



مطالعه امکان سنجی نتایج حاصل از حفاری فروتعدالی سازند آسماری در یکی از میادین نفتی ایران

مهدیه هاشمی^۱ ■ شرکت پارس پترو زاگرس

پیام کاووسی^۲ ■ شرکت نفت فلات قاره ایران

چکیده

روش حفاری در مخازن هیدروکربنی اغلب سنتی یا فراتعدالی است. این روش حفاری معایبی به همراه دارد. از این رو از سال ۱۹۸۸ تاکنون، حفاری فروتعدالی به عنوان راه حلی برای برطرف نمودن معایب حفاری فراتعدالی به اجرا درآمده است. در این مقاله سعی شده است که با بررسی و ارزیابی نتایج حاصل از حفاری فروتعدالی سازند آسماری یکی از میادین واقع در فروافتادگی دزفول، روش یاد شده مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. نتایج حاصل از بررسی‌های انجام شده در میدان مورد مطالعه نشان می‌دهد که در حفاری فروتعدالی نسبت به فراتعدالی، سرعت حفاری، عمر مفید مته و نرخ نفوذ مته افزایش یافته و هزینه و زمان کاهش می‌یابد.

حفاری فروتعدالی، حفاری فراتعدالی، نرخ نفوذ مته، هرزروی گل

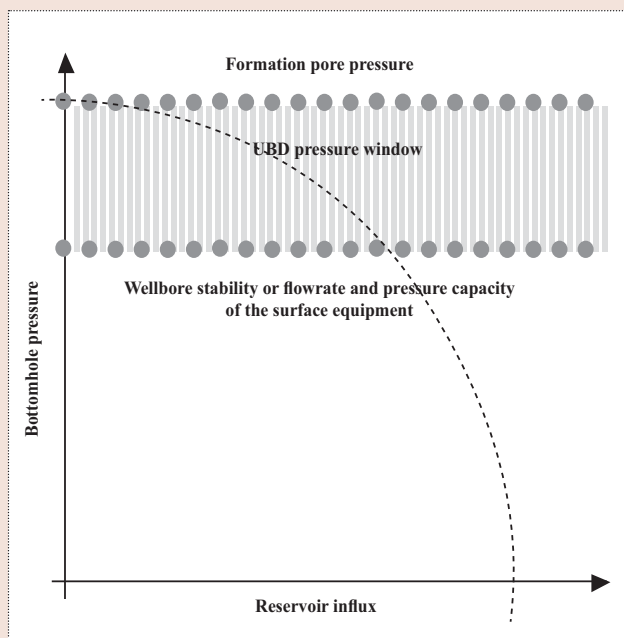
واژه‌های کلیدی

مقدمه

اغلب اوقات، حفاری و تکمیل چاه‌ها به روش فراتعدالی انجام می‌شود، ولی بیش از نیم قرن است که روش‌های متفاوت حفاری فروتعدالی نظیر حفاری با هوا، حفاری با گل هوا زده و... مورد توجه و استفاده قرار گرفته است. با این وجود، حفاری فروتعدالی به شکل جدید، با ابداع دستگاه فوران گیر دورانی از سال ۱۹۸۸ در دریای شمال آغاز گردیده است [۴]. در این روش، فشار سیال حفاری در محل تماس با سازند، کمتر از فشار مؤثر سیال سازند در نظر گرفته شده و اجازه داده می‌شود در قسمت‌هایی که پایه نواحی تولیدی مخزن شناخته می‌شوند، جریان نفت، آب یا گاز که ممکن است در توده سنگ موجود باشند به درون چاه راه یابند. این سیالات به همراه سیال حفاری در گردش، به سطح منتقل می‌شوند [۲]. از مزیت‌های حفاری فروتعدالی می‌توان به افزایش سرعت حفاری و در پی آن کاهش هزینه‌ها، بالا رفتن توان حفاری در سازندهای مشکل ساز و محافظت از یک ناحیه نفتی به واسطه صدمه سیال حفاری اشاره نمود.

۱. زمین شناسی میدان

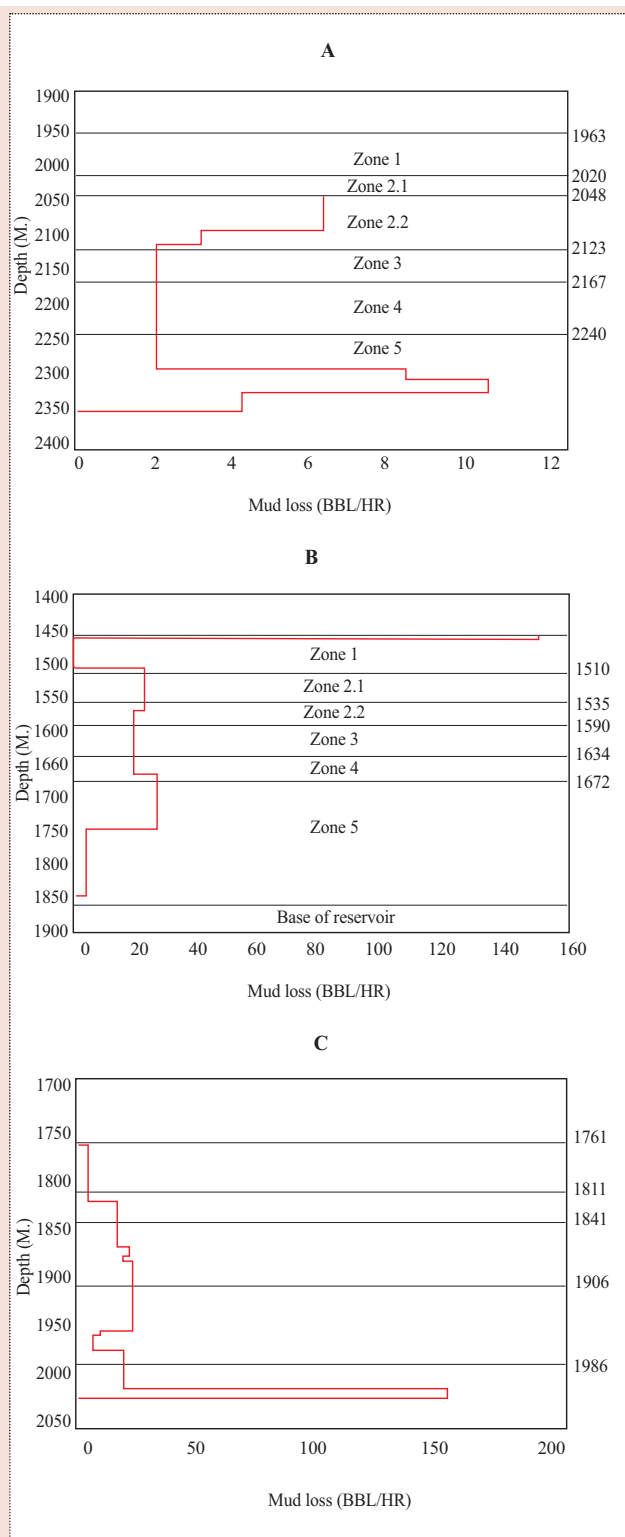
میدان نفتی مورد مطالعه از روند زاگرس در ناحیه فروافتادگی دزفول پیروی می‌کند. در این میدان لیتولوژی غالب در مخزن آسماری، سنگ آهک، شیل و دولومیت است. بر اساس خصوصیات سنگ‌شناسی و پارامترهای مخزنی، سازند آسماری به ۵ زون مخزنی تفکیک می‌شود که در این میدان، بخش‌های آسماری بالایی، میانی و تحتانی گسترش خوبی را



شکل ۱ | محدودیت فشار حفاری فروتعدالی

^۱ hashemi_geologist@yahoo.com

^۲ payam.kavousi@gmail.com



۲ | A: تغییرات حجم هرزروی گل در حفاری فروتعدالی سازند آسماری، B و C: حجم هرزروی گل در حفاری فرتعدالی سازند آسماری

نشان می‌دهند. شرایط زمین‌شناسی یک منطقه شامل سنگ‌شناسی، مقاومت سنگ‌ها، نوع سیال موجود در فضاها، فشار، تراوایی سازند و وضعیت تنش وارد بر سنگ‌ها می‌باشد. عوامل فشارشی و کششی سبب بروز شکستگی می‌شوند. این امر به نوع سنگ، ضخامت لایه‌ها، فشار، حرارت و فاکتورهای زمانی بستگی دارد. فعال بودن رژیم تکتونیکی و مقاطع ترسیم شده در این میدان، مؤید وجود شکستگی‌های متعدد در مخزن آسماری است. سیستم شکستگی در قسمت ستیغ مخزن گسترش خوبی دارد. در قسمت شمال‌غربی، حضور لایه‌های شیلی سبب قطع‌شدگی ارتباط عمودی مخزن شده است. باتوجه به تجمع شکستگی‌ها در سازند آسماری، پدیده هرزروی گل به شدت دیده می‌شود.

۲. انتخاب روش مناسب حفاری در مخزن

اگرچه برای هر نوع سنگ، انواع مختلف سیال حفاری می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، اما بعضی از این سیالات برای افزایش سرعت حفاری در سنگ‌های خاص، پتانسیل بالایی دارند. به‌طور معمول سیالات حفاری سبک‌تر برای حفاری در سنگ‌های سخت با سرعت بیشتر، پتانسیل بالاتری دارند. بنابراین در صورت نبود مشکل خاص، استفاده از این سیالات در اولویت قرار دارد.

هم‌چنان که گفته شد، در این مقاله داده‌های مربوط به چاه‌های یکی از میداین واقع در فرفاوندگی دزفول مورد مطالعه قرار گرفته است. بر اساس اطلاعات و گزارش‌های موجود، در این میدان برای تعیین کم‌ترین وزن گل قابل استفاده در حالت پایداری چاه، از آنالیزهای پایداری چاه پیرامون شرایط حفاری فروتعدالی استفاده شده است. هم‌چنین سرعت حفاری و به‌دنبال آن، افزایش عمر مته در شرایط حفاری فروتعدالی نیز مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت، اطلاعات به دست آمده با اطلاعات زمین‌شناسی سازند مخزنی مقایسه شده است. منابعی که برای تعیین چگونگی گسترش و شناخت وضعیت شکستگی سازند آسماری به کار رفته‌اند عبارتند از: مغزه، مقطع نازک، نتایج هرزروی گل و در نهایت ارزیابی لاگ‌های پتروفیزیکی.

لازم به ذکر است که دلیل اصلی انتخاب روش حفاری فروتعدالی در میدان مورد مطالعه، افت ناگهانی فشار در عمق ۲۵۵۷ متری است. به‌دنبال این افت، فشار در ناحیه یاد شده به ۲۲۷۶ پام رسیده است.

برای اجرای عملیات حفاری فروتعدالی، فشار ته چاه باید در محدوده فشار شکست سازند و فشار منفذی سازند باشد (شکل ۱). هم‌چنان که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، مرز پایینی مربوط به پایداری چاه یا ظرفیت سرعت جریان است.

در طی حفاری فروتعدالی، رفتار فازها در داخل چاه بسیار پیچیده بوده و پارامترهای متعددی بر آن دخیل است. به‌منظور انتخاب حفاری فروتعدالی، بر روی دو چاه از این میدان، آنالیزهای پایداری انجام شده است. میزان حجم هرزروی گل در زون‌های مختلف مخزن سازند آسماری و مقایسه موردی نتایج حاصل از دو چاه حفاری شده به روش فرتعدالی با یک چاه فروتعدالی (شکل ۲)، مؤید این نکته است که در جریان حفاری فروتعدالی، حجم هرزروی گل تا حد زیادی کنترل گردیده و مخزن دچار آسیب کم‌تری شده است.



به همین دلیل با استفاده از حفاری فروتعدالی، می‌توان نرخ نفوذ را افزایش داد (جدول ۱). همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، رابطه بین نرخ نفوذ و اختلاف فشار لایه مورد مطالعه خطی است. همچنین در جاهایی که از فشار فراتعدالی گل استفاده شده، نرخ نفوذ مته نیز کاهش یافته است (شکل ۳).

مطالب گفته شده نشان می‌دهند که در سازندهای دارای سنگ سخت، نرخ نفوذ پایین است. از این‌رو، استفاده از حفاری فروتعدالی در این گونه سازندها می‌تواند بسیار مؤثر باشد. افزایش نرخ نفوذ مته می‌تواند بعضی از هزینه‌های اضافی حفاری فروتعدالی را جبران کند. به‌علاوه به حداقل رساندن هرزروی گل در عملیات حفاری فروتعدالی، نرخ نفوذ را بهبود بخشیده و زمان حفاری را کاهش می‌دهد.

نتیجه گیری

۱. نتایج حاصل از بررسی‌های انجام شده در میدان مورد مطالعه مؤید بالارفتن سرعت حفاری، افزایش عمر مفید مته، افزایش نرخ نفوذ مته، کاهش هزینه‌ها و زمان در حفاری فروتعدالی نسبت به حفاری فراتعدالی است.

۲. در سازندهای دارای سنگ سخت، نرخ نفوذ پایین است؛ در این سازندها استفاده از حفاری فروتعدالی می‌تواند بسیار مؤثر باشد.

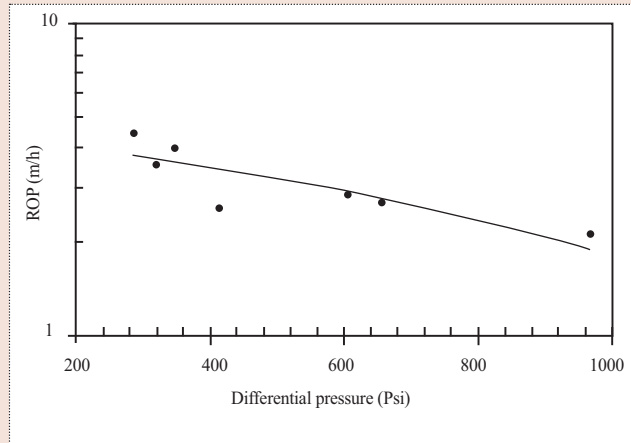
۳. با توجه به این‌که لیتولوژی غالب سازند مخزن آسماری در میدان مورد مطالعه، سنگ آهک بسیار سخت و دولومیت است، بنابراین یکی از مشکلات عمده حفاری فراتعدالی این مخزن، هرزروی گل و آسیب پیشرونده به سازند مخزنی است. از این‌رو حفاری فروتعدالی بهترین روش برای کنترل چاه و کاهش آسیب‌دیدگی مخزن است.

۴. در برخی میداین جنوب ایران، بخش کلهر با فشار بسیار بالایی در سازند آسماری دیده می‌شود؛ حفاری فروتعدالی در این نقاط بسیار خطرناک است. بنابراین قبل از انجام حفاری فروتعدالی باید از سازندها و فشار سازندی در میدان مورد نظر شناخت دقیقی حاصل شود.

۵. در چاه‌های افقی به‌دلیل این‌که باید مشخصات دقیق محل حفاری از جمله: مختصات، زاویه انحراف چاه، شیب، آزیموت و ... مشخص باشد، استفاده از سیستم گردش گل و به‌دنبال آن، ثبت لحظه‌ای داده‌های الزامی است؛ بنابراین در این‌گونه چاه‌ها، حفاری فروتعدالی پیشنهاد نمی‌گردد.

منابع

- [1] Bork, K., 1995, (The Rotary Rig and its Components, Petroleum Extension Services, Volumes 1, 2, 3, 8 and 9, the University of Texas at Austin, USA.
- [2] Guo, B. and Ghalambor, A., 2002, ("An Innovation in Designing Under Balanced Drilling Balanced Flow, Rates: A Gas – Liquid Rate Window (GLRW) Approach", Asia Pacific Drilling Technology Conference, SPE Paper, 77237.
- [3] Lynch, P. F., 1981, (A Primer in Drilling and Production Equipment, Gulf Publishing Company, Houston, Texas.
- [4] Supan, S. B. and Adewumi, M. A., Sept. 1991, ("An Experimental Study of the Annulus Pressure Drop in a Simulated Air- Drilling Operation", SPE Drilling & Completion Journal.



شکل ۳ | نرخ نفوذ مته در مقابل اختلاف فشار در لایه ۱ از سازند آسماری میدان مورد مطالعه

جدول ۱ | نرخ نفوذ برای اختلاف فشارهای متفاوت در لایه ۱ سازند آسماری

اختلاف فشار (psi)	نرخ نفوذ (m/h)
۶۵۶/۴	۲/۶۷
۲۸۷	۴/۴۹
۶۰۷/۱	۲/۸۳
۴۱۴/۴	۲/۵۵
۳۴۹/۷	۴
۳۲۱/۷	۳/۵۲
۹۶۹/۱	۲/۱۱

در حفاری با گل‌های سنگین، نرخ نفوذ پایین است؛ دلیل این امر این است که در نتیجه وزن گل، کنده‌های حفاری به‌راحتی از زیر مته خارج نمی‌شوند؛ همچنین بر اثر نیروی شناوری به‌وجود آمده توسط گل سنگین، تماس مته با سازند به خوبی برقرار نمی‌شود [۳]. اما در گل‌های سبک، علاوه بر کاهش نیروی شناوری، کنده‌های حفاری نیز از زیر مته بهتر خارج می‌شوند؛ از این‌رو با بهبود این دو عامل، سرعت حفاری افزایش می‌یابد. البته یادآور می‌شود که با توجه به شرایط عملیاتی، ممکن است که سرعت حفاری تا میزان محدودی (بین ۲ تا ۱۰ برابر) افزایش یابد. در نتیجه شرایط به‌وجود آمده، روان‌کاری و روغن‌کاری مته و خنک‌شدن آن نیز بهتر صورت می‌گیرد، بنابراین عمر مته زیاد می‌شود [۱].

سازند آسماری در لایه‌ها و میان لایه‌ها دارای شیل است، ولی این سازند در مجموع از سنگ‌های سخت و فشرده تشکیل شده‌است؛ در نتیجه به‌طور متوسط، نرخ نفوذ در سازند آسماری تقریباً پایین است. افزایش نرخ نفوذ به اختلاف فشار بین فشار هیدرواستاتیک گل حفاری و فشار سازندی ته چاه بستگی دارد.