شناسی این قسمت بیشتر آهک و آهک دولومیتی به همراه سیمان انیدریتی است که لایه‌هایی از انیدریت و آهک آرژیلیتی در بین آنها وجود دارد. بر این اساس همان‌گونه که در نمودار مشاهده می‌شود مقدار هرزروی کمتر از ۵۰ بشکه است و متغیرهای حفاری مثل WOB تأثیر زیادی بر هرزروی این بخش دارند. بنابراین در این ناحیه حتماً باید وزن روی مته کنترل شود؛ چرا که وزن بیشتر از متعارف روی مته سبب شکستگی سازند شده و این امر حتی می‌تواند باعث هرزروی کامل گردد.

۲-۴-۲- ناحیه‌ی B

این ناحیه از عمق ۷۸۰ متری آغاز شده و تا حدود ۹۰۰ متری ادامه یافته است. با توجه به شکل‌های ۱-۲ و ۱-۲ بیشترین هرزروی در این عمق انجام می‌شود و این ناحیه به loss zone معروف است. آنالیز سنگ‌شناسی نمونه‌ها نشان داده که این بخش از ریف‌های جلبکی و بعضاً مرجانی بسیار متخلخل تشکیل شده و اگر در این ناحیه متغیرهای حفاری (به‌خصوص سرعت حفاری و وزن روی مته) کنترل نگردد و حفاری در این عمق خارج از برنامه‌ی تعیین شده انجام گردد ممکن است هزینه‌های هنگفتی

از جمله به دلیل گیر کردن لوله و هرزروی گل به عملیات تحمیل شود و ساعات زیادی از زمان دکل نیز به هدر خواهد رفت. بر این اساس و با دقت به نمودارهای رسم شده در این ناحیه مشاهده می‌شود که انتخاب متغیرهای حفاری، کنترل شده بوده است. مثلاً سرعت حفاری، وزن روی مته و میزان چرخش لوله‌ی حفاری در دقیقه کم شده و نرخ جریان ورودی سیال افزایش یافته که علت آن افزایش پمپاژ گل جهت تمیز کردن چاه است. این عامل خود می‌تواند به مقدار کمی هرزروی را افزایش دهد.

۲-۴-۳- ناحیه‌ی C

این ناحیه از عمق ۹۰۰ متری آغاز شده و تا حدود ۱۰۶۰ متری ادامه یافته است. در این ناحیه مقدار هرزروی کمتر از ۲۵۰ بشکه است. مقدار هرزروی در این ناحیه متغیر بوده و تابعی از سنگ‌شناسی و متغیرهای حفاری است. در مناطقی که هرزروی افزایش یافته، رخساره‌های متخلخل با تخلخل‌های حفره‌ای، تخلخل‌های درزه‌ای و تخلخل بین‌دانه‌ای ناشی از تبدیل کلسیت به دولومیت مشاهده شده‌اند. البته در این ناحیه با افزایش وزن روی مته و سرعت حفاری، هرزروی نیز افزایش یافته است.

۲-۴-۴- ناحیه‌ی D

این ناحیه از عمق ۱۰۶۰ متری آغاز شده و تا حدود ۱۱۵۰ متری ادامه



شکل ۱ | بررسی متغیرهای مختلف مؤثر حفاری بر حسب عمق در چاه A

بسیار متخلخل هستند تشکیل شده است. با توجه به شرایط موجود دو روش جهت کنترل یا کاهش هرزروی وجود دارد؛ نخست آنکه طبق برنامه‌ی تمیزسازی که در ادامه ارائه شده، با متغیرهای کنترل شده‌ی حفاری عمل کرد و دوم آنکه در صورت هرزروی کامل باید پلاگ سیمانی گذاشت و در ادامه اقدام به حفاری سیمان و سازند کرد. این کار سبب کنترل هرزروی از طریق پلاگ سیمان می‌شود. ناحیه‌ی C°C از عمق ۹۰۰ متری آغاز شده و تا حدود ۱۰۶۰ متری ادامه یافته است. مقدار هرزروی در این ناحیه متغیر و تابعی از سنگ‌شناسی و متغیرهای حفاری است که می‌توان با کنترل سرعت حفاری از هرزروی جلوگیری کرد. ناحیه‌ی D'D از عمق ۱۰۶۰ متری آغاز شده و تا حدود ۱۱۵۰ متری ادامه یافته است. این ناحیه مانند ناحیه‌ی قبلی در اثر افزایش سیمان انیدریتی، متخلخل نیست اما رخساره‌های فراوان دولومیتی دانه‌شکری کمک فراوانی به افزایش تخلخل آن کرده‌اند. در این ناحیه متغیرهای حفاری بیشتر نقش تشدید کننده‌ی هرزروی را دارند و باید هرزروی را از طریق کنترل سرعت حفاری کاهش داد.

از عمق ۷۸۰ متری تا ۱۱۵۰ متری طبق برنامه باید جهت تمیزسازی چاه، در هر ۵ متر حفاری روبش ۳۰ بشکه‌ای پیل با گرانروی زیاد پمپ شود. همچنین باید جهت تمیزسازی چاه و دیواره‌سازی، در هر ۹ متر حفاری روبش ژل از قبل هیدراته‌شده به چاه پمپ شده و در آخر استند



شکل ۲ | بررسی متغیرهای مختلف مؤثر حفاری بر حسب عمق در چاه-B

یافته است. مقدار هرزروی در این بخش گاهی به ۴۰۰ بشکه در ساعت نیز می‌رسد. این ناحیه مانند بخش قبلی به دلیل افزایش مقدار سیمان انیدریتی، متخلخل نیست. اما رخساره‌های فراوان دولومیتی دانه‌شکری کمک فراوانی به افزایش تخلخل آن کرده‌اند. در این ناحیه متغیرهای حفاری بیشتر از متغیرهای زمین‌شناسی، تشدید کننده‌ی هرزروی هستند.

۲-۵- برنامه‌ی پیشنهادی گل و تمیزسازی چاه در حفاری "۲۴"

با توجه به تعریف چهار ناحیه‌ی هرزروی در سازندهای آسماری و جهرم و گزارش‌های روزانه‌ی حفاری شرکت‌های بزرگ نفتی در سایر فازهای میدان مورد مطالعه، برنامه‌ی گل حفاری و تمیزسازی چاه به شرحی که در ادامه آمده پیشنهاد می‌شود.

۲-۵-۱- آب دریا و تمیزسازی چاه با پیل‌هایی با گرانروی زیاد

با توجه به نواحی هرزروی و سنگ‌شناسی و طبق برنامه‌ای که پیشنهاد شده، از آب دریا به‌عنوان سیال اصلی و تمیزسازی با پیل‌هایی با گرانروی زیاد استفاده شده است. با توجه به قطر زیاد حفاره، دفع خرده‌سنگ‌ها و مواد کنده شده از چاه با مکانیزم ترکیبی سرعت‌های زیاد و روبش‌هایی با گرانروی زیاد انجام شده است. روبش‌های ویسکوز، ترکیبی از صمغ زانتان و ژل‌های از قبل هیدراته‌شده است. آنالیز چاه اصلی نشان می‌دهد که مشکل عمده، هرزروی در پایین حفاره و در نتیجه از بین رفتن فشار هیدرواستاتیک درون چاه است. از دست رفتن فشار هیدرواستاتیک منجر به شکست دهانه‌ی چاه، تمیزسازی ضعیف چاه، گیر کردن لوله و بسته شدن دیواره‌ی چاه می‌شود. جهت به حداقل رساندن احتمال وقوع این مشکلات، باید چاه تا حد مورد نیاز تمیز شود. از عمق ۱۷۲ متری تا عمق ۷۸۰ متری که شامل سازند گروه فارس و ناحیه‌ی A'A سازند آسماری و جهرم است باید جهت تمیزسازی چاه، در هر ۹ متر حفاری روبش ۳۰ بشکه‌ای پیل با گرانروی زیاد پمپ شود. همچنین باید جهت تمیزسازی چاه و دیواره‌سازی در هر ۱۴ متر حفاری روبش ژل از قبل هیدراته شده به‌درون چاه پمپ شود و در پایان استند لوله‌ی حفاری ۳۰ بشکه پیل با گرانروی زیاد پمپ گردد. در ادامه باید گردش گل به مدت ۵ دقیقه انجام و پس از آن ۴۰ بشکه ژل از قبل هیدراته‌شده پمپ شود و دوباره به مدت ۱۵ دقیقه گردش گل انجام گردد. باید فاصله‌ی حفاری شده را با جریان سیال ۷۰۰ گالن بر دقیقه و میزان چرخش لوله‌ی حفاری ۳۰ دور در دقیقه شستشو و تراش داد، ۳۰ بشکه ژل از قبل هیدراته‌شده در ته چاه پمپ کرد و هنگامی که از مته خارج شد جریان سیال را قطع کرده و استند جدید را بست. باید حفاری به همین ترتیب ادامه یابد و پس از رسیدن به عمق ۷۸۰ متری روش تمیزسازی چاه تغییر کند. با توجه به اینکه ناحیه‌ی B'B از عمق حدود ۷۸۰ متری آغاز شده و تا عمق حدود ۹۰۰ متری ادامه یافته بر اساس نتایج، دلیل اصلی هرزروی آنست که این ناحیه از لحاظ سنگ‌شناسی از ریف‌های جلبکی و بعضاً مرجانی که ماهیتاً

و دیاژنتیکی و متغیرهای حفاری را نشان داده است. عوامل بسیاری سبب کاهش یا افزایش هرزروی می شوند که می توان آنها را به عوامل مستقل و وابسته تقسیم کرد. بر این اساس وزن روی مته، جریان ورودی به چاه و میزان چرخش لوله‌ی حفاری در یک دقیقه به عنوان عوامل مستقل و سرعت حفاری و فشار خروجی پمپ به عنوان عوامل وابسته تعریف شده‌اند. باید توجه داشت که عوامل وابسته تابعی از وزن روی مته و جریان ورودی به چاه هستند. بر این اساس ناحیه‌ی A'A از عمق ۶۲۰ متری آغاز شده و تا حدود ۷۸۰ متری ادامه یافته است. در این ناحیه به علت لیتولوژی مقدار هرزروی ناچیز بوده و بیشتر متغیرهای حفاری میزان هرزروی را مشخص کرده‌اند. بنابراین باید سرعت حفاری ۸-۶ متر بر ساعت بوده و وزن روی مته نیز متناسب با سرعت حفاری باشد. نرخ جریان ورودی ۸۰۰ گالن بر دقیقه است و مقدار چرخش لوله‌ی حفاری در یک دقیقه بسته به نوع BHA (در صورت استفاده از موتور در چاه، ۴۰ دور در دقیقه و در غیر این صورت، ۱۱۰-۹۰ دور در دقیقه) تعیین می شود؛ ناحیه‌ی B'B از عمق حدود ۷۸۰ متری آغاز شده و تا حدود ۹۰۰ متری ادامه یافته است. با توجه به اینکه بیشترین مقدار هرزروی در این عمق اتفاق می افتد این ناحیه به LOSS ZONE معروف شده است. از لحاظ سنگ شناسی این ناحیه از ریف های جلبکی و بعضاً مرجانی که ماهیتاً بسیار متخلخل هستند تشکیل شده و در این ناحیه متغیرهای حفاری به ویژه سرعت حفاری باید ۶-۴ متر بر ساعت و وزن روی مته متناسب با سرعت حفاری کنترل شوند. اگر در این عمق خارج از برنامه‌ی تعیین شده عمل گردد ممکن است هزینه‌های هنگفتی بر عملیات تحمیل گردد. باید توجه داشت که نرخ ۸۰۰ گالن بر دقیقه به عنوان جریان ورودی به چاه بسیار مناسب است. کاهش نرخ جریان ورودی مانع از تمیزسازی مناسب چاه و مسبب گیر کردن لوله است. ناحیه‌ی C'C از عمق حدود ۹۰۰ متری آغاز شده و تا حدود ۱۰۶۰ متری ادامه یافته است. مقدار هرزروی در این ناحیه متغیر بوده و تابعی از سنگ شناسی و متغیرهای حفاری است. در مناطقی که هرزروی زیاد باشد رخساره‌های متخلخل با تخلخل‌های حفره‌ای، تخلخل‌های درزه‌ای و تخلخل بین دانه‌ای ناشی از تبدیل کلسیت به دولومیت مشاهده شده‌اند. البته در این ناحیه با افزایش وزن روی مته و سرعت حفاری، هرزروی نیز افزایش یافته که باید حفاری را کنترل شده ادامه داد. سرعت حفاری ۷-۵ متر بر ساعت و وزن روی مته متناسب با سرعت حفاری و جریان ورودی ۸۵۰ گالن بر دقیقه حالت ایده آل است. ناحیه‌ی D'D از عمق حدود ۱۰۶۰ متری آغاز شده و تا حدود ۱۱۵۰ متری ادامه یافته است. رخساره‌های فراوان دولومیتی دانه‌شکری کمک زیادی به افزایش تخلخل کرده‌اند. در این ناحیه متغیرهای حفاری بیشتر نقش تشدید کننده‌ی هرزروی داشته‌اند و اغلب به دلیل نوع لیتولوژی بیشترین هرزروی وجود دارد. با توجه به اینکه دو برنامه‌ی پیشنهادی برای سیال اصلی حفاری و تمیزسازی چاه ارائه شده و توجیه پذیر بودن استفاده از آب دریا به عنوان

لوله‌ی حفاری ۴۰ بشکه پیل با گر انرژی زیاد پمپ گردد. در ادامه نیز باید به مدت ۱۰ دقیقه گردش گل انجام شود و پس از آن ۵۰ بشکه ژل از قبل هیدراته شده پمپ گردد و دوباره به مدت ۲۰ دقیقه گل گردش کند. سپس باید دوباره فاصله‌ی حفاری شده با جریان سیال ۸۰۰ گالن بر دقیقه و چرخش لوله‌ی حفاری ۳۰ دور در دقیقه شستشو و تراش داده شود، ۳۰ بشکه ژل از قبل هیدراته شده در ته چاه پمپ گردد و هنگامی که از مته خارج شد جریان سیال قطع گردیده، استند جدید بسته شده و ادامه‌ی حفاری به همین ترتیب ادامه یابد.

۲-۵-۲- استفاده از گل پایه بنتونایتی

با توجه به دیواره‌سازی خوب گل پایه بنتونایتی و جلوگیری کردن آن از بالا آمدن هیدروژن سولفور، این نوع گل گزینه‌ی خوبی است. اما با توجه به اینکه حجم فراوان خرده‌های حفاری در این حفره باعث افزایش وزن گل شده و افزایش بی‌رویه‌ی وزن گل بدون توجه به خصوصیت سنگ شناسی سبب هرزروی می شود، همچنین به دلیل گران قیمت بودن بنتونایت و مواد افزودنی به آن در مقایسه با گل حفاری آب دریا و نیاز به آب شیرین برای ساختن این نوع گل، با توجه به شرایط میدان مورد مطالعه و هزینه‌ی فراوان ارسال آب شیرین و امکان هرزروی کامل در ناحیه‌ی دوم معمولاً از این نوع گل استفاده نمی شود [۱۳ و ۱۲].

۳- تجزیه و تحلیل نتایج

با توجه به مطالب بیان شده حفره‌ی ۲۴" از عمق ۱۷۲ متری و بعد از حفاری سیمان حفره‌ی ۳۲" آغاز شده و تا عمق ۱۲۰۰ متری ادامه می‌یابد که در ابتدای آن سازند گروه فارس است. با توجه به اینکه سازند مذکور که از آهک، مارن و آهک‌های رس دار تشکیل شده، فاقد هرزروی بوده و سرعت حفاری آن زیاد است می‌توان حفاری را با سرعت ۲۵-۱۵ متر بر ساعت بدون مشکل انجام داد. اما باید توجه داشت که وجود آهک رس دار و استفاده از آب دریا به عنوان گل حفاری سبب متورم شدن سازند و تنگ‌شدگی دیواره‌ی چاه شده است. یکی از دلایل گیر کردن لوله در هنگام بالا آمدن، تنگ‌شدگی دیواره‌ی چاه است که باعث از دست رفتن چاه می‌شود. بنابراین نباید به چاه زمان داده شود و باید سازند آسماری و جهرم را خیلی سریع حفاری کرد تا از تنگ‌شدگی دیواره‌ی چاه جلوگیری به عمل آید. معمولاً در عمق ۶۲۰ متری با ورود به سازند آسماری و جهرم بیشترین مشکلات حفاری رخ می‌دهد. در میدان مورد مطالعه معمولاً اغلب شرکت‌های نفتی برای جلوگیری از ماندن گذاری و صرفه‌جویی در هزینه‌های احتمالی، بدون استفاده از موتور درون‌چاهی اقدام به حفاری سازندهای آسماری و جهرم کرده‌اند. بر همین اساس در این مطالعه چهار ناحیه‌ی هرزروی تعریف شد که هر کدام از این نواحی تأثیر بیشتری یکی از عوامل هرزروی از جمله عوامل لیتولوژیکی

سیال اصلی، برنامه‌ی تمیزسازی پیشنهادی بهترین انتخاب بوده که با کاهش هزینه و افزایش سرعت حفاری بهترین عملکرد را داشته است.

نتیجه‌گیری

با توجه به تقسیم‌بندی نواحی هرزروی، دلایل انتخاب آن و ارائه‌ی متغیرهای بهینه‌ی حفاری در هر قسمت و در ادامه برنامه‌ی گل پیشنهادی و تمیزسازی چاه می‌توان نتایج را به صورت زیر بیان کرد:

■ با مقایسه‌ی عوامل مؤثر بر حفاری در چاه‌های A و B با نمودار مربوط به مقدار هرزروی در حفاره‌ی ۲۴، چهار ناحیه‌ی هرزروی وجود دارد که هر کدام از آنها تأثیر عوامل هرزروی از جمله عوامل لیتولوژیکی و دیاژنتیکی و متغیرهای حفاری از جمله وزن روی مته، سرعت حفاری، میزان چرخش رشته‌ی حفاری در دقیقه و جریان ورودی به چاه را بیشتر نشان داده است. این بدان معنی است که در ناحیه‌ی A' متغیرهای حفاری نقش تعیین‌کننده و عوامل لیتولوژیکی و دیاژنتیکی نقش تشدیدکننده هرزروی را دارند و در نواحی B' و D' عوامل لیتولوژیکی و دیاژنتیکی نقش تعیین‌کننده و متغیرهای حفاری نقش تشدیدکننده دارند. در ناحیه‌ی C' هرزروی تابعی از سنگ‌شناسی و متغیرهای حفاری است و بسته به شرایط، نقش هر کدام متغیر است.

■ در خصوص متغیرهای حفاری عوامل بسیاری سبب کاهش یا افزایش هرزروی می‌شوند که مهم‌ترین آنها را می‌توان وزن روی مته، سرعت حفاری، میزان چرخش لوله‌ی حفاری در دقیقه، جریان ورودی به چاه و وزن گل عنوان کرد. با بررسی چگونگی تأثیر این عوامل بر هرزروی به دلیل اثر متغیرهای مختلف حفاری، به راحتی می‌توان هرزروی را کنترل کرده و حتی

از وقوع هرزروی شدید جلوگیری به عمل آورد.

■ متغیرهای حفاری را می‌توان به متغیرهای مستقل و وابسته تقسیم کرد که بر این اساس وزن روی مته، جریان ورودی به چاه و میزان چرخش لوله‌ی حفاری در دقیقه متغیرهای مستقل و نرخ حفاری و فشار خروجی پمپ متغیرهای وابسته‌اند. باید توجه داشت که متغیرهای وابسته تابعی از وزن روی مته و جریان ورودی به چاه هستند.

■ بهترین حالت کنترل هرزروی متغیرهای حفاری، کنترل مقدار اعمال وزن روی مته، جریان ورودی به چاه و سرعت حفاری است.

■ میزان هرزروی، رابطه‌ی مستقیم با فشار پمپ و نرخ جریان دارد. همچنین با توجه به اینکه فشار پمپ و نرخ جریان تأثیر مستقیمی بر میزان تمیزسازی چاه دارند جهت تمیزسازی مناسب چاه و در عین حال کنترل هرزروی لازم است با توجه به نواحی مشخص شده، جریان ورودی به چاه را به گونه‌ای کنترل کرد که علاوه بر کاهش هرزروی، تمیزسازی چاه نیز به صورت بهینه انجام شود.

■ با توجه به دو برنامه‌ی گل حفاری پیشنهاد شده، بهترین انتخاب برای مدیریت هرزروی و افزایش سرعت حفاری، استفاده از آب دریا به عنوان سیال اصلی و تمیزسازی چاه در نواحی مختلف زمین‌شناسی است.

■ به دلیل وزن بیشتر گل پایه بنتونیتی نسبت به آب دریا و افزایش وزن در حین حفاری (در اثر وجود خرده‌های حفاری زیاد و هزینه‌ی بیشتر آن) استفاده از این نوع گل پیشنهاد نمی‌شود.

■ بهترین گزینه برای استفاده در این حفاره، استفاده از ژل قبل هیدراته شده (PHG) جهت دیواره‌سازی و تمیزسازی چاه مناسب است.

■ مقدار هرزروی با فشار شکاف رابطه‌ی عکس دارد. بنابراین هر جا فشار شکاف کمتر باشد مقدار هرزروی بیشتر خواهد بود. ■

پانویس‌ها

¹ jafari3760@gmail.com

² LCM

³ permian & triassic

⁴ Insert bit

⁵ WOB

⁶ ROP

⁷ RPM

⁸ flow in

⁹ complete loss

منابع

- [1] بهمنی، حیدر، اصول مهندسی و عملیات کنترل فوران و مهار چاه‌های نفت و گاز تهران، پارک علم و فن آوری دانشگاه تهران، ۱۳۹۰
- [2] George E. Totten Victor J. De Negri "Handbook of Hydraulic fluid technology" Taylor and France grop, 2011, London.
- [3] Darly H., and Gray, R., 1988. Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids, Gulf Publishing Company, Fifth Edition, Houston, London, Paris, Tokyo, PP 435454-.
- [4] Davidson E., "Control of Circulation in Fractured Limestone Reservoir," IAD/SPE, 2000, p. 9.
- [5] Fidan, E., Halliburton, Babadaghi. T., 2004. Use of Cement as Lost Circulation Material-Field Case Studies, paper SPE/IADS 88005 Presented at the IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology Conference and Exhibition held in Kuala Lumpur, Malaysia, 1315- September.
- [6] بهادری، ابودر، خبیری، فرشید، طراحی سیال حفاری مناسب جهت کاهش میزان تخریب سازند، نشریه‌ی اکتشاف و تولید، تیر ۱۳۸۸، دوره‌ی ۳، شماره‌ی ۴۷
- [7] S. A. F. K. Cole R., "A new environmentally safe cross linked polymer for fluid-loss control," SPE 29525, 1985.
- [8] مؤذنی، علیرضا، نبی، محمد، استفاده از هوش مصنوعی جهت پیش‌بینی مقدار هرزروی سیال حفاری در میدان نفتی مارون، مجله‌ی فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد، زمستان ۱۳۸۸، شماره‌ی ۳
- [9] Daccord, G. Cement-Formation Intraction, Houston: Schlumberger, 2006
- [10] Sadegholvad, M. J., Faghieh, A., 2007 -Age and microfacies of the Jahrum Formation, Zagros mountains, Iran, Geophysical Research Abstracts, Vol. 9: 120129-.
- [11] Lasemi Y. 1995. Platform carbonates of the Upper Jurassic Mozduran Formation in the Kopet Dagh Basin, NE Iran-facies, palaeoenvironments and sequence: Sedimentary Geology, v. 99: 151 - 164.
- [12] گزارش‌های روزانه‌ی سیال حفاری چاه‌های مورد مطالعه، شرکت‌های scmi و mi
- [13] گزارش‌های روزانه‌ی مربوط به عملیات حفاری و گزارش نهایی چاه‌های حفاری تهیه شده توسط شرکت‌های پرتو گوهر فراساحل کیش و پتروپارس