Archive of SID

مطالعات حقوق انرژی، دورهٔ ۵، شمارهٔ ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۸، صفحات ۳۳۳ - ۳۱۳

رویکردهای قانونی در مدیریت ریسک استخراج نفت و گاز شیل

عبدالحسین شیروی*
استاد گروه حقوق خصوصی دانشکدهٔ حقوق دانشگاه تهران (پردیس فارابی)
عبدالحسین مرادی مزرعه‌نو
دکتری حقوق نفت و گاز دانشکدهٔ حقوق دانشگاه تهران (پردیس فارابی)
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۴/۱۳)

چکیده

ذخایر نفت و گاز شیل که پیش‌تر جزء منابع نفت و گاز تلقی نمی‌شد، در دههٔ اخیر با پیشرفت فناوری دارای توجیه اقتصادی شده و در شمار ذخایر انرژی قابل برداشت درآمده است؛ به گونه‌ای که از این پدیده به عنوان انقلاب شیل در صنعت نفت و گاز یاد می‌شود. پروژه‌های شیل به دلیل کاربرد فناوری شکست هیدرولیکی و حفاری افقی به صورت توأمان با ریسک‌های جدیدی روبه‌رو هستند. یکی از سازوکارهای مدیریت ریسک، استفاده از روش‌های تقنینی و تنظیم‌گری است. در این مقاله، با لحاظ تجربهٔ کشورهای فعال در این حوزه، کنترل و مدیریت ریسک‌های پروژه‌های شیل از طریق قانون‌گذاری و تنظیم‌گری مورد بررسی قرار گرفته است. برای موفقیت چنین پروژه‌هایی در ایران، این مقاله نتیجه می‌گیرد که چهارچوب قانونی لازم برای اکتشاف و استخراج مخازن شیل، نخست باید توسط قانون‌گذار تعیین و نهادی مرکب از وزارت نفت، وزارت نیرو (بخش آب) و محیط زیست به عنوان «نهاد رگولاتور» تأسیس شود که بتواند مقررات لازم را در این حوزه وضع و نسبت به اعطای مجوز اکتشاف و استخراج اقدام کند و سپس مطابق قوانین و مقررات بر انجام عملیات اکتشاف و استخراج نظارت نماید.

واژگان کلیدی

حفاری افقی، شکست هیدرولیکی، شیل، محیط زیست، مدیریت ریسک.

* نویسندهٔ مسئول Email: ashiravi@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

امنیت انرژی یکی از موضوعات بسیار مهم برای کشورهاست که می‌تواند زمینه‌ساز امنیت اقتصادی و سیاسی شود و از این رو، کشورها از هیچ کوششی در کشف منابع جدید انرژی فروگذار نیستند. یکی از منابع جدید انرژی، نفت و گاز شیل[1] است که در گذشته به دلیل نبود فناوری و بالا بودن هزینه‌های استخراج از منابع انرژی به شمار نمی‌رفت اما با توسعهٔ فناوری و افزایش قیمت نفت و گاز از آغاز قرن بیست و یکم، اکتشاف و استخراج از این منابع توجیه اقتصادی یافته است. استخراج نفت و گاز از منابع شیل، ریسک‌هایی خواهند داشت که نهادهای حاکمیتی در کشورهای دارای این نوع از منابع، از طریق وضع مقررات به دنبال مدیریت و کنترل آن‌ها هستند. در مقالهٔ پیش رو، نخست به بررسی منابع شیل و انقلابی که در صنعت انرژی پدید آورده، خواهیم پرداخت؛ سپس ریسک‌های خاص استخراج از این منابع را شناسایی و سرانجام، رویکردهایی که نهادهای تقنینی و رگولاتوری[2] در کشورهای فعال در این صنعت برای مدیریت این ریسک‌ها برگزیده‌اند، بررسی خواهد شد.

۱. نفت و گاز شیل

شناخت دقیق و درست حقوق نفت و گاز به عنوان رشته‌ای مرتبط با صنعت مستلزم شناخت جنبه‌های فنی آن است. بنابراین، در این قسمت اجمالاً شیل‌ها، تفاوت آن با سایر منابع نفت و گاز، نحوهٔ استخراج و انقلابی که در صنعت انرژی ایجاد کرده، بررسی می‌شود. به طور کلی، نفت و گازی که با روش‌های مرسوم قابل استخراج و تولید اقتصادی است، به «نفت و گاز متعارف»[3] و نفت و گازی که با روش‌های مرسوم، قابلیت استخراج و تولید اقتصادی نداشته و بهره‌برداری از آن‌ها مستلزم صرف هزینه و فناوری پیشرفته است، به «نفت و گاز نامتعارف»[4] شهرت دارند. از نگاه فنی، به مخازنی که میزان نفوذپذیری آن‌ها کمتر از ۰/۱ میلی دارسی باشد، مخازن نامتعارف گفته می‌شود (Harris, 2012: 2).

یکی از مهم‌ترین منابع نفت و گاز نامتعارف، نفت و گاز شیل است. نفت و گاز در منابع شیل به صورت آزاد وجود ندارد و به جهت پایین بودن میزان نفوذپذیری، بعد از اتمام عملیات حفاری و ورود به سنگ مخزن، به خودی‌خود به چاه جریان نمی‌یابد. اما در منابع متعارف، به دلیل بالا بودن نفوذپذیری، جریان آزاد نفت و گاز وجود داشته، تولید از آن‌ها راحت‌تر است. برای درک بهتر موضوع، می‌توانیم منابع متعارف نفت و گاز را به مثابه کپسول

1. Shale oil and gas
2. regulatory
3. Conventional oil and gas
4. Unconventional oil and gas

www.SID.ir

Archive of SID

پُرفشاری در نظر بگیریم که با ورود به مخزن، نفت و گاز به بیرون جریان می‌یابد اما منابع شیل مانند اسفنجی است که نفت و گاز در حفره‌های آن نهفته و با شکستن حفره‌ها، نفت و گاز محبوس آزاد می‌شود. بنابراین، لازمهٔ تولید نفت و گاز از میادین شیل، افزایش دادن میزان تخلخل و جریان‌پذیری سازندهای شیل است که این امر با به‌کارگیری فناوری پیشرفتهٔ حفاری افقی[1] و شکست هیدرولیکی[2] فراهم می‌شود. پس، تفاوت اصلی توسعهٔ میادین نفت و گاز متعارف و شیل، به میزان زیاد استفاده از حفاری‌های افقی و شکست هیدرولیکی در شیل برمی‌گردد (Philippe and Pascal, 2015: 44).

در حفاری افقی، پس از حفاری چاه به صورت عمودی و رسیدن به سازند شیل، عملیات حفاری به صورت افقی و جهت‌دار ادامه یافته که ممکن است طول آن به بیش از یک مایل نیز برسد. افقی شدن حفاری باعث افزایش سطح تماس چاه با سازند و در نتیجه، افزایش تولید خواهد شد. هرچند انجام حفاری به صورت افقی موجب افزایش هزینهٔ حفاری می‌شود، اما چاه افقی می‌تواند تا سه برابر بیشتر از چاه عمودی تولید داشته باشد. در روش شکست هیدرولیکی با اتمام عملیات حفاری و سیمان‌کاری، لولهٔ تفنگی به چاه ارسال و با شلیک در جدارهٔ چاه، حفره‌هایی ایجاد شده، سپس میلیون‌ها لیتر سیال حاوی آب، شن و مواد شیمیایی خاص با فشار بسیار زیادی به داخل چاه تزریق می‌شود که این امر باعث شکست لایه‌های شیل، آزاد شدن نفت و گاز محبوس و سرانجام تولید می‌گردد (Golden, 2015: 971).

۲. انقلاب شیل

کشف ذخایر عظیم نفت و گاز نامتعارف مانند شیل، به‌ویژه در آمریکا، کانادا و روسیه و امکان توسعه و استخراج آن مخازن به صورت تجاری، با توجه به قیمت نفت خام و گاز طبیعی، موجب شده است که تصویر اقتصاد سیاسی عرضه و تقاضای نفت و گاز در سطح جهانی تغییر کند. این تغییرات از هم‌اکنون ظاهر شده و آثار میان‌مدت و بلندمدت خود را بر آرایش جدید بازیگران بازار جهانی نفت و گاز نمایان می‌سازد (درخشان، ۱۳۹۱: ۱۶۱). در همین زمینه، ادارهٔ اطلاعات انرژی ایالات متحده[3] در سال ۲۰۱۳، گزارشی با عنوان «ذخایر نفت شیل و گاز شیل که از نظر فنی قابل بهره‌برداری هستند: ارزیابی ۱۳۷ سازند شیل در ۴۱ کشور، جز ایالات متحده»[4] را منتشر کرد که بر اساس آن، ذخایر قابل بهره‌برداری از نظر فنی شیل گز، ۶۶۲۲ تریلیون فوت مکعب و ذخایر شیل اویل، ۳۲ بیلیون بشکه برآورد شده است.

1. Horizontal Drilling
2. Hydraulic Fracturing
3. US Energy Information Administration
4. Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries outside the United States.

www.SID.ir

Archive of SID

کشف و تولید تجاری از منابع شیل به پدیده‌ای نوظهور در بازارهای انرژی تبدیل و کشورهای مصرف‌کنندهٔ انرژی، به‌ویژه آمریکا، کانادا، چین، استرالیا، مکزیک، آفریقای جنوبی، آرژانتین و برزیل، به عنوان دارندگان ذخایر عظیم نفت و گاز شیل شناسایی شده‌اند. هرچند نفت و گاز شیل به عنوان منبع جدید انرژی در آغاز راه است، اما توسعهٔ آن بسیار چشمگیر بوده است؛ به گونه‌ای که چهرهٔ بازیگران نفت و گاز به سرعت دستخوش تغییر قرار گرفته و از این رو، از شیل به عنوان تغییردهندهٔ قواعد بازی یاد کرده‌اند. به گمان برخی از پژوهشگران، بعد از انقلابِ شیل در آمریکا، بی‌شک دومین انقلاب گاز شیل در چین در راه است و تولید از ذخایر نامتعارف این کشور در آینده‌ای نه چندان دور، رشد چشمگیری می‌یابد و اتفاقی مشابه آنچه در بازار گاز آمریکای شمالی پدید آمد، در منطقهٔ آسیا – پاسفیک رخ داده و اژدهای انرژی چین، جهان را تحت تأثیر قرار خواهد داد (رحیمی و دیگران، ۱۳۹۳: ۱۰۷).

وقوع انقلاب شیل و افزایش تولید نفت و گاز در آمریکا، موجب شده است بالا رفتن قیمت نفت یا افزایش تنش‌ها در منطقهٔ خاورمیانه، دیگر تأثیر سابق خود را بر اقتصاد این کشور نداشته باشد و از اهمیت نفت خاورمیانه برای آمریکا کاسته شده است. سرمایه‌گذاری در حوزهٔ انرژی که از سوی کشورهای توسعه‌یافته به سمت کشورهای در حال توسعه بود، با انقلاب شیل به سمت کشورهای توسعه‌یافته همچون آمریکا و کانادا برای تولید از ذخایر شیل تغییر جهت یافته است. این تغییرات چنان بوده که به نظر می‌رسد نظم جدیدی در نقشهٔ انرژی دنیا در حال شکل‌گیری است و بسیاری از صاحب‌نظران، از منطقهٔ آمریکای شمالی به عنوان خاورمیانه‌ای جدید در صنعت نفت و گاز نام برده‌اند. از این اتفاق ناگهانی که چشم‌انداز نفت و گاز دنیا را تکان داد، به «انقلاب شیل» نام برده می‌شود (Philippe and Pascal, 2015: 4).

۳. مدیریت ریسک پروژه‌های شیل

مدیریت ریسک عبارت است از شناسایی، ارزیابی، پایش و از بین بردن یا کاهش زمینه‌های بروز ریسک و پیش‌بینی راهکارهایی برای کنترل و انتقال آن در صورت وقوع ریسک. موفقیت در صنعت نفت و گاز مستلزم شناسایی و مدیریت درست ریسک‌های آن است و صنعت نوظهور شیل نیز از این امر مستثنی نیست. یکی از روش‌های مدیریت ریسک، استفاده از سازوکارهای حقوقی شامل روش‌های قراردادی و قانون‌گذاری است که این نوشتار بر روش قانون‌گذاری در کاهش ریسک تمرکز دارد. بنابراین، مسئلهٔ اساسی این پژوهش آن است که چگونه قانون‌گذار می‌تواند ریسک‌های صنعت شیل را مدیریت کند. برای پاسخ به این پرسش، نخست باید ریسک‌های اصلی صنعت شیل را شناسایی نموده، سپس راهکارهای قانون‌گذاری مناسب را برای مدیریت آن بررسی کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

استخراج شیل و انجام عملیات شکست هیدرولیکی مستلزم استفادهٔ بسیار زیاد از آب شیرین است. بر اساس گزارش آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا، به طور متوسط برای هر چاه سه تا چهار میلیون گالن (یازده تا پانزده میلیون لیتر) آب مورد نیاز است. به علت پایین بودن میزان تولید هر چاه و کاهش سریع تولید، تعداد چاه‌های حفاری‌شده بسیار زیاد و در نتیجه، منطقهٔ قراردادی پهناور خواهد بود. استخراج شیل مستلزم انجام عملیات شکست هیدرولیکی در اعماق زمین و حفاری چاه‌های افقی است که این امور احتمال وقوع زمین‌لرزه را افزایش می‌دهند. افزون بر این، شکست لایه‌های سازند شیل در اثر عملیات شکست هیدرولیکی، ممکن است به صورت ناخواسته پیش رفته و به نفوذ نفت و گاز یا سیال شکست هیدرولیکی –که حاوی مواد شیمیایی و خطرناک است– به منابع آب زیرزمینی و آلودگی آن‌ها بینجامد. همچنین سیال شکست هیدرولیکی یا نفت و گاز تولیدی شیل، ممکن است به دلیل نقص لولهٔ جداری یا نقص در عملیات سیمان‌کاری به اطراف چاه و آب‌های زیرزمینی نفوذ کند. سیال برگشتی از عملیات شکست هیدرولیکی حاوی مواد شیمیایی و رادیواکتیو خواهد بود که دفع نامناسب آن، پیامدهای محیط زیستی جبران‌ناپذیری خواهد داشت (Philippe and Pascal, 2015: 155).

ریسک‌های زیست‌محیطی پیش‌گفته، موجب نگرانی گروه‌های ذی‌نفع و افکار عمومی نسبت به توسعهٔ این منابع شده است، تا جایی که برخی از کشورها همچون فرانسه[1]، آلمان، بلغارستان، رومانی و ایالت کبک کانادا، استخراج از منابع شیل را به صورت موقت یا دایمی ممنوع اعلام کرده‌اند. اما تحقیقات نشان داده است در صورت اتخاذ روش‌های درست و مناسب صنعت[2] و وضع مقررات لازم، ریسک‌های فوق قابل کنترل و مدیریت خواهد بود (Green, 2012: 4).

برای شناسایی شیوه‌های مدیریت ریسک‌های مرتبط با پروژه‌های شیل از طریق ابزار قانون‌گذاری و وضع مقررات، ضروری است از تجارب کشورها، به‌ویژه آمریکا، به عنوان کشوری که اولین‌بار در سطح وسیعی از فناوری شکست هیدرولیکی و حفاری افقی در سازندهای شیل استفاده کرده است، بررسی شود. به طور کلی، ریسک‌های پروژه‌های شیل در پنج حوزه شامل حفاری چاه‌های افقی، عملیات شکست هیدرولیکی، تأمین آب، محیط زیست و مسئولیت، از سوی نهادهای تقنینی و رگولاتوری مورد توجه قرار گرفته است که در ادامه به بررسی هر یک خواهیم پرداخت.

۱. فرانسه در ۱۳ ژولای ۲۰۱۱ قانون شمارهٔ ۸۳۵ – ۲۰۱۱ معروف به قانون ممنوعیت استخراج از ذخایر گاز با به‌کارگیری فناوری شکست هیدرولیکی را به تصویب رساند و رسماً به اولین کشوری تبدیل شد که شکست هیدرولیکی را ممنوع اعلام کرده است.

2. Best Practices

www.SID.ir

Archive of SID

۳. ۱. حفاری چاه‌های افقی

اکتشاف و ارزیابی ذخایر شیل، معمولاً با روش لرزه‌نگاری انجام می‌شود؛ بدین توضیح که امواجی به داخل زمین فرستاده شده، با گردآوری اطلاعات دریافتی و پردازش آن‌ها نسبت به ارزیابی وجود میدان نفتی، وسعت و حجم ذخایر اقدام می‌شود. این امواج عمدتاً از دو طریق انفجار و ایجاد لرزه در سطح زمین با کامیون‌های لرزه‌ساز انجام می‌گیرد که ممکن است تهدیدی برای پوشش گیاهی، حیات وحش، آثار تاریخی و سایر بناها تلقی شود (Hunter, 2016: 22).

پس از کشف میدان، عملیات حفاری آغاز می‌شود. بسیاری از چاه‌های شیل، نخست به صورت عمودی تا نقطه‌ای مشخص بالای سازند مورد نظر حفاری و سپس عملیات حفاری از آن نقطه به صورت افقی و در داخل سازند ادامه می‌یابد. در ضمن حفاری، عملیات لوله‌گذاری و سیمان‌کاری نیز انجام می‌شود و در هر مرحله، لولهٔ فلزی به داخل چاه رانده شده و با استفاده از سیمان فاصلهٔ بین لوله و دیوارهٔ چاه پر می‌شود. ممکن است شرکت‌های نفتی برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها از لولهٔ فلزیِ دست دوم یا کم‌استقامت در برابر فشار تزریق سیال شکست هیدرولیکی استفاده کنند، یا لوله‌گذاری تا زیر سفره‌های آب‌های زیرزمینی انجام نشود و یا فضای پشت لولهٔ جداری و دیوارهٔ چاه به‌خوبی با سیمان پر نشود. این کاستی‌ها در عملیات لوله‌گذاری و یا سیمان‌کاری، ممکن است موجب نشت سیال شکست هیدرولیکی و نفت و گاز تولیدی و سرانجام، آلودگی آب‌های زیرزمینی یا سایر منابع آب منطقه شود.

برای کنترل این ریسک‌ها، مقرراتی در خصوص نوع سیمان مورد استفاده در عملیات سیمان‌کاری، نحوهٔ پمپاژ سیمان به چاه، مدت‌زمانی که سیمان باید به مقاومت فشاری لازم برسد، نوع لولهٔ جداری و عمق لوله‌گذاری وضع شده است؛ برای مثال، لوله‌گذاری در اوکلاهاما باید تا عمق نود یا پنجاه فوت زیر آب‌های زیرزمینی (هر کدام که بیشتر باشد)، در پنسیلوانیا تا عمق پنجاه فوت زیر عمیق‌ترین ذخایر آب‌های زیرزمینی و در ویرجیانای غربی دست‌کم تا عمق سی فوتی زیر ذخایر آب‌های زیرزمینی انجام شود (Kulander, 2011: 1105). برای جلوگیری از فوران چاه در مدت حفاری و بعد از آن در حین فاز توسعه و انجام عملیات شکست هیدرولیکی، در بیشتر ایالت‌های آمریکا، استفاده از تجهیزات فوران‌گیر[1] و در برخی از ایالت‌ها مانند داکوتای شمالی، استفاده از تجهیزات فوران‌گیر با امکان کنترل از راه دور ضروری است (North dakota administrative code, section 3-02-03-31).

تگزاس، نیویورک و پنسیلوانیا، از جمله ایالت‌های باسابقه در زمینهٔ نفت و گاز هستند که استفاده از چند لایه لولهٔ استیل در جدارهٔ چاه برای جلوگیری از آلودگی الزامی است. تزریق

1. Blowout Preventer

www.SID.ir

Archive of SID

سیمان به چاه برای پُر کردن فضای بین لولهٔ جداری و دیوارهٔ چاه باید به گونه‌ای انجام شود که هیچ فضای خالی بین لولهٔ جداری و دیوارهٔ چاه وجود نداشته باشد؛ وگرنه امکان از بین رفتن یکپارچگی چاه وجود دارد و برای ارزیابی این امر باید از نمودار کیفیت آژند سیمان[1] استفاده شود.[2] در ایالت ایلینویز، الزامات متعددی برای لوله‌گذاری و سیمان‌کاری چاه‌های شیل بیان شده است، مانند لزوم رعایت آخرین معیارهای صنعت منتشره از سوی مؤسسهٔ نفت آمریکا (API)، جداسازی منابع آب از چاه، جداسازی سایر مناطق هیدروکربنی و سیالات از چاه، کنترل درست فشار سازند، جلوگیری از خوردگی و یا از بین رفتن لوله، جلوگیری از جریان حلقوی گاز[3] از طریق پمپاژ سیمان با سرعت و حجمی که مانع از شکل‌گیری سیمان به صورت حلقوی پشت لولهٔ جداری شود، انجام تست مقاومت سیمان در تمام لوله‌های جداری (سطحی، میانی و تولیدی)، رسیدن به مقاومت فشاری سیمان تا حداقل پانصد پوند در هر اینچ مربع در هر مرحله از سیمان‌کاری که این مقاومت باید در ظرف ۷۲ ساعت به رقم ۱۲۰۰ اینچ مربع برسد، نگهداری آژند سیمان از سوی پیمانکار در هر مرحله و در اختیار قرار دادن آن به درخواست کارفرما، لوله‌گذاری لولهٔ جداری سطحی تا عمق دویست فوت از سطح زمین یا یکصد فوت زیر عمیق‌ترین منبع آب زیرزمینی (هر کدام که بیشتر باشد)، اطلاع کارفرما از عملیات سیمان‌کاری دست‌کم ۲۴ ساعت قبل از شروع عملیات به منظور حضور بازرسان، انجام سیمان‌کاری به روش «Pump & Plug» و انجام اقدامات ترمیمی مقتضی از سوی پیمانکار در صورت نقص سیمان‌کاری (Illinois' Hydraulic Fracturing Regulatory Act, S 1.70). در ویرجیانای شرقی برای سیمان‌کاری باید از سیمان پرتلند معمولی درجهٔ یک استفاده کرد (West Virginia code of state rules s.35-4-14. Plugging Methods)، در میشیگان نیز عملیات سیمان‌کاری باید با روش«Pump & Plug» انجام شود (Michigan administrative code part 615, rule 324.411) و در مونتانا، سیمان باید در فاصلهٔ هشت ساعت به استحکام لازم رسیده و تحمل فشار سیصد پوند بر اینچ را داشته باشد (Administrative rules of montana rule 36.22.1001).

1. Cement Bond Log
2. For more info: Texas Administrative Code s. 3.13. Casing, Cementing, Drilling, Well Control, and Completion , Requirements, Penn Regulation governing casing and cementing 025 Pa. Code s. 78.81., N.Y. Comp. Codes R. & Regs. Tit. 6s554.1.
3. Gas flow in the annulus

www.SID.ir

Archive of SID

۳. ۲. عملیات شکست هیدرولیکی

نهادهای تقنینی و رگولاتوری، شکست هیدرولیکی در سطح وسیع[1] و نه هرگونه عملیات شکست هیدرولیکی جزئی را مد نظر قرار داده‌اند. توصیه‌نامهٔ کمیسیون اروپا، تزریق هزار مترمربع یا بیشتر آب در هر مرحله یا تزریق ده هزار مترمربع یا بیشتر آب به چاه، در مجموع مراحل شکست را به عنوان شکست هیدرولیکی در سطح وسیع تعریف کرده است (Directive 2014/70/EU, para. 2-a). هرچند ۹۰ تا ۹۹ درصد از سیال شکست هیدرولیکی از آب، شن و پروپان تشکیل شده اما در کنار آن، از مواد شیمیایی خطرناکی نیز استفاده می‌شود. این مواد شیمیایی در حجم بسیار زیاد آب، ناچیز به نظر می‌آید، اما از آنجایی که برای انجام عملیات شکست هیدرولیکی در هر چاه تقریباً به ۷۵۰۰۰ لیتر مواد شیمیایی نیاز است، بزرگترین خطر در استفاده از مواد شیمیایی به قبل از عملیات شکست و در هنگام حمل‌ونقل و ذخیره‌سازی مواد شیمیایی در سایت برمی‌گردد (Report of the Independent Inquiry into Hydraulic Fracturing in the Northern Territory, 2014: 115.). بهترین راه‌حل، پیشگیری از آلودگی و در صورت آلودگی، کنترل و مدیریت آن است. به همین منظور، کشورها در مورد استفاده از مواد شیمیایی، رعایت حریم و چگونگی نظارت بر این عملیات، مقرراتی وضع کرده‌اند که در این قسمت آن‌ها را بررسی خواهیم کرد.

۳. ۲. ۱. استفاده از مواد شیمیایی

لوله‌گذاری ناقص موجب نشت مواد شیمیایی سیال شکست هیدرولیکی به اطراف چاه شیل خواهد شد، اما در مواردی با وجود لوله‌گذاری بدون نقص، چاه‌های آب اطراف نیز آلوده شده‌اند. به باور کارشناسان، رابطهٔ مستقیمی بین آلودگی و عملیات شکست هیدرولیکی در اعماق زمین وجود دارد. مواد شیمیایی مورد استفاده در سیال شکست هیدرولیکی، در صورت تماس مستقیم با بدن، استنشاق و یا ورود به بدن باعث بیماری‌ها و آسیب‌های جبران‌ناپذیری مانند حساسیت‌های پوستی و چشمی، سوختگی‌های شدید، اختلالات ژنتیکی، از بین رفتن ارگان‌های داخلی و سرطان می‌شوند (Boling, 2013: 261). به همین دلیل، برای استفاده از مواد شیمیایی مقررات خاصی وضع شده است که عمدتاً ناظر بر نحوهٔ حمل و نگهداری و ممنوعیت استفاده از برخی مواد است. در ایالت نیوساوت ولز استرالیا، ایلونویز، آیداهو و وایومینگ، استفاده از ترکیبات خطرناک BTEX شامل بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلین برای تزریق در سازند شیل ممنوع اعلام شده است. افزون بر این، استفاده از تانکرهای خاص حمل

1. High Volume Hydraulic Fracturing

www.SID.ir

Archive of SID

و نگهداری و ایجاد کف‌پوش‌های پلاستیکی در محل نگهداری مواد شیمیایی الزامی است.[1] در دالاس، استفاده از ردیاب[2] برای بررسی چگونگی جابه‌جایی و جریان سیال شکست هیدرولیکی الزامی است (Dallas Ordiance 29228 51A-12.201).

۳. ۲. ۲. رعایت حریم

قوانین و مقررات، انجام عملیات شکست هیدرولیکی در برخی از حریم‌ها، به‌ویژه اماکن مهم، منابع آب، رودخانه، باتلاق و شبکهٔ آب‌رسانی را ممنوع کرده‌اند. این امر باعث می‌شود آثار منفی ناشی از احداث سایت، مانند نشت نفت و گاز و فرسایش خاک کاسته شده و در مقابل، نمی‌توان هر آلودگی در آن مناطق را به راحتی به عملیات شکست هیدرولیکی نسبت داد؛ برای مثال، در میشیگان بین تأسیسات و منابع و ذخایر آب‌های شهری باید دست‌کم دو هزار فوت فاصله باشد (Michigan Administrative Code rule 324.301)، در ویرجیانای شرقی باید بین سایت و رودخانه‌های زیستگاه ماهی قزل‌آلا دست‌کم سیصد فوت فاصله باشد (West Virginia Code 22-6A-12b) و در پنسیلوانیا، رعایت فاصلهٔ سیصد فوتی بین چاه‌های نامتعارف و تالاب‌ها الزامی است (Pennsylvania Consolidated Statutes Annotated 3215 b-3).

در ایالت نیوساوت ولز استرالیا، اکتشاف گازهای درز زغال‌سنگ که در آن، مانند ذخایر شیل، از روش شکست هیدرولیکی استفاده می‌شود، در حریم دو کیلومتری مناطق مسکونی، مناطقی که در آینده احتمال سکونت در آن‌ها وجود دارد و مناطق حساس صنعتی همچون کشاورزی و پرورش دام ممنوع است (The New South Wales Code of Practice for Coal Seam Gas Fracture Stimulation Activities 4-2). در ایالت ایلینویز، مقررات جامعی وجود دارد و پیمانکار از انجام عملیات شکست هیدرولیکی در فواصل پانصد فوتی از محل سکونت یا اماکن مقدس، مگر با رضایت صریح و کتبی مالک محل سکونت یا مسئول قانونی محل عبادت، پانصد فوتی از محدودهٔ قانونی مدرسه یا بیمارستان یا مراکز پرستاری، پانصد فوتی از چاه یا چشمهٔ آبی که برای مصارف انسانی یا حیوانات خانگی اختصاص یافته، مگر با رضایت صریح و کتبی مالک، سیصد فوتی از چشمه‌های دایمی، آبشارها، رودخانه‌ها، دریاچه‌های طبیعی یا مصنوعی، برکه‌ها و باتلاق‌ها، ۷۵۰ فوتی از مناطق حفاظت‌شدهٔ زیست‌محیطی، ۱۵۰۰ فوتی از ذخایر آب‌های آشامیدنی، اعم از زیرزمینی یا سطحی، ممنوع شده است (Illinois' Hydraulic Fracturing Regulatory Act , Section 1-25).

1. For more info: Illinois' Hydraulic Fracturing Regulatory Act (HFRA), s 1-25 (c); New South Wales code of practive for Coal Seam Gas Fracture Stimulation Activities 6.1; Idaho Administrative Code 20.07.02.056 (02); Wyoming Operational rules, drilling rules 3 s 45 (g).
2. Tracer

www.SID.ir

Archive of SID

۳. ۲. ۳. نظارت بر عملیات شکست هیدرولیکی

عملیات‌های شکست هیدرولیکی در اعماق زمین رخ می‌دهد که اساساً دیده نمی‌شود. شرکت‌های نفتی برای جلب منفعت، ممکن است به گونه‌ای این عملیات را انجام دهند که آثار آن سال‌ها بعد از پایان پروژه نمایان شود. لازم است کارفرما (دولت یا نهادهای مسئول کارفرمایی)، عملیات شکست هیدرولیکی را به شیوه‌ای مناسب نظارت و رصد کند. برای ارزیابی نحوهٔ اجرای عملیات شکست هیدرولیکی، ابزارهای نظارتی خاصی وجود دارد، مانند سنسور لرزه‌نگار[1]، دستگاه انحراف‌سنج[2]، سنسور فشار[3]، لرزه‌نگاری سه بُعدی، سنسور فیبر نوری[4] و دوربین‌های تصویربرداری (Cook, 2013: 62). قانون‌گذار با مکلف ساختن کارفرما در به‌کارگیری ابزارهای بالا، امکان سنجش عمق و وسعت شکست هیدرولیکی را فراهم می‌کند و از این طریق، نظارت درست کارفرما بر نحوهٔ اجرای عملیات شکست هیدرولیکی اِعمال، و از نشت و آلودگی آب‌های زیرزمینی پیش‌گیری می‌شود.

۳.۳. مقررات مربوط به تأمین آب

تولید از منابع شیل مستلزم استفادهٔ بسیار زیاد از آب است که میزان آن، به تعداد دفعات عملیات شکست هیدرولیکی، ترکیبات سیال شکست هیدرولیکی و شرایط مخزن بستگی دارد. به طور کلی، میانگین آب مصرفی در هر چاه شیل، از ۱۰/۶ تا ۲۰/۵ میلیون لیتر گزارش شده است (Charlez, 2015: 129). بنابراین، برای تولید از یک میدان شیل با صدها چاه، انجام عملیات شکست هیدرولیکی در دورهٔ تولید نیازمند چند میلیارد لیتر آب است. هرچند آب مصرفی در صنعت شیل در مقایسه با سایر مصارف ناچیز به نظر می‌رسد اما مردم و رسانه‌ها حساسیت‌های خاصی، به‌ویژه در مناطق پرجمعیت که با کمبود آب روبه‌رو هستند، خواهند داشت. به همین دلیل، حفاظت از ذخایر آب‌های زیرزمینی و کنترل بهره‌برداری از آن‌ها همواره مورد تأکید نهادهای تقنینی و رگولاتوری بوده و پیمانکار را به اعلام نحوهٔ تأمین و حجم آب مورد نیاز مکلف کرده‌اند. به موجب توصیه‌نامهٔ کمیسیون اروپا، کشورهای عضو باید پیمانکار را به استفاده از روش‌های شکست هیدرولیکی که از کمترین میزان مصرف آب و مواد شیمیایی خطرناک استفاده می‌کند، تشویق نمایند (Directive 2014/70/EU, para. 10.2). بر اساس قانون نفت و گاز پنسیلوانیا، هیچ پیمانکاری حق استفاده از منابع آب برای انجام عملیات حفاری یا شکست هیدرولیکی، خواه در میادین فراساحلی یا خشکی را نخواهد داشت، مگر

1. Microseismic Sensor
2. Tiltmeter
3. Pressure Sensor
4. Fibre-optic Sensor

www.SID.ir

Archive of SID

اینکه برنامهٔ مدیریت آب به تصویب دولت رسیده باشد. دولت در صورتی برنامهٔ مدیریت آب را به تصویب می‌رساند که شرایط مربوط به کیفیت، کمیت، مدت‌زمان برداشت و جریان برگشتی آب، تأثیر منفی در منابع آب مورد استفاده نداشته و برنامه‌ای برای بازیافت آب‌های برگشتی وجود داشته باشد (Pennsylvania Code: Chapter 78.122.6).

همچنین نهادهای تقنینی و رگولاتوری برای کاهش مصرف آب، پیمانکار را به بازیافت سیال برگشتی موظف کرده‌اند. در ایالت پنسیلوانیا، پیمانکار مکلف به بازیافت یا تزریق دوبارهٔ آب برگشتی به چاه و ارائهٔ برنامهٔ استفادهٔ مجدد از سیال شکست هیدرولیکی شده است (25 Pennsylvania Code s 95.10 b). در بعضی از موارد، استفادهٔ مجدد از آب برگشتی تصفیه‌شده برای سایر مصارف مجاز است؛ برای مثال، در ایالت وایومیگ، آب برگشتی عملیات شکست هیدرولیکی در صورتی می‌تواند مورد استفادهٔ دیگر، مانند آب‌پاشی خیابان‌ها قرار گیرد که: اولاً، تصفیه شده باشد؛ ثانیاً، فاقد هرگونه مواد نفتی و روغنی باشد (Wyoming Administrative Code Oil general, Ch.4, s.1). در ایالت نیوبرانزویک کانادا، بازیافت سیال برگشتی، بهترین شیوهٔ مدیریت آب‌های برگشتی اعلام شده است که می‌تواند با استفاده از روش‌های گوناگون همچون رقیق‌سازی، فیلتر کردن، تقطیر حرارتی یا تصفیه باشد و در صورت ممکن نبودن بازیافت، ضمن اطلاع به کارفرما باید با استفاده از تانکرهای مخصوص، به کارخانه‌های دفع پسماند منتقل شوند (Responsible Environmental Management of Oil and Natural Gas Activities in New Brunswick. Rules for Industry 4.8).

۳. ۴. مقررات زیست‌محیطی

ریسک‌های زیست‌محیطی، به‌ویژه وقوع زمین‌لرزه، آلودگی هوا، دفع پسماند و استرداد منطقهٔ قراردادی، نقطه‌ضعف صنعت شیل به‌شمار می‌روند. وضع مقررات لازم برای کنترل ریسک‌های زیست‌محیطی، نقش بسزایی در رفع نگرانی‌های مردم و گروه‌های ذی‌نفع و در نهایت موفقیت این صنعت دارد. نهادهای تقنینی و رگولاتوری برای دستیابی به این هدف، مقرراتی جهت کنترل ریسک‌های زیست‌محیطی وضع کرده‌اند که در این قسمت به بررسی آن خواهیم پرداخت.

۳. ۴. ۱. ارزیابی استراتژیک زیست‌محیطی

ارزیابی استراتژیک زیست‌محیطی[1]، نخستین مرحله‌ای است که باید از سوی مقامات صلاحیت‌دار قبل از سیاست‌گذاری‌های کلان و صدور مجوز اکتشاف و تولید از منابع نفتی

1. Strategic Environmental Assessment

www.SID.ir

Archive of SID

اتخاذ شود. این ارزیابی، آثار بالقوهٔ پروژه بر محیط زیست، تنوع زیستی، جمعیت، آب و هوا، جانوران، میراث فرهنگی و سلامت انسان را بررسی خواهد کرد که مقامات بر اساس آن، تصمیم شایسته را برخواهند گزید (Therivel, 2012: 7). سازمان بین‌المللی انرژی به کشورها توصیه نموده تا در پروژه‌های توسعهٔ ذخایر شیل خود که در مقایسه با پروژه‌های متعارف بیشتر در معرض ریسک‌های زیست‌محیطی قرار دارند، به موقع و قبل از اجرای پروژه نسبت به ارزیابی استراتژیک اقدام کنند.[1]

۳. ۴. ۲. ارزیابی پیامدهای زیست‌محیطی

ارزیابی پیامدهای زیست‌محیطی[2] فرایندی است که به موجب آن، پیامدها و آثار مستقیم و غیرمستقیم اجرای پروژه در محیط زیست مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این ارزیابی، تأثیرات احتمالی اجرای پروژه در محیط زیست شناسایی و محاسبه می‌شود و راه‌های کاهش آثار تخریب پیشنهاد، و نحوهٔ مدیریت و نظارت بر پیامدهای منفی زیست‌محیطی ارائه می‌گردد (شیروی، ۱۳۹۳: ۵۷۵). اصولاً ارزیابی پیامدهای زیست‌محیطی از سوی پیمانکار و ارزیابی استراتژیک زیست‌محیطی از سوی مقامات صلاحیت‌دار دولتی انجام می‌شود. در برنامهٔ توسعهٔ میدان، ریسک‌های مربوط به شکست هیدرولیکی بر اساس سازوکاری که در قوانین و مقررات تعیین‌شده از نظر نوع، احتمال وقوع، نتایج و نحوهٔ کنترل و مدیریت آن در سطح معقولی اعلام می‌شود. در نیوساوت‌ولز استرالیا، پیمانکار باید در برنامهٔ توسعه، ریسک‌های مربوط به ایمنی و سلامت محیط کار، ایمنی عموم، مواد شیمیایی مورد استفاده، آب‌های زیرزمینی، آلودگی آب و هوا، آلودگی صوتی، لرزش‌های محیطی (زمین‌لرزه‌های احتمالی)، پسماندها، از بین رفتن یکپارچگی چاه، نشست زمین و تعارض با کاربری‌های دیگر ناحیهٔ قراردادی را مورد بررسی قرار دهد (The New South Wales Code of Practice for Coal Seam Gas Fracture Stimulation Activities 4.2). در ایالت آلاباما، اخذ مجوز شکست هیدرولیکی از سوی پیمانکار، به تهیهٔ گزارشی در مورد شاخصه‌های شکست هیدرولیکی همچون طرح کلی چاه، لوله‌گذاری، سیمان‌کاری، فشار سیال تزریقی، عمق چاه‌ها و لایه‌های نفتی مورد استفاده، منوط شده است (British Columbia drilling and production regulation, 16-2). بر اساس توصیه‌نامهٔ کمیسیون اروپا، کشورهای عضو باید قبل از اعطای مجوز اکتشاف و بهره‌برداری از منابع هیدروکربنی که ممکن است در آن‌ها از شکست هیدرولیکی در حجم بالا استفاده شود، ارزیابی‌های استراتژیک

1. For more info: IEA (2012) World Energy Outlook, Golden Rules for a Golden Age of Gas, World Energy Outlook Special Report on Unconventional Gas.
2. Environmental Impact Assessment

www.SID.ir

Archive of SID

زیست‌محیطی در مورد جلوگیری، مدیریت و کاهش آثار و ریسک‌های مربوط به سلامت انسان و محیط زیست را انجام دهند. افزون بر این، موارد زیر هم باید رعایت شود:

۱. استفاده از بهترین فناوری موجود با در نظر گرفتن اطلاعات تبادل‌شده بین کشورهای عضو، صنایع مرتبط و سازمان‌های غیردولتی حامی محیط زیست؛

۲. پیش‌بینی رفتار میدان شیل، لایه‌های زمین‌شناسی که بین منابع آب‌های زیرزمینی و مخزن شیل قرار گرفته و چاه‌های موجود و سایر سازه‌های ساختهٔ دست بشر در مقابل فشار بالای تزریق سیال شکست هیدرولیکی و حجم سیال تزریقی؛

۳. رعایت حداقل فاصلهٔ افقی بین محل شکست هیدرولیکی و ذخایر آب‌های زیرزمینی؛

۴. به‌روزرسانی ارزیابی‌ها بر اساس اطلاعات جدیدی که در طول اجرای پروژه به دست می‌آید.

در این صورت، منطقهٔ قراردادی باید به نحوی انتخاب شود که ارزیابی ریسک به طریق بالا، بیانگر این باشد که شکست هیدرولیکی با حجم بالا، به آلودگی ذخایر آب‌های زیرزمینی و همچنین ورود خسارت به سایر فعالیت‌ها و تأسیسات فعال نینجامد (Directive 2014/70/EU, para. 5-4). ارزیابی پیامدهای زیست‌محیطی عملیات شکست هیدرولیکی باید شامل تمام مراحل و جوانب پروژه بوده و با مشارکت گروه‌های ذی‌نفع تهیه شود. به منظور اطمینان یافتن از اینکه عملیات شیل موجب تشدید ریسک در برخی مناطق خاص، مثلاً سیل در منطقه نمی‌شود، پیمانکار باید مکلف به اخذ مجوز خاص فعالیت در آن منطقه، مثلاً مجاورت رودخانه‌ها و سیل‌بندها شود.

۳. ۴. ۳. زمین‌لرزه

تعداد زمین‌لرزه با قدرت بالا از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۰ در قسمت‌های مرکزی ایالات متحده از ۲۱ مورد در هر سال، به ۳۱ مورد در فاصلهٔ بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ و از ۲۰۰۸ به بعد، به ۱۵۱ مورد در هر سال رسیده است و به باور عده‌ای، افزایش تعداد زمین‌لرزه به علت انجام عملیات شکست هیدرولیکی و دفع پسماند شکست هیدرولیکی در چاه‌های عمیق است (Report of the Independent Inquiry into Hydraulic Fracturing in the Northern Territory, 2014, p.136). شورای تحقیق ملی آمریکا در گزارش سال ۲۰۱۲ اعلام کرد که فرایند شکست هیدرولیکی، به نحوی که در حال حاضر برای تولید شیل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، ریسک بالایی برای زمین‌لرزه شمرده نمی‌شود[1] اما گروه‌های ذی‌نفع و افکار عمومی، افزایش تعداد

1. For more info: National Research Council, Induced seismicity potential in energy technologies, National Academies Press, 2013.

www.SID.ir

Archive of SID

زمین‌لرزه‌ها را به شیل‌ها نسبت داده‌اند. کمیسیون نفت و گاز بریتیش کلمبیا در سال ۲۰۱۲، گزارشی در مورد سازند هانر ریور[1] تهیه و اعلام کرد که ۲۷۲ مورد زمین‌لرزه به علت تزریق سیال به مخزن شیل در طول اجرای عملیات شکست هیدرولیکی رخ داده که هیچ‌کدام خسارت مالی و جانی نداشته است و نتیجه گرفته که عملیات شکست هیدرولیکی نمی‌تواند خطری برای سلامت، ایمنی مردم و محیط زیست شمرده شود. ایالت‌های آرکانزاس و اوهایو برای کاهش ریسک زمین‌لرزه، به اصلاح مقررات تزریقات به چاه‌های شیل اقدام کرده‌اند. در آرکانزاس، تزریقات زیرزمینی، از جمله عملیات شکست هیدرولیکی در مناطق با ریسک بالای زمین‌لرزه معلق شده (Arkansas Code of Rules part H, r.H-1 s-2) 178-00-001) و در اوهایو برای کنترل فشار و حجم تزریقات و جلوگیری از زمین‌لرزه، پیمانکار ملزم به استفاده از شیرهای خودکار شده است (Ohio Administrative Code s. 1501: 9-3-7).

در انگلستان بعد از حادثهٔ پرس هال[2] و افزایش زمین‌لرزه ناشی از انجام عملیات شکست هیدرولیکی، استخراج از ذخایر شیل‌گز مستلزم به‌کارگیری سیستم نظارت چراغ ترافیکی[3] به عنوان نوآوری جدید شد. این سیستم بر تزریقات مخزن کنترل داشته و بر اساس فعالیت‌های زمین‌شناسی و داده‌ها مشخص می‌کند که آیا عملیات شکست هیدرولیکی موجب زمین‌لرزه می‌شود یا خیر؟ در صورت وقوع زمین‌لرزه با قدرت بیشتر از میزان مشخصی (به‌تازگی بیش از نیم ریشتر)، انجام هرگونه عملیات شکست هیدرولیکی در میدان شیل متوقف می‌شود. بنابراین، برای شناسایی و کنترل ریسک زمین‌لرزه باید ارتعاشات زمین، پیش و در هنگام و پس از شکست هیدرولیکی مورد نظارت قرار گرفته و پیمانکار اطلاعات خود را با کارفرما به اشتراک گذاشته تا موقعیت مناسب هر چاه در میدان شیل مشخص شود. همچنین از آنجایی که شکست هیدرولیکی و دفع سیال برگشتی به چاه‌های دفع، ممکن است موجب زمین‌لرزه شود، پیمانکاران را باید به شناسایی گسل‌ها از طریق آزمایش‌های لرزه‌نگاری مکلف کرد تا از انجام عملیات شکست هیدرولیکی یا دفع سیال برگشتی در مناطق پُرخطر منع شوند.

۳. ۴. ۴. آلودگی هوا

انتشار گازهای گلخانه‌ای در پروژه‌های شیل صرفاً از موتورهای دیزلی نیست، بلکه این آلودگی می‌تواند از سوزاندن گاز سر چاه یا مشعل (فلر)[4]، نشت گاز از کمپرسورها، تبخیر هیدروکربن‌ها و مواد شیمیایی از حوضچه‌های نگهداری سیال برگشتی و یا نشت گاز از

1. Horn River
2. Press Hall
3. Traffic light monitoring system
4. Flare

www.SID.ir

Archive of SID

زیرزمین باشد. از میان این گازها، متان گاز گلخانه‌ای قوی شناخته‌شده‌ای است که نگرانی نسبت به انتشار آن بیشتر است. تحقیقات نشان می‌دهد که ۳/۶ تا ۷/۹ درصد متان تولیدی از چاه‌های شیل در فرایند استخراج به جو منتشر می‌شود که این رقم در مقایسه با چاه‌های متعارف سی تا پنجاه درصد بیشتر است (Howarth, 2001: 679). پس از اجرای عملیات شکست هیدرولیکی، بی‌درنگ تولید آغاز نمی‌شود، بلکه دورهٔ جریان برگشتی بین سه تا ده روز وجود دارد که سیال شکست هیدرولیکی تزریقی و آب به بیرون برگشت می‌شود. در این دورهٔ زمانی میزان چشمگیری متان نیز تولید شده است که در هوا منتشر یا در محل از طریق فلر (مشعل) سوزانده و یا برای فروش یا تزریق دوباره به چاه جمع‌آوری می‌شوند. در ایالات متحده، پیمانکار مکلف به جمع‌آوری گازهای تولیدی برای فروش یا استفادهٔ دوباره شده و منتشر شدن گاز به صورت آزادانه ممنوع است؛ برای مثال، در ایالت ایلینویز، دارندهٔ مجوز شکست هیدرولیکی، مکلف به جمع‌آوری و استفادهٔ مناسب از گاز همراه است، مگر اینکه اثبات کند جمع‌آوری گاز با فناوری موجود عملی نبوده یا فاقد توجیه اقتصادی است که تنها در این فروض، امکان سوزاندن از طریق مشعل علی‌رغم ورود آسیب به محیط زیست وجود دارد (Illinois' Hydraulic Fracturing Regulatory Act , S 1-75 e-2).

۳. ۴. ۵. دفع پسماند

نشت مواد شیمیایی سیال شکست هیدرولیکی و پسماندهای حفاری در طول حمل‌ونقل، ذخیره‌سازی و انتقال از تانکرها به حوضچه‌های ذخیره‌سازی، یکی دیگر از ریسک‌های زیست‌محیطی شیل است. هرچند در حال حاضر روش پایداری برای مدیریت پسماند عملیات شکست هیدرولیکی وجود ندارد و معمولاً پیمانکاران، پسماندهای حفاری را از طریق مخلوط کردن با خاک، تخلیه در چاه و یا حوضچه و پُر کردن آن دفع می‌کنند، اما بهترین روش در وهلهٔ اول، بازیافت و سپس دفع پسماند در چاه‌های عمیق است. پسماندها قبل از بازیافت و یا انتقال به چاه‌های دفع، در حوضچه‌های سرباز نگهداری می‌شود. این شیوهٔ نگهداری باعث تبخیر مواد شیمیایی و هیدروکربنی شده و همچنین احتمال وقوع سیل و آتش‌سوزی در محل نگهداری وجود دارد که کنترل این ریسک‌ها نیازمند وضع مقررات است. در اتحادیهٔ اروپا به موجب دستورالعمل پسماندهای معدنی((Mining Waste Directive (2006/21/EC)، ایجاد تأسیسات بازیافت پسماند عملیات شکست هیدرولیکی منوط به اخذ مجوز بوده و پیمانکار مکلف است پیوسته بر آن نظارت کند و عملکرد آن را از طریق متخصصین مورد بازرسی قرار دهد. همچنین بر اساس این دستورالعمل، کشورهای عضو مکلف به انجام بازرسی‌های مستمر از تأسیسات و نحوهٔ بازیافت پیمانکار بوده و به این منظور، پیمانکار باید اطلاعات مربوط به

www.SID.ir

Archive of SID

برنامهٔ مدیریت بازیافت پسماند را نگهداری و به‌روزرسانی کند و به درخواست کارفرما در اختیار وی قرار دهد (Miinig Waste Directive 2006/21/EC, Art. 12&17). در تگزاس پسماندها باید در چاه‌های مخصوصی که ابتدا و انتهای آن مسدود شده، با نظارت دولت دفع شوند (16 Texas Administrative Code s. 4.614). در سطح فدرال آمریکا برای حمل‌ونقل سیال شکست هیدرولیکی، استفاده از خودروهایی با نشان مخصوص (49 Code of federal Regulation ss 107-180) و احداث حوضچه‌های خالی در سایت با ظرفیت بالا، به منظور کنترل خطرات آلودگی ناشی از فوران چاه الزامی است (40 Code of Federal Regulation s. 435.30, 435.52). در ایالت پنسیلوانیا، تانکرهای خالی که ظرفیت آن‌ها ۱۱۰ درصد (58 Pennsylvania Consolidated Statutes Annotated s. 3218.2) و در ایالت میشیگان، ۱۵۰ درصد (Michigan Administrative Code rule 324.1002) بزرگتر از تانکرهای ذخیره‌سازی سیال شکست هیدرولیکی است، باید در سایت وجود داشته باشند. افزون بر این، دیواره‌ها و کف حوضچه‌های نگهداری سیال شکست هیدرولیکی یا سیال برگشتی، باید با عایق پوشیده شده تا از نشت سیالات جلوگیری شود (Louisiana Administrative Code title 43 s 307). سازمان تنظیم‌کنندهٔ انرژی آلبرتا، دارندهٔ مجوز چاه را ملزم به تهیهٔ برنامهٔ شکست هیدرولیکی نموده و در این برنامه، اطلاعات مربوط به منطقه‌ای که در آن شکست انجام می‌شود، از جمله جایگاه هر چاه و یکپارچگی آن بیان و ریسک هر چاه اعلام و پیمانکار پس از تصویب برنامه، می‌تواند نسبت به عملیات شکست اقدام کند (Directive 083: Hydraulic Fracturing - Subsurface Integrity, s.3.3.2).

۳. ۴. ۶. رهاسازی و استرداد منطقهٔ قراردادی

در صورتی که به چاه‌های اکتشافی، ارزیابی و تولیدی نیاز نباشد، آن چاه به پایان عمر خود رسیده است و پیمانکار مکلف به بازگرداندن منطقه به حالت اول و در صورت لزوم ایجاد پوشش گیاهی است. مناطق دیگری از سایت نیز که در هنگام اجرای پروژه، به مرور از آن‌ها رفع نیاز می‌شود و مورد رهاسازی قرار می‌گیرند، باید به حالت نخست بازگردند. در مواردی که خسارت جبران‌ناپذیر در اثر استفاده از تفنگ مشبک‌کاری یا شکست هیدرولیکی و یا تزریقات شیمیایی به سازند وارد می‌شود، پیمانکار نیز ملزم به مسدودسازی و رهاکردن چاه شده است.

رهاسازی چاه به صورت ناقص، ممکن است موجب آلودگی شدید محیط زیست شود. بنابراین، این فرایند باید به گونه‌ای انجام شود که منطقهٔ هیدروکربنی از سایر لایه‌های زمین‌شناسی، به‌ویژه سفره‌های آب زیرزمینی، به صورت کامل و دایمی جدا شود. معمولاً برای مسدود کردن چاه درپوش فلزی یا پلاستیکی داخل چاه قرار گرفته و به میزان سی تا پنجاه

www.SID.ir

Archive of SID

متری در داخل چاه با سیمان پُر می‌شود. ممکن است چاه به علت وجود لایه‌های هیدروکربنی و یا سفره‌های آب در چند لایه مسدود شود. برای جلوگیری از خوردگی پوشش‌های فلزی و سیمانی، آن‌ها با پوشش ضد خورندگی آغشته می‌شوند تا تماسی با هوا نداشته باشند. پس از مسدودسازی باید تمام تجهیزات روزمینی گردآوری و لولهٔ جداری سطحی و سیمان‌کاری اطراف آن، تا عمق مشخصی از سطح زمین به طور کامل جمع و موقعیت چاه در روی زمین با نشانه‌هایی مشخص شود. در اوکلاهاما، پیمانکار باید حوضچه‌های ذخیرهٔ پسماند را تخلیه و آن‌ها را پر کند، خاک‌های اطراف برای بررسی وجود آلودگی احتمالی را آزمایش، آلودگی خاک‌ها را برطرف، خاک‌های جابه‌جاشده در سایت را تثبیت و در بعضی موارد در محل پوشش گیاهی ایجاد کند (Oklahoma Administrative Code s.165:10-7-16). در ایالت آرکانزاس، حوضچه‌های حفاری‌شده و بخشی از منطقهٔ قراردادی که دیگر برای تولید به آن نیازی نیست، باید در مهلت زمان متعارف که از ۱۸۰ روز از تاریخ انتقال دکل حفاری فراتر نمی‌رود، به حالت سابق اعاده و در صورت لزوم، بذرپاشی یا درخت‌کاری و سپس مسترد شود (Arkansas Oil and Gas Commission (AOGC) Rules B-17). در کنتاکی، پیمانکار برای رهاسازی و بستن هر چاه باید زمین و پوشش گیاهی آن را به نزدیکترین حالت ممکن پیش از آغاز به‌کار قرار دهد (Kentucky Revised Statutes s. 353.595).

۳. ۵. مقررات مربوط به مسئولیت

نهادهای تقنینی و رگولاتوری در برخی از ایالت‌های آمریکا، هرگونه آلودگی آب‌های زیرزمینی یا کم شدن منابع آب تا شعاع معین از محل انجام عملیات شکست هیدرولیکی یا حفاری افقی و در محدودهٔ خاص زمانی را به پیمانکار نسبت می‌دهند. به سخن دیگر، فرض مسئولیت[1] را برای پیمانکار پیش‌بینی کرده‌اند و در نتیجه، مدعی آلودگی یا کاهش منابع آب مکلف به اثبات انتساب آن به مجری عملیات شکست هیدرولیکی نیست.

در ویرجیانای غربی، کاهش آب یا هرگونه آلودگی در شعاع ۱۵۰۰ فوتی از مرکز پد چاه افقی منتسب به پیمانکار است، مگر اینکه وی اثبات کند: الف- آلودگی آب قبل از شروع عملیات حفاری وجود داشته یا، ب- مالک اجازهٔ دسترسی پیمانکار به چاه را برای انجام آزمایش‌های پیش از حفاری یا پیش از شروع عملیات شکست هیدرولیکی نداده یا، ج- منبع آب در محدودهٔ ۱۵۰۰ فوتی از چاه قرار نداشته یا، د- آلودگی آب پس از شش ماه از اتمام عملیات حفاری بوده و یا ه- آب به علت دیگری آلوده شده است (West Virginia Code s 22-6 A-18). در مورد چاه‌های شیل پنسیلوانیا، هرگونه آلودگی یا کم شدن منابع آب منتسب به

1. Presumption of liability

www.SID.ir

Archive of SID

پیمانکار است، مشروط به اینکه: منبع آب در شعاع ۲۵۰۰ فوتی از چاه عمودی بوده و از عملیات حفاری و تولید چاه بیش از دوازده ماه نگذشته باشد، پیمانکار در صورتی مسئولیت نخواهد داشت که ثابت کند: ۱. آلودگی قبل از حفاری، تحریک چاه یا دگرسانی وجود داشته یا، ۲. صاحب زمین یا چاه، اجازهٔ دسترسی به چاه برای آزمایش قبل از عملیات حفاری یا تزریق سیال را نداده یا، ۳. منبع آب در شعاع ۱۲۰۰ فوتی از چاه افقی قرار نداشته یا، ۴. آلودگی ظرف مهلت دوازده ماه پس از حفاری یا تزریق سیال به چاه رخ نداده و یا ۵. آلودگی به علتی غیر از حفاری یا تحریک چاه بوده است (title 58 pennsylvania consolidated statutes annotated s 3218).

در ایالت ایلینویز، فرض بر این است که هر کس که عملیات شکست هیدرولیکی را در حجم بالا انجام می‌دهد، مسئول آلودگی یا کاهش منابع آب در آن منطقه است، مشروط بر اینکه: ۱. منبع آب در فاصلهٔ ۱۵۰۰ فوت از سایت چاه قرار داشته باشد؛ ۲. اطلاعات مربوط به منبع آب قبل از شروع انجام عملیات شکست هیدرولیکی آلودگی یا کاهش منابع آب را نشان نداده باشد؛ ۳. آلودگی یا کاهش منابع آب در هنگام اجرای عملیات شکست هیدرولیکی یا ظرف سی ماه از پایان آن رخ داده باشد. برای احراز عدم مسئولیت، پیمانکار باید به صورت قطعی و با ارائهٔ دلایل روشن و قانع‌کننده، یکی از موارد زیر را ثابت کند: ۱. منبع آب در فاصلهٔ ۱۵۰۰ فوت از سایت چاه قرار نداشته؛ ۲. آلودگی یا کاهش آب قبل از شروع عملیات شکست هیدرولیکی یا بعد از سی ماه از اتمام عملیات شکست هیدرولیکی رخ داده؛ ۳. آلودگی یا کاهش آب به علت قابل شناسایی دیگری غیر از عملیات شکست هیدرولیکی رخ داده است (Illinois' Hydraulic Fracturing Regulatory Act, Section 1-85). چناچه به گونه‌های در معرض خطر یا سایر حیوانات وحشی، به علت عدم مراقبت پیمانکار از تانکرها و گودال‌های حاوی سیال شکست هیدرولیکی آسیب وارد شود، ممکن است وی از نظر مدنی و یا کیفری مسئول شناخته شود؛ برای مثال، اگر در تگزاس برخی از گونه‌های پرندگان به علت برخورد با سیال شکست هیدرولیکی تلف شوند، پیمانکار افزون بر مسئولیت مدنی، ممکن است تحت تعقیب کیفری نیز قرار گیرد (16 texas administrative code s 3.22. Protection of Birds). قانون معاهدهٔ پرندهٔ مهاجر در آمریکا[1]، مسئولیت مطلق پیمانکارانی را که به پرنده‌های مهاجر آسیب برساند، به رسمیت شناخته و اگر فعالیت پیمانکاران نفت و گاز، مانند احداث حوضچه‌های سطحی برای نگهداری آب‌های زاید یا سیال شکست هیدرولیکی، به جذب و کشته شدن پرندگان مهاجر بینجامد، ممکن است برای پیمانکار مسئولیت کیفری به دنبال داشته باشد. این مسئولیت، حتی در فرضی که پیمانکار مرتکب تقصیری هم نشده باشد، وجود دارد. برای

1. The Migratory Bird Treaty Act

www.SID.ir

Archive of SID

جبران خسارت وارده، تهیهٔ پوشش بیمه‌ای نیز ضرورت دارد. بر اساس توصیه‌نامهٔ کمیسیون اروپا، کشورهای عضو باید اطمینان یابند که پیمانکار، تضمین‌های مالی و یا پوشش بیمه‌ای مناسب برای مسئولیت‌های احتمالی خسارت‌های وارده به محیط زیست را پیش از آغاز به عملیات شکست هیدرولیکی تهیه کرده باشد (Directive 2014/70/EU, para.12.2).

نتیجه

صنعت نوظهور شیل، برخلاف نفت و گاز متعارف که با بیش از یک قرن تجربه توانسته ساختاری قانونی و قراردادی برای کنترل ریسک‌های اکتشاف و تولید خود ایجاد کند، در آغاز راه است. ریسک‌های اکتشاف و تولید از ذخایر شیل به دلیل به‌کارگیری فناوری‌های پیشرفتهٔ شکست هیدرولیکی و حفاری افقی، با ریسک‌های ذخایر متعارف متفاوت است. هرچند برخی از کشورها همچون فرانسه، آلمان، بلغارستان، رومانی و ایالت کبک کانادا، عمدتاً به جهت بالا بودن ریسک‌های زیست‌محیطی و اعتراضات گروه‌های ذی‌نفع، توسعهٔ منابع شیل را ممنوع اعلام کرده‌اند، این پژوهش به این نتیجه رسیده است که ریسک‌های ناشی از انجام عملیات‌های شکست هیدرولیکی و حفاری افقی در پروژه‌های شیل با شناسایی روش‌های مناسب این صنعت و وضع الزامات قانونی در به‌کارگیری آن روش‌ها از سوی شرکت‌های نفتی و پیمانکاران، قابل مدیریت و کنترل هستند. یکی از راه‌های شناسایی روش‌های مناسب صنعت شیل، استفاده از تجارب کشورهای فعال در این صنعت و مراجعه به قوانین و مقررات شیل، به‌ویژه مقررات ایالات متحده به عنوان کشور پیشرو و موفق در این صنعت است. بررسی قوانین و مقررات نشان می‌دهد نهادهای تقنینی و رگولاتوری، از طریق وضع قوانین و مقررات در پنج بخش حفاری چاه‌های افقی، عملیات شکست هیدرولیکی، تأمین آب، محیط زیست و مسئولیت، ریسک‌های این صنعت را مدیریت کرده‌اند. بنابراین، وضع ممنوعیت کلی در توسعهٔ ذخایر شیل به لحاظ وجود ریسک‌های این صنعت، رویکرد مناسبی به نظر نمی‌رسد و نباید با وضع ممنوعیت از مزایای توسعهٔ ذخایر شیل چشم‌پوشی کرد.

هرچند ایران به دلایل متعددی، به‌ویژه تحریم‌ها، تاکنون برنامه‌ای برای اکتشاف و استخراج ذخایر شیل نداشته و مقرره‌ای نیز در این زمینه وضع نکرده است، با کاهش ذخایر نفت و گاز متعارف، برای حفظ سهم خود در بازارهای انرژی و توسعهٔ کشور ناگزیر به بهره‌برداری از ذخایر شیل خواهد بود. یکی از عوامل موفقیت ایران در این صنعت، مدیریت درست ریسک از طریق قانون‌گذاری و سپس تنظیم‌گری است که بی‌گمان تجارب کشورهای پیشرو نتیجه‌بخش خواهد بود. بدین‌منظور، مقتضی است چهارچوب قانونی لازم برای اکتشاف و استخراج مخازن شیل توسط قانون‌گذار تعیین و نهادی مرکب از وزارت نفت، وزارت نیرو

www.SID.ir

Archive of SID

(بخش آب) و محیط زیست به عنوان نهاد رگولاتور تعریف شود که بتواند مقررات لازم را در این حوزه وضع و بر انجام عملیات اکتشاف و استخراج منابع شیل نظارت کند.

منابع

الف) فارسی

۱. رحیمی، غلامعلی؛ جوکار، محمدصادق؛ دهنوی، جلال (۱۳۹۳). «دومین انقلاب در بازار گاز: نگاهی به استراتژی انرژی چین». *فصلنامهٔ مطالعات اقتصاد انرژی*، شمارهٔ ۴۳، ص ۱۰۵ – ۱۲۷.

۲. شیروی، عبدالحسین (۱۳۹۳). *حقوق نفت و گاز*. چاپ اول، تهران: انتشارات میزان.

ب) خارجی

3. Boling C (2012). "Hydraulic Fracturing and Chemical Disclosure: What You Do Not Know Could Hurt You". *Loy. LAL Rev*. 46
4. Golden, J.M., and Wiseman, H. J (2015). "The Fracking Revolution: Shale Gas as a Case Study in Innovation Policy". *Emory Law Journal*.
5. Green, C. A., Styles, P., and Baptie, B. J (2012). "*Preese Hall shale gas fracturing review & recommendations for induced seismic mitigation: UK Deparment of Energy and Climate Change"*. Government Report 5055**.**
6. Harris, Cander (2012). "What Are Unconventional Resources? A Simple Definition Using Viscosity and Permeability". *AAPG Annual Convention and Exhibition*.
7. Howarth, R. W., Santoro, R., and Ingraffea, A (2001). "Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations". *Climatic Change 106*, no. 4.
8. Hunter, Tina (2016). *Handbook of Shale Gas law and Policy. Economics, Access, Law and Regulation in Key Jurisdictions*. Portland, USA, Intersentia.
9. Kulander, C. S (2011). "*Shale oil and gas state regulatory issues and trends*". Case W. Res. L. Rev. 63.
10. Oil, T. R. S (2013). "Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries outside the United States. Washington: Independent Statistics & Analysis and US Department of Energy".
11. Philippe, Charlez and Pascal, Baylocq (2015). *The shale oil and gas debate***.** Paris, France, Editions Technip.
12. Therivel, R (2012). *Strategic environmental assessment in action*. London: Earthscan.

– قوانین

13. Administrative rules of the state of Montana
14. Alberta Energy Regulator (AER) Directive 083: Hydraulic Fracturing - Subsurface Integrity
15. Arkansas Code of Rules
16. Arkansas Oil and Gas Commission (AOGC) Rules
17. British Columbia drilling and production regulation
18. Code of Federal Regulation (titles 40 & 49)
19. Directive 2006/21/EC of the European Parliament and of the Council on the management of waste from the extractive industries

20. Directive 2014/70/EU: Commission Recommendation of 22 January 2014 on minimum principles for the exploration and production of hydrocarbons (such as shale gas) using high-volume hydraulic fracturing
21. Illinois' Hydraulic Fracturing Regulatory Act
22. Kentucky Revised Statutes

www.SID.ir

Archive of SID

23. Louisiana Administrative Code
24. Michigan Administrative Code
25. North Dakota administrative Code
26. Ohio Administrative Code
27. Oklahoma Administrative Code
28. Pennsylvania Code (title 25)
29. Pennsylvania Consolidated Statutes (title 58)
30. Report of the Independent Inquiry into Hydraulic Fracturing in the Northern Territory, 28 November 2014
31. Texas Administrative Code (title 16)
32. The New South Wales Code of Practice for Coal Seam Gas Fracture Stimulation Activities
33. West Virginia code of state rules
34. Wyoming Administrative Code

www.SID.ir