

بررسی ریختگی‌های سازند سروک در یکی از تاقدیس‌های نفتی غرب

محسن شورا^{*}، مسعود عباسی، شرکت مهندسی و توسعه سروک آذر ■ مهدی یوسفی، دانشگاه بیرجند

چکیده

نمودارهای قطر سنجی در چاه شماره ۰۱۸ واقع در یکی از میدان‌های نفتی غرب نشان می‌دهد که افزایش قطر و ریزش‌های سازند سروک بالایی در بازه‌های عمقی ۴۱۰۰ تا ۴۱۸۰ متری و به‌طور واضح‌تر، در حد فاصل اعماق ۴۳۱۰ تا ۴۴۰۰ متری رخ داده است. بررسی مقاطع نازک میکروسکوپی و تفسیر رخساره‌های سنگی فلوتستون تا رودستونی و آهک‌های پکستونی نشان می‌دهد که در بخشی از دیواره چاه که ریزش‌ها اتفاق افتاده‌اند، فابریک سنگ‌ها دانه‌ای تر هستند و همچنین میزان تخلخل، توسعه ریز ترک‌ها و استیلولیت‌ها، پدیده‌هایی چون دولومیتی شدن، تبلور مجدد و انحلال در این بازه‌های عمقی افزایش یافته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که در اکثر چاه‌های میدان مورد مطالعه، عمده ریختگی‌ها در آهک‌های رسی حدفاصل بین بخش چرتی تا شروع عضو احمدی ایجاد شده‌اند. وجود محتوای مواد آلی زیاد و ناخالصی‌های رسی در توالی یاد شده مانع از درجه سنگ‌شدگی بالا می‌شود و در نتیجه، استحکام پایین و به تبع آن، وجود منافذ پُر فشار در فابریک سنگ را باعث می‌شود که این مورد به‌شدت مقاومت برشی سنگ را پایین می‌آورد و سبب گسترش ریزش‌ها می‌شود. در میدان مورد مطالعه بین میزان بروز ریزش‌ها و مقادیر بالای شاخص شکنندگی ارتباط مستقیم وجود دارد. به علت افزایش قطر چاه‌ها در راستای تنش کمینه در طی پدیده ریختگی‌ها و با تحلیل نتایج بدست آمده از محاسبه جهات تنش‌های برجای کمینه در میدان مورد مطالعه، به احتمال زیاد این افزایش قطر در چاه ۱۸ در راستای آزمون‌های N۱۴۰ و N۳۲۰ رخ داده است.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۸/۰۴/۱۶
تاریخ ارسال به داور: ۹۸/۰۴/۲۱
تاریخ پذیرش داور: ۹۸/۰۵/۱۸

واژگان کلیدی:

ریختگی سازندی، رخساره رسوبی، شاخص شکنندگی، میدان نفتی

مقدمه

یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در حفاری چاه‌های نفتی، پدیده ریزش‌های درون سازندی و ناپایداری دیواره‌ها می‌باشد. توسعه این ریزش‌ها سبب بروز مشکلاتی از قبیل گیرکردن رشته حفاری و لوله‌ها، افزایش قطر چاه، افزایش میزان هرزروی سیالات حفاری، افزایش هزینه‌های حفاری و ... می‌گردد. رفتار مکانیکی سنگ‌های کربناته عمدتاً تابع جنس و ترکیب شیمیایی سنگ، ضرایب الاستیک [۸]، شاخص شکنندگی [۱۰]، اندازه دانه‌ها، میزان سنگ‌شدگی، توسعه شکستگی‌ها و ریز ترک‌ها و همچنین، تشکیل سطوح آسیب‌پذیری همانند استیلولیت و رگه‌های انحلالی می‌باشد. در چاه‌های واقع در یکی از تاقدیس‌های نفتی غرب کشور شاهد بروز ریزش‌ها در سازند مخزنی سروک بالایی هستیم. در این مطالعه و به‌طور مشخص در یکی از چاه‌های این میدان نفتی، توسعه ریزش‌ها با استفاده از تحلیل داده‌های حفاری نظیر گرافیک‌های چاه، نقشه‌های هم‌ضخامت و تراکم شکستگی‌ها، مقاطع نازک و نمودار تصویرگر و داده‌های شاخص شکنندگی بررسی می‌شود و دلایل توسعه این ناپایداری‌ها و همچنین پیشنهادهایی کاربردی جهت رفع مشکل فوق بیان می‌گردد.

۱- موقعیت زمین‌شناسی

تاقدیس مورد مطالعه در مجاورت مرز غرب ایران با کشور عراق، در جنوب تاقدیس اناران و شمال غرب میدان دهلران قرار دارد (شکل-۱). این تاقدیس از دیدگاه ساختاری در محدوده شمال غربی فروافتادگی دزفول و زیر پهنه دزفول شمالی قرار دارد. از نظر هندسه ساختاری، تاقدیس مورد مطالعه از نوع نامتقارن و دارای امتداد کلی شمال غرب- جنوب شرق بوده که هم‌روند با چین خوردگی عمومی کوهزاد زاگرس می‌باشد. رخنمون سطحی این میدان، سازند آغاچاری است و سازندهای گچساران، آسماری، گروه بنگستان در این میدان حفاری می‌شوند. چاه شماره ۱۸ در یال شمال شرقی و کم‌شیب‌تر تاقدیس مورد مطالعه قرار دارد. سازند مخزنی سروک بالایی در این میدان نفتی با ضخامتی در حدود ۳۰۰ تا ۳۱۰ متر از بالا به پایین شامل توالی‌های کربناته حاوی آهک‌های تمیز سفید و کرم‌رنگ، آهک قهوه‌ای روشن سخت تا نیمه‌سخت در مواردی کمی رسی، تاحدی دولومیتی، یک لایه شیلی سبز خاکستری نازک با ضخامت حدود ۲-۳ متر موسوم به شیل بی‌نام (No name shale)، آهک‌های دولومیتی و بعضاً

* نویسنده‌ی عهد‌دار مکاتبات (Mohsen_shourab17@yahoo.com)

شماره ۰۱۸ در محدوده برداشت ژئوفیزیکی میدان قرار ندارد و به علت نبود مقطع لرزه‌نگاری بازتابی عمود بر این چاه و همچنین، بررسی نقشه کانتور زیرسطحی (UGC MAP) سروک پایینی که آثاری از عبور خطواره‌ی گسلی در محدوده این چاه را نشان نمی‌دهند و نیز با توجه به تراکم پایین شکستگی‌ها در محدوده این چاه (شکل-۳)، با قاطعیت نمی‌توان از وجود گسل و ایجاد پهنه خرد شده مسبب ریزش‌ها در این چاه صحبتی به‌میان آورد.

۲- روش مطالعه

۲-۱- بررسی ریزش‌ها در تاق‌دیس مورد مطالعه

بررسی نمودار قطری در چاه ۰۱۸ در میدان مورد مطالعه نشان می‌دهد که در مقطع ۴۱۰۰ تا ۴۱۸۰ متری و به‌طور واضح‌تر، در حد فاصل ۴۳۱۰ تا ۴۴۰۰ متری، افزایش قطر به خصوص در یکی از سه بازوهای نمودار قطری رخ داده است (شکل-۲).

۲-۲- دلایل ریزش‌ها در تاق‌دیس مورد مطالعه

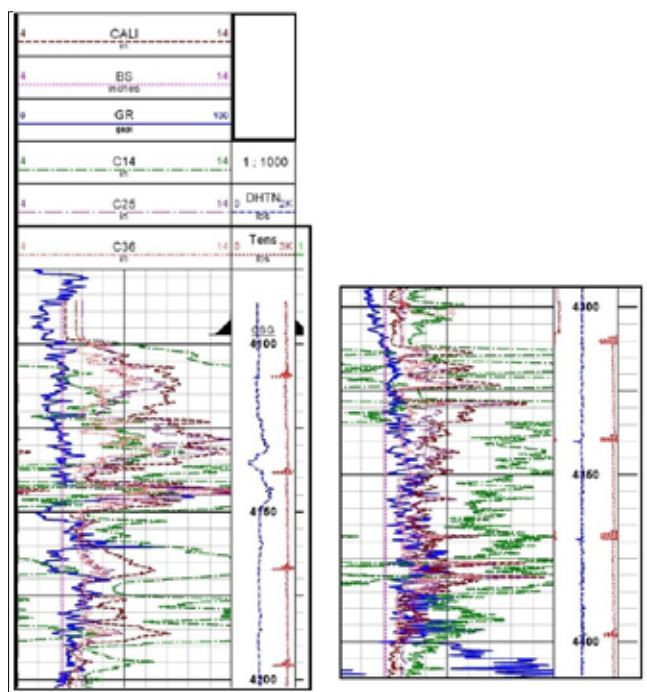
۲-۲-۱- مواجهه مسیر چاه با صفحه گسل

یکی از دلایل ریزش‌های درون‌سازندی در چاه‌ها می‌تواند مواجهه مسیر چاه با صفحات گسلی باشد. گسل‌ها در طبیعت پهنه‌های خرد شده را ایجاد می‌کنند که در این حالت، نزدیکی به گسل، با تراکم بیشتر در شکستگی‌ها همراه است. با توجه به اینکه چاه

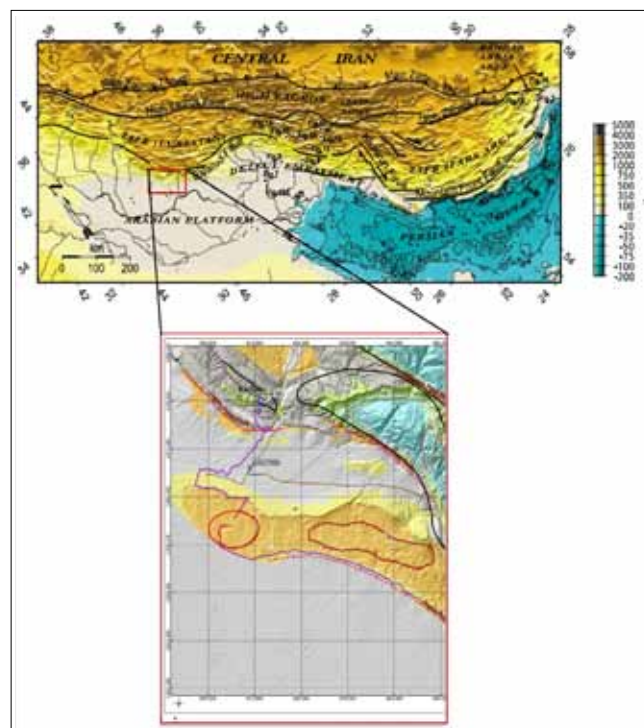
۲-۲-۲- تأثیر خصوصیات سنگ‌شناسی و تغییرات رخساره‌ای بر

میزان ریزش دیواره چاه در بخش‌هایی از سازند سروک بالایی

بر اساس مطالعه مقاطع میکروسکوپی تهیه شده از مغزه‌های حفاری میدان نفتی مورد مطالعه و همچنین توصیفات ماکروسکوپی مغزه‌های حفاری نظیر بافت و ساخت‌های رسوبی و غیره... تعداد ۱۰ میکروفاسیس^۱ اصلی در سازند سروک شناسایی گردید. بررسی این رخساره‌ها بر پایه مدل‌های استاندارد تشخیص محیط‌های رسوبی کربناته [۹،۳] و همچنین، فقدان تغییرات تدریجی رخساره‌ها و عدم گسترش رخساره‌های ریفی با تنوع زیاد نشان می‌دهد که محیط رسوبگذاری سازند سروک یک پلاتفرم کربناته شلف^۲ با پنج کمر بند رخساره‌ای اصلی به شرح



شکل ۲ | مقطع ۴۱۰۰ تا ۴۱۸۰ متری گرافیک چاه شماره ۱۸ میدان مورد مطالعه که افزایش قطر در آن مشهود است. همچنین در حد فاصل ۴۳۱۰ تا ۴۴۰۰ متری افزایش قطر به خصوص در یکی از سه بازوی نمودار قطری رخ داده است



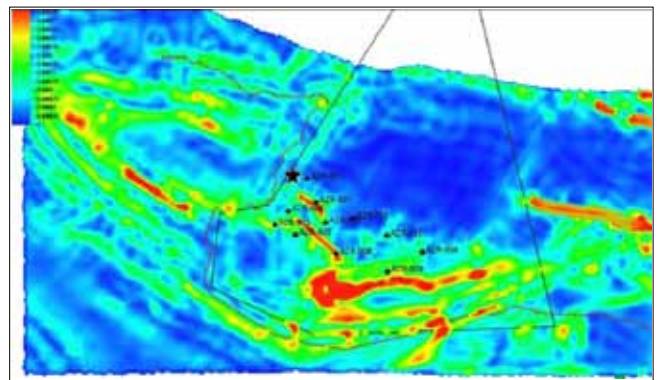
شکل ۱ | موقعیت کمر بند کوهزایی زاگرس (منطقه مورد مطالعه در فراافتادگی دزفول شمالی با رنگ قرمز نشان داده شده است)

۱۸ واقع در بخش میانی تاقدیس مورد مطالعه در دو بازه ۴۱۰۰-۴۱۸۰ متری (شکل-۴) رخساره‌ها عمدتاً شامل فلوتستون تا رودستون با گسترش محدود و میان‌لایه‌هایی از آهک‌های وکستونی تا پکستونی مربوط به شلف داخلی، بایوکلاست پلویید گریستونی و آهک‌های پکستونی دولومیتی حاوی اکینودرم مربوط به محیط شلف داخلی دور از ساحل تا شلف میانی هستند که با پیشروی ناگهانی آب دریا به‌طور مقطعی و با ضخامت کم، رخساره عمیق وکستون تیره‌رنگ با اسپیکول‌های اسفنج و محتوای آلی زیاد مربوط به شلف بیرونی مشاهده می‌شوند. با پیشروی سریع سطح آب دریا مجدداً رخساره‌های کم‌عمق شلف داخلی نزدیک به ساحل، آنگال پکستون‌های دارای فورامینفرهای بنتیک و قطعات دوکفه‌ای مشاهده می‌شوند. با توجه به افزایش میزان ریزش دیواره چاه در این فاصله طی عملیات حفاری، می‌توان به موارد زیر به عنوان عوامل موثر بر توسعه ریزش‌ها اشاره کرد: نسبت به بخش‌های بالایی، رخساره‌های این فواصل از لحاظ فابریک سنگ دانه‌ای تر^۸ شده است؛ همچنین میزان تخلخل، توسعه ریزترک و پدیده‌هایی چون دولومیتی شدن، تبلور مجدد و انحلال که منجر به افزایش میزان تخلخل و اشباع شدن از آب سازندی می‌شود، افزایش یافته است. تشکیل زیاد استیلولیت‌ها و رگه‌های انحلالی و در مواردی افزایش میزان ناخالصی رسی نیز باعث کاهش مقاومت برشی سنگ و ریزش در دیواره چاه در حدفاصل اعماق ۴۱۰۰-۴۱۸۰ شده است. در حد فاصل ۴۳۱۰ تا ۴۴۲۰ متری سازند سروک بالایی که شاهد بیشترین ریزش و افزایش قطر دیواره چاه هستیم، رخساره تشکیل‌دهنده توالی‌های کربناته، عمدتاً رخساره بنتیک فورامینفر کلسی اسفر وکستون تا پکستون گل غالب می‌باشد که مربوط به محیط شلف بیرونی عمیق یا دریای باز هستند. این رخساره رنگی تیره دارد که حاکی از وجود مقادیر زیادی مواد آلی و ناخالصی رسی در فابریک سنگ است. در این بازه عمقی، عمده‌ترین قطعات اسکلتی شامل کلسی اسفر، فورامینفرهای پلانکتونیک، اسپیکول اسفنج و خرده‌های اکینوئید هستند که در زیر سطح طوفانی امواج^۹ در محیطی کاملاً آرام نهشته شده‌اند و این محیط آرام و کم‌انرژی، شرایط مناسبی را برای حفظ مواد آلی فراهم آورده است. لیتولوژی غالب این رخساره در چاه شماره ۱۸، سنگ‌آهک تا آهک آرژیلی خاکستری تیره و قهوه‌ای تاریک، نیمه‌سخت و شکننده با محتوای آلی فراوان می‌باشد (در نمونه‌های حل شده در اسید، بیشتر مواد آلی آن قابل

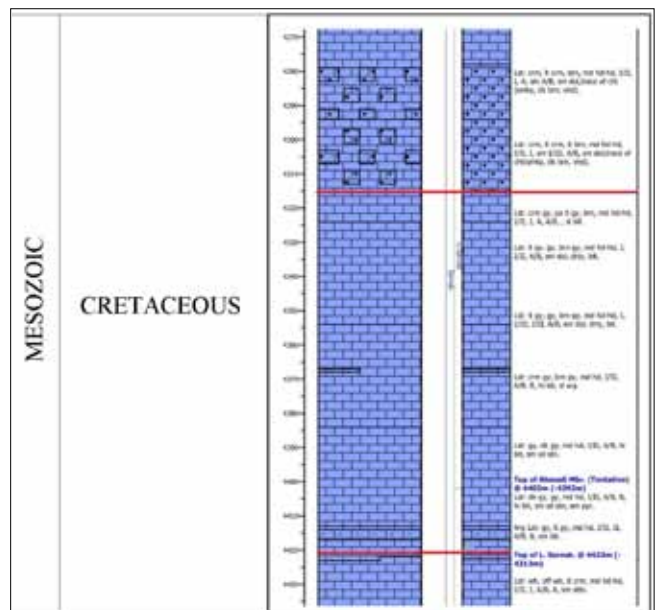
زیر می‌باشد:

۱. شلف داخلی نزدیک به ساحل^۳
۲. شلف داخلی دور از ساحل^۴
۳. شلف داخلی دور از ساحل تا شلف میانی^۵
۴. شلف میانی^۶
۵. شلف بیرونی^۷

همان طور که اشاره شد ریزش‌های درون‌سازندی در چاه شماره



۳ نقشه هم‌انحنا و تاثیر آن بر تراکم شکستگی‌ها در محدوده چاه شماره ۱۸
 میدان مورد مطالعه (ستاره مشکی رنگ). نقاط با تمرکز بیشتر شکستگی با خطوط قرمز نشان داده شده‌اند. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود، موقعیت چاه در محدوده تمرکز کمتر شکستگی قرار دارد



۴ گرافیک و ستون چینه‌شناسی چاه شماره ۱۸ در میدان مورد مطالعه. تغییر رخساره از آهک مارتی و آرژیلی به آهک تمیز در بالا و پایین بخشی که افزایش قطر در آن رخ داده است. در عمق ۴۳۱۰ تا ۴۴۲۰ (حد فاصل خطوط قرمز رنگ) رخساره آهک آرژیلی است ولی در بالا و پایین آن رخساره سنگی به شکل آهک‌های تمیز وجود دارد

فرمول زیر را برای محاسبه شاخص شکنندگی پیشنهاد دادند [۶] :

$$B = 50\% \times \left(\frac{E_{min} - E}{E_{min} - E_{max}} + \frac{v_{max} - v}{v_{max} - v_{min}} \right)$$

مطالعات قبلی نشان می‌دهند که فواصلی از سنگ با نسبت بالایی از شاخص شکنندگی، بیشتر در معرض شکستگی‌های طبیعی و همچنین شکستگی‌های القایی مصنوعی هستند. در چاه‌های واقع در میدان مورد مطالعه، با استفاده از تلفیق نمودارهای مخزنی از جمله نمودارهای قطر چاه، نمودارهای صوتی، نمودارهای گاما و غیره، شاخص شکنندگی برای سازند مخزنی سروک با مقادیر متغیر ۰ تا ۱ محاسبه گردید (شکل-۵) و فواصل مستعد شکستگی و ریزش‌ها با اصطلاحاتی از قبیل نیمه پلاستیک^{۱۱}، شکنندگی کم^{۱۲}، شکنندگی متوسط^{۱۳}، شکنندگی زیاد^{۱۴} و شکنندگی خیلی زیاد^{۱۵} معرفی شدند. میانگین شاخص شکنندگی در همه بخش‌های میدان مورد مطالعه بین مقادیر ۰.۳۴ تا ۰.۵۸ متغیر می‌باشد.

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در همه چاه‌های تاقدیس مورد مطالعه، سازند مخزنی سروک از نوع سنگ بسیار شکننده نمی‌باشد؛ هرچند در درون سازند سروک بخش‌هایی وجود دارد که در آن، شکنندگی یا ریزش‌های زیادی توسعه یافته است. مقایسه نمودارهای شاخص شکنندگی و نمودارهای قطر چاه حاکی از آن است که در اکثر چاه‌های این میدان حد فاصل چرت‌های سازند سروک بالایی و عضو آرژیلی احمدی، بیشترین ریزش و افزایش قطرها و همچنین، بیشترین مقادیر شاخص شکنندگی مشاهده می‌شود. لذا نتایج نشان می‌دهد که در این میدان رابطه مستقیم بین شاخص شکنندگی و افزایش ریزش‌ها وجود دارد (شکل-۶).

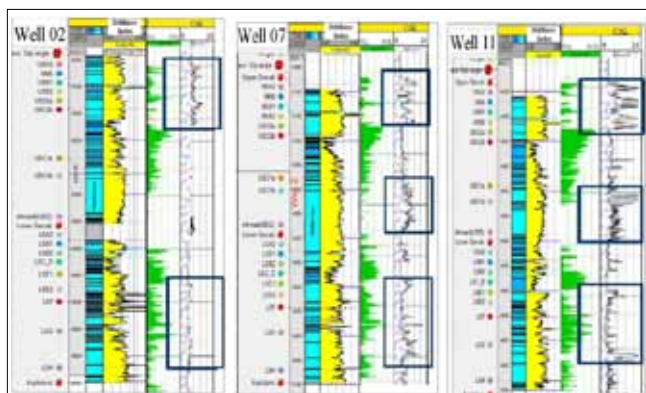
جدایش می‌باشد). در نمودار گامای طبیعی این چاه نیز افزایش میزان API به دلیل افزایش زیاد مواد آلی (مواد آلی دارای عناصر رادیو ایزوتوپی طبیعی هستند) و ناخالصی رسی این موضوع را تأیید می‌کند. وجود محتوای مواد آلی زیاد و ناخالصی‌های رسی در توالی یاد شده مانع از درجه سنگ‌شدگی بالا می‌شود و در نتیجه، استحکام پایین و به تبع آن، وجود منافذ پرفشار در فابریک سنگ را باعث می‌شود که این مورد، به شدت مقاومت برشی سنگ را پایین می‌آورد و سبب گسترش ریزش‌ها می‌شود.

۲-۳- تأثیر شاخص شکنندگی^{۱۰} بر توسعه ریزش‌ها

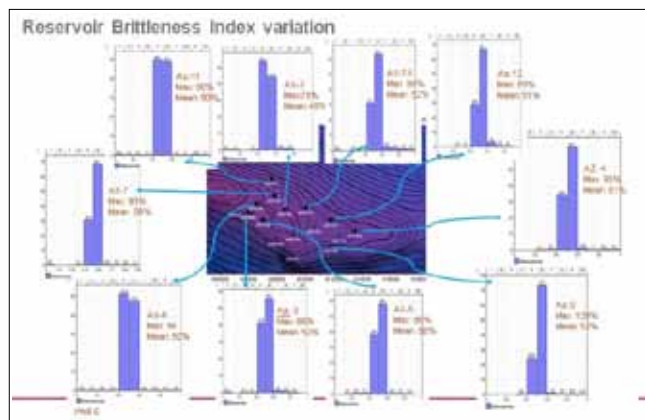
پارامتر شکنندگی معمولاً برای تشخیص پتانسیل توسعه شکستگی‌های طبیعی و القایی احتمالی در سنگ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و با شاخص شکنندگی (B) معرفی می‌گردد [۱۰]. شاخص شکنندگی در صنایع معدنی به صورت نسبت مقاومت فشارشی تک‌محوره (σ_C) به مقاومت کششی (σ_T) معرفی شده است [۱۱]. فرمول‌های زیر برای محاسبه میانگین شاخص شکنندگی مورد استفاده قرار می‌گیرند:

$$B = \frac{\text{compressive strength}}{\text{tensile strength}} = \frac{\sigma_C}{\sigma_T} \quad B = \frac{\sigma_C - \sigma_T}{\sigma_C + \sigma_T}$$

میانگین شاخص شکنندگی به قابلیت حفرپذیری سنگ، شاخص نقطه ریزش، تراکم، شاخص چکش اشمیت و سرعت لرزه‌ای وابسته است. [۲] ژانگ و همکاران با استفاده از مدول‌های یانگ (E) و پواسون (V) شاخص شکنندگی را محاسبه کردند [۱۰]. به علت اینکه مدول‌های الاستیکی قابل حصول از نمودارها و داده‌های لرزه‌ای هستند، این روش محاسبه شاخص شکنندگی در مطالعات ژئوفیزیکی کاربردهای فراوان دارد. شارما و همکاران،



شکل ۶ تطابق بین مقادیر بالای شاخص ریختگی با بخش‌هایی از دیواره چاه‌ها که افزایش قطر دارند.



شکل ۵ مقادیر شاخص شکنندگی در چاه‌های مختلف میدان مورد مطالعه

خردشدگی‌ها و شکستگی‌های کششی-القایی تفسیر شده مستخرج از نمودارهای تصویرگر، جهت تعیین تنش‌های برجای میادین نفتی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۷]. تحلیل میدان‌های تنش ناحیه‌ای نشان می‌دهد که شکستگی‌های کششی-القایی^{۱۷} در راستای تنش افقی حداکثر و خردشدگی‌های دیواره در راستای تنش افقی حداقل توسعه می‌یابند [۴] (شکل-۷).

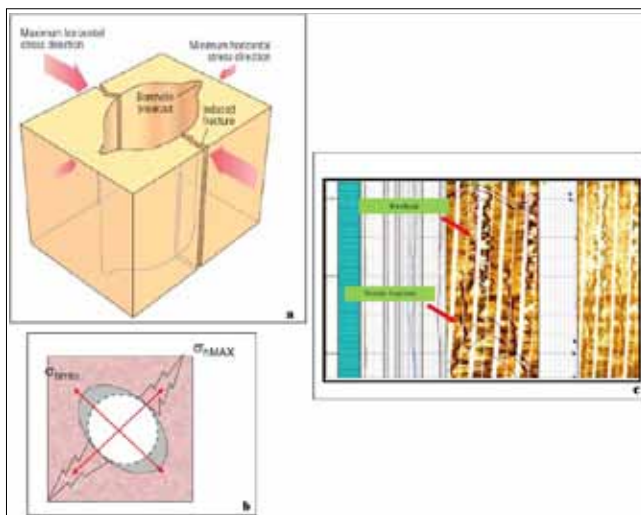
در چاه شماره ۰۱۸ میدان مورد مطالعه با توجه به افزایش قطر به میزان زیاد در یکی از بازوها (بازوی سبز رنگ یا C۱۴ در شکل-۲) نسبت به دو بازوی دیگر به خصوص در بازه ۴۳۱۰ تا ۴۴۰۰ متری، احتمال ریزش‌ها در اثر تغییر شکل سطح مقطع چاه و بیضی شدن دهانه چاه و در نتیجه تشکیل پدیده ریختگی‌های درون سازندی تقویت می‌شود. با توجه به افزایش قطر چاه‌ها در راستای تنش کمینه در طی پدیده ریختگی‌ها و با تحلیل نتایج به‌دست آمده از محاسبه جهات تنش‌های کمینه در میدان مورد مطالعه، به احتمال زیاد این افزایش قطر و ریزش‌ها در چاه ۱۸ در راستای آزیموت‌های N۱۴۰ و N۳۲۰ رخ داده است (مکان A در شکل-۸).

نتیجه‌گیری

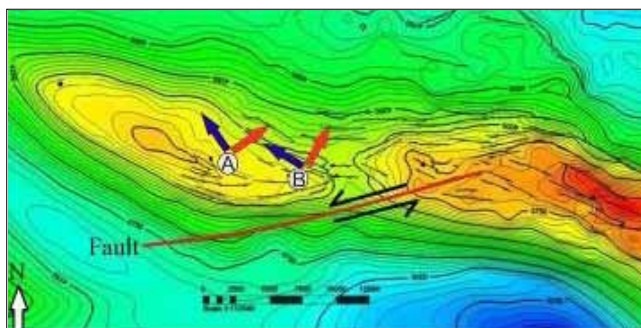
بررسی نمودارها در چاه شماره ۰۱۸ واقع در تاکدیس مورد مطالعه نشان می‌دهد که افزایش قطر به خصوص در یکی از سه بازوهای نمودار قطر سنجی در بازه‌های عمقی ۴۱۰۰ تا ۴۱۸۰ متری و به طور واضح‌تر در حد فاصل ۴۳۱۰ تا ۴۴۰۰ متری رخ داده است. تحلیل نقشه‌های هم‌انحنا و نقشه تراکم شکستگی‌های میدان مورد مطالعه در محدوده چاه شماره ۰۱۸ نشان می‌دهد که موقعیت این چاه در محدوده تمرکز کمتر شکستگی‌ها قرار دارد و به همین جهت در مقایسه با سایر چاه‌های میدان، با قاطعیت نمی‌توان از وجود گسل و ایجاد پهنه خرد شده مسبب ریزش‌ها در این چاه، صحبتی به میان آورد. لذا سایر عوامل احتمالی موثر بر توسعه ریزش‌ها در این میدان بررسی می‌شوند. تفسیر مقاطع میکروسکوپی نشان می‌دهند که رخساره‌های فلوتستون تا رودستونی مربوط به شلف داخلی در بخش بالایی ریزشی سازند سروک (بازه‌های عمقی ۴۱۰۰ تا ۴۱۸۰ متری)، نسبت به بخش‌های بالاتر این سازند از لحاظ فابریک سنگی، دانه‌ای‌تر هستند؛ همچنین، میزان تخلخل، توسعه ریزترک و پدیده‌هایی چون دولومیتی شدن، تبلور مجدد و انحلال که منجر به افزایش میزان تخلخل و اشباع شدن

۲-۴- تأثیر جهات تنش‌های برجای بر توسعه ریختگی‌های درون‌چاهی^{۱۶}

از دیگر دلایل ریزش‌ها و توسعه ناپایداری‌ها در چاه‌های نفتی می‌توان به پدیده ریختگی‌های درون‌چاهی اشاره کرد. وقتی که حفاری صورت می‌گیرد، در حقیقت میدان تنش در منطقه‌ی محل حفاری به هم می‌ریزد؛ چاه که یک منطقه کم‌فشار محسوب می‌شود، در داخل سازند پرفشار حفاری شده است و از آنجایی که در عمق، تمامی منافذ با سیالات پر شده است، در نتیجه، فشار هیدروستاتیک نقش اصلی را در تغییر شکل اطراف چاه بازی می‌کند. با توجه به اینکه همیشه سیالات تمایل دارند از محل پرفشار به محل کم‌فشار حرکت کنند، لذا پس از حفر یک چاه، شکل مقطع چاه از دایره به بیضی تبدیل می‌شود که در محل قطرهای بیضی ریزش‌ها و ناپایداری‌ها تشکیل می‌شوند [۴].

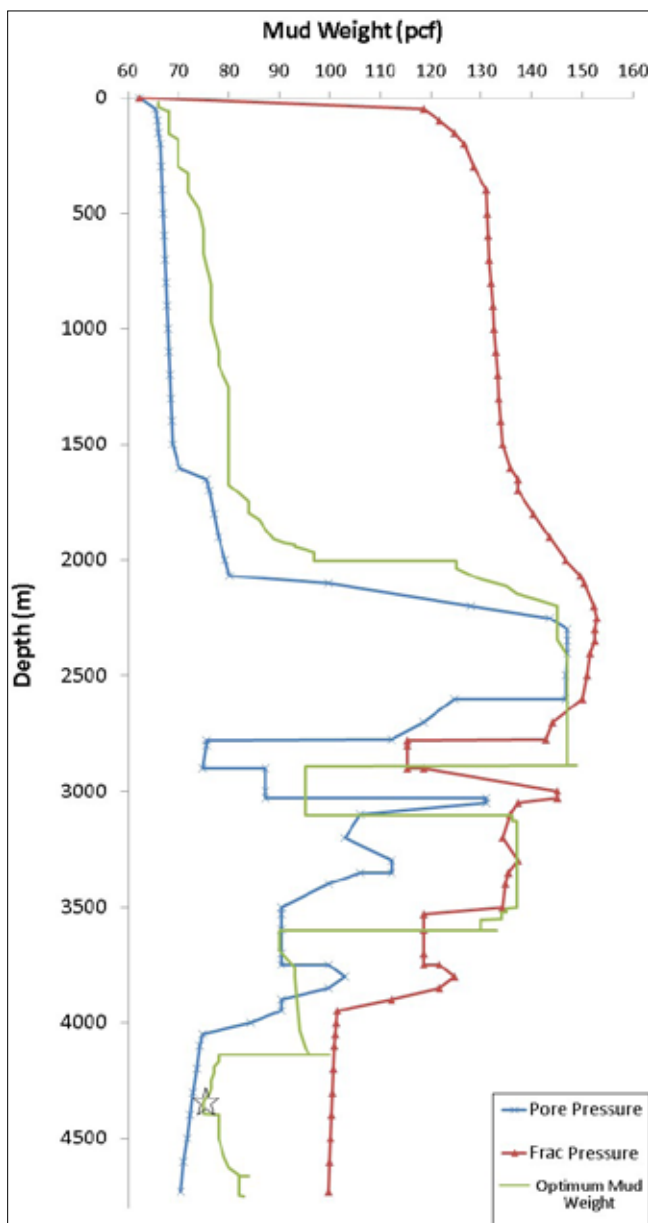


شکل ۷ | a و b شکستگی‌های القایی و ریختگی‌ها ناشی از حفاری که به ترتیب در راستای تنش‌های افقی بیشینه و کمینه تشکیل می‌شوند. c نمونه‌ای از ریختگی‌ها و شکستگی‌های القایی مستخرج از نمودار تصویرگر در بخش میانی میدان مورد مطالعه



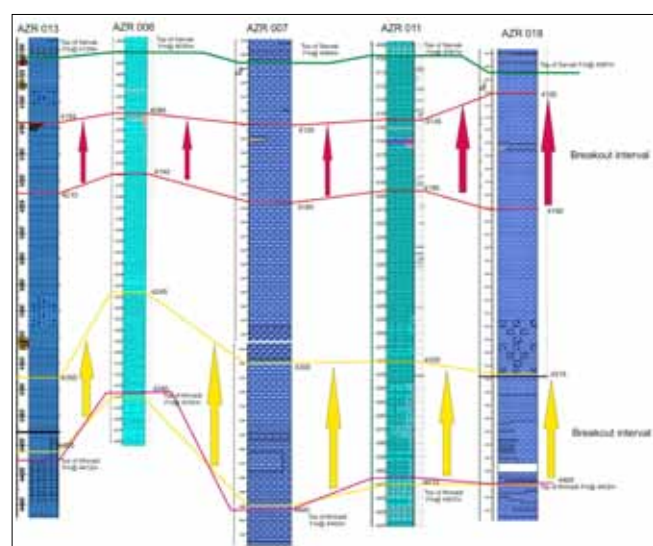
شکل ۸ | جهات تنش‌های بیشینه و کمینه در بخش‌های مختلف میدان مورد مطالعه. پیکان‌های آبی رنگ نشانگر جهت تنش کمینه یا امتداد تشکیل ریختگی‌ها هستند. در چاه شماره ۱۸ محدود A، این ریزش‌ها با توجه به امتداد تنش کمینه، در راستای آزیموت ۳۲۰ توسعه یافته‌اند.

از آهک‌های تمیز به آهک‌های مارنی در بازه‌هایی که عمده ریختگی رخ داده‌اند، نقش مهمی را ایفا کرده‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهند که در میدان مورد مطالعه، بین میزان ریزش‌ها و مقادیر بالای شاخص شکنندگی ارتباط مستقیم وجود دارد، به طوری که مقایسه نمودارهای شاخص شکنندگی و نمودارهای قطر چاه حاکی از آن است که در اکثر چاه‌های این میدان حد فاصل چرت‌های سازند سروک بالایی و عضو آرژیلی



شکل ۱۰ | نمودار دو بعدی عمق حفاری در مقابل وزن گل بهینه با استفاده از فشار منفذی و فشار شکست سازند؛ که در عمق ریزش ۴۳۰۰ تا ۴۵۰۰ متری چاه ۱۸ (علامت ستاره)، وزن گل بهینه ۷۸ تا ۸۲ پیشنهاد می‌گردد.

از آب سازندی می‌شوند، در این بازه عمقی افزایش یافته‌اند. توسعه استیلولیت‌ها و رگه‌های انحلالی و در مواردی افزایش میزان ناخالصی رسی نیز باعث کاهش مقاومت برشی سنگ و ریزش در دیواره چاه در حد فاصل اعماق ۴۱۰۰-۴۱۸۰ شده است. همچنین مقاطع میکروسکوپی چاه شماره ۱۸ در میدان مورد مطالعه نشان می‌دهند که در حد فاصل ۴۳۱۰ تا ۴۴۲۰ متری سازند سروک بالایی که شاهد بیشترین ریزش و افزایش قطر در دیواره چاه هستیم، رخساره تشکیل‌دهنده توالی‌های کربناته، عمدتاً رخساره بنتیک فورامینفر کلسی اسفر و کستون تا پکستون گل غالب می‌باشند که مربوط به محیط شلف بیرونی عمیق یا دریای باز هستند. این رخساره رنگی تیره دارد که حاکی از وجود مقادیر زیادی مواد ناخالصی رسی در فابریک سنگ است. وجود محتوای مواد آلی زیاد و ناخالصی‌های رسی در توالی یاد شده مانع از درجه سنگ‌شدگی بالا می‌شود و در نتیجه، استحکام پایین و به تبع آن، وجود منافذ پر فشار در فابریک سنگ را باعث می‌شود که این مورد به شدت مقاومت برشی سنگ را پایین می‌آورد و سبب گسترش ریزش‌ها می‌شوند. مقایسه ریختگی‌ها در همه چاه‌های بخش شمال‌غربی میدان مورد مطالعه نشان می‌دهد که عمدتاً این ناپایداری‌ها در آهک‌های رسی حدفاصل بخش چرتی تا شروع عضو احمدی ایجاد شده‌اند (شکل ۱۰). بنابراین، مقایسه تغییرات لیتولوژی نشان می‌دهد که تغییر رخساره‌ها



شکل ۹ | مقایسه ریختگی‌ها در چاه‌های بخش شمال‌غربی میدان مورد مطالعه که حد فاصل سروک بالایی تا شروع عضو احمدی رخ داده است.

ساق حفاری با سازند پرهیز شود. ترجیحاً ادامه حفاری بدون موتور درون چاهی صورت گیرد. ویسکوزیته گل حفاری افزایش یابد و از پیل جهت تمیزسازی مداوم چاه استفاده گردد. با توجه به بروز ریختگی‌ها و وجود تجربیات مشابه در سایر چاه‌های میدان، با ترسیم نمودار دو بعدی عمق حفاری در مقابل وزن گل بهینه حفاری با استفاده از مقادیر فشار منفذی^{۱۹} و فشار شکست سازند^{۲۰}، در عمق ریزش ۴۳۰۰ تا ۴۵۰۰ متری چاه ۱۸، وزن گل بهینه حفاری ۷۸-۸۲ pcf پیشنهاد می‌گردد (شکل-۱۱). در صورت داشتن برنامه حفاری انحرافی، آزمایش‌های N۲۳۰ و N۵۰ (جهت تنش بیشینه) توصیه می‌گردد. با توجه به امتداد محوری تاقدیس، حفاری انحرافی در این جهات باعث می‌شود که بیشترین صفحات شکستگی‌های طولی قطع شوند که در این صورت، نرخ برداشت به دلیل افزایش تخلخل ثانویه افزایش می‌یابد و همچنین، از جهات ریختگی‌ها (جهت تنش کمینه) حداکثر فاصله را دارا هستیم. ■

احمدی بیشترین ریزش و افزایش قطرها و همچنین بیشترین مقادیر شاخص شکنندگی مشاهده می‌شود. با توجه به افزایش قطر به میزان زیاد در یکی از بازوها نسبت به دو بازوی دیگر به خصوص در بازه ۴۳۱۰ تا ۴۴۰۰ متری، احتمال ریزش‌ها در اثر تغییر شکل سطح مقطع چاه و بیضی شدن دهانه چاه در نتیجه تشکیل پدیده Borehole Breakouts نیز تقویت می‌شود. به علت افزایش قطر چاه‌ها در راستای تنش کمینه در طی پدیده ریختگی‌ها و با تحلیل نتایج به‌دست آمده از محاسبه جهات تنش‌های کمینه در میدان مورد مطالعه، به احتمال زیاد این افزایش قطر در چاه ۱۸ در راستای آزمایش‌های N۱۴۰ و N۳۲۰ رخ داده‌است.

جهت عبور از محدوده ریزش یافته مورد نظر که در عمل با یک بازه ملتهب و مستعد ریختگی مداوم مواجه هستیم، موارد زیر پیشنهاد می‌شوند: تا حد امکان از زدودن دیواره چاه رو به عقب^{۱۸} و درگیری

پانویس‌ها

- | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Microfacies | 11. Semi-Ductile |
| 2. shelf carbonate platform | 12. L Brittleness |
| 3. Proximal inner shelf | 13. M Brittleness |
| 4. Distal inner shelf | 14. H Brittleness |
| 5. Distal inner shelf to middle shelf | 15. VH Brittleness |
| 6. Middle shelf | 16. Borehole break out |
| 7. Outer shelf | 17. Tensile or Induced fractures |
| 8. Grain dominated | 18. Back Ream |
| 9. Storm wave base | 19. Pore pressure |
| 10. Brittleness index | 20. Fracture Pressure |

منابع

- [1] Altindag, R., 2002. The evaluation of rock brittleness concept on rotary blast hole, J.S.Afr. Inst. Min. Metall, Vol. 102(1), P. 6166-.
- [2] Altindag, R., 2003. Correlation of specific energy with rock brittleness concepts on rock cutting. The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy, P. 163172-. SA ISSN 0038-223X/3.00 + 0.00.
- [3] Flügel, E., 2010. Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis Interpretation and Application, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, p. 976.
- [4] Peska, P. and Zoback, M.D., 1995. Compressive and tensile failure of inclined well bores and determination of in situ and rock strength. J. Geophys. Res. V. 100, P. 12791-12811.
- [5] Rickman, R., Mullen, M.J., Petre, J.E., Grieser, W.V. and Kundert, D., 2008. A practical use of shale petrophysics for stimulation design optimization: all shale plays are not clones of the Barnett Shale. In: Proceedings of the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Society of Petroleum Engineers. SPE 115258, DOI: 10.2118/115258-MS.
- [6] Sharma, R.K. and Chopra, S., 2012. An Effective Way to Find Formation Brittleness, AAPG, Vol. P. 16-
- [7] Tingay, M.R.P., Morley, C.K., Hillis, R.R. and Meyer, J., 2010. Present-day stress orientation in Thailand's basins, J. Struct. Geol, Vol. 32, P. 235248-.
- [8] Trasov, B. and Potvin, Y., 2013. Universal criteria for rock brittleness estimation under compression. Int.J.Rock Meck.Min.Sci, Vol. 59, P. 5769-.
- [9] Wilson, J. L., 1975. Carbonate Facies in Geological History, Springer, New York.
- [10] Zhang, D., Ranjith, P.G. and Perera, M.S.A., 2016. The brittleness indices used in rock mechanics and their application in shale hydraulic fracturing: A review, Journal of Petroleum Science and Engineering, Vol. 143, P. 158-170.