

وضعیت بازار و کاربرد فن آوری شکافت هیدرولیکی در مخازن هیدروکربوری نامتعارف به همراه معرفی شرکت‌های موفق در این فن آوری

مهدی زینلی حسنونند^۱، پژوهشگاه صنعت نفت ● سارا شکراله‌زاده بهبهانی، برنامه‌ریزی تلفیقی شرکت ملی نفت

اصلاحات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۶/۸۰/۳۰

تاریخ ارسال به داور: ۹۶/۰۹/۱۳

تاریخ پذیرش داور: ۹۶/۱۰/۲۸

واژگان کلیدی:

شکاف هیدرولیکی، مخازن نامتعارف،

شکافت هیدرولیکی، گاز شیل،

پروپانت

چکیده

در این نوشتار با مطالعه منابع مرتبط با شکافت هیدرولیکی، به بحث در مورد وضعیت این فن آوری در تولید از منابع هیدروکربوری پرداخته و دلایل توسعه شکافت هیدرولیکی، وضعیت بازارهای مرتبط با این فن آوری و مخاطرات شکافت هیدرولیکی بررسی می‌شود و در پایان برخی شرکت‌های فعال در حوزه شکافت هیدرولیکی معرفی می‌شود.

مقدمه

خلیج مکزیک، حوزه سانتوس^۲ و دریایی غرب آفریقا (شکل-۲)، تا منابع غیرمتعارفی مانند شیل‌ها و متان زغال‌سنگی^۴ فراهم کرده است. ۸۵ درصد از کل واحدهای عملیاتی شکافت هیدرولیکی^۵ در آمریکای شمالی قرار دارند. واحد شکافت هیدرولیکی براساس تقسیم‌بندی مایکل اکونومیدز، برابر با چهار واحد شکافته، یک واحد اختلاط و تجهیزات جانبی است. این تقسیم‌بندی شامل هر دو دسته تجهیزات عملیات در دریا و خشکی می‌شود. تعداد بالای این تجهیزات

اگرچه تمامی اطلاعات آماری عملیات‌های شکافت هیدرولیکی ثبت نشده است، اما در دو دهه اخیر استفاده از این فن آوری به شدت افزایش یافته است. در آمریکای شمالی با وجود قیمت پایین گاز طبیعی، فعالیت‌های مرتبط با ایجاد شکاف همواره در سطح بالایی بوده و تخمین زده می‌شود تاسیساتی معادل ۴ میلیون اسب بخار، تجهیزات در این کشور وجود دارد. با این وجود همواره لیست انتظاری از خدمات و تامین کنندگان وجود دارد که سبب شده تاخیر شروع عملیات تا ۹ ماه عادی باشد. در چین و هند سرمایه‌گذاری در منابع گاز غیرمتعارف سبب ایجاد تقاضا برای استفاده از فن آوری شکافت هیدرولیکی به منظور تولید اقتصادی شده است. همچنین میزان سرمایه‌گذاری در مناطق شیلی، استرالیا و شمال آمریکا افزایش داشته است. کشورهای اروپایی مانند هلند، لهستان، آلمان و فرانسه به منظور کاهش وابستگی انرژی به روسیه در تلاش برای بهره‌برداری از منابع سخت^۱ خود هستند.

اما تمام بحث در مورد شیل‌ها نیست. در سال ۲۰۰۷ سرمایه شرکت‌های خدماتی شکافت هیدرولیکی نشان‌دهنده وجود بازاری ۱۳ میلیارد دلاری نسبت به بازار ۲/۸ میلیارد دلاری سال ۱۹۹۹ بود (شکل-۱).

این فن آوری در حال حاضر بیش از هر روش تجربی دیگری، امکان ادامه تولید اقتصادی مواد هیدروکربنی را در سرتاسر جهان، از میدین با تراوایی بالای آلسکا، دریای شمال و روسیه گرفته تا سازندهای مترکم

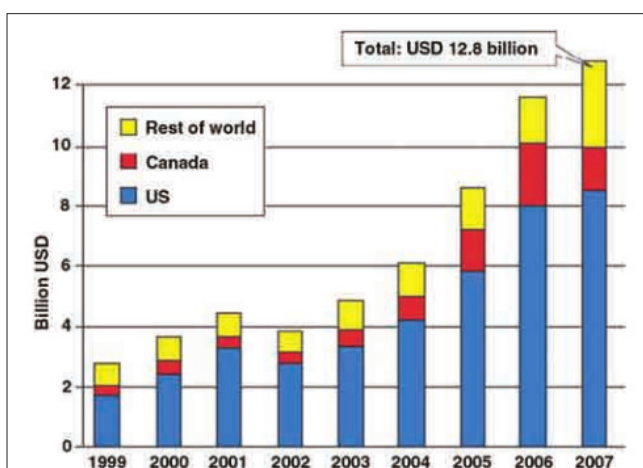


Fig. 1—Estimated size of the global fracturing market since 1999. Courtesy: Michael Economides, Energy Tribune.

۱ | حجم بازار شکافت هیدرولیکی در جهان از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۷

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (hasanvand@put.ac.ir)

ریلانس^۷، تمرکز عمیق بر اطمینان از کیفیت/کنترل کیفیت عملیات و اجرای عملیات شکافت در فاز پایلوت و سپس توسعه این عملیات با طول و ارتباط^۸ بیشتر تا حد نیاز است. بهینه‌سازی عملیات شکافت داستانی است که با انجام عملیات‌های بیشتر محقق می‌شود. تنها کلید این راه ایجاد شکافت‌های هیدرولیکی موثر، رقابتی و موفق با نتایج اقتصادی است^۹.

رشد و کاربرد فن آوری شکافت هیدرولیکی در آمریکا به وسیله بخش خصوصی و با هزینه‌های پایین و نیازهای اندک به یادگیری انجام شد. این موضوع سبب پاسخگویی سریع این شرکت‌ها به فن آوری‌های جدیدتر در مدل‌سازی، برنامه‌ریزی، سیال‌ها و پروپانت‌ها شد. با وجود رقابت ده‌ها شرکت پیمانکاری، هر کدام به دنبال پیشی گرفتن فنی و اقتصادی از یکدیگر بودند و سرعت رشد این فن آوری در آمریکا زیاد بود. به دلیل الزامات قانونی آمریکای شمالی مبنی بر افشای داده‌های عملیات بهره‌برداری و شکافت -۶ ماه بعد از اجرا-، رقبا توانستند دانش و تجربه به دست آمده را استفاده کنند. شرکت‌های آمریکا همچنین از

ریشه در قابل اعتماد و بالغ بودن این فن آوری و افزایش تقاضا دارد. افزایش قابل توجه ذخیره اثبات شده گاز طبیعی در آمریکا در کمتر از ۲۰ سال گذشته (۱۹۹۴ Tcf) (۱۶۲/۴۲) و (۲۰۰۹ Tcf) (۲۴۴/۶۶)) ارتباط مستقیمی با توسعه فن آوری شکافت هیدرولیکی و حفاری افقی دارد. افزایش ذخایر سبب شد تا در گزارش سالانه HIS CERA با عنوان "طوفان شیل" بیان شود؛ "افزایش تولید گاز آمریکا باعث شد تا آمریکای شمالی برخلاف پیش‌بینی‌های گذشته، به صادرات مقادیر بالایی گاز مایع شده (LNG) از مناطق تولیدی نیازمند باشد." اگرچه در حال حاضر منابع گاز شییلی و زغال‌سنگی در خارج از آمریکا گسترده است، اما نیاز به منابع غیرمتعارف گاز در اکثر کشورها تا تمام شدن منابع متعارف هنوز به مرحله ضرورت تولید نرسیده است. علاوه بر این سه کشور اول دارای منابع گاز طبیعی اثبات شده (روسیه، ایران و قطر) در مجموع دارای ۱۴/۵ برابر ذخایر گاز آمریکا تا پایان سال ۲۰۰۹ (۳۳۵۶۴ Tcf) و ۵۷٪ از کل ذخایر گاز جهان را در اختیار دارند. بنابراین اگرچه شکافت هیدرولیکی و استخراج گاز طبیعی و نفت در میادین نامتعارف شیل آمریکا به هم مرتبط شده‌اند، در آینده بلندمدت این ارتباط به خارج این کشور نیز گسترش خواهد یافت.



Fig. 2—Equipped with 8,250 hhp and 15,000 psi-capable pumps and manifolds, Halliburton's *Stim Star Angola* delivers a wide range of stimulation services offshore West Africa. Photo courtesy: Halliburton.

۱- وضعیت سرمایه‌گذاری و رقابت کشورها در توسعه شکافت هیدرولیکی

در حال حاضر در آمریکای شمالی در یک چاه افقی حداقل ۱۰ عملیات شکافت به منظور تحریک چاه انجام می‌شود. این در حالی است که در خارج از آمریکای شمالی، تعداد عملیات‌های ایجاد شکافت به طور معمول برای هر چاه به ندرت به بیش از ۲ تا ۳ عملیات می‌رسد. قیمت پایین گاز طبیعی و نبود زیرساخت‌ها، دو عامل اساسی این پدیده هستند. شرکت‌های خدماتی در خارج از آمریکای شمالی یا هنوز زیرساخت‌های کافی را ایجاد نکرده، یا تجربیات موفقی به دست نیاورده‌اند. هزینه عملیات‌ها در این شرکت‌های خدماتی حدود سه تا چهار برابر موارد مشابه در آمریکای شمالی است که علت آن ضعیف در شبکه‌های توزیع تجهیزات و نیروی انسانی است. اما راه برتری بر این چالش از نگاه یکی از مهندسان باتجربه شرکت بی‌پی، مارتین

۲ | کشتی استیم استار آنگولا بخش عمده‌ای از عملیات‌های شکافت دریایی در غرب آفریقا را انجام می‌دهد

منطقه	آمریکا و مکزیک	کانادا	آمریکای جنوبی	روسیه	چین	آفریقا	خاورمیانه (بجز ایران)	اروپا	استرالیا	سایر نقاط آسیا
تعداد واحدها	۷۵۶	۱۱۱	۷۲	۴۹	۳۲	۱۶	۱۰	۸	۵	۲۱

۱۵٪ از سهام پروژه LNG گلدستون را از شرکت استرالیایی سانتوس و ۵٪ از سهام را از شرکت مالزیایی پتروناس خریداری کرده است. این گروه فرانسوی اعلام کرده که به دنبال فرصتی برای مشارکت در سایر دارایی‌های گازی سانتوس در استرالیا است.

در سال ۲۰۱۰، استات‌اویل نیز با خرید از شرکت انرژی چسپیک^۴ حوزه عملیات خود در شیل مارسلوس آمریکا را حدود ۵۹ هزار هکتار افزایش داد. استات‌اویل در اواخر ۲۰۰۸ وارد حوزه شیل مارسلوس شد. این شرکت در تلاش است تا زیرساخت‌ها را از طریق شریک خود چسپیک به دست آورد تا بتواند به عنوان یک پیمانکار منابع گازی نامتعارف شناخته شود.

استراتژی دیگر دعوت از شرکت‌های خارجی برای سهم شدن در بهره‌برداری از منابع کشور است. برای مثال، بزرگترین تولیدکننده گاز چین، پتروچاینا، و شرکت رویال داچ شل با هم در توسعه و بهره‌برداری از منابع گاز شیل استان سیچوان چین مشارکت کرده‌اند. این شرکت برنامه‌ریزی کرده تا ۶۰ میلیارد دلار در تولید نفت و گاز در خارج از چین سرمایه‌گذاری کند. دیگر شرکت‌های چینی مانند شرکت نفت و شیمی چین و CNOOC نیز برنامه مشابه با پتروچاینا در پیش گرفته‌اند.

۲- وضعیت بازار تولید پروپانت

با رشد سریع شکافت هیدرولیکی در دو دهه گذشته، تعداد تولیدکنندگان پروپانت در سرتاسر جهان از تعداد انگشت شمار به بیش از ۳۰ تولیدکننده پروپانت شنی، ۹ تولیدکننده پروپانت با پوشش رزینی، و حداقل ۱۰ تولیدکننده پروپانت‌های سرامیکی رسیده است.

براساس مطالعه انچوتز و اولمن که در مجلات پروپتستر^{۱۵} و کلریک^{۱۶} در سال ۲۰۱۰ چاپ شد، در بازار پروپانت مصرف پروپانت در دهه ۱۹۹۰ یک بازار با رشد کم بود. اما از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۹ از مقدار تقریبی ۳ میلیارد پوند به نزدیک به ۲۰ میلیارد پوند رسید.

اندازه دانه‌های پروپانت با افزایش مصرف آب^{۱۷} برای عملیات شکافت کم می‌شود. در دو دهه ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ این اندازه در محدوده گرید ۲۰/۴۰ قرار داشت. براساس گزارش کلریک به نقل از اولمن، شکافت هیدرولیکی مربوط به منابع غیرمتعارف چیزی کمتر از یک تغییر پارادایم در تاثیرگذاری بر حجم، نوع و اندازه پروپانت‌ها ندارد. نتایج این تغییر پارادایم، رایج شدن استفاده از گریدهای ۳۰/۵۰ و ۴۰/۷۰ شن و شن با پوشش رزینی، ۴۰/۸۰ سرامیکی و شن با مش ۱۰۰ است. استفاده از پروپانت‌های بزرگی مانند ۱۶/۲۰ یا بزرگتر در غرب سبیری از ۴۳٪ در سال ۲۰۰۳ به بیش از ۹۰٪ رسیده است. موارد مشابهی از این تغییر روند در آمریکای شمالی نیز وجود دارد.

مشوق‌های مالیاتی و افزایش قیمت گاز دهه ۱۹۸۰ سود بردند و شروع به اکتشاف مخازن گاز متراکم کردند و در سال ۱۹۹۲ که مشوق‌های مالیاتی به اتمام رسید، زیرساخت‌های ایجاد شده، مواد تولیدی و متخصصان، مجبور به ادامه فعالیت به صورت اقتصادی و بدون مشوق شدند.

تحرک ناشی از افزایش تقاضا برای تولید انرژی سبب شده تا کشورهایمانند چین و هند در پی رونق اقتصادی شیل در آمریکا، علاقمند به توسعه منابع خود با هزینه مناسب شوند. هر دو کشور در سال ۲۰۱۰ اقدام به امضای قراردادهایی با ایالات متحده کردند که اجازه انجام مطالعات زمین‌شناسی توسط آمریکایی‌ها برای تعیین پتانسیل وجود شیل گازی قابل برداشت در محدوده این کشورها را می‌داد.

هند و چین همچنین در حال جذب منابعی در ایالات متحده هستند. به عنوان مثال، بزرگترین شرکت هند، صنایع ریلائنس^{۱۸}، تحت رهبری میلیاردی مکش امبانی^{۱۹}، در سال ۲۰۱۰ سهامی از شیل‌های ایالات متحده به ارزش قریب به ۳/۴ میلیارد دلار خریداری کرد. به نظر می‌رسد امبانی به دنبال استراتژی یادگیری تا زمان نیاز^{۱۱} است و شاهد این ادعا سرمایه‌گذاری مشترک شرکت ریلائنس و شرکت نفت و گاز کاریگو^{۱۲} در نواحی شیلی مارسلوس^{۱۳} در مرکز و شمال شرق پنسیلوانیا است. ریلائنس در این پروژه ۶۰٪ مشارکت دارد و کاریگو پیمانکار آن است. اما ریلائنس این اختیار را دارد که در سال‌های بعد به عنوان پیمانکار در برخی مناطق وارد عمل شود. امبانی بر آموخته‌های شرکتش در فن‌آوری‌هایی مانند شکافت هیدرولیکی حساب کرده و امیدوار است از منافع حفر حدود ۱۰۰۰ چاه در طول ۱۰ سال که پتانسیل آن حدود ۳/۴ TcFe است، بهره‌بردار.

کشورهای کوچکتری مانند فرانسه و نروژ نیز استراتژی مشابهی را برای ارتباط با فن‌آوری شکافت هیدرولیکی به عنوان یک فن‌آوری توانمند در پیش گرفته‌اند. به عنوان مثال شرکت توتال اولین سرمایه‌گذاری خود را در یک پروژه گاز زغال‌سنگی در حدود ۷۵۰ میلیون دلار برای ۲۰٪ از سهام یک شرکت مشترک استرالیایی انجام داد. این پروژه گاز زغال‌سنگ تولید شده از میدان‌های کوئینزلند را در یک کارخانه واحد در ساحل شرقی کشور به LNG تبدیل می‌کند. همچنین شرکت توتال

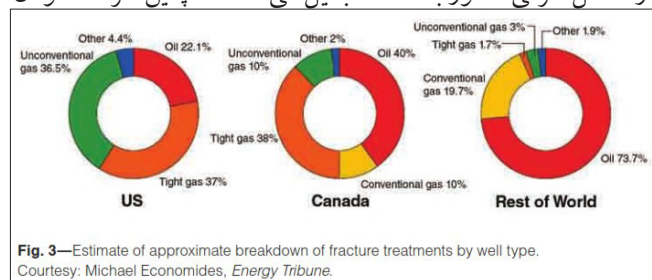


Fig. 3—Estimate of approximate breakdown of fracture treatments by well type. Courtesy: Michael Economides, Energy Tribune.

۳ تخمین پراکندگی عملیات‌های شکافت هیدرولیکی در نقاط مختلف جهان^۶

مخزن و میکرو نمودار گیری برای تعریف گستره شکاف است. منابع اطلاعاتی اضافی مستقل که در طول عمر چاه اخذ می‌شود، برای شناخت عملکرد هر شکاف در چاه ضروری است.

انتونین ستاری از دانشگاه کلگری ادعا می‌کند: "صنعت هنوز هم اثرات ژئومکانیکی شکاف چاه در منابع غیر متعارف را به خوبی نشناخته است". چالش‌های منحصر به فرد هر عملیات شکاف شیلی سبب شده تا پیمانکاران به لحاظ اقتصادی، آموختن تجارب هر عملیات را ضروری بدانند. از این رو ستاری تخمین می‌زند که با توجه به تحقیقاتی که امروزه توسط کنسرسیون‌های مختلف انجام می‌شود -مانند تحقیقات دانشگاه کلگری با همراهی بی‌پی، شل، استات‌ویل، و انی- به توسعه یک نرم‌افزار با قابلیت پیش‌بینی^{۲۲} طی ۳ تا ۵ سال آینده بیانجامد.

همانطور که Rylance اعلام کرد "عملیات شکاف هیدرولیکی یک تکنولوژی بسیار بخشنده است"، با توانایی دستیابی به نتایج خوب در شرایطی همانند آمریکای شمالی، جایی که استفاده آن به تعداد زیاد هنوز هم براساس مدل‌های توسعه یافته ۲۵ تا ۳۵ سال پیش انجام می‌شود.

برای دستیابی به موفقیت نه تنها توسعه یک مدل قابل تخمین لازم است، بلکه اشتراک داده و تجمع اطلاعات نیز ضروری است. متأسفانه در این زمینه اشتراک داده بین شرکت‌ها به سادگی صورت نمی‌گیرد. توانایی طراحی و اجرای عملیات بهینه شکاف توسط شرکت‌های خدماتی محفوظ می‌ماند. چراکه این شرکت‌ها موضوع طراحی بهینه را به عنوان یک طرح کلی در نظر نمی‌گیرند. چهار چیز که شرکت‌های خدماتی در حوزه شکاف هیدرولیکی برای یک طراحی بهینه نیاز دارند: تراوایی مخزن، توزیع تنش درجا، مدل زمین شناسی صوتی^{۲۳}، و خصوصیات هدر رفت سیال در سازندهای دارای شکاف طبیعی است و نرم افزار فضای تصمیم‌گیری^{۲۴} هالیبرتون می‌تواند کمک کند. یکی از اهداف این نرم‌افزار جمع‌آوری بهتر داده‌های مربوط به عملیات شکاف در زمان واقعی از میدان با وجود یک مدل زمینی مشترک است.

دانیلیرگین، رئیس مشاور IHS CERA، در سخنان خود در کنگره جهانی انرژی سال ۲۰۱۰، از توسعه شیل-گاز به عنوان یکی از مهمترین نوآوری‌های انرژی قرن حاضر نام برد. بدون شکاف هیدرولیکی و ادغام آن با حفاری افقی، این پدیده به لحاظ فیزیکی غیر ممکن بود. با این وجود، در آمریکا بهره‌برداری از منابع شیل-گاز هر روز به مکان‌های مسکونی و منابع آبی نزدیک‌تر می‌شود. در سایر نقاط جهان سعی می‌شود در مورد ارتباط بین شکاف هیدرولیکی و آلودگی سفره‌های زیرزمینی از تجارب عمومی آمریکاییان، آموخته‌های دولت آمریکا

آمریکای شمالی اصلی‌ترین تولیدکننده پروپانت است. اولین کارخانه غیر آمریکایی برای تولید شن‌های عملیات شکاف براساس استاندارد API RP ۵۶ با استفاده از شن سیلیکایی کولورادو در سال ۱۹۸۵ در چلفورد انگلیس ساخته شد. بعد از آن چندین واحد کوچک تولید شن طبیعی و پوشش رزینی در کشورهایمانند انگلیس^{۱۸}، دانمارک، لهستان و عربستان سعودی ایجاد شد. اما به گفته اولمن، بزرگترین توسعه این حوزه خارج از آمریکای شمالی، تولید سرامیک‌های با قدرت بالا^{۱۹} و بوکسیت متخلخل^{۲۰} است. برزیل، روسیه و چین مثال‌هایی از کشورهای دارای فن‌آوری تولید پروپانت مصنوعی بادوام هستند که محصولات خود را به آمریکای شمالی صادر می‌کنند.

۳- چالش‌های فن‌آوری شکاف هیدرولیکی

براساس ادعای سیمون چیپرفیل^{۲۱}، مدیر گروه مرکزی گاز شرکت سانتوس، اصلی‌ترین چالش پیش‌روی شکاف هیدرولیکی، شناخت ارتباط و برهمکنش ایجاد شده بین شکاف و مخزن است یک عملیات خوب نتیجه توسعه فرایندهایی مانند تحلیل بسته‌شدن براساس خواص



۴ | پروپانت در حال تخلیه به داخل قیف برای انتقال به تراک اختلاط است. مخلوط به داخل چاه جهت شکاف هیدرولیکی پمپ می‌شود

چاه و شکافت هیدرولیکی همزمان انجام می‌شود تا هزینه‌های خوردگی، رسوب و نشست مواد معدنی یا میکروبی کم شود. تیم عملیاتی این شرکت متشکل از زمین‌شناس، ژئومکانیک و مهندس مخزن است که در مجموع بیش از ۲۵ سال سابقه انجام عملیات شکافت هیدرولیکی در هر دو نوع مخازن متعارف و نامتعارف را دارد.

شرکت بیکر هیوز با داشتن تکنولوژی انتخاب پروپاننت متغیر، نتایج بهتری در افزایش بهره‌دهی چاه‌ها داشته است. در این شرکت غربالگری براساس خواص سنگ و سیال مخزن انجام و قبل از عملیات شکافت هیدرولیکی، مدلسازی براساس روش شناسایی مخزن (UTRF) صورت می‌گیرد. این موضوع سبب انتخاب درست روش تزریق بهینه برای شکافت هیدرولیکی خواهد شد.

یکی از روش‌های موثر شرکت بیکر هیوز در شکافت هیدرولیکی، روش StimPlus™ است. در این روش واکنش‌های شیمیایی در کنار شکافت هیدرولیکی بررسی می‌شود که سبب کاهش هزینه‌های رسوب معدنی، آلی، میکروبی و خوردگی در ضمن فرایند شکافت هیدرولیکی خواهد شد. نمونه موفق استفاده از این روش در خلیج مکزیک بود که پیمانکار با تشکیل آسفالتین به همراه تولید شن در چاه در عمق ۳۳۸۳ متری با پلاگ‌های تشکیل شده آسفالتین روبرو بود. در این عملیات از ممانعت کننده AsphaltSorb™ به همراه پک سیال ایجادکننده شکاف و پک گراول در شکاف ایجاد شده استفاده شد. این روش باعث شده تا ۲۰۰ روز تولید نفت تضمین شود. بعد از ۲۰۰ روز و تولید ۵۰۰ هزار بشکه نفت، مقدار آسفالتین تولید شده نشان داد که آسفالتی در داخل چاه تشکیل نشده است. این موضوع نشان می‌دهد که ممانعت کننده همراه با عملیات شکافت هیدرولیکی در کاهش مسئله تولید آسفالتین نیز موثر بوده است [۲].

در میدان متان زغال‌سنگی آپالاجیاز در عملیات شکافت هیدرولیکی از روش Sorb Solid inhibitor استفاده شد. گزارش‌ها نشان می‌دهد تا چهار سال پس از ایجاد شکاف، مشکلات مربوط به تشکیل رسوب در حد صفر است و چاه‌های با مشکل تولید آب، به اندازه کافی ممانعت کننده دارند که در آنها از مشکل تشکیل رسوب ممانعت شود. هم‌اکنون در تمامی عملیات‌های شکافت هیدرولیکی این میدان از Sorb Solid inhibitor استفاده می‌شود.

از دیگر فن‌آوری‌های شرکت بیکر هیوز در موضوع شکافت هیدرولیکی، ایجاد شکاف چند مرحله‌ای مانند ایجاد سیستم توپ‌های فعال تک و چندتایی در نقطه شکاف برای هر دو حالت چاه باز و چاه با لوله جداری است. این روش در مخازن با تراوایی کم و چاه‌های دارای لوله جداری کاربرد دارد [۳]. در شرکت بیکر هیوز امکان تزریق تا فشار

و عکس‌العمل رسانه‌ها استفاده شود. براساس اظهارات میشل اسمیت -رئیس فن‌آوری‌های NSI- اکثر نگرانی‌های موجود بی‌اساس است. زیرا عملیات شکافت در فاصله هزاران فوتی از سفره‌های زیرزمینی انجام می‌شود. همچنین مواد شیمیایی استفاده شده در سیال این عملیات نسبتاً خوش‌خیم هستند و شانس ایجاد یک مسیر جریانی بین گاز طبیعی و سطح بسیار کم است. در این میان گزینه محتمل ایجاد حادثه، ضعف در تجهیزات تکمیل چاه و امکان فرار گاز از طریق رشته تکمیل شده چاه است و اگر چاه به یک گسل طبیعی بزرگ نفوذ کرده باشد، در زمان تزریق حجم زیادی آب با فشار بالا، امکان وقوع زمین‌لرزه کوچک وجود دارد.

پیش‌بینی می‌شود با توجه به رشد جمعیت و جمعیت حدود ۶/۸۸ میلیارد نفری طی ۲۰ سال آینده، تقاضا برای انرژی بین ۴۰-۳۲ درصد افزایش یابد. با توجه به محدودیت منابع متعارف، براساس این پیش‌بینی نیاز به ساخت تاسیسات بهره‌برداری از منابع نامتعارف وجود دارد که در این زمینه تاسیسات مربوط به ایجاد شکاف هیدرولیکی در سازندهای مختلف مانند شیل‌ها توسعه خواهد یافت.

۴- شرکت‌های بین‌المللی در زمینه شکافت هیدرولیکی

۴-۱ شرکت اکسون موبیل (ExxonMobil)

این شرکت بزرگترین تولیدکننده گاز طبیعی در جهان است. فن‌آوری شکافت هیدرولیکی در شرکت اکسون موبیل از دو جنبه تکنولوژی و مسائل زیست‌محیطی - ایمنی مورد توجه است. از جنبه زیست‌محیطی موضوعات ریسک در مخازن غیرمتعارف، مسئولیت‌های زیست‌محیطی، اندازه‌گیری ایمنی، ارائه برنامه حفاری با در نظر گرفتن مسئله محیط‌زیست و سیستم مدیریت یکپارچه عملیات از جمله ویژگی‌های اکسون موبیل در عملیات شکافت هیدرولیکی است. تمامی این موارد در قالب استانداردها و شرح کارها در وب‌سایت این شرکت قابل دستیابی است.

شرکت اکسون موبیل از جمله شرکت‌هایی است که با گروه fracfocus همکاری دارد و از طریق این سایت اینترنتی، اطلاعات تمام چاه‌های حفاری شده در آمریکا از نظر نوع و مقدار استفاده از مواد شیمیایی و اثرات آن بر آب‌های زیرزمینی بررسی و ثبت می‌شود.

۴-۲ شرکت بیکر هیوز (Baker Hughes)

شرکت بیکر هیوز ده‌ها سال سابقه در عملیات شکافت هیدرولیکی دارد. در این شرکت برای انجام هر عملیات شکافت ابتدا در مورد وضعیت ساختار زمین‌شناسی مخزن مطالعه می‌شود و عملیات تحریک

۱۵۰۰۰ پام با دبی‌های مختلف وجود دارد.

۳-۴- شرکت شلمبرژر (Schlumberger)

شرکت شلمبرژر در زمینه استفاده از شکاف هیدرولیکی روش‌های خاصی را دارد. از جمله ایجاد کانال‌های شکاف هیدرولیکی به نام HiWAY در این روش پروپانت‌های شکاف با ایجاد میان‌بر در داخل شکاف، تراوایی شکاف را افزایش می‌دهند. این میان‌برها سیستم جریانی پیوسته‌ای را برای عبور هیدروکربن‌ها ایجاد و سبب پایداری شکاف و ایجاد ارتباط پیوسته بین مخزن و چاه می‌شوند. همچنین مقدار آب و پروپانت مصرفی کاهش می‌یابد. این فن‌آوری در مخزن شیلی ایگل فورد^{۲۵} استفاده شد.

این مخزن از لایم استون و شیل تشکیل شده است. تخلخل بین ۷ تا ۱۰ درصد، تراوایی بین ۰/۲ تا ۰/۶ میلی داریسی، فشار مخزن بین ۸ تا ۱۰ هزار پام و ماژول یونگ برابر با ۴/۱ Mpsi تا ۸/۴ است که تغییرات شکست بالایی است. تغییرات دمای مخزن از ۲۸۰ تا ۳۱۰ درجه فارنهایت از عمق ۱۱۸۰۰ فوت تا ۱۲۲۰۰ فوت است که شرایط چالش برانگیزی را برای موفقیت عملیات ایجاد کرده بود. پیش از این فن‌آوری، در این میدان از تکمیل چندگانه افقی چاه استفاده می‌شد که سبب مصرف سالانه میلیون‌ها گالن آب و میلیون‌ها پوند پروپانت می‌شد.

شلمبرژر در یک مقایسه موردی دو چاه را به روش HiWAY و دو

چاه را به روش معمولی تحریک کرد. فاصله چاه‌ها از همدیگر ۳۵۰۰ فوت بود و طول چاه‌ها حداکثر ۱ درصد با هم اختلاف داشت. در طول ۶۰ روز اول بعد از تحریک چاه به روش شکاف هیدرولیکی HiWAY، به طور میانگین ۲۶۵۳۵ بشکه میعانات و ۳۰/۱ میلیون فوت مکعب گاز همراه تولید شد. در حالی که در چاه‌هایی که به روش معمولی شکافت هیدرولیکی شده بود به ترتیب ۱۸۵۵۵ بشکه میعانات و ۱۸/۷ میلیون فوت مکعب گاز تولید شد. فشار جریانی میانگین چاه‌های روش HiWAY برابر با ۲۱۵۶ پام و چاه‌های روش معمولی برابر با ۱۹۱۶ پام بود. علاوه بر این روش HiWAY مقدار تولید میعانات و گاز طبیعی را به ترتیب ۴۳٪ و ۶۱٪ افزایش داد. از سوی دیگر مقدار استفاده از آب و پروپانت به ترتیب ۵۸٪ و ۳۵٪ کاهش یافت [۴].

فن‌آوری دیگری که شرکت شلمبرژر در زمینه شکافت هیدرولیکی استفاده می‌کند، روش StimMORE است. در این روش ضمن تزریق سیال از وضعیت میکرو شکاف‌های ایجاد شده لرزه‌نگاری می‌شود. داده‌های مربوط به وضعیت تشکیل شکاف، همزمان با تزریق به بهبود فرایند ایجاد شکاف هیدرولیکی کمک می‌کند. این روش ابتدا در میدان شیلی بارنت که دمایی بین ۱۶۰ تا ۲۵۰ درجه فارنهایت داشت اجرا شد [۵]. ■

پانویس‌ها

- 1.tight
- 2.Michael Economides, Energy Tribune
- 3.Santos Basin
- 4.coalbed methane (CBM)
- 5.spread
- 6.Michael Economides, Energy Tribune
- 7.Martin Rylance
- 8.conductivity
- 9.Reliance
- 10.MukeshAmbani
- 11.learn-as-you-earn strategy.
- 12.Carrigo Oil & Gas
- 13.Marcellus
- 14.Chesapeake Energy
- 15.PropTester
- 16.Kelrik
- 17.use of slickwater
- 18.Chelford, England
- 19.high-strength ceramics
- 20.sintered bauxite
- 21.Simon Chipperfield
- 22.predictive software
- 23.a sound geologic model
- 24.DecisionSpaceDesktop software
- 25.Eaglr Ford Shale

منابع

- [1] Carl T. Montgomery and Michael B. Smith,Hydrolic fracturing, history of an enduring technology, NSI Technologies, JPT, Dec 2010.
- [2] <https://www.bakerhughes.com/products-and-services/pressure-pumping/hydraulic-fracturing/stimplus-service>
- [3] <https://www.bakerhughes.com/products-and-services/completions/well-completions/multistage-hydraulic-fracturing/fracpoint-multistage-fracturing-system/fracpoint-cemented-mp-sleeve-system>
- [4] http://www.slb.com/~media/Files/stimulation/industry_articles/201212_harts_hydraulic_fracturing_key_players.pdf
- [5] <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920410516304181>