Archive of SID

مقاله مروری

پایداری، توسعه و محیط زیست، دوره دوم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰

منابع هیدروکربنی غیر متعارف: اثرات محیط زیستی و چالش‌های آینده

لیلا مهاجری*[۱]

mohajerileila@yahoo.com

محمد علی زاهد[۲]

مرتضی پاکروان[۳]

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۹/۲۰ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۱۳**

چکیده :

با پیشرفت در فناوری های اکتشاف لرزه‌ای سه بعدی، حفاری افقی و شکاف زنی هیدرولیکی، اکتشاف و تولید منابع غیر متعارف هیدرکربنی اقتصادی تر شده است. این مطالعه با هدف ارزیابی اثرات محیط زیستی منابع نفتی غیرمتعارف از جمله سنگ نفتی (Oil shale)، ماسه نفتی (Oil sands)، و نفت خام فوق سنگین (Extra heavy crude oil) انجام شده است.

استفاده از منابع هیدروکربنی غیر متعارف، خطرات محیط زیستی قابل توجهی برای کره زمین دارد که باید به روشنی شناخته شوند. با این که این منابع از نظر اقتصادی و امنیت انرژی اهمیت زیادی دارند، مسائل محیط زیستی مهمترین چالش آینده این صنعت به شمار میرود.

ایـــن پژوهـــش پیمایشی توصیفـــی - تحلیلـــی بوده و در آن از داده های بانک های اطلاعاتی، منابـــع دولت ایالات متحده آمریکا و سایر منابـــع اســـنادی- کتابخانـــه ای استفاده شد.

توسعه منابع انرژی غیر متعارف اثرات محیط زیستی قابل توجهی را به آب، هوا، زمین و جوامع وارد می سازد که باید به روشنی شناخته شوند. تخریب سرزمینی، تولید پسماند، مصرف آب و ایجاد پساب خطرناک، آلودگی هوا، تولید گازهای گلخانه ای، تهدیدهای بوم شناختی و آسیب به تنوع زیستی از جمله مهمترین معضلات هستند. توسعه پایدار در گرو مدیریت هزینه های محیط زیستی است

وضع و اجرای قوانین کارامد محیط زیستی و تدوین استانداردهای مناسب می تواند در کاهش اثرات مخرب بر زیست بوم ها موثر و در راستای اهداف توسعه پایدار سازمان ملل متحد باشد.

کلید واژگان : نفت غیر متعارف، سنگ نفتی، ماسه نفتی، نفت خام فوق سنگین، توسعه پایدار

۱- دکترای مهندسی محیط زیست، واحد ایمنی بهداشت و محیط زیست، شرکت حفاری استوان کیش

۲- دکترای محیط زیست، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه خوارزمی - تهران- ایران

۳- دکترای مدیریت کسب و کار، واحد مدیریت، شرکت حفاری استوان کیش

www.SID.ir

Unconventional Hydrocarbon Resources: Environmental Impact and Future Challenges

Leila Mohajeri[1*]

mohajerileila@yahoo.com

Mohammad Ali Zahed[2]

Morteza Pakravan[3]

Abstract:

With the advancement of three-dimensional seismic exploration technologies, horizontal drilling, and hydraulic fracturing, the exploration and production of unconventional hydrocarbon resources have become profitable. The environmental problems of the development of three main groups of unconventional oils, including oil shale, oil sands, and extra heavy crude oil, have been evaluated.

The use of unconventional hydrocarbon resources has significant environmental hazards for the planet that must be clearly identified. Although these resources are important in terms of economics and energy security, environmental issues are the most critical challenge for the future of the industry.

This descriptive-analytical survey study employed data from databases, United States government data resources, and literature review.

The development of unconventional energy sources has significant environmental effects on water, air, land, and communities that need to be discussed. Land degradation, waste generation, water consumption, and hazardous wastewater production, air pollution, greenhouse gas emissions, ecological threats, and biodiversity damage are among the most noticeable complications. Sustainable development is dependent on the management of environmental costs.

Discussion and Conclusion: The enactment and implementation of efficient environmental laws and the enforcement of appropriate standards can be effective in reducing the destructive effects on ecosystems and in line with the United Nations Sustainable Development Goals.

Key words: Unconventional oil sources, Oil shale, Oil sand, Extra-heavy crude oil, Sustainable development

1- PhD. Enviromental Engineer Ostovan Kish Drilling Company (OKDC): No. 148, Dastgerdi Street (Zafar), Tehran, IRAN (Corresponding Author)

2- PhD. Environmental science, Faculty of Biological Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran. Kharazmi University, No.43.South Mofatteh Ave., Tehran, Iran.

3- PhD. Oil Drilling Engineer, Ostovan Kish Drilling Company (OKDC): No. 148, Dastgerdi Street (Zafar), Tehran, IRAN

www.SID.ir

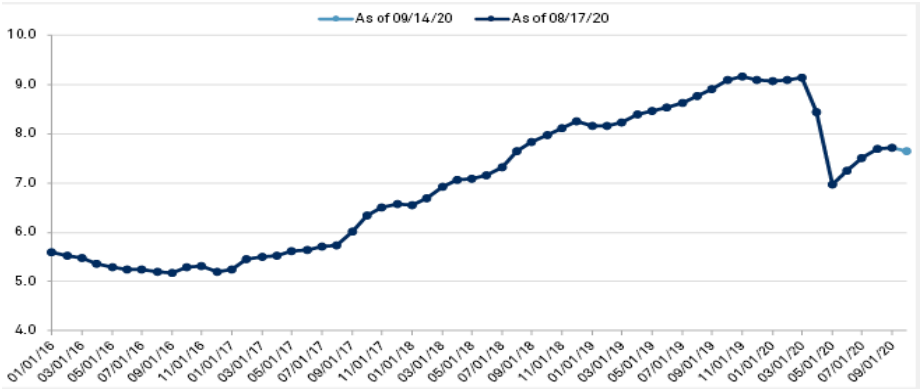
Archive of SID

زمینه و هدف

اهداف توسعه پایدار (Sustainable Development goals) در سال ۲۰۱۵ توسط سازمان ملل معرفی شد. با توجه به مشکلات اساسی محیط زیست و انرژی، این اهداف بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته اند[۱] . هرچند کشورهای دارای ذخایر بزرگ، در اکتشاف، توسعه و تولید سرمایه گذاری کرده اند اما تامین امنیت عرضه نفت خام همواره با چالش هایی همراه است. وابستگی روزافزون اروپا به نفت و گاز روسیه در میان مدت و بلندمدت، به همراه رویکرد جدید خاورمیانه، به ویژه پنج کشور بزرگ تولیدکننده نفت در خلیج فارس به بازار رو به رشد چین و سیاست های کشور قطر در تولید و صادرات گاز از موارد مهم امنیت انرژی است [۲] و [۳] .

با توجه به ترکیب این عدم قطعیت ها در مورد آینده نفت خام، یکی از رویکردها، تمرکز کمتر بر روی تولید نفت و در نظر گرفتن جایگزین برای آن است [۴]. توجه بسیاری از سیاستگذاران و فعالان حوزه نفت و گاز به منابع نفتی غیرمتعارف (Unconventional oil) معطوف شده است. بطوریکه بسیاری بر این عقیده هستند که از سال ۲۰۵۰ تا ۲۰۶۰ کانادا و ونزوئلا بیش از ایران و عربستان نفت تولید می کنند [۵].

پیشرفت فناوری نقش کلیدی در توسعه منابع هیدروکربنی غیر متعارف داشته است. تولید از این منابع با استفاده از یک فرایند سنگین صنعتی، ترکیبی از حفاری افقی (Horizontal Drilling) و شکست هیدرولیکی (Hydraulic Fracturing) برای استخراج نفت و گاز از سنگ همراه است [۶] و [۷]. از سوی دیگر، قیمت بالای نفت خام در سالهای ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۵ کمک شایانی به اقتصادی شدن نفت غیر متعارف کرد. نمودار ۱ براورد تولید ایالات متحده آمریکا از سنگ نفتی (میلیون بشکه در روز) از سال ۲۰۱۶ تا پاییز ۲۰۲۰ را نمایش می دهد. درحال حاضر، تولید از منابع نفتی غیرمتعارف وقتی به صرفه است که قیمت نفت خام بیش از ۵۰ دلار باشد. این در حالیست که قیمت جهانی نفت با بسیاری از عوامل از جمله تعادل عرضه و تقاضا، اقتصاد کلان و موقعیت ژئوپولیتیک، پویایی نرخ دلار آمریکا و شرایط بازارهای مالی جهانی در ارتباط است و مباحث محیط زیستی هم در سالهای اخیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. اجلاس پاریس (COP21) باعث درگیر شدن تولید کنندگان سوخت‌های فسیلی در سرفصل های محیط زیست و گرمایش جهانی شد اما تا کنون به ریسک محیط زیستی منابع نفتی غیر متعارف کمتر توجه شده است. تولید از منابع نفتی غیرمتعارف می تواند اثرات جدی محیط زیستی مانند مشکلات مربوط به استفاده از آب شیرین، دفع پسماند، آلودگی آبهای زیرزمینی، آلودگی هوا و تخریب زمین را ایجاد نماید. این منابع بیش از ۳ برابر نفت معمولی گازهای گلخانه ای منتشر می کند [۸] و [۹]. اگر چه تولید کنندگان انرژی پیشرفت قابل توجهی در پرداختن به بسیاری از این خطرات و اثرات داشته اند اما هنوز هم نیاز به بهبود وجود دارد (تصویر ۱) [۱۰].



تصویر ۱- براورد تولید ایالات متحده آمریکا از سنگ نفتی (میلیون بشکه در روز) از سال ۲۰۱۶ تا پاییز ۲۰۲۰ [۱۰]

www.SID.ir

Archive of SID

چالش های محیط زیستی منابع هیدروکربن های غیر متعارف

ایـــن پژوهـــش پیمایشی توصیفـــی - تحلیلـــی بوده و در آن از داده های بانک های اطلاعاتی، منابـــع دولت ایالات متحده آمریکا و سایر منابـــع اســـنادی- کتابخانـــه ای استفاده شد. پرسش پژوهش این اسـت کـه اکتشاف و تولید منابع هیدروکربنی نامتعارف چـــه پیامدهـــای محیط زیستی دارد؟ هدف از این نوشتار واکاوی اثرات محیط زیستی منابع هیدروکربنی غیرمتعارف است. در حال حاضر سه نمونه اصلی نفت های غیر متعارف شامل سنگ نفتی (Oil shale)، ماسه نفتی (Oil sands) و نفت خام فوق سنگین (Extra heavy crude oil) مورد توجه قرار گرفته اند. چارچوب این پژوهش، منحصر به چالش‌های محیط زیستی با رویکرد شناخت معضلات و آینده پژوهی راهبردی است.

منابع هیدروکربنی

منابع متعارف

سازمان اطلاعات انرژی آمریکا (EIA: The US Energy Information Administration) مخازن نفت و گاز طبیعی متعارف را این گونه تعریف می کند نفت خام و گاز طبیعی که توسط یک چاه حفر شده در تشکیلات زمین شناسی تولید شده باشد و ویژگی های جریان اجازه حرکت آسان و روان نفت و گاز طبیعی در چاه را بدهد [۱۱].

نفت خام معمولی

نفت متعارف، ترکیبات غنی از هیدروژن با زنجیره های نسبتا کوتاه هیدروکربنی، اتم کربن کمتر C_1 تا C_{60} و وزن مولکولی پایین تر از نفت های غیر متعارف (حدود ۲۰۰) است. یک فرمول ثابت برای نفت خام وجود ندارد. آنها می توانند تنوع زیادی در این محدوده داشته باشند؛ محدوده این نوع منابع طبیعی، از نفت خام با کیفیت بالا "سبک، شیرین" تا نفت خام با کیفیت پایین "سنگین، ترش" است. چگالی نفت با مقیاس شناخته شده گرانروی API اندازه گیری می شود (نفت سبکتر، گرانروی پایینتر و نفت سنگینتر، گرانروی بالاتری دارد). استخراج نفت های سنگین تر دشوار بوده و نیاز به تزریق گاز و فنآوری های پیشرفته تر دارند زیرا ملاس آنها مانند گرانروی آنها بالاتر از دیگر نفت های غیر متعارف است. گرانروی API پایین تر، استخراج و فرایند نفت را گران تر کرده که بر روی قیمت نفت تاثیر خواهد گذاشت [۱۲] .

منابع غیر متعارف

نفت های غیر متعارف فاقد یک تعریف روشن بوده و توسط ویژگی هایشان شناخته می شوند. آنها آرایه ای از هیدروکربن ها هستند که می توانند به فرآورده های نفتی پردازش شوند. این مخلوط های پیچیده هیدروکربنی و بسیار سنگین، نیاز به ورودی بسیار زیاد انرژی برای استخراج (یا فرآوری) داشته که پس از آن با فناوری های پیشرفته پالایش میشوند. نفت های غیر متعارف نسبت به نفت های معمولی بسیار سنگین تر، ترش تر و در کل با کیفیت پایین تری هستند. کربن بیشتر و همچنین گوگرد بالاتر داشته و اغلب مملو از ناخالصی های سمی هستند. از آنجا که این منابع جامد هستند، باید از طریق استخراج از معادن یا گرم کردن در محل تا زمانی که جریان یابند، به پالایشگاه منتقل شوند. این گروه از هیدروکربن ها به آسانی به فرآورده های نفتی موجود در بازار با استانداردهای امروزی تبدیل نمی شوند و نیاز به فناوری های پیشرفته تری دارند. هیچ دومنبع نفت غیر متعارف، یکسان نیستند. با توسعه روش های جدید برای بازیابی آنها از چاه های فوق العاده عمیق، می توان تا مایل ها زیر دریا، با ایجاد شکستگی در سنگ ماسه ای، نفت را استخراج کرد. نفت سبک تر و شیرین تر، کمتر درگیر فرآیند می شود و محصول بهتر و با ارزش فرآورده های نفتی، شامل بنزین، دیزل، و سوخت جت تولید می کند [۱۳].

سنگ نفتی (Oil shale)

سنگی که حاوی نسبت بالایی از مواد آلی (کروژن) باشد به عنوان سنگ نفتی طبقه بندی می شود. سنگ نفتی با ارزش گرمایی پایین، خاکستر بالا و محتوای بالای مواد معدنی مشخص می شود. این توضیح انواع ذخایر محصور شده در محیط های مختلف رسوبی را پوشش می دهد. مقدار کل سنگ نفتی ذخیره شده در این منابع حدود ۴۷۵ میلیارد تن است که بیشتر از منابع نفتی است. حدود ۲۵ درصد از تولید سنگ های نفتی جهان به سنگ نفتی و گاز قابل

www.SID.ir

Archive of SID

احتراق، سوخت جت، بنزین، سوخت نفت سبک، قیر طبیعی، زغال سنگ، فنل، گاز ماسه ای مایع، موم، روغن و روان کننده و دیگر محصولات فرآوری می شود[۱۴].

فناوری‌های استخراج

استخراج از معادن و فرآیند سنگ نفتی:

سنگ نفتی را می توان با استفاده از دو روش استخراج کرد: استخراج از معادن زیر زمینی یا استخراج از معادن سطحی. بعد از استخراج از معادن، سنگ نفتی به یک مرکز برای تقطیر منتقل می شود، فرایند گرم کردن، بخش های نفتی سنگ نفتی را از بخش معدنی جدا می سازد. پس از تقطیر و قبل از آن که بتوان آن را به یک پالایشگاه فرستاد، نفت باید با فرآوری بیشتر ارتقاء یابد، سپس سنگ مصرفی دور انداخته می شود.

ماسه های نفتی (Oil Sands)

ماسه نفتی، ترکیبی از خاک رس، شن و ماسه، آب و قیر و یک نفت سیاه سنگین است. ماسه نفتی را برای استخراج قیر غنی از نفت می توان استخراج و پردازش کرد که پس از آن به نفت پالایش می شود. قیر موجود در ماسه های نفتی را نمی توان از زمین، در حالت طبیعی خود پمپ کرد. ذخایر ماسه نفتی با معدن کاری استخراج می شوند، معمولا با استفاده از معدن کاری نواری و یا تکنیک های معدن روباز، یا با روش گرم کردن زیرزمینی استخراج می شوند.

ماسه های نفتی برای تولید، شبیه به نفت متعارف از چاه های نفت معدن کاری شده پمپ شده و فرآوری میشوند، با این تفاوت عمده که استخراج نفت از ماسه نفتی پیچیدهتر از بازیافت نفت معمولی است. فرآیندهای بازیافت ماسه نفت شامل سیستمهای استخراج و جداسازی برای جدا کردن قیر از خاک رس، شن و ماسه، و آبی است که ماسه نفتی را تشکیل می دهد. قیر نیز نیاز به فرایندهای ویژه دارد قبل از آن که تصفیه شده باشد. زیرا بسیار چسبناک است و نیز نیاز به رقیق سازی با هیدروکربن های سبک تر داشته تا بتوان آن را توسط خط لوله انتقال داد [۱۵].

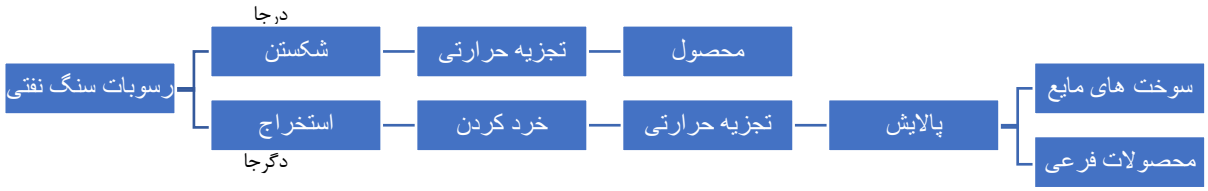
ذخایر ماسه نفتی

بخش عمده ای از نفت جهان (بیش از ۲ تریلیون بشکه) در قالب ماسه نفتی است، اگر چه همه آن قابل بازیابی نیست. در حالی که ماسه نفتی در بسیاری از مکان ها در سراسر جهان یافت می شود، بزرگ ترین ذخایر جهان درایالت آلبرتای کشور کانادا و ونزوئلا و بقیه در کشورهای مختلف در خاورمیانه یافت می شوند. در ایالات متحده منابع ماسه نفتی در درجه اول در شرق یوتا وعمدتا در زمین های عمومی متمرکز شده است. منابع ماسه نفتی در محل، در ایالت یوتا، ۱۲ تا ۱۹ میلیارد بشکه برآورد شده است.

در حال حاضر، نفتی از ماسه نفتی در سطح تجاری و قابل توجه در ایالات متحده تولید نمی شود؛ در واقع، تنها کانادا در مقیاس بزرگ تجاری صنعتی ماسه نفتی دارد، اگرچه مقدار اندکی نفت از ماسه نفتی بطور تجاری در ونزوئلا تولید می شود. صنعت ماسه نفت کانادا در آلبرتا متمرکز شده و بیش از یک میلیون بشکه از نفت از این منابع در روز تولید می شود. در حال حاضر ماسه نفتی حدود ۴۰ درصد از تولید نفت کانادا را شامل می شود، و خروجی آن به سرعت در حال افزایش است. حدود ۲۰ درصد از نفت خام آمریکا و محصولات آن از کانادا، و بخش قابل توجهی از این مقدار از ماسه نفتی بدست می آید. ماسه نفتی توسط روشهای استخراج از معادن و بازیابی درجا استخراج می شود. ماسه نفت کانادا متفاوت از ماسه نفت آمریکاست و روش های استخراج ماسه نفتی در ایالت یوتا متفاوت از آلبرتا است [۱۶]. مراحل استخراج از معادن و فرآیند سنگ نفتی در تصویر ۲ نمایش داده شده است [۱۷].

www.SID.ir

Archive of SID



تصویر۲- مراحل استخراج از معادن و فرآیند سنگ نفتی

استخراج ماسه نفتی:

سپرده ماسه نفتی در نزدیکی سطح می تواند توسط روش استخراج معدن کاری روباز بازیافت شود. روش های جدیدی در اوایل ۱۹۹۰ معرفی شد که بطور قابل توجهی بهره وری از معادن ماسه نفتی را بهبود و در نتیجه هزینه را کاهش داد. این سیستم ها از بیل های هیدرولیکی و الکتریکی بزرگی برای حفاری ماسه نفتی و بار کردن آنها به کامیون های عظیمی که می تواند تا ۳۲۰ تن ماسه نفتی را در هر بار حمل کند، استفاده می کنند.

پس از استخراج از معادن، ماسه نفتی به یک کارخانه استخراج منتقل می شود جایی که در آن فرایند آب داغ قیر را از خاک، آب و مواد معدنی جدا می سازد. جداسازی در سلول های جداسازی انجام می گیرد. آب داغ به شن و ماسه اضافه شده و سپس دوغاب از طریق لوله کشی به کارخانه استخراج فرستاده میشود تا متعاقبا مخلوط شود. ترکیب آب داغ و شن، قیر را از ماسه نفت آزاد کرده و باعث می شود حباب های کوچک هوا به قطرات قیر متصل شده و در روی سطح شناور شود و بتوان آن را با خامه گیر برداشت. فرآوری بیشتر، آب باقی مانده و مواد جامد را حذف می نماید. سپس قیر را انتقال داده و در نهایت به نفت خام مصنوعی ارتقا داده می شود.

حدود دو تن ماسه نفتی برای تولید یک بشکه نفت مورد نیاز است. تقریبا ۷۵ درصد قیر را می توان از ماسه بازیافت کرد. پس از استخراج نفت، ماسه مصرف شده و دیگر مواد به معدن بازگردانیده تا سرانجام احیا صورت گیرد.

روش های تولید درجا، بر روی ذخایر بیش از حد عمیق قیر در خاک و برای استخراج از معادن و بازیافت اقتصادی استفاده می شوند. این روشها عبارتند از تزریق بخار، تزریق حلال و جریان های آتش، که در آن اکسیژن تزریقی بخشی از منابع را می سوزاند تا گرمای لازم فراهم شود. تا کنون تزریق بخار روش متداول تری بوده است. برخی از این روش های استخراجی نیاز به مقدار زیادی از هر دو انرژی و آب (برای گرمایش و پمپاژ) دارند [۱۸].

نفت خام فوق سنگین (Extra Heavy crude oil)

نفت خام فوق سنگین اغلب به منابع هیدروکربنی با درجه API بسیار پایین اطلاق میشود و کشور ونزوئلا بزرگترین ذخایر آن را در اختیار دارد. نفت خام فوق سنگین اغلب بسیار چسبناک و جامد بوده و به طور معمول شامل غلظت های بالایی از گوگرد و فلزات مانند نیکل و وانادیم می شود. این خواص، تولید و روند فرآوری آنها را دشوار می سازد. نفت غیر متعارف کمربند اورینوکو در ونزوئلا، دارای چگالی کمتراز بیست (API 0.934 gr/cm^3) و ویسکوزیته آن در محدوده ۱۰۰ تا ۱۰،۰۰۰ cp است. برای ماسه نفتی کانادا، چگالی سنگین تر از ۱۰ درجه ۰ (API 1.00 gr/cm^3) و ویسکوزیته بیش از ۱۰،۰۰۰ cp گزارش شده است. منابع درجای نفت های غیر متعارف در حدود ۲۸۷۱ میلیارد بشکه متشکل از ۱۶۱۵ میلیارد بشکه قیر و ۱۲۵۵ میلیارد بشکه نفت سنگین برآورد شده که حدود ۹۰ درصد از آن در کانادا و ونزوئلا واقع است [۱۹]. در جدول ۱ ویژگی نفت متعارف و قیر مقایسه شده است [۲۰].

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- ویژگی نفت متعارف و قیر[۲۰]

ویژگی		نفت متعارف	قیر آتاباسکا
دانسیته		۰/۸۲ -۰/۹۳	۰/۹۹ -۱/۰۲
ترکیب عناصر[% wt]	کربن	۸۶	۸۳/۱
	هیدروژن	۱۳/۵	۱۰/۶
	گوگرد	۰/۱-۲	۴/۸
	نیتروژن	۰/۲	۰/۴
	اکسیژن	-	۱/۱
فلزات [ppm]	وانادیوم	۱۰۰= یا <	۲۵۰۰
	نیکل	-	۱۰۰
	اهن	-	۷۵
	مس	-	۵
نوع هیدروکربن[wt.%]	نفت	۹۵	۴۹
	رزین	-	۳۲
	اسفالتین	۵= یا <	۱۹

اثرات محیط زیستی

پتانسیل اثرات محیط زیستی نفت غیر متعارف بسیار گسترده است. چراکه اثرات محیط زیستی عرضه نفت غیر متعارف بزرگتر از بسیاری از منابع نفتی متعارف است. برای افزایش تولید از منابع غیر متعارف، فنآوری هایی به لحاظ تولید اقتصادی نفت با توجه به محدودیت های محیط زیستی نیاز است. اغلب بحث و سردرگمی بزرگی در مورد اثرات محیط زیستی عرضه نفت غیر متعارف وجود دارد.

تخریب سرزمینی

به طور کلی، در مقایسه با عرضه نفت متعارف توسعه نفت غیر متعارف اثرات بیشتری بر زمین می گذارد. تخریب سطح با معدن کاری برای حدود ۲۰ درصد از منابع غیر متعارف نفتی صورت می پذیرد، در این حالت نفت بسیار نزدیک به سطح بوده و می تواند استخراج شود (سنگ نفتی و ماسه نفتی آمریکا و ماسه های نفتی کانادا، پتانسیل بسیاری برای استخراج از طریق معادن دارند). امروزه بزرگترین منابع معدنی، سنگ های نفتی کانادا هستند که در آن منطقه معدن کاری ۱۸۵۴ مایل مربع یا حدود ۰/۷ درصد از مساحت آلبرتا را در بر می گیرد. برای پروژه های استخراج از معادن، مواد موجود در سطح شامل پوشش گیاهی، خاک سطحی و یا سربار به طور کامل برای به سطح آوردن منابع استخراج شده از طریق معدن کاری، حذف می شوند که پس از استخراج از معادن، زمین احیاء خواهد شد. اگر چه زمین تغییر یافته توسط استخراج از طریق معدن کاری بطور کامل احیاء نمی شود، اما زمین را به "قابلیت زمین متعادل" بازمی گرداند. هدف احیا، چشم انداز بهتر (یا قابل قبول) است بنابراین می تواند از پوشش گیاهی بومی و حیات وحش حمایت نماید. بسته به نوع زمین، مشکلات دستیابی به این هدف متفاوت است. به عنوان مثال، مراتع راحت تر از تالاب ها بازیابی می شوند [۲۱].

www.SID.ir

Archive of SID

تکه تکه شدن زمین در برخی موارد استخراج از منابع غیر متعارف مانند سنگ های نفتی کانادا و برخی از نفت های سخت، ناحیه ای بزرگ را دربر می گیرد. در طول دوره تولید نفت، نوع کاربری از اراضی تغییر می کند، برای مثال دکلهای (یا سکوهای) حفاری و جاده های دسترسی می توانند زیستگاه حیات وحش را تکه تکه نمایند؛ که موجب ایجاد برخی نگرانیها در مورد اثرات این صنعت نوپا بر روی زیستگاههای حیات وحش شده است. به تازگی صنعت، استفاده از تکنولوژی Ecopads را افزایش داده است که به وسیله آن اجازه حفاری از چاه های متعدد با یک سطح بسیار کوچکتر را می دهد و در نتیجه با کاهش تعداد منطقه حفاری و جاده در دسترس، وضعیت را بهبود می دهد [۲۲].

پسماند

پسماند استخراج این نوع نفت، سنگهای استخراجی است که تا ۱۲۵٪ از حجم اصلی را شامل می شود و باید دفع گردد که بر مناطق وسیعی از زمین تاثیر می گذارد. حجم کل پسماند ناشی ازمعادن استخراج سنگ نفتی ۱۸۰میلیون تن است. نیم تن پسماند در فرآیند غنی سازی هر تن استخراج سنگ نفتی ایجاد می شود پسماند های اصلی برنامه ریزی شده برای دفع در زمین شامل: آب تولید شده در طی تقطیر و پس از آن، جداسازی از نفت سنگ(Oil Shale) و سنگ مصرفی باقیمانده از استخراج، می شود. آب های تقطیر شامل غلظت نسبتا بالایی از ترکیبات پیچیده آلی محلول و سنگ نمکی مصرف شده است که به طور بالقوه نشت می یابد و محصولات آلی پیرولیتی را شامل می شود. علاوه بر این، سنگ مصرف شده زمانی که بر روی سطح دفع می شود دارای پتانسیل خورندگی است. تلاش قابل توجهی برای مدیریت سنگ، با تاکید بر کنترل خورندگی و همچنین سنگ به عنوان یک محیط رشد و برای کاشت مجدد گیاه از گونه های نمک دوست و مقاوم در برابر خشکسالی صورت پذیرفته است [۱۳] و [۱۶].

مصرف آب

پنج مرحله اصلی برای چرخه آب در توسعه نفت و گاز غیر متعارف وجود دارد. این مراحل عبارتند از: انتقال آب، مخلوط کردن مواد شیمیایی، چاه تزریقی (شکست هیدرولیکی)، فرآیند جریان برگشتی و تولید آب همراه و تصفیه و دفع. روش های مختلفی برای مدیریت آب همراه پیشهاد شده است [۲۳] و [۲۴].

حجم بالای آب مصرفی در توسعه سنگ نفتی می تواند اثرات زیانبار قابل توجهی در منابع سطحی و زیرزمینی داشته باشد؛ اما میزان این اثرات به دلیل عدم اطمینان از فن آوری و همچنین به دلیل ناشناخته بودن گستردگی آینده صنعت سنگ نفتی، دانش محدود از شرایط کنونی آب و جریان آبهای زیرزمینی، همچنان محدود و ناشناخته است. توسعه سنگ نفتی و فراهم آوردن قدرت انجام عملیات سنگ نفتی و سایر فعالیتهای مرتبط، به مقدار قابل توجهی از آب نیاز خواهد داشت که می تواند مشکلاتی را مطرح سازد؛ به ویژه در مناطق خشک مانند غرب ایالت متحده آمریکا که جمعیت انبوه در حال حاضر با خواسته های اضافی از منابع آب مواجه هستند. به عنوان مثال، برخی از تحلیلگران پروژه های بزرگ، توسعه سنگ نفتی در کلرادو می دانند برای استخراج از این نوع منابع به آب بیشتری نسبت به آب مصرفی بیش از ۱ میلیون نفر از ساکنان منطقه شهری دنور نیاز دارند. در حالیکه عرضه آب برای توسعه کشاورزی و شهری نیز محدود شده است. تقاضای بالقوه برای آب توسط خشکسالی دهه های گذشته و پیش بینی آب و هوای گرم در آینده، بر پیچیدگی های این مقوله افزوده است. ارزیابی های کنونی، مقدار آب مورد نیاز برای حمایت از صنعت سنگ نفتی در آینده را به طور قابل توجهی، به مفروضات وابسته کرده است. با این حال، گزارش ها حاکی از آن است که به احتمال زیاد آب مورد نیاز برای توسعه اولیه صنعت سنگ نفتی در دسترس است اما اندازه نهایی صنعت ممکن است با توجه به در دسترس بودن آب و همچنین تقاضا برای آب برای سایر نیازهای منطقه، محدود شود. احتمال رقابت مطالبات شهری و صنعتی بر سر آب در آینده، آب و هوای گرم، نیازهای آینده تحت قراردادهای موجود، و نیاز به آب اضافی برای حفاظت از ماهیان در معرض انقراض و نابودی، در نهایت ممکن است اندازه صنعت سنگ نفتی آینده را محدود سازد.

www.SID.ir

Archive of SID

۱۶۵ تا ۱۷۵ لیتر آب بعلاوه ۱۶۰۰ فوت مکعب گاز طبیعی برای تولید یک بشکه نفت خام درجا و ۳۰۰ تا ۴۷۵ لیتر آب بعلاوه ۷۰۰ فوت مکعب گاز طبیعی برای تولید نفت خام استخراجی از طریق معدن کاری ماسه های نفتی نیاز است [۲۵] و [۲۶]. یک وابستگی قابل توجهی بین آب مصرفی برای جداسازی نفت از ماسه در عملیات استخراج سطحی با تولید بخار درجا وجود دارد. برای تولید یک بشکه قیر به ۱۰ بشکه آب برای استخراج از معدن و ۳ بشکه آب برای در عملیات درجا نیاز است. اگر چه بیشتر آب بازیافت می شود اما هنوز حدود ۲۰٪ آب قابل شرب مورد نیاز است و این موضوع باعث ایجاد نگرانی برای حفاظت و پایداری از منابع کرده است[۲۷].

کیفیت آب و تولید پساب خطرناک

در حالی که با توسعه صنعت سنگ نفتی، تعیین اثرات حجم آب از نظر کمّی مشکل است، پژوهش گران قادر به تعیین دقیق تری از اثرات کیفیت آب هستند که به احتمال زیاد به علت انواع معدن کاری، ساخت و ساز و توسعه نفت و گاز موجب اختلالاتی شبیه به اثرات مورد انتظار از توسعه سنگ نفتی می شود. در غیاب اقدامات کاهش مؤثر، تأثیرات ناشی از توسعه سنگ نفتی در منابع آب می تواند ناشی از (۱) اختلالات در سطح زمین در طول ساخت و ساز جاده ها و تسهیلات تولید باشد که منجر به تخریب کیفیت آب سطحی می شود؛ که خود ناشی از رواناب مربوط به رسوب، نمک و یا ممکن است بعلت ریخته شدن مواد شیمیایی به رودخانه و نهرها باشد، (۲) برداشت آب از رودخانه ها و سفره های آبی برای عملیات سنگ نفتی که جریان پایین دست را کاهش داده و به طور موقت کیفیت آب پایین دست را با رسوب گذاری در طول جریان کاهشی تنزل دهد، (۳) استخراج زیرزمینی و استخراج از طریق معدن کاری که به طور دائم آبخوان ها و آبهای زیرزمینی تحت تاثیر جریان این مناطق قرار دارند و (۴) تخلیه فاضلاب از عملیات سنگ نفتی که به طور موقت جریان آب دریافتی را افزایش داده و در نتیجه آن تغییر کیفیت و درجه حرارت آب حاصل می شود [۲۸].

در بیانیه اثرات زیست محیطی ایالات متحده، اظهار شده که استخراج از معدن سطحی ۸/۴ تا ۴۲/۳ لیتر بر تن پساب ناشی از پردازش سنگ نفتی تولید می نماید. برق صنعت سنگ نفتی، ۹۱٪ از کل آب مصرف شده در استونی را استفاده کرده است. بسته به نوع تکنولوژی، تقطیر بالای سطح از یک تا پنج بشکه آب به ازای هر بشکه نفت از سنگ مصرف می کند. دفتر مدیریت زمین ایالات متحده اعلام کرد که معادن سطحی و عملیات تقطیر تقریبا ۱/۹ تا ۹/۱ گالن پساب به ازای هر تن فرآوری سنگ نفتی تولید می کند[۱۸].. بر اساس تخمینها، در فرآوری درجا، حدود یک دهم آب بیش از حد استفاده می شود. گروه های مختلف دانشمندان محاسبه کرده اند که این فرآیند تا پنج بشکه آب برای کنترل گرد و غبار، خنک کننده و دیگر اهداف، به ازای هر بشکه سنگ نفتی تولید شده نیاز دارد [۲۹]

آلودگی هوا

انتشار آلاینده های هوا از چاه تولید نفت خام، مخلوط پیچیده ای از هیدروکربن ها است که به طور کلی از پنج تا چهل اتم کربن در هر مولکول را تولید می کند که نگرانی های مختلفی را به همراه دارد. در طول تولید و با توجه به شرایط گوناگون، هیدروکربن های با فراریت پایین (با تعداد بیشتری از اتم های کربن) احتمال اندکی برای انتشار در اتمسفر دارند. در تولید نفت و گاز غیر متعارف، به محض این که هیدروکربن های زیرسطحی به حرکت درآیند انتشار آلاینده های هوا به طور بالقوه بوجود میآیند. با وجود عدم نشت، پتانسیل انتشار از سرچشمه شروع و تا پایان استفاده توسط مصرف کننده ادامه خواهد داشت. منابع انتشار نفت و گاز غیر متعارف توسط سازمان های نظارتی هوا به عنوان منابع نقطه ای (از یک پشته و یا لوله)، منابع متحرک (از کامیون، قطار، حفارهای چاه)، منابع فرار (از نشت تجهیزات و یا نیروهای خارجی از قبیل باد و یا طبیعی یا اشتباهات انسانی و یا شکستگی در سطح زمین) و منابع منطقه ای، طبقه بندی شده اند. در ایالات متحده آمریکا منابع نقطه ای، که به عنوان منابع ثابت نیز شناخته می شوند، اگر انتشارشان از مقدار مشخصی بیشتر باشد منابع بزرگ نامیده می شوند. به

www.SID.ir

Archive of SID

عنوان مثال برای هیدروکربن های فرار (VOC) یک مقدار ۱۰ تن در سال مورد نیاز است تا منبع بزرگ نامیده شوند. منابع منطقه ای مجموعه انتشارات منابع نقطه ای کوچک از یک دسته بندی خاص است که شامل منابع نقطه ای بزرگ نمیشود. البته تعیین کمّیت انتشارات فرار مشکل است زیرا آنها را به سختی می توان شناسایی کرد و ممکن است متناوب و یا کوتاه مدت باشند. افزایش متان در خاک اطراف برخی از چاه های فعال در یوتا گزارش شده است.

انتشارات منابع نقطه ای، متحرک، فرار و منابع منطقه ای با نوع فعالیت نفت و گاز متفاوت خواهد بود. انتشارات اکسیدهای نیتروژن (NOx)، ذرات معلق (PM) و هیدروکربن های فرار (VOC) در ارتباط با احتراق حفاری چاه، کمپرسور، موتورهای تولید و نیز از بخاری ها و پمپ ها وجود خواهد داشت. منابع متحرک بخصوص در ترافیک کامیون ها، همچنین به انتشار NOx, PM و VOC و همچنین تولید گرد و غبار فرار در جاده های اسفالت نشده کمک می کند. مدیریت تولید آب همراه، نشت از تجهیزات و منابع دیگر انتشارات فرار، از جمله انتشار متان و VOC را کنترل می کند. قرار گرفتن در معرض گرد و غبار سیلیس نرم و ریز همراه با شن و ماسه مورد استفاده در فرایند های شکست هیدرولیکی نیز به عنوان عاملی تأثیر گذار در کیفیت هوا به خوبی شناخته شده است. همچنین انتشار VOC ناشی از استفاده و مدیریت زباله و مایعات حفاری وجود دارد[۳۰]. عملیات های ماسه نفتی، حجم بزرگی از آلاینده ها را در هوا رها می سازد. این آلاینده ها در مقادیر بالا منجر به بیماری های تنفسی، قلبی، برونشیت، سردرد، تهوع، سقط خودبه خودی جنین و تضعیف عملکرد اعصاب می شود [۳۱] و [۳۲]. تقطیر ماسه نفتی تولید پسماند و پسابی می نماید که ممکن است شامل فلزات کمیاب، مواد نیمه فرار، هیدروکربن های آروماتیک چندحلقه ای (PAH)، بخش هایی از نفت، ترکیبات فنلی، سولفیدها و غیره باشد. خطرات بالقوه و اقدام درمانی این موارد نیاز به بررسی بیشتری دارند.

جریان های پساب و تخلیه گرما از فرآوری ماسه نفتی ای ممکن است مشکلات محیط زیستی را به وجود آورد. ذغال نیم سوز یا خاکستر مانده از ذغال، اگر محتوای آلی آن در طول فرآوری نسوزد، زائدات مضر ناشی از تقطیر ماسه نفتی هستند. اما ذغال نیم سوز می تواند تا حدی بازیافت شده و در دیگهای بخار بستر سیال سوزانده شود. محتوای آلی در خاکستر مانده از ذغال باید از طریق طرح های بهبود فن آوری کاهش یابد. ذغال نیم سوز نیز می تواند برای محصولات ساخت و ساز مانند سیمان و پشم سنگ استفاده شود. در یک مطالعه برخی از مشکلات زیست محیطی دیگر توضیح داده شده است، مثلا در یک فرایند تقطیردرجا در هر مرحله تقطیر، آب تقطیر سنگ نفتی از تجزیه حرارتی کروژن که به عنوان آب تشکیل شناخته می شود تشکیل شده که اگر بدون تصفیه رها شود برای تخلیه بی خطر در دریاچه ها و رودخانه و یا برای استفاده در سی و پنج فرآیند دیگر پایین دستی سنگ نفتی مناسب نیست، زیرا حاوی انواع مواد معلق و آلاینده های محلول، ناخالصی ها و آلودگی هایی از قبیل ذرات خام، تقطیرشده و مصرف شده، روغن سنگ نفتی، آمونیاک، فنل، سولفور، سیانید، سرب، جیوه و آرسنیک است. علاوه بر این، در پالس سیستم احتراق حرارتی غیر ثابت، پاکسازی آب تقطیر می تواند آب را خالص، بخار را تغلیظ و یا آب را تقطیر نماید، اما این ها تنها بخشی از تخریب زیستی هستند، حتی زمانی که تصفیه شوند به طور معمول شامل ذرات سنگ نفتی، سنگ نفتی، آمونیاک و کربن آلی در ده برابر حد طبیعی است [۲۷].

تولید گازهای گلخانه ای

با استفاده از فناوری حال حاضر، استخراج و تصفیه نفت سنگین و ماسه های نفتی بیش از سه برابر نفت های معمولی گازهای گلخانه ای (CO_2 کل) تولید می نماید که در درجه اول ناشی از مصرف انرژی اضافی فرایند استخراج است که ممکن است شامل احتراق گاز طبیعی برای گرم کردن و تحت فشار قرار دادن مخزن برای تحریک جریان باشد .

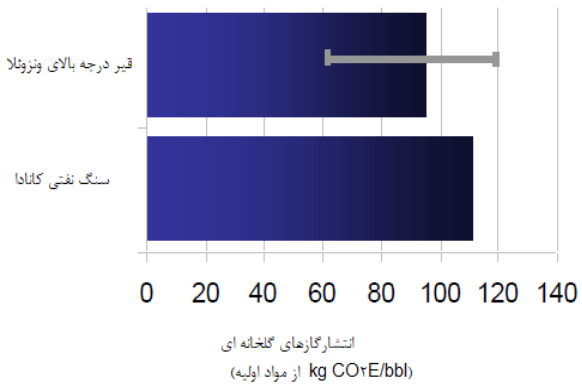
www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به این که تمام انتشار گازهای گلخانه ای حاصل از یک بشکه نفت، ۷۰ تا ۸۰ درصد از تولید گازهای گلخانه ای ناشی از احتراق سوخت در یک وسیله نقلیه است و لذا انرژی مصرفی در استخراج، پالایش و حمل و نقل این نوع نفت هنوز ناشناخته باقی مانده است و محاسبه نشده است. هنگامی که انتشارات چاه به چرخ (well-to-wheel emissions) در نظر گرفته شوند (انتشار تولید نفت از طریق مصرف سوخت در یک وسیله نقلیه) ماسه های نفتی کانادا ۵ تا ۱۵ درصد بیشتر از متوسط نفت خام مصرفی در ایالات متحده و در مقایسه با برخی از دیگر منابع عرضه متعارف از جمله نفت خام نیجریه، ونزوئلا، و برخی منابع دیگر، گازهای گلخانه ای تولید می کند. با گذشت زمان و بهبود تدریجی در بهره وری و نیز فن آوری های جدید مانند استفاده از حلال برای به حرکت درآوردن نفت درجا (به عنوان یک جایگزین برای گرم کردن)، انتظار می رود شدت انتشار گازهای گلخانه ای از عملیات های غیر متعارف کاهش یابد. یا در طول مدت بسیار طولانی، فن آوری هایی مانند جذب و ذخیره سازی کربن (CCS) و منابع کم آلاینده یا بدون آلاینده از انرژی مانند انرژی هسته ای، امکان انتشار را کاهش دهند[۱۸].

ماسه نفتی کانادا سریع ترین منبع رشد انتشار گازهای گلخانه ای در کاناداست. متوسط انتشارات صنعتی از تولید ماسه نفتی و روزآمد کردن (چاه به پمپ)، ۳/۲ تا ۴/۵ برابر کربن تغلیظ شده و نفت خام متعارف فشرده تولید شده در آمریکای شمالی است. تصویر ۳ انتشار گازهای گلخانه ای برای استخراج و پیش پردازش قیر ونزوئلا را برحسب مقدار انتشار CO_2 در هر بشکه نفت به کیلوگرم ماده اولیه بدست آمده [۳۳] و جدول ۲ مقادیر انتشار گازهای گلخانه ای آمریکا در ارتباط با استخراج و فراوری سنگ نفتی کانادا را نشان می دهد[۳۴] .

متوسط چرخه عمر انتشارات مرتبط با یک بشکه نفت خام ماسه ای، در حال حاضر ۱۷ درصد بیش از بشکه نفت مصرفی در ایالات متحده است. این پدیده عمدتا به دلیل انتشارات ناشی از تولید و ارتقاء بوده که برای متوسط انتشارات هر بشکه ماسه نفت مصرفی نزدیک به سه برابر بیش از متوسط انتشارات نفت مصرف شده در آمریکا است. انتشار واقعی از پروژه های ماسه نفتی به تنهایی بسیار متفاوت است. تولید و ارتقاء ماسه نفتی حدود ۷۰ کیلوگرم تا ۱۳۰ کیلوگرم به ازای هر بشکه، گاز گلخانه ای منتشر می کند. این رقم بیش از تولید گازهای گلخانه ای حاصل از چرخه عمر هر بشکه نفت مصرفی در ایالات متحده است که به طور متوسط از ۵۰ تا ۱۱۰ کیلوگرم به ازای هر بشکه (یا ۱۰ درصد به ۲۰ درصد) است. میانگین انتشار گازهای گلخانه ای حاصل از تولید ماسه های نفتی می تواند با تغییر از گاز طبیعی به فرآیند سوختهای آلوده مانند زغال سنگ و یا قیر خام افزایش، یا با پیشرفت های تکنولوژیکی کاهش یابد؛ که روند دوم به تازگی غالب شده است [۲۲].



تصویر ۳ - انتشار گازهای گلخانه ای برای استخراج و پیش پردازش قیر ونزوئلا (مقدار انتشار CO_2 در هر بشکه نفت به کیلوگرم ماده اولیه بدست آمده) [۳۴]

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲ – مقادیر انتشار گازهای گلخانه ای آمریکا در ارتباط با استخراج و فراوری سنگ نفتی کانادا [۳۳]

	ورودی پالایشگاه های آمریکا (MBPD)	انتشارات (کیلوگرم CO_2 equivalent به هر بشکه قیر پردازش شده)
قیر خام	۲۲۷	۸۱
نفت سبک مصنوعی حاصل از سنگ نفتی	۱۸۷	۱۳۴
نفت سنگین مصنوعی حاصل از سنگ نفتی	۱۱۳	
میانگین کل وزن شده	۵۲۸	۱۱۱

تهدید بوم شناختی و آسیب به تنوع زیستی

آلودگی نفت غیر متعارف اثرات مشهودی بر زیست بوم موجودات می گذارد. یک مطالعه در دانشگاه آلبرتا نشان داد که سطح آلاینده های کادمیوم، مس، روی، جیوه، نیکل و نقره در برف های ذوب شده، آب جمع آوری شده از اطراف معدن و آب جریان پایین دستی رودخانه ناشی از استخراج ماسه نفتی، بالاتر از سطح دستورالعمل های فدرال و منطقه ای برای حفاظت از حیات آبزیان است.

ریزش و نشت نفت می تواند یک منبع عمده آلودگی آب رودخانه ها، دریاچه ها و محیط های اقیانوسی باشد. نشت نفت بر روی زمین، پتانسیل آلوده کردن آب آشامیدنی از طریق نشت مستقیم به رودخانه ها و نهرها را دارد که در نهایت باعث نشت نفت به آبهای زیرزمینی و آلودگی آنها می شود. همچنین از آنجایی که حلقه غذایی نهایتا به گونه انسانی منتهی میگردد آلودگی حاصل از نشت نفت به ماهیها و سایر حیات وحش، خطرات بهداشتی جدی برای انسانها ایجاد می نماید. هیدروکربن های محلول در آب، اثر سمی فوری بر موجودات آبزی دارد و ماهیهای جوان نسبت به بزرگسالان دارای آسیب پذیری بیشتری هستند. نفت خام شامل هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای (PAH) است که پاک سازی آن بسیار دشوار است و برای سال ها در رسوب و محیط زیست دریایی باقی می ماند. اگر چه اثرات نشت میعانات در حال حاضر کمتر شناخته شده است ولی میعانات گازی نیز شامل PAHs است. گونه های دریایی که به طور مداوم در معرض PAHs هستند می توانند مشکلات رشدی، استعداد ابتلا به بیماری و چرخه تولید مثل غیر طبیعی از خود نشان دهند. اثرات این آلایند ها در ماهی قزل آلا و دیگر گونه های ماهی در معرض نفت و سایر محصولات نفتی، شامل عوارض کشنده و زیر حد کشنده بر روی رشد، ژن ها و نقص در عملکرد قلب، جمع شدن آب در بافت ها، انحنای ستون فقرات و کاهش در اندازه فک و سایر سازه های سر و صورت می شود. PAHs از سمی ترین ترکیبات برای ماهی و بی مهرگان هستند [۱۶].

در نتیجه توسعه صنعتی در شمال شرقی آلبرتا، گونه های بسیاری در معرض انقراض هستند از جمله گوزن کانادایی، سیاه گوش، سمور، فیشر و انواع پستانداران گوشتخوار. در نزدیکی پالایشگاه های بخار درجا، گوزن کانادایی، ماهی و خرس در یک منطقه ۴۰۰،۰۰۰ هکتاری در معرض نابودی هستند که بعلت قطعه قطعه شدن زیستگاه آنهاست [۳۵]. گزارشی از سه شرکت تولید کننده ماسه نفتی نشان داده که ۲۷ خرس سیاه ، ۶۷ گوزن، ۳۱ روباه قرمز و ۲۱ شغال کشته شدند. علاوه بر این کمربند ماسه های نفتی در مسیر مهاجرت اردک آمریکای شمالی و سایر پرندگان است. مجموع برآوردهای مختلف در مورد ازبین رفتن پرندگانی که ناشی

www.SID.ir

Archive of SID

از استخراج، معدن کاری و عملیات درجا است، تخمین زده شده که تا سال ۲۰۷۰ حدود ۱۶۶ میلیون پرنده بعلت از دست دادن مناطق تخم گذاری، ماندن و نیز فرود در حوضچه زباله بدلیل شباهت آن با یک پیکره آبی، از بین خواهند رفت [۳۶].

هزینه ها و مصرف انرژی

هزینه های سرمایه گذاری و زمان برای پروژه های تولید سنگ نفتی معمولی نیز یکی دیگر از خطرات عمده این صنعت است. پروژه های استخراج از معادن و ارتقاء آن، نیاز به سرمایه گذاری حدود ۳ میلیارد دلار آمریکا برای تولید ۱۰۰۰۰۰ بشکه در روز برای پالایشگاهی با کیفیت بالا و آماده برای تولید نفت خام مصنوعی دارد. هزینه های عملیاتی معمولا ۱۰ دلار به ازای هر بشکه است. زمان لازم برای این که پروژه های استخراج از معدن به تولید برسد حدود شش سال است که شامل امکان سنجی مهندسی، تصویب قانونی، خرید تجهیزات، ساخت و ساز و راه اندازی است.

برای فعال کردن بهره برداری معقول از سنگ نفتی باید آن را لحاظ اقتصادی قابل اجرا نمود. در واقع هر گونه تلاش برای توسعه ذخایر سنگ نفتی تنها زمانی می تواند موفق باشد که هزینه تولید سنگ نفتی پایین تر از قیمت نفت و یا جایگزین های دیگر آن باشد. هزینه تولید یک بشکه سنگ نفتی در یک مجتمع مدل تقطیر سطحی در ایالات متحده آمریکا (شامل معدن، کارخانه تقطیر، کارخانه ارتقاء، حمایت از آب و برق و هزینه احیای سنگ) بین ۷۰ تا ۹۵ دلار آمریکا محاسبه شده است. اندازه گیری که برای ارزیابی دوام پذیری سنگ نفتی به عنوان منبع انرژی مورد استفاده قرار می گیرد؛ نسبت انرژی تولید شده توسط سنگ نفتی به انرژی مورد استفاده در استخراج و فرآوری آن، یعنی بازگشت انرژی به سرمایه گذاری انرژی (Energy Returned on Energy Invested) است. برای افزایش بازگشت انرژی به سرمایه گذاری انرژی (EROEI) ، فن آوری های متعدد ترکیبی مطرح شده است. این فن آوری ها شامل استفاده از گرمای تلف شده فرآیند (به عنوان مثال تبدیل به گاز و یا احتراق کربن باقی مانده (زغال) و استفاده از گرمای تلف شده از سایر فرآیندهای صنعتی (مانند تبدیل زغال سنگ به گاز و تولید برق هسته ای) می شود. کماکان روشن نیست که انرژی مصرفی در ایجاد آب مناسب برای فرآیندها (به عنوان مثال شوری زدایی از آب دریا) و نیز هزینه های اضافی در کشورهای خشک دراین محاسبه نظر گرفته شده است یا خیر. با فرض افزایش تدریجی در خروجی پس از شروع تولید تجاری، یک تجزیه و تحلیل کلی، کاهش تدریجی در هزینه های فرآیند تا ۳۰ تا ۴۰ دلار در هر بشکه پس از رسیدن به نقطه عطف را نشان می دهد. شرکت رویال داچ شل می گوید زمانی که قیمت نفت خام بالاتر از ۳۰ دلار در هر بشکه باشد تکنولوژی خود را به سود محقق می سازد [۱۸].

تولید ماسه های نفتی نیازمند انرژی و آب است. برای تولید یک بشکه نفت خام از ماسه های نفتی بین ۷۰۰ تا ۱۷۰۰ فوت مکعب گاز طبیعی مصرف می کند که به اندازه سوخت لازم برای گرم کردن یک خانه متوسط کانادایی برای ۲،۵ تا ۶ روز است. این در حالی است که گاز طبیعی کانادا قادر به تامین نیازهای گازی ماسه نفتی نیست [۱۶]..

تولیدات اخیر ماسه های نفتی که تقریبا ۱،۲ میلیون بشکه در روز است مسئول تولید حدود ۴۰ میلیون تن گاز CO_2 است که این رقم تولیدی هر سال نسبت به نفت معمولی مقایسه می شود. این مقدار تقریبا برابر با ۵ درصد از تولید گازهای گلخانه ای کانادا، ۰،۵ درصد از تولید گازهای گلخانه ای ایالات متحده و کمی کمتر از ۰،۱ درصد از تولید گازهای گلخانه ای جهانی که ناشی از مصرف انرژی است می باشد. قیمت کربن در آمریکا ۲۰ دلار برای هر تن CO_2 است. همچنین این قیمتی است که شرکت های اروپایی در حال حاضر با آن مواجه هستند. قیمت کربن در کوتاه مدت در این محدوده ثابت میباشد، اما اگر ایالات متحده یک سیستم محدودیت در تجارت و یا مالیات بر کربن تحمیل نکند، قیمت ها باید به سمت ۵۰ دلار در هر تن CO_2 در چارچوب زمانی ۲۰۲۰- ۲۰۳۰ افزایش یابد و این افزایش در دهه های بعد هم ادامه خواهد داشت. پیش بینی هزینه های کربن برای پروژه های ماسه نفتی ارتباط اندکی با قیمت مورد انتظار از یک بشکه نفت دارد. با سوخت زغال سنگ، متوسط هزینه ها، حتی برای قیمت کربن به شدت افزایش می یابد.

www.SID.ir

Archive of SID

هزینه های کربن هنوز می تواند بر تولید و قیمت گذاری در حاشیه تاثیر بگذارد و همچنین قیمت بسیار بالای کربن در کوتاه مدت می تواند اثرات بسیار بزرگتری داشته باشد. برخی استدلال می کنند که از آن جا که ماسه نفتی خام نیز با هزینه های کربن در مرحله پالایش روبرو خواهد شد بار فشار قیمت کربن بر ماسه نفتی بیشتر خواهد گشت. هزینه برای منابع کانادایی تقریبا دو برابر است اما در کوتاه مدت هزینه برای منابع دیگر از جمله رقبای مستقیم (مانند قیر ونزوئلا) افزایش می یابد که اغلب نیز این افزایش قابل ملاحظه است. این که آیا این هزینه اضافی توسط تولیدکنندگان جذب خواهد شد (از طریق کاهش تولید یا سود پایین تر) یا توسط شرکت های پالایش و یا توسط مصرف کنندگان (از طریق قیمت های بالاتر) بستگی به جزئیات ظریفی از پالایش و محصول بازار دارد که پیش بینی آن بسیار دشوار است.

عدم اطمینان در مورد فن آوری های امکان پذیر

یک چالش عمده در توسعه سنگ نفتی در عدم قطعیت و امکان پذیر بودن فن آوری های فعلی استخراج نفت از سنگ نفتی به لحاظ اقتصادی است. برای استخراج نفت، سنگ باید تا دمای بسیار بالا (حدود ۶۵۰ تا ۱۰۰۰ درجه فارنهایت) طی یک فرایند شناخته شده بنام تقطیر گرم شود. تقطیر می تواند در درجه اول به دو روش انجام شود. یک روش، استخراج سنگ نفتی به روش معدن کاری است که آن را به سطح آورده و آن را در یک ظرف تقطیر، حرارت می دهند. استخراج سنگ نفتی و تقطیر آن در ایالات متحده مشاهده شده است و همچنین در حال حاضر به میزان محدودی در استونی، چین، و برزیل این فرآیند انجام می شود. با این حال، یک عملیات تجاری استخراج از معادن به روش تقطیر سطحی هرگز در ایالات متحده توسعه نیافته است زیرا نفتی که آن تولید می کند به طور مستقیم با نفت خام متعارف مقایسه می شود که در طول تاریخ همواره تولید آن ارزان تر بوده است. روش دیگر فرایند در جا، شامل حفر سوراخی در سنگ نفتی، قرار دادن گرم کننده ها برای گرم کردن سنگ، و سپس جمع آوری نفت آزاد شده از سنگ است. برخی از فن آوری های در جا در مقیاس بسیار کوچک ارائه شده است اما فن آوری های دیگر هنوز اثبات نشده اند و هیچ یک از لحاظ اقتصادی یا محیط زیستی در مقیاس تجاری امکان پذیر نشان داده نشده اند. به گفته برخی از کارشناسان انرژی کلید توسعه سنگ نفتی در کشور آمریکا توسعه یک فرایند درجا است زیرا بسیاری از ذخایر غنی سنگ نفتی در صدها هزار پا زیر سطح زمین به خاک سپرده شده اند و معدن کاری ان ها دشوار و یا غیر ممکن است. علاوه بر این عدم قطعیت، حمل و نقل نفت تولید شده از سنگ نفتی به پالایشگاه ها ممکن است با چالش روبرو شود، چون هیچگونه خطوط لوله یا بزرگراه های اصلی در مناطق دور افتاده که در آن ماسه نفتی واقع شده قرار ندارد و برای تامین نیرو به زیرساخت هایی خاص نیاز است؛ که در مقیاس بزرگ کمبودهایی وجود دارد [۹].

هزینه‌های محیط زیستی

اثرات اجتماعی و اقتصادی از هزینه های تحمیلی ناشی از توسعه سنگ نفتی است که می تواند هجوم جمعیت کارگران همراه با خانواده های خود در زیرساخت های محلی مانند جاده ها، مسکن، سیستم های آب شهری و مدارس، فشار اضافی را به ارمغان بیاورد. توسعه و گسترش صنایع استخراجی، مانند سنگ نفتی یا نفت و گاز به طور معمول به دنبالش یک چرخه رونق و ورشکستگی است که برنامه ریزی در جهت رشد را برای دولت های محلی دشوار می سازد. علاوه بر این، استفاده های سنتی روستایی با مصارف صنعتی جایگزین می شود و مناطق گردشگری که با تکیه بر منابع طبیعی، مانند شکار، ماهیگیری و مشاهده حیات وحش است را تحت تاثیر منفی قرار می دهد [۳۷].

عوامل تنش زای شیمیایی و غیر شیمیایی بسیاری در داخل و اطراف مکان های توسعه منابع غیر متعارف یافت شده که ممکن است هم بر کارگران و هم بر جوامع تاثیر بگذارد. بگذارد . پیامدهای منفی بهداشت روانی تولید نفت و گاز غیرمتعارف در ایالات متحده در یافته های Malin بررسی شده است[۳۸]. اثر کلی این عوامل تنش زا بر سلامت جامعه بستگی به خطرات آن ماده تنش زا، مسیر مواجهه، زمان و مکان رسیدن آن دارد که ممکن است اثرات آن

www.SID.ir

Archive of SID

مقیاسی از چاه تا محل، منطقه ای و جهانی داشته باشد. بیشترین اثرات بهداشت عمومی بالقوه در خود مکان چاه، حوادث و صدماتی است که ممکن است به کارگران به صورت مواجهه با تنش های حاد (به عنوان مثال H_2S) و مزمن (به عنوان مثال سیلیس) وارد شود. عوامل تنش زایی که اثرات شان در مقیاس محلی است شامل خطرات حمل و نقل مواد شیمیایی به خارج از مکان، مانند ترکیبات آلی فرار (VOCs)، دودکش دیزل، سیالات شکست و ضایعات هیدرولیک شکست و حفاری می شود، که از طریق نشت به خارج از مکان تراوش و یا طی حوادثی مهاجرت می کنند [۳۹].

با وجود برخی گام های تازه ایجاد شده در احیا و بازسازی سرعت رشد این روشها در مقایسه با سرعت و اندازه تخریب ناشی از معدن کاری در ماسه نفتی بسیار اندک است. به علاوه، هیچ دریاچه زهکشی شده ای بطور موفقیت آمیزی احیا نشده است و هیچ روش اثرگذار بلند مدتی برای مدیریت مایعات زهکشی وجود ندارد [۱۶]. اثرات بلند مدت اجتماعی، سلامتی، و محیط زیستی مشکلات چدیدی تری در آینده تزدیک ایجاد خواهد کرد [۴۰] [۴۱] [۴۲]. ملاحظات امنیتی وابستگی به نفت و همچنین هزینه های استخراج نفت اطمینان خواهد داد که کسب و کار سنگ نفتی و اثرات زیست محیطی ناخواسته آن باقی خواهند ماند؛ آن چه که نامشخص است چیزی است که تعادل بین سود شرکت (به استثنای هزینه های پاکسازی و غیره) و هزینه بازسازی محیط زیست را مشخص می سازد. این احتمال وجود دارد که معیارهای best available technique not entailing excessive cost (بهترین روش موجود) متضمن هزینه بیش از حد نمی شود و به شدت توسط سود شرکت و ملاحظات سهامداران، رقیق و کم رنگ خواهد شد. اگر یک شرکت نتواند سود کافی داشته باشد پس نمی تواند برای بازسازی واصلاح نیز هزینه نماید و بازسازی به عنوان یک عنصر مثبت از تولید ناخالص داخلی Gross domestic product محاسبه می شود.

قوانین موجود محیط زیستی از جمله قانون هوای پاک، قانون آب پاک، قانون آب آشامیدنی ایمن، قانون حفاظت از منابع و بازیافت و قانون سیاست ملی محیط زیست (NEPA) اطمینان حاصل می کنند که توسعه انرژی شرایط سخت گیرانه ای را برای حفاظت از محیط زیست دنبال می کند. قوانین و مقررات ایالتی و محلی اضافی اطمینان می دهد که بهترین شیوه و فن آوری برای به حداقل رساندن این اثرات استفاده می شود. البته تعدادی از اقدامات جدید قانونی و نظارتی در دست بررسی هستند. مدیریت تجاری گازهای گلخانه ای، توانایی موشکافی در مورد مجوز طرح های احتمالی برای مدیریت نشت آلاینده و غیره را می دهد. سنگ نفتی مجموعه ای از چالش های منحصر به فرد است که باید مورد تحلیل قرار گیرد.

بحث و نتیجه گیری:

توسعه منابع انرژی غیر متعارف خطرات زیست محیطی قابل توجهی را به آب، هوا، زمین و جوامع وارد می سازد که باید به روشنی شناخته شوند. پیشرفت واقعی، در مدیریت هزینه این خطرات محیط زیستی است که تهدیدی برای رقابت نیز محسوب نمی شود. همچنین این فن آوری به سرعت در حال رشد است. پیشرفت های قابل توجهی نیز در بهبود استانداردهای نظارتی در اکثر کشورهای تولید کننده انرژی ایجاد شده و شرایط بهبود مستمر بین تنظیم کنندگان و ذینفعان صنعت تشکیل شده است. در حال حاضر هیچ رابطه ای بین حفاظت از محیط زیست و سودآوری شرکت وجود ندارد. تنها با تنظیم قواعد و انطباق های قوی است که برای شرکت ها امکان حضور در میدان بازی رقابت را فراهم می آورد. رعایت نکردن این قوانین توسط برخی شرکت ها منجر به ایجاد مشکلات محیط زیستی قابل توجهی می شود.

وضع و اجرای قوانین کارامد محیط زیستی و تدوین استانداردهای مناسب می تواند در کاهش اثرات مخرب بر زیست بوم ها موثر و در راستای اهداف توسعه پایدار سازمان ملل متحد باشد. دولت، صنعت و سازمان های غیر دولتی نقشی بر عهده دارند. لذا تنظیم استانداردهای نظارتی قوی نیاز است تا شکاف ها پر شده، صنایع پیشرو سرعت گرفته و نوآوریها بیشتر تشویق شوند. پیروی از

www.SID.ir

Archive of SID

مقررات جهانی توسط صنعت و تنظیم کننده ها، برای تقویت اجرای نظارتی و تطابق تولید ضروری است. به عنوان مثال برخی از بازیگران صنعت به سیاست اقتصادی فشار می آورند در حالی که به اثرات منفی محیط زیستی و دیگر پیامدهای آن اعتقادی نداشته و یا آنها را نادیده می گیرند. بعضی از طرفداران محیط زیست و آب و هوا تنها از حوادث محیط زیستی نا مشخص برای تعمیم به عملکرد کل صنعت بدون قرار دادن حوادث در چارچوب استفاده می کنند. در نتیجه عدم اعتمادی درعموم مردم وجود دارد که موجب سردرگمی آنان شده است.

منابع

1. Letcher TM. Future energy: improved, sustainable and clean options for our planet. Elsevier; 2020 Jan 18.
2. Gong B. Current Situation, Challenges and Countermeasures of Shale Industry in China. InShale Energy Revolution, 2020 (pp. 53-75). Springer, Singapore.
3. Bravo O, Hernandez DF. Risk Management Strategies Required for Unconventional Oil and Gas Exploration and Development in Latin America. In SPE International Conference and Exhibition on Health, Safety, Environment, and Sustainability 2020 Jul 20. Society of Petroleum Engineers.
4. Zhao Y, Zhang Y, Wei W. Quantifying international oil price shocks on renewable energy development in China. Applied Economics. 2021. Vol. 14;53(3), pp.329-44.
5. Matsumoto KI, Voudouris V. Potential impact of unconventional oil resources on major oil-producing countries: scenario analysis with the ACEGES model. Natural Resources Research. 2015. Vol. 1;24(1):, pp.107-19.
6. Ellafi A, Jabbari H, Tomomewo OS, Mann MD, Geri MB, Tang C. Future of Hydraulic Fracturing Application in terms of water management and Environmental Issues: A Critical Review. InSPE Canada Unconventional Resources Conference 2020 Sep 24. Society of Petroleum Engineers.
7. Neupane B, Zhao J, Ju Y, Baral U. Occurrence of unconventional hydrocarbon deposits and its structural relation in Nepal Himalaya: implication for future exploration. Arabian Journal of Geosciences. 2020 Vol.;13(2), pp.1-8.
8. Clarke T. Tar sands showdown: Canada and the new politics of oil in an age of climate change. 2009. James Lorimer and Co. Ltd. Publishers; Toronto, Canada.
9. Gao W, Liang S, Wang R, Jiang Q, Zhang Y, Zheng Q, Xie B, Toe CY, Zhu X, Wang J, Huang L. Industrial carbon dioxide capture and utilization: state of the art and future challenges. Chemical Society Reviews. 2020.
10. Mark Passwaters, 2020. EIA projects slight decline in unconventional oil, gas production in October, https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/eia-projects-slight-decline-in-unconventional-oil-gas-production-in-october-60330509
11. Field RA, Soltis J, Murphy S. Air quality concerns of unconventional oil and natural gas production. Environmental Science: Processes & Impacts. 2014, Vol.16(5), pp.954-69.

www.SID.ir

Archive of SID

12. Ma, Y. Z., Holditch, S. Unconventional oil and gas resources handbook: Evaluation and development. 2015. Gulf professional publishing.
13. Kroepsch, A. C., Maniloff, P. T., Adgate, J. L., McKenzie, L. M., & Dickinson, K. L. Environmental justice in unconventional oil and natural gas drilling and production: A critical review and research agenda. *Environmental science & technology*, 2019. *53*(12), 6601-6615.
14. Pan Y, Zhang X, Liu S, Yang S, Ren N. A review on technologies for oil shale surface retort. J. Chem. Soc. Pak. 2012 Dec 1;34(6):1331-8
15. Owyang MT, Engemann KM. Unconventional oil production: Stuck in a Rock and a Hard Place. The Regional Economist. 2010, Vol.14-5.
16. Mech M. A comprehensive guide to the Alberta oil sands: Understanding the environmental and human impacts, export implications, and political, economic, and industry influences. Retrieved June. 2011;20:2013.
17. Speight JG. Shale oil production processes. Gulf Professional Publishing; 2012 Oct 18.
18. Craig JH. OIL SHALES PROCESS AND THE ENVIRONMENT. In Environmental Engineering. Proceedings of the International Conference on Environmental Engineering. ICEE 2011 (Vol. 8, pp. 66). Vilnius Gediminas Technical University, Department of Construction Economics & Property.
19. Kawata Y, Fujita K. Some predictions of possible unconventional hydrocarbons availability until 2100. InSPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition 2001 Jan 1. Society of Petroleum Engineers.
20. Brandt AR. Upstream greenhouse gas (GHG) emissions from Canadian oil sands as a feedstock for European refineries. Stanford, CA, USA: Department of Energy Resources Engineering, Stanford University; 2011 Jan
21. Bureau of Land Management. 2012. "Proposed Land Use Plan Amendments for Allocation of Oil Shale and Tar Sands Resources on Lands Administered by the Bureau of Land Management in Colorado, Utah, and Wyoming and Final Programmatic Environmental Impact Statement." U.S. Department of the Interior. doi No. Fes 12-41
22. NPC Working Document of the NPC North American Resource Development Study. The National Petroleum Council, 2011. Washington DC, USA.

۲۳. مهاجری ل.، رعایایی ع.، زاهد م.ع. (1393) استفاده از آب همراه در صنایع نفت و گاز به منظور حمایت از محیط زیست و حفظ منابع آب. ماهنامه علمی- ترویجی اکتشاف و تولید. شماره ۱۱۴، صفحات ۱۳-۱۷

۲۴. مهاجری ل.، رعایایی ع.، زاهد م.ع. (1393) بررسی مواد پرتوزای طبیعی درآب همراه ناشی از صنایع نفت و گاز. ماهنامه علمی- ترویجی اکتشاف و تولید. شماره ۱۱۷، صفحات 40-44

25. National Energy Board. 2010. Canada's Oil Sands: Opportunities and Challenges to 2015 – Questions and Answers, last modified July 2010, National Energy Board, Ottava, Canada.

www.SID.ir

Archive of SID

26. Hunsberger C, Awâsis S. Energy justice and Canada's national energy board: a critical analysis of the line 9 pipeline decision. Sustainability. 2019, Vol.11(3), pp.783.
27. Poveda CA. The Canadian oil sands development: Management of land, air and water resources. European Journal of Sustainable Development, 2015, Vol.4(2), pp. 359-368.
28. Torres L, Yadav OP, Khan E. A review on risk assessment techniques for hydraulic fracturing water and produced water management implemented in onshore unconventional oil and gas production. Science of the Total Environment. 2016 , Vol. 1;539, pp. 478-493.
29. Horner RM, Harto CB, Jackson RB, Lowry ER, Brandt AR, Yeskoo TW, Murphy DJ, Clark CE. Water use and management in the Bakken shale oil play in North Dakota. Environmental science & technology. 2016 . Vol. 15;50(6), pp.3275-82.
30. Soeder DJ. Fracking and the Environment: A Scientific Assessment of the Environmental Risks from Hydraulic Fracturing and Fossil Fuels. 2021. (pp. 79-92). Springer, Cham
31. Blinn HN, Utz RM, Greiner LH, Brown DR. Exposure assessment of adults living near unconventional oil and natural gas development and reported health symptoms in southwest Pennsylvania, USA. PloS one. 2020 Vol. 18;15(8):e0237325.
32. Kerkvliet J, Morton P. Assessing the Costs of Air Pollution from Unconventional Oil and Natural Gas Activities.
33. Gerdes KJ, Skone TJ. An evaluation of the extraction, transport and refining of imported crude oils and the impact on life cycle greenhouse gas emissions. National Energy Technology Laboratory. 2009 Mar 27.
34. National Energy Technology Laboratory. Development of Baseline Data and Analysis of Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Petroleum-Based Fuels Report DOE/NETL-2009/1346, November 2008. http://www.netl.doe.gov/energyanalyses/pubs/NETL%20LCA%20Petroleum-Based%20Fuels%20Nov%202008.pdf
35. Nikiforuk A. Tar sands: Dirty oil and the future of a continent. Greystone Books Ltd; 2010.
36. Wells J, Casey-Lefkowitz S, Chavarria G, Dyer S. Danger in the nursery: impact on birds of tar sands oil development in Canada's boreal forest. , New York: Natural Resources Defense Council; 2008 Dec.
37. BLM. The Oil Shale and Tar Sands Programmatic Environmental Impact Statement (PEIS) evaluates potential impacts associated with the development of a commercial leasing program for oil shale and tar sands resources.) Bureau of Land Management US (BLM web information Centre, 2008. Available on: http://ostseis.anl.gov/eis/what/index.cfm
38. Malin, S. A. (2020). Depressed democracy, environmental injustice: Exploring the negative mental health implications of unconventional oil and gas production in the United

www.SID.ir

Archive of SID

States. *Energy Research & Social Science*, *70*, 101720.

39. Adgate JL, Goldstein BD, McKenzie LM. Potential public health hazards, exposures and health effects from unconventional natural gas development. Environmental science & technology. 2014 , Vol. 5;48(15), pp.8307-20.
40. Walsh, K. B., Haggerty, J. H., Jacquet, J. B., Theodori, G. L., & Kroepsch, A. (2020). Uneven impacts and uncoordinated studies: A systematic review of research on unconventional oil and gas development in the United States. *Energy Research & Social Science*, *66*, 101465.
41. Kassotis, C. D., Harkness, J. S., Vo, P. H., Vu, D. C., Hoffman, K., Cinnamon, K. M., ... & Nagel, S. C. (2020). Endocrine disrupting activities and geochemistry of water resources associated with unconventional oil and gas activity. *Science of The Total Environment*, *748*, 142236.
42. Hinojosa, R., Hinojosa, M. S., Fernandez-Reiss, J., Rosenberg, J., & Habib, S. (2020). Unconventional Oil and Natural Gas Production, Health, and Social Perspectives on Fracking. *Environmental Justice*, *13*(4), 127-143.

www.SID.ir