

تحلیل ناپایداری دیواره چاه با استفاده از نمودارهای DSI و UBI جهت پیشگیری از انسداد چاه و لوله جداری در زمان بهره‌برداری و حفاری

محمد صادق شامیر، دانشگاه آزاد علوم و تحقیقات تهران ■ دکتر خلیل شهبازی، عضو هیئت علمی دانشگاه صنعت نفت و دانشگاه آزاد اسلامی ■ دکتر مستانه حاجی پور، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی ■ ترانه جعفری بهبانی، دکترای مهندسی نفت، دانشگاه آزاد علوم و تحقیقات تهران

چکیده

مسئله ناپایداری چاه یکی از مشکلات مهم در عملیات حفاری می‌باشد که می‌تواند در اثر عوامل مکانیکی و یا پارامترهای شیمیایی ایجاد شود. ناپایداری چاه شامل مجموعه‌ای از رخدادهایی است که در حین حفاری و یا تولید نفت ایجاد می‌شود که در تحقیق حاضر به شکستگی سازند حین حفاری یا بعد از آن که ناشی از تمرکز استرس در اطراف چاه می‌باشد، پرداخته می‌شود. در این مقاله اثرات ناپایداری چاه بر روی نگارهایی که از یکی از چاه‌های واقع در غرب ایران برداشت شده مورد بررسی قرار گرفته و روش‌هایی برای بدست آوردن خصوصیات قابل اطمینان سازند، از روی چنین نگارهایی معرفی گردیده است. روش استفاده شده برای تحلیل ناپایداری دیواره چاه، نگار تصویرگر صوتی (UBI) است که در آن به بررسی دیواره چاه از لحاظ ریختگی و یا احتمال بروز شکست پرداخته می‌شود. بررسی نگار چگالی نشان داد که هنگامی که چاه تحت افزایش قطر شدید است، تصحیحات متداول کافی نمی‌باشند و به طور مشابه نگارهای صوتی پردازش شده نیز در این شرایط منجر به محاسبه سرعت‌های نادرستی برای سازند می‌شوند، بنابراین از تحلیل نقطه به نقطه داده‌های حاصل از چشمه‌های تک قطبی و دو قطبی (DSI) استفاده گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که در نگارهای مربوط به لیتولوژی، مانند نگار اشعه گاما، با تصحیحات مرسوم درباره قطر چاه و وزن گل می‌توان نتایج قابل قبول و صحیحی به دست آورد. با استفاده از نگار تصویرگر UBI و با تحلیل جهت‌گیری شکست در امتداد دیواره چاه و همچنین به کمک شکستگی‌های کششی ناشی از حفاری در چاه، جهت استرس افقی ماکزیمم برای چاه مورد بررسی تعیین شد و با روند کلی حرکت منطقه مقایسه و هم‌خوانی قابل قبولی حاصل شد.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۸/۰۳/۰۵
تاریخ ارسال به داور: ۹۸/۰۳/۱۸
تاریخ پذیرش داور: ۹۸/۰۶/۱۳

واژگان کلیدی:

ناپایداری دیواره چاه، مقاومت سنگ، شکست، نگارهای پتروفیزیکی، نگارهای تصویری

مقدمه

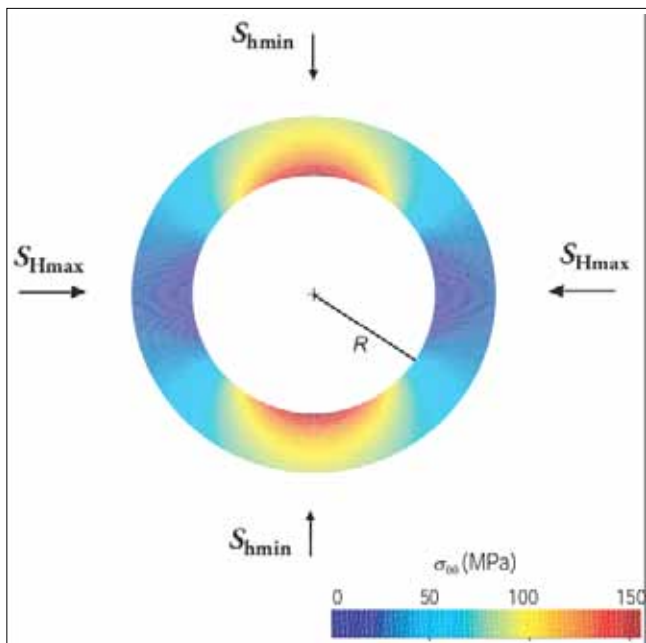
در سال‌های اخیر با توجه به افزایش عملیات‌های حفاری مخازن هیدروکربنی در محیط‌هایی با زمین‌شناسی پیچیده، بررسی ناپایداری چاه از حساسیت و اهمیت روزافزونی در مطالعات برخوردار گردیده است. آنچه در این کار تحقیقاتی مورد بررسی قرار گرفت، شکستگی سازند در برگیرنده چاه، حین حفاری و یا بعد از آن به سبب تمرکز استرس در اطراف چاه می‌باشد [۱]. در شرایط ناپایداری دیواره چاه، بررسی صحیح نگارهای چاه پیمایی با امکان وجود خطای زیادی همراه است. از آنجا که الگوریتم‌های مورد استفاده در اکثر ابزارهای متداول چاه‌پیمایی بر این فرض استوارند که چاه حالت ایده‌آل خود را حفظ کرده است، بنابراین با افزایش قطر و یا ریختگی‌های منطقه‌ای خطای زیادی به نتایج خروجی این سیستم‌های اندازه‌گیری تحمیل خواهد شد. این افزایش قطر ناشی از ریختگی‌های پس از حفاری، سبب بروز مشکلاتی نظیر موارد ذیل می‌گردد:

- کاهش عمر تجهیزات حفاری
- انسداد و یا گرفتگی مسیر چاه

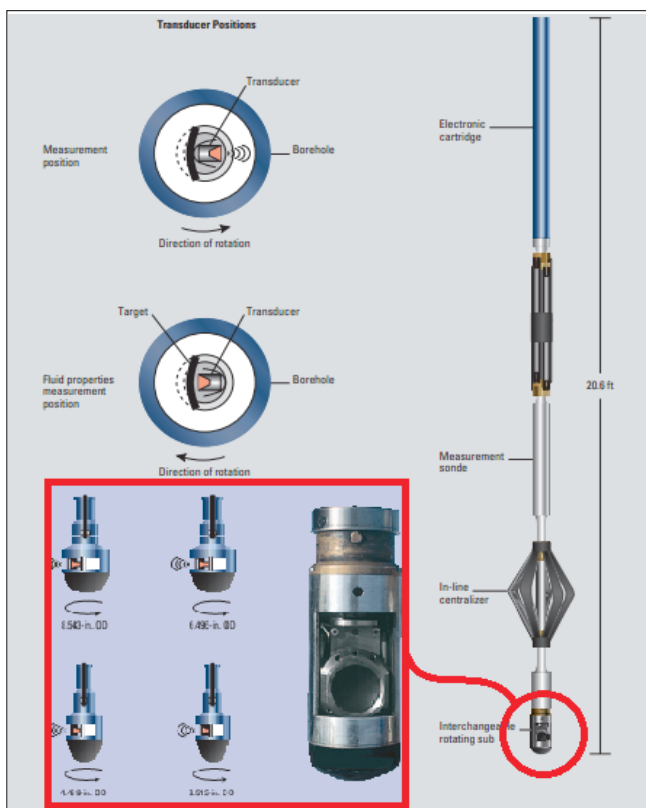
- سیمانکاری ضعیف
- مشکلات نگاربرداری
- انحراف از مسیر قبلی

برای اولین بار در سال ۱۹۹۰ ابزار DSI به منظور مطالعه ناهمسان‌گردی سازندهای درون چاه تولید شد. این ابزار با دارا بودن دو فرستنده و مجموعه‌ای از گیرنده‌های عمود برهم قادر به اندازه‌گیری کندشدگی^۲ موج برشی در دو جهت می‌باشد. با وجود ۸ ایستگاه دریافت‌کننده با آرایش خطی، یک فرستنده تک قطبی و دو فرستنده دو قطبی است. این ابزار از مدهای متعددی در هنگام چاه‌نگاری و بسته به اطلاعات مورد نیاز برخوردار است [۲]. ابزار UBI نیز بر اساس ارسال موج صوتی با یک ارسال‌کننده دورانی (تعداد ۱۸۰ پالس در هر چرخش و تقریباً ۷/۵ چرخش در هر ثانیه) به سمت دیواره چاه و در ادامه اندازه‌گیری دامنه و زمان موج برگشتی عمل می‌کند [۳ و ۴]. آنگونه که از نمودار تغییرات استرس حلقوی به دور چاه در شکل ۱- پیداست با یک افزایش تمرکز استرس در جهت عمود بر راستای استرس افقی بیشینه روبرو

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات (hajipour.ma@gmail.com)



شکل ۱ | تغییرات استرس حلقوی به دور چاه به شعاع R که در آن در امتداد شرقی غربی عمل می‌کند. مشخص است که به موقعیت دور چاه و فاصله از دیواره چاه وابسته است [۱]



شکل ۲ | نمایی از دستگاه UBI و اندازه‌های مختلف مبدل که با توجه به قطر چاه انتخاب می‌گردد [۱۰]

هستیم [۱]. اگر این مقدار استرس از مقاومت سنگ در آن ناحیه بیشتر باشد، سنگ در برگیرنده چاه دچار شکستگی می‌شود. با توجه به اینکه حفر یک چاه استوانه‌ای شکل در جهت عمودی منجر به توزیع متقارن استرس در دیواره چاه می‌شود، بنابراین شکستگی‌ها نیز به شکلی متقارن بروز خواهند کرد. گسترش این شکستگی تابعی از مقاومت سنگ، مقادیر استرس و اختلاف فشار منفذی و فشار گل حفاری است [۵]. در صنعت برای کاهش این نوع شکستگی از افزایش فشار گل حفاری استفاده می‌شود که تا حدی منجر به کنترل این پدیده می‌گردد و البته به سبب عواقب خاصی که در ادامه به دنبال خواهد داشت مستلزم ملاحظات ویژه‌ای نیز می‌باشد [۶ و ۷]. شکستگی‌ها بزرگ شدگی‌های قطر چاه هستند که به علت وجود استرس در دو سمت چاه به طور متقارن و با فاصله ۱۸۰ درجه از یکدیگر تشکیل می‌شوند. همانگونه که در شکل ۱- اشاره شد، به استثناء شرایطی که آشفته‌گی‌های میدان استرس ناشی از لغزش گسل‌های فعال و یا ساختارهای نمکی باشند، در چاههای عمودی شکست همواره در جهت استرس افقی کمینه تشکیل می‌گردد [۸ و ۹].

۱- مواد و روش‌ها

۱-۱- نگار تصویرگر UBI

این دستگاه جز نسل جدید ابزارهای تصویرگر است که بر اساس تکنولوژی تصویربرداری ماورای صوتی در صنعت چاه‌پیمایی عمل می‌کند. تصویر حاصل از این دستگاه ما را قادر به تحلیل شکستگی‌ها، استرس و مطالعات پایداری در چاه می‌سازد و همچنین امکان تفسیرهای ساختاری از نواحی که تحت تاثیر گل قرار نگرفته‌اند را فراهم می‌آورد. در کنار تصویر سازی پیشرفته و کاربردهای تحلیل استرس، اطلاعات ناپایداری چاه و شکست نیز به کمک سطوح مقطع تصویربرداری به طور دقیق حاصل می‌گردند. برای چاه‌های باز (بدون لوله جداری) و برای اندازه گیری‌های هندسی داخلی در چاه‌های با لوله جداری، مبدل دستگاه قادر به ایجاد تصویرهایی با قابلیت تفکیک‌پذیری بالا است [۱۰].

۱-۱-۱- اصول اولیه دستگاه UBI

سوند دستگاه شامل یک مبدل است که تقریباً در انتهای دستگاه تعبیه شده و در اندازه‌های مختلف در دسترس است که در شکل ۲- می‌توان آنها را مشاهده کرد. جهت چرخش دستگاه در نحوه داده‌برداری آن موثر است. چرخش پادساعتگرد حالت استاندارد داده‌برداری از دیواره چاه است و در حالت ساعتگرد از یک صفحه بازتابنده مقابل مبدل جهت اندازه‌گیری از خصوصیات گل استفاده می‌گردد.

انتخاب مناسب‌ترین مبدل برای کاهش میرایی در سیال‌های سنگین و بالا بردن نسبت سیگنال به نویز بسیار حائز اهمیت است و می‌توان فاصله

۱-۱-۳- آماده سازی تصاویر

یک تصویر UBI معمولی شامل یک تصویر دامنه در چپ و یک تصویری از شعاع دیواره در راست است. حالت نرمال سازی دینامیک در بازه یک متری معمولاً به هر دو تصویر اعمال می‌گردد تا عارضه‌های دیوار را بهتر مشخص سازد. رنگ تیره در این تصاویر نشانگر دامنه پایین و شعاع بالاتر است که می‌تواند بیانگر وجود ناهمگنی بیشتر در سطح دیواره، افزایش قطر و یا محیطی میرا باشد. همواره علاوه بر تصویرها سه منحنی وجود دارند که نشانگر کمینه، میانگین و بیشینه مقدار اندازه‌گیری شده در چاه هستند. این منحنی‌ها برای شناسایی سریع فواصلی که در آنها ریختگی وجود دارد کاربرد گسترده‌ای دارد. باید به این نکته نیز اشاره کرد که تصاویر را می‌توان بر حسب اینکه در جهت شمال قرار بگیرند و یا بر حسب قسمت بالایی دیواره (در چاه‌های جهت دار) چرخاند (شکل - ۳).

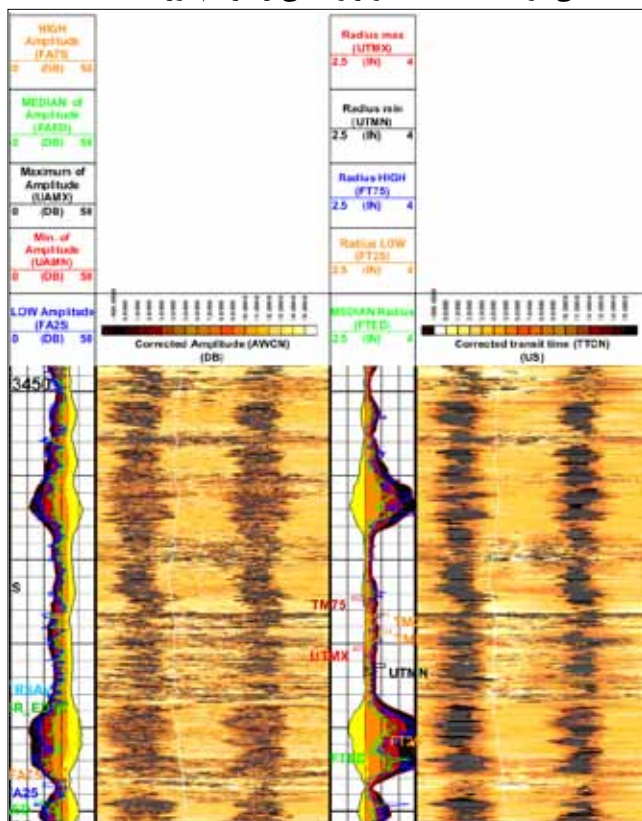
۲-۲- نگار گاما

نگار گاما بیانگر رادیواکتیویته طبیعی سازند می‌باشد. به واسطه واپاشی برخی هسته‌های رادیواکتیو، تابش گاما گسیل می‌شود و در ادامه این پرتوها با استفاده از آشکارسازهای هسته‌ای که عمدتاً از نوع سوسوزن می‌باشند مورد شمارش قرار می‌گیرند. این تابش‌ها در گستره فرکانسی 10^{19} تا 10^{21} هرتز از طیف امواج الکترومغناطیس دسته‌بندی می‌شوند [۱۲]. در سنگ‌های رسوبی، نگار گاما معمولاً پاسخی از حجم رس^۳ موجود در سازند است و دلیل آن تمرکز عناصر رادیواکتیو در این نوع خاک می‌باشد. البته این به استثناء مواردی است که در گل حفاری از برخی نمک‌های رادیواکتیو استفاده می‌شود. عمق بررسی این نگار در حدود ۱ فوت یا ۳۰ سانتی متر می‌باشد [۱۳]. در مورد نگار طیف سنجی گاما، باید گفت که این نگار قادر به اندازه‌گیری رادیواکتیویته مربوط به انواع مختلف چشمه‌های رادیواکتیو گاما از نظیر منابع پتاسیم، توریم و اورانیوم می‌باشد که بیشترین مقدار تابش‌های رادیواکتیو نیز مربوط به این عناصر هستند. در کنار اینکه نگار گاما کاربرد مرسوم در تفسیر لیتولوژی سازند دارد، این امکان را نیز فراهم می‌آورد که بین رس و نمک‌های پتاسیم تمایز ایجاد کرده و همچنین انواع کانی‌های موجود در سنگ و درصد آنها را مشخص سازد. محاسبه دقیق‌تر حجم رس، تشخیص سری‌های کربناته، آشکارسازی ناپیوستگی‌ها و در برخی مواقع شناسایی شکستگی‌ها و دیگر کاربردهای رسوب‌شناسی مانند تشخیص محیط‌های رسوبی و مرحله دیاژنز از دیگر قابلیت‌های نگار طیف سنجی گاما (NGS) است [۱۲]. در شکل - ۴ نمونه یک نگار گاما و حجم رس محاسبه شده نشان داده شده است.

طی شده بین پالس‌ها را در سیال چاه بهینه ساخت. مبدل هم شامل فرستنده و هم شامل گیرنده بوده و وزن و نوع گل بر انتخاب فرکانس دستگاه موثر است [۱۰].

۱-۲- اندازه‌گیری ابزار

ابزار UBI با دقت بالا دامنه و زمان رسیدن موج صوتی را اندازه‌گیری می‌کند. تکنیک پردازشگر دستگاه دقت مورد نیاز را فراهم می‌آورد. دستگاه در دو فرکانس قادر به کار می‌باشد (۲۵۰ کیلو هرتز یا ۵۰۰ کیلو هرتز) فرکانس بالا تصویری با تفکیک پذیری بالاتری را فراهم می‌آورد، در حالی که فرکانس پایین‌تر امکان اندازه‌گیری عارضه‌ای بیشتر را در حالت‌های با سیال پاشنده فراهم می‌سازد. حالت تفکیک پذیری بر حسب محیط نگاربرداری و یا نیاز به درجه رزولوشن مطلوب انتخاب می‌شود. البته تفکیک پذیری استاندارد در حالت ۲۵۰ کیلوهرتز نیز از وضعیت مطلوبی برخوردار است. رزولوشن بالاتر در سرعت‌های نگارگیری پایین‌تر مورد نظر قرار می‌گیرد دستگاه قیدی برای در مرکز چاه قرار گرفتن دارد، حتی در چاه‌های جهت‌دار سیستم مرکز گرای دستگاه قابل اعتماد است و باعث می‌شود تا دستگاه تصاویر واضحی را فراهم آورد.



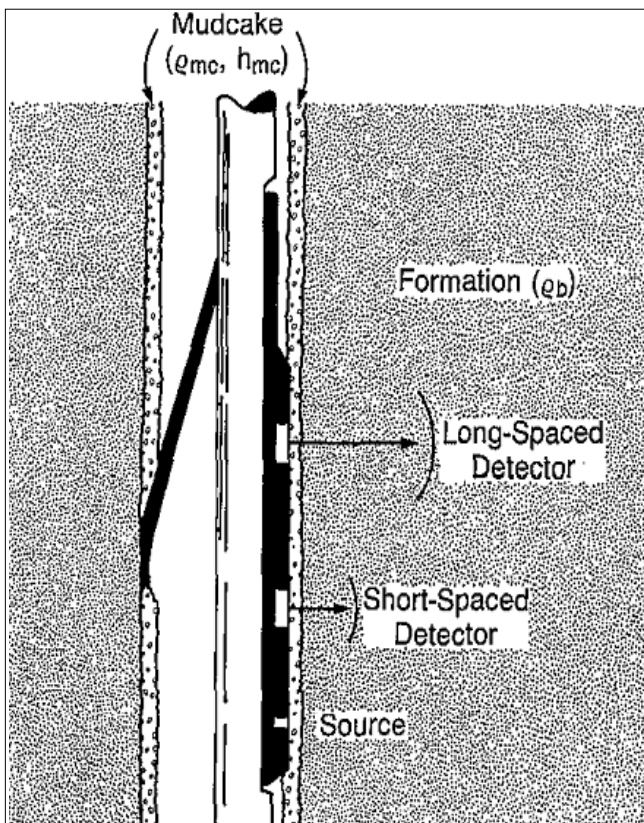
شکل ۳ | تصویر حاصل از UBI پردازش نشده مربوط به عمق ۳۴۷۵ تا ۳۴۵۰ متری تصویر چپ مربوط به دامنه و تصویر راست مربوط به زمان رسیدن موج صوتی می‌باشد.

۳-۱- نگار چگالی

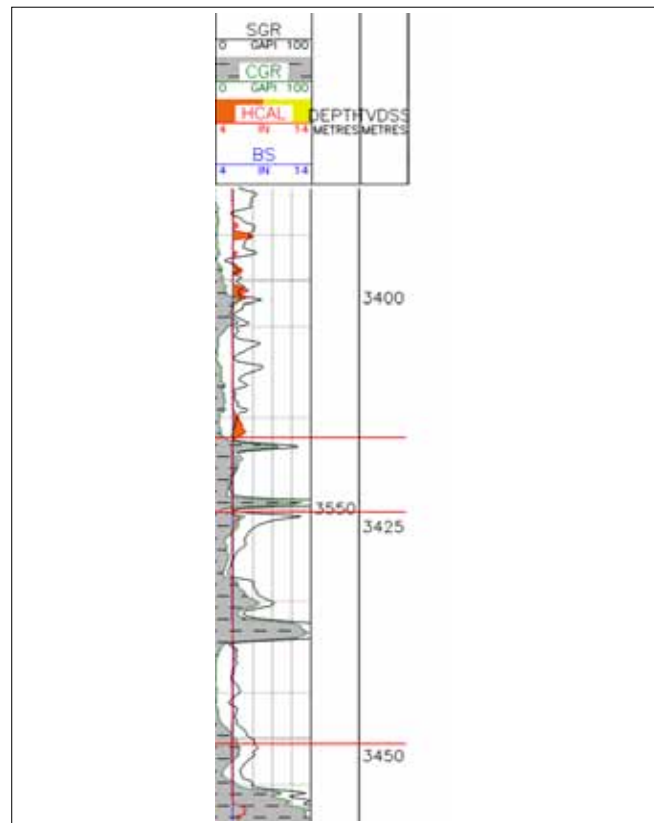
گامای تولید شده از چشمه فقط وارد سازند می‌شود و از طرف دیگر آشکار ساز فقط گاماهای پراکنده شده از سازند را آشکار خواهد کرد. استفاده از دو آشکار ساز همزمان در این سیستم بدین خاطر است که اثر ضخامت کیک گل^۶ خنثی شود، که به همین خاطر به این دستگاه FDC^۷ گفته می‌شود [۱۴]. عملکرد آشکار ساز دوم علاوه بر خنثی کردن اثر کیک گل از بین بردن اثرات غیر یکنواختی سطحی دیواره نیز می‌باشد. این کار بدین شکل انجام می‌گیرد که وقتی تماس بین دستگاه و دیواره به طور کامل اتفاق نیفتد، شمارش مربوط به آشکار ساز دوم تغییری را خواهد داشت که منجر به محاسبه یک ضریب تصحیح برای اعمال بر شمارش‌های گامای پراکنده از سازند خواهد شد. البته به این دلیل که عمق بررسی، وابسته به چگالی سازند و در حدود ۴ اینچ است، محدودیتی نیز در تصویربرداری با استفاده از نگار گاما به وجود می‌آید. دستگاه به کمک بازوی مکانیکی که در پشت دستگاه و بالشتک‌ها قرار دارد، محکم به دیواره چاه می‌چسبد. این فاصله در حین نگاربرداری خود به عنوان کالیپر نیز عمل می‌کند [۱۴]. مقدار واقعی چگالی بالک، ρ_b ، متناسب با چگالی الکترونی سازند است که خود به کمک یک ضریب وابسته به عدد اتمی و جرمی عناصر موجود در سازند می‌باشد. این ضریب

واضح است که نگار چگالی یا همان لاگ دانسیته تا حدی تحت تأثیر شرایط چاه است چرا که منحنی این نگار تقریباً در بعضی فواصل به کالیپر دستگاه اندازه‌گیری کاملاً وابسته است. عموماً نگارهای چگالی از پدیده پراکندگی کمپتون^۵ بهره می‌برند. در واقع آهنگ شمارش پرتوهای پراکنده شده از سازند ارتباطی مشخص با چگالی الکترونی آن خواهند داشت که در این نگار مورد استفاده قرار می‌گیرد. نگار حاصل نگار گاما-گاما نیز نامیده می‌شود. تابش گاما پس از گسیل از چشمه رادیواکتیو، که معمولاً ^{137}Cs است، توسط سازند پراکنده شده و با انرژی کمتری به سمت آشکار ساز بازتابیده و شمارش خواهد شد. به ازای شمارش هر فوتون گامای ورودی به آشکار ساز، یک پالس الکتریکی ایجاد می‌گردد. در سازندهای با چگالی بیشتر سهم بیشتری از پرتوهای گاما به سمت آشکار سازها پراکنده می‌شود که منجر به افزایش آهنگ شمارش آشکار ساز می‌گردد در شکل ۵-نمایی از یک دستگاه برداشت نگار چگالی نشان داده شده است.

این سیستم اندازه‌گیری دارای یک بازوی مکانیکی است که آن را محکم به دیواره می‌چسباند (هم چشمه و هم دو آشکار ساز). به این ترتیب



شکل ۵ | نمای شماتیک از دستگاه نگار بردار چگالی دو فاصله‌ای FDC [۱۱]



شکل ۴ | نگار گاما و CGR به همراه حجم رس محاسبه شده [۱۳]

که در آن چگالی ماتریس سنگ، ρ_M چگالی سیال سازند است. زمانی که سازندها ماسه سنگ، سنگ آهک یا دولومیت باشد ρ_p تقریباً با ρ_b برابر است. اگر سنگ‌ها حاوی گاز، زغال، انیدریت و یا هر چیز دیگری باشد، تصحیحاتی بر اساس نتایج آزمایشگاه صورت می‌گیرد. چگالی ماتریس سنگ معمولاً طبق سازند، محیط و دیگر خصوصیات منطقه انتخاب می‌گردد. به علت نفوذ کم این دستگاه به داخل سازند، سیال موجود در فضای متخلخل سنگ احتمالاً گل پالایه باشد و معمولاً چگالی بین ۰/۹ تا ۱/۱ گرم بر سانتی متر مکعب برای چگالی سیال در نظر گرفته می‌شود. منحنی چگالی بالک از قبل توسط اختلاف ثبت شده توسط آشکار ساز دوم که قبلاً معرفی شد، اصلاح گردیده است. بررسی نتایج بدست آمده از نگار چگالی نشان می‌دهد که چگالی در عمق‌هایی که افزایش قطر چاه دیده می‌شود بسیار پایین است و با مقدار قابل انتظار برای انواع سنگ‌های واقعی متناسب نیست. بنابراین می‌توان گفت که نگار چگالی چندان قابل اعتماد نیست و یک راه پیشنهادی برای بدست آوردن مقادیر چگالی از سرعت امواج صوتی می‌باشد.

۲- نتایج مربوط به نگار تصویرگر UBI

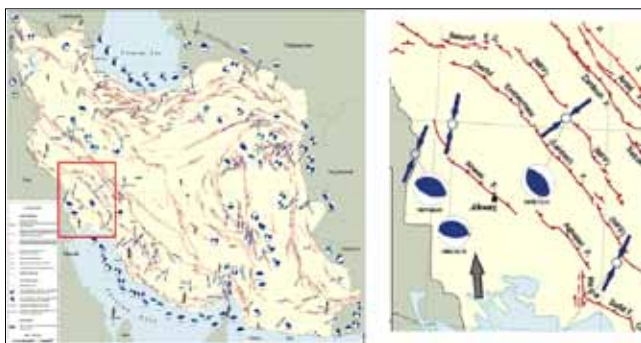
در این بخش نتایج به‌دست آمده از نگارهای برداشت شده از یکی از چاه‌های واقع در جنوب غرب ایران مورد بررسی قرار می‌گیرد. همان طور که در شکل ۶- نشان داده شده است، چاه الف در جنوب استان ایلام، در قسمت چین خوردگی زاگرس واقع شده است. در این قسمت از زاگرس، مخازن هیدروکربنی سازند آسماری واقع شده‌اند. داده‌های چاه از عمق ۳۴۴۵ تا ۳۷۷۰ متری مورد آنالیز قرار گرفته است.

نگار تصویرگر UBI از عمق ۳۴۳۵ تا ۳۷۶۵ متری در چاه الف رانده شده است. اصلی‌ترین دلیل نگار برداری UBI شناسایی خصوصیات ساختمانی در قسمت مورد نظر بوده است. همان گونه که بیان شد نگار UBI برای مفسر این امکان را فراهم می‌آورد تا چاه را از نظر شکستگی‌های باز و غیره تفسیر نماید و نتایجی در این خصوص حاصل نماید، ولی از آنجا که هدف ملاحظات مربوط به پایداری چاه می‌باشد، تمرکز خود را فقط بر تحلیل شکست یا هر گونه شکستگی ناشی از حفاری در چاه معطوف می‌کنیم و از بیان تحلیل‌های مربوط به شکستگی‌ها، که بیانگر پتانسیل‌های مخزن می‌باشد می‌گذریم. با تحلیل جهت‌گیری شکست‌ها به نتایج با ارزشی در خصوص جهت‌گیری استرس افقی ماکزیم در عمق دست پیدا می‌کنیم همچنین درک بسیار بالایی از وضعیت ریختگی‌ها در چاه که باعث می‌شود تا چاه در مسیر ناپایداری قرار گیرد را ممکن می‌سازد. پس از انجام یک آنالیز جامع از وضعیت شکست توسط UBI نتایج با ارزشی حاصل می‌گردد (شکل ۷-). جدول ۱- فواصلی که در آن

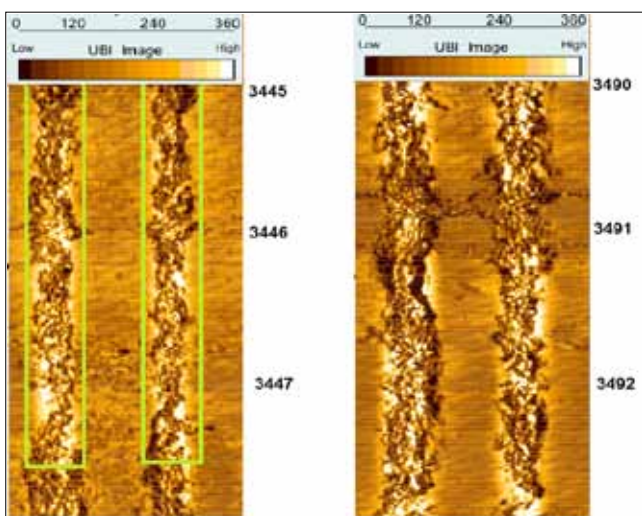
در عمده مواقع مقداری نزدیک به واحد را خواهد داشت که سبب می‌شود ρ_b همان ρ_p قلمداد گردد.

یکی از کاربردهای نگاربرداری چگالی بدست آوردن تخلخل است که مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

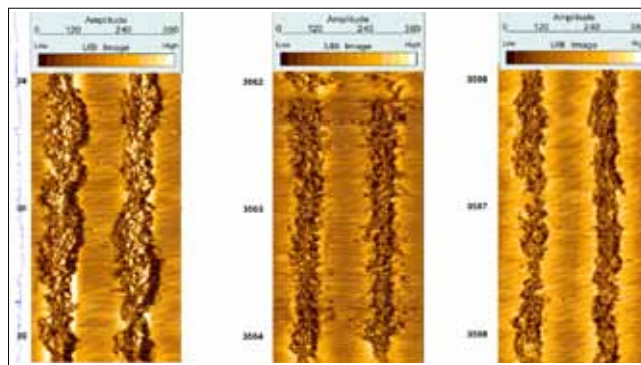
$$\phi = (\rho_m - \rho_a)(\rho_m - \rho_a) \quad (1)$$



شکل ۶ | موقعیت چاه مورد بررسی در جنوب استان ایلام



شکل ۷ | نمایی از بروز شکست مربوط به عمق‌های ۳۴۴۴ متری و ۳۴۹۱ متری

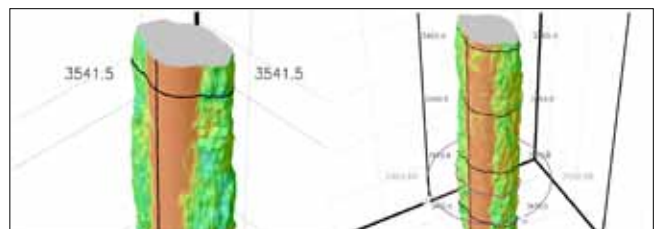


شکل ۸ | تصاویری از بروز شکست مربوط به فواصل مختلف از چاه

شکست‌ها دیده شده است را نشان می‌دهد.

عموماً و در یک دید کلی جهت بیضی شدگی چاه در جهت E-W می‌باشد که این خود گویای جهت گیری E-W برای استرس افقی کمینه و جهتی در راستای N-S برای استرس افقی بیشینه می‌باشد. در شکل ۸- برخی تصاویر UBI در برخی عمق‌ها نشان داده شده است.

یکی از قابلیت‌هایی که توسط تصاویر UBI امکان آن فراهم می‌گردد، نمایش وضعیت دیواره چاه به طور سه بعدی می‌باشد. این حالت درک بالایی از موقعیت شکستگی‌ها در استوانه چاه فراهم می‌کند و برای تحلیل‌های سریع بصری کاربرد دارد، همچنین می‌توان به عمق برخی شکستگی‌ها و گسترش آنها در سازند پی برد. در شکل ۹- حالتی که



شکل ۹ | تصاویر سه بعدی از چاه حاصل از نتایج UBI



شکل ۱۰ | نمای سه بعدی از washout در عمق ۳۵۸۳ متری و ۳۷۱۰ متری چاه

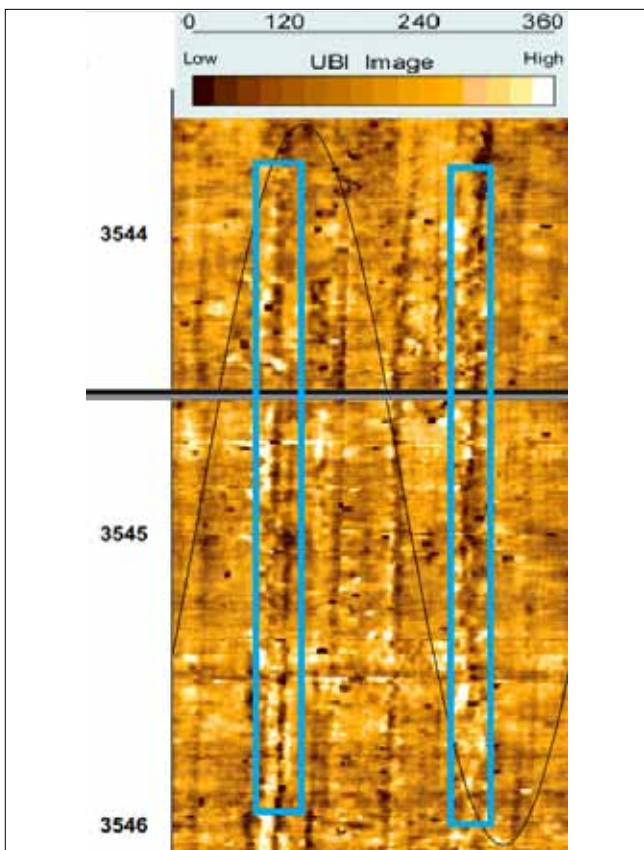
شکل ۱۱ | فواصلی که در آن شکست دیده شده است

شماره	فواصل (متر)
۱	۳۴۴۵-۳۵۳۰
۲	۳۵۳۵-۳۵۴۷
۳	۳۵۴۸-۳۵۵۲
۴	۳۵۶۲-۳۵۶۷
۵	۳۵۸۲-۳۵۸۶
۶	۳۶۶۸-۳۶۷۲
۷	۳۶۷۴-۳۶۷۵
۸	۳۷۰۶-۳۷۳۸
۹	۳۷۶۴-۳۷۶۵

شکست وجود دارد نمایش داده شده است.

یکی از وضعیت‌هایی که در حین ناپایداری امکان دارد ایجاد شود، حالتی است که افزایش قطر در تمام جهات رخ دهد که اصطلاحاً به آن شوییدگی^۱ می‌گویند. یکی از دلایل بروز این پدیده وجود رس می‌باشد ولی در سنگ‌های دیگر نیز که فشار هیدروستاتیک داخل چاه پایین است و همزمان اعمال فشار از طرف استرس‌های افقی نیز بالا باشد، این پدیده اتفاق می‌افتد که در شکل ۱۰- نمای سه بعدی از این وضعیت تشریح شده را نشان می‌دهد.

یکی دیگر از انواع شکستگی‌ها که در حین حفاری ممکن است ایجاد شود، شکستگی‌های کششی ناشی از حفاری^۱ هستند. اصلی‌ترین دلیل بروز این نوع شکستگی در چاه به خاطر فشار بالای هیدروستاتیکی می‌باشد. هنگامی که حفار برای جلوگیری از بروز شکست فشار گل را بیشتر می‌کند، افزایش گل باعث فشار به دیواره و شکستن آن می‌گردد. پر واضح است امتداد شکست در جهتی خواهد بود که دیواره چاه در آن قسمت کمترین فشار را متحمل است. به علت اینکه این شکستگی‌ها به طور خطی و در امتدادی مشخص به طور ۱۸۰ درجه اختلاف در دیواره ظاهر می‌گردند، لذا بهترین نشانگر برای مشخص کردن جهت



شکل ۱۱ | شکستگی‌های کششی ناشی از حفاری در ۳۵۴۴ متری تا ۳۵۴۶ متری چاه

رابطه جهت گیری شکستگی‌های ناشی از حفاری به گونه‌ای است که در شکل-۱۳ مشخص شده است.

با توجه به شکل-۱۳ می‌توان اشاره کرد که جهت استرس افقی ماکزیمم، شمال-جنوب است. اما بر اساس مطالعات (Zoback 2007) باید گفت که بیان جهت استرس تنها بر اساس جهت گیری شکست با دقت بالایی همراه نیست. لذا بهترین راهکار ارزیابی شکستگی‌های کششی ناشی از حفاری در چاه است تا بتوان خطای احتمالی را برطرف ساخت. با تحلیل این نوع شکستگی‌ها که تعدادشان هم در این چاه خیلی کم می‌باشد، می‌توان نظر نهایی را در مورد جهت استرس‌ها افقی در عمق، روشن نمود. با استفاده از نمودار گلسرخی تهیه شده در مورد این نوع شکستگی که در شکل-۱۴ مشخص گردیده است، جهت نهایی استرس افقی حداکثر N۲۵E - S۲۵W ارزیابی می‌گردد.

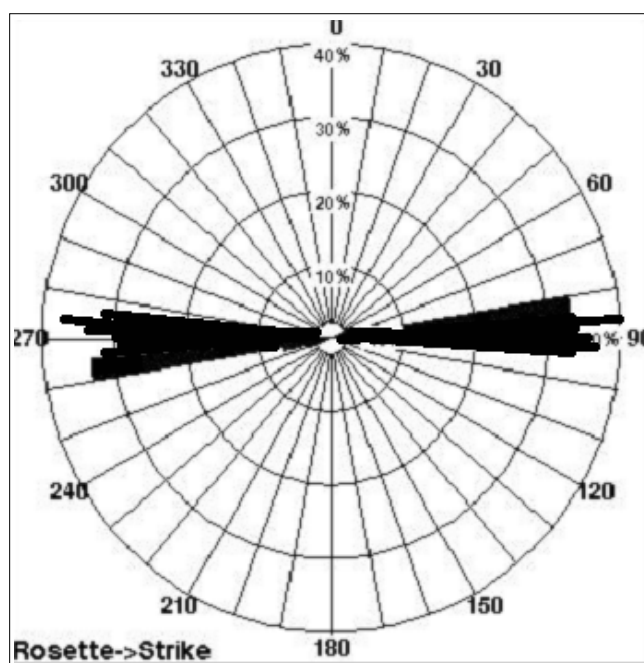
با در نظر داشتن روند کلی حرکات صفحه‌ای می‌توان گفت که نتایج از صحت بالایی برخوردار هستند. شکل-۱۵ مربوط به مطالعه‌ای در مورد امتداد و روند فشارهای منطقه‌ای ناشی از صفحه عربی می‌باشد که همان گونه که در شکل هم مشهود است نتایج مطابقت خوبی با این تصویر در منطقه دارند.

نتیجه گیری

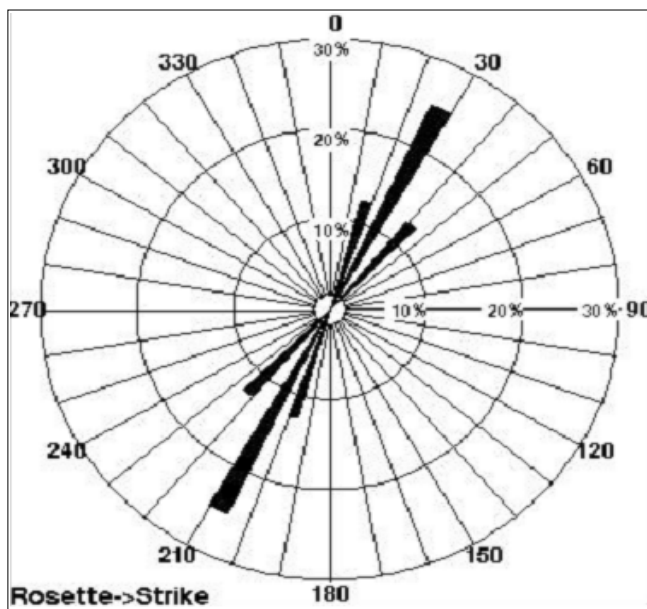
در این مقاله، تحلیلی کیفی و تا حدی کمی از چند نگار برداشت شده از چاهی که در برخی فواصل، در شرایط ناپایداری قرار گرفته بود انجام شد. با بررسی اثرات خارج شدن شکل مقطع چاه، از حالت دایره‌ای شکل-

استرس‌های افقی در عمق هستند و گاهاً به کمک آنالیز شکست می‌آیند، تا تحلیل دقیق‌تری از وضعیت جهت گیری استرس‌های افقی در عمق به دست آید. شکل-۱۱ عمقی را نشان می‌دهد که در آن این نوع شکستگی در چاه دیده شده است.

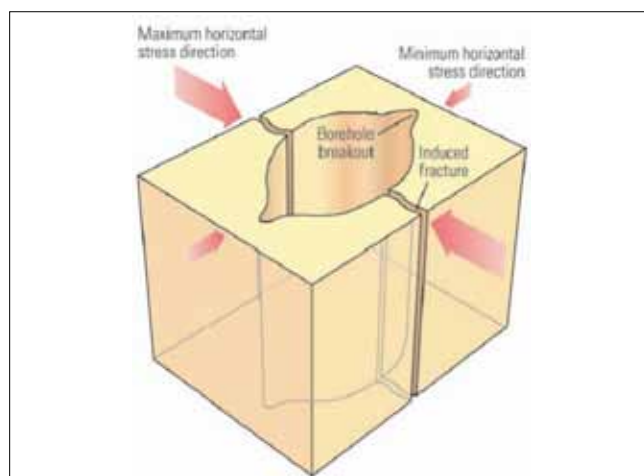
پس از تحلیل‌های گسترده نمودار گلسرخی که بیانگر جهت گیری شکست در چاه مورد بررسی می‌باشد، تهیه گردیده است. به کمک این نمودار می‌توان به نتایج با ارزشی در خصوص جهت گیری استرس‌های افقی در عمق پی برد. در شکل-۱۲ نمودار مربوط به امتداد جهت گیری‌های شکست مشخص شده است.



شکل ۱۲ | نمودار گلسرخی حاصل از دسته بندی امتداد شکست در چاه



شکل ۱۴ | نمودار گلسرخی حاصل از بررسی امتداد شکستگی‌های کششی در چاه

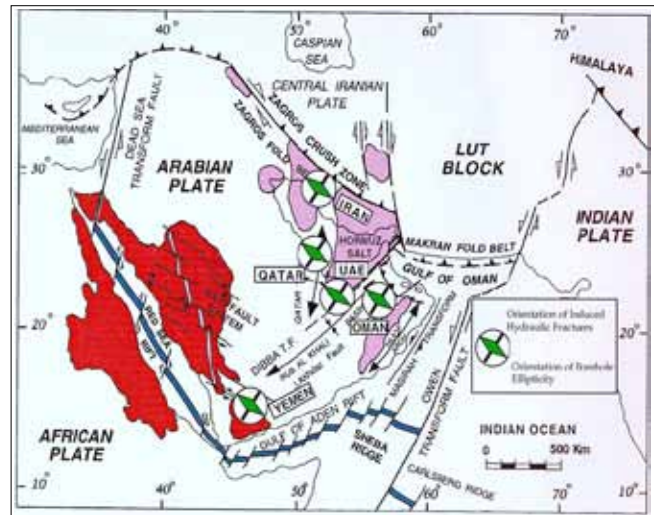


شکل ۱۵ | رابطه شکستگی‌های ناشی از حفاری و جهات استرس‌های افقی در چاه [۱۵]

ناشی از شکست یا ریختگی - نتایج زیر بدست آمد.

۱- در نگارهای مربوط به لیتولوژی، مانند نگار اشعه گاما، با تصحیحات مرسوم درباره قطر چاه و وزن گل می توان نتایج صحیح و قابل قبولی بدست آورد. خصوصیتی از سازند که حاصل از این نگارها هستند، مانند حجم رس نتایج قابل اطمینانی هستند.

۲- با استفاده از سیال حفاری با وزن گل بیشتر، می توان از بروز و گسترش شکست جلوگیری کرد. با این حال، اقدام به انجام این کار، عملیات را تا حدی کندتر می کند و عواقب دیگری مانند ایجاد و یا



شکل ۱۵ | وضعیت حرکات صفحه‌ای در منطقه [۲۴]

پانویس‌ها

1. Ultrasonic Borehole Imager
2. Slowness
3. Shale
4. Natural Gamma Ray Spectrometry
5. Campton Scattering Phenomena
6. Mud Cake
7. Compensated Formation Density
8. Washout
9. Drilling Tensile Induced Fracture

منابع

- [1]. Zoback, M. D., 2007. Reservoir geomechanics. Cambridge University Press.
- [2]. last, N.C., 2001. Achieving and maintaining improved drilling performance in the tectonically stressed Andean foothills of Colombia. In Lecourtier, J., editor, interactive drilling for fast track oilfield development, TECHNIP. 59-75.
- [3]. Plumb, R. A. and Hickman, S. H., 1985. Stress-induced borehole elongation: A comparison between the four-arm dipmeter and the borehole televiwer in the Auburn geothermal well." Journal of Geophysical Research , 90, 5513-5521.
- [4]. Zoback, M. D. and Barton, C. B., 2003. Determination of stress orientation and magnitude in deep wells. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences , 40, 1049-1076.
- [5]. Peska, P. and Zoback, M. D. 1995. Compressive and tensile failure of inclined wellbores and determination of in situ stress and rock strength. Journal of Geophysical Research, 100(B7), 1279112811-.
- [6]. Brudy, M. and Zoback, M. D., 1999. Drilling-induced tensile wall-fractures: implications for the determination of in situ stress orientation and magnitude. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 136, 191-215.
- [7]. Aadnoy, B. S., 1990b. In situ stress direction from borehole fracture traces. Journal of Petroleum Science and Engineering , 4, 143-153.
- [8]. Brudy, M. and Zoback, M. D., 1993. Compressive and tensile failure of boreholes arbitrarily-inclined to principal stress axes: Application to the KTB boreholes, Germany. International Journal Rock Mechanics Mining Sciences, 30, 1035-1038.
- [9]. Zoback, M. D. and Moos, D., 1985. Well bore breakouts and In situ stress. Journal of Geophysical Research , 90(B7), 5523-5530.
- [10]. Schlumberger, UBI Ultrasonic Borehole Imager. www.slb.com.
- [۱۱]. حساسی، خ، جمالی، ف، و طبسی، ه، ۱۳۸۲. نقشه گسل های فعال ایران، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
- [12]. Serra, O., 1984. Fundamental of well-log interpretation, volume 1. The acquisition of logging data of development in petroleum science, Elsevier Science Publisher, New York.
- [13]. Schlumberger, 2002e. log interpretation principle/ Applications: Spontaneous Potential and Natural Gamma Ray Logs. Oilfield Services Reference Publications.
- [14]. Schlumberger, 2002e. log interpretation principle/ Applications: Mechanical properties of rocks. Oilfield Services Reference Publications.
- [15]. Pasic, M and Matanovich, D., 2007. Borehole instability causes and consequences, Rudarsko Geolosko, 19, 87-98.

گسترش شکستگی‌های کششی ناشی از حفاری را نیز به دنبال دارد.
۳- نگار چگالی برای استفاده در ارزیابی‌های مورد نظر از چاه، نگار چندان قابل اطمینانی نیست، چرا که طراحی ابزار اندازه‌گیری چگالی به گونه‌ای است که تحت شرایط دیواره چاه قرار می‌گیرد و تصحیح آشکارساز دوم که در این ابزار تعبیه شده است، تحت چنین شرایطی نیز قابل اطمینان نیست. به کار گرفتن نگارهای صوتی یک راه قابل اطمینان برای بدست آوردن چگالی فراهم می‌آورد.

۴- با استفاده از نگار تصویرگر UBI فواصلی که چاه دچار ریختگی شده و یا احتمال بروز شکست در امتداد چاه وجود داشت تعیین شد. به کمک تصاویر حاصل، فواصلی از چاه که در آن‌ها لزوم بررسی‌های بیشتر از نقطه نظر ناپایداری وجود داشت مشخص شدند. در این خصوص از تصاویر سه بعدی نیز استفاده شد. با تحلیل جهت‌گیری شکست در امتداد دیواره چاه و همچنین به کمک شکستگی‌های کششی ناشی از حفاری در چاه، جهت استرس افقی ماکزیمم تعیین شد. جهت SHmax به صورت N25E-S25W محاسبه شد که با روند کلی حرکت منطقه هم‌خوانی دارد.

۵- در حالت داده برداری تک قطبی DSI در فواصلی که افزایش قطر در چاه ایجاد می‌شود، لزوماً تخمین سرعت امواج صوتی دستخوش تغییر نمی‌شود، اما به این نکته باید توجه داشت که استفاده از روش‌های اتوماتیک برای تعیین سرعت روش صحیحی نیست. ■