

هیدرات های گازی؛ منابع جایگزین انرژی یا تهدیدهای بالقوه جهانی

مجتبی خزاعی*، میثاق دلالت^۱، مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت

چکیده

با افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی در چند دهه‌ی اخیر و با توجه به پایان‌پذیر بودن این منابع، تلاش‌های زیادی جهت کشف منابع جدید و یافتن انرژی‌های جایگزین انجام شده است. معرفی منابع نامتعارف هیدروکربنی جهت ایجاد پشتوانه‌ای برای این سوخت‌های روبه‌تمام در همین جهت است. تجمعات هیدرات‌های گازی به‌عنوان بخش قابل توجهی از ذخایر هیدروکربنی نامتعارف، در صورت رسیدن به بهره‌برداری اقتصادی می‌توانند نقش پررنگی در جایگزینی سوخت‌های فسیلی داشته باشند. همچنین گسترش و پراکندگی رسوبات حاوی هیدرات‌های گازی به‌گونه‌ای است که بسیاری از کشورها می‌توانند به این منابع دسترسی داشته باشند. به‌علاوه، استفاده از متان به‌عنوان سوختی پاک، می‌تواند گام بزرگی در به‌کارگیری انرژی‌های پاک در آینده باشد. در همین راستا، مسأله‌ی گرم شدن جهانی کوهی زمین به‌دلیل اثر گلخانه‌ای متان موجود در ساختار هیدرات‌های گازی از دیدگاه حفظ محیط زیست اهمیت زیادی دارد. اثرات گرم شدن زمین به‌خصوص در مناطق قطبی و جدایش و راهیابی متان موجود در ساختار هیدرات‌های گازی به درون آب و به‌دنبال آن به فضای اتمسفر می‌تواند اثرات زیست‌محیطی مخربی مثل اسیدی شدن آب، کاهش غلظت اکسیژن آب، تحلیل رفتن لایه‌ی اوزون، تشدید افزایش دمای جهانی اتمسفر و به‌تبع آن افزایش دمای آب دریاها و اقیانوس‌ها را به همراه داشته باشد. با این وجود، مطالعات نشان می‌دهد متان و دی‌اکسیدکربن آزاد شده از رسوبات هیدرات‌های گازی در مقایسه با دی‌اکسیدکربن ناشی از فعالیت‌های صنعتی مدرن سهم بسیار کمتری در گرم شدن زمین و دیگر آثار مخرب روی چرخه‌ی حیات موجودات زمین دارند.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۷/۰۱/۲۵

تاریخ ارسال به داور: ۹۷/۰۲/۱۸

تاریخ پذیرش داور: ۹۷/۰۴/۲۶

واژگان کلیدی:

رسوبات هیدرات‌های گازی، جنبه‌های زیست‌محیطی، اثرات گلخانه‌ای، گرم شدن جهانی

مقدمه

فرآیندهای بهبود شرایط تولید از چاه - که تولید اقتصادی را ممکن می‌سازد - نیاز دارد.

همان‌طور که بیان شد متان، گاز اصلی موجود در هیدرات‌های گازی مدفون در رسوبات عمیق دریایی است. متان مورد نظر هم می‌تواند ناشی از فعالیت‌های باکتریایی بوده و منشأ بیوژنیک داشته باشد و هم ممکن است در اثر فرآیندهای ترموژنیک به‌وجود آمده باشد [۳]. در هر دو صورت، متان بخش قابل توجهی از گاز به دام افتاده در ساختارهای هیدرات‌های گازی موجود در رسوبات را تشکیل می‌دهد. این رسوبات با پراکندگی و درجه‌ی اشباع متفاوتی در سطح کوهی زمین گسترش دارند [۴]. البته درجه‌ی اشباع و حجم هیدرات‌های گازی موجود در رسوبات باید از مقدار حداقلی (حد برش اقتصادی) بیشتر باشد تا تولید از این منابع مقرون به‌صرفه باشد. بر اساس یکی از مطالعات [۵]، حجم تخمینی کربن ذخیره‌شده در قالب هیدرات‌های گازی در سراسر جهان ۱۲۷۰۰-۷۰۰ گیگاتن است. در یک محاسبه‌ی محافظه‌کارانه، کربن ذخیره شده را ۱۸۰۰ گیگاتن تخمین زده‌اند [۶].

متان یکی از گازهای گلخانه‌ای^۲ است که می‌تواند باعث افزایش شدت گرم شدن زمین گردد. هرچند تأثیر آن در گرم شدن کوهی زمین از گازهایی مثل بخار آب (و ابرها)، دی‌اکسیدکربن و کلروفلئوروکربن‌ها^۳ کمتر است [۷]. باید توجه داشت که اثر گلخانه‌ای گازهای موجود در

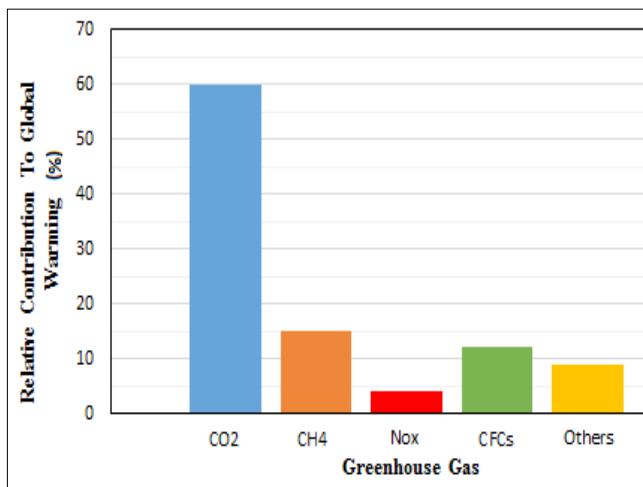
اگرچه هیدرات‌های گازی معمولاً به‌دلیل مشکلات عملیاتی که در خطوط انتقال سیالات هیدروکربنی به وجود می‌آورند شناخته می‌شوند، اما قابلیت این ترکیبات در ذخیره‌ی حجم زیادی از گاز به‌صورت جامد و قرارگیری در رسوبات عمیق دریایی و همچنین در پرمافراست^۴ نواحی قطبی، آنها را به یکی از منابع قابل توجه سوخت‌های فسیلی نامتعارف تبدیل کرده است. با این وجود از آنجا که تولید از این منابع هم از لحاظ فن آوری و هم از لحاظ اقتصادی با چالش‌هایی روبروست [۲]، باید مطالعات و اقدامات عملی گسترده‌تری جهت فراگیر کردن بهره‌برداری و توسعه‌ی تولید از این مخازن انجام شود. جهت کاهش و مدیریت تقاضای انرژی در آینده، باید مشکلات اساسی در بهره‌برداری از منابع گازی ذخیره شده در هیدرات‌های گازی برطرف گردد. قسمت اعظم مشکلات موجود در این راستا مربوط به درک فعلی محدود ما از واکنش این ذخایر نسبت به تولید و تأثیرات زیست‌محیطی متعاقب آنست. این مشکلات تقریباً مشابه مسائلی است که در فرآیندهای فعلی اکتشاف و تولید از منابع نفت و گاز متعارف وجود داشته و شامل فرونشست زمین به‌دلیل تولید از مخازن کم‌عمق و ناپایدار، تأثیرات عملیاتی حفاری و تولید بر افزایش آلودگی‌های هوا و خشکی و چالش پیش‌روی دفع آبهای زائد تولیدی است [۲]. ارزیابی دقیق این تأثیرات به افزایش دانش موجود از رفتار ذخایر هیدراتی، تعداد و میزان تمرکز چاه‌های حفاری شده و

* نویسنده‌ی عهد‌دار مکاتبات (khazaei@gmail.com)

نحو و چه مقدار است. البته ارتباط بین هیدرات‌های گازی و شرایط آب پیچیده است، زیرا فاصله شرایط جوی و زمین‌شناسی که باعث رهاسازی گسترده متان از رسوبات حاوی هیدرات می‌گردد به خوبی شناخته شده نیست و داده‌های تاریخچه‌ای^۹ برای تأیید این فرضیات محدودیت‌هایی دارند [۱].

۱- آثار زیست‌محیطی آزاد شدن متان از منابع هیدرات گازی

در حال حاضر غلظت متان در جو، ۲۰۰ برابر کمتر از غلظت دی‌اکسیدکربن است، اما غلظت متان از زمان قبل از انقلاب صنعتی تا کنون در حدود ۱۵۰ درصد افزایش یافته است. اگر ۰/۱٪ از حجم ذخایر هیدرات‌های گازی در جو آزاد شود، غلظت متان را از ۱/۷۷ به ۲/۹ ppm افزایش خواهد داد [۷]. این در حالی است که غلظت دی‌اکسیدکربن طی این مدت فقط ۴۰ درصد افزایش یافته است [۷]. افزایش غلظت متان در جو، منجر به کاهش سریع رادیکال‌های هیدروکسیلی مورد نیاز برای اکسیدشدن، طولانی‌تر شدن زمان اقامت متان و افزایش گرمایش متأثر از متان می‌شود [۱۰]. امروزه انتشار گاز متان عمدتاً متأثر از گازهای به‌دام



تأثیر گازهای مختلف در گرم شدن جهانی کره زمین

نوع گاز	فرمول شیمیایی	غلظت (PPM)	مشارکت در اثر گلخانه‌ای (%)
نیتروژن	N ₂	۷۸۰۸۴۰	۰
اکسیژن	O ₂	۲۰۹۴۶۰	۰
آرگون	Ar	۹۳۴۰	۰
بخار آب و ابرها	H ₂ O	۱۰-۵۰۰۰۰	۳۶-۷۲
دی‌اکسیدکربن	CO ₂	~۴۰۰	۹-۲۶
متان	CH ₄	~۱,۸	۴-۹
اوزون	O ₃	۲-۸	۳-۷

غلظت گازهای موجود در جو و مشارکت هرکدام در اثر گلخانه‌ای (غلظت گازها به صورت محلی متواتر است و این آمار در مقیاس متوسط جهانی است)

جو به علت حفظ گرمای دریافت شده از اشعه‌های تابشی خورشید، برای ادامه‌ی حیات موجودات لازم و ضروری است. اما تشدید این اثر می‌تواند باعث گرمایش بیش از حد زمین و به تبع آن وارد آمدن آسیب‌های جدی به اکوسیستم‌های موجود گردد. لازم به ذکر است که اگر این پدیده وجود نداشت دمای سطح زمین حدود ۳۳ درجه‌ی سانتی‌گراد کمتر از دمای فعلی بود [۸]. جدول ۱- غلظت و تأثیر گازهای موجود در جو بر اثر گلخانه‌ای را نشان می‌دهد [۹]. همان‌گونه که مشخص است گازهای اصلی موجود در جو مثل نیتروژن، اکسیژن و آرگون اثر گلخانه‌ای ندارند و بیشترین تأثیر مربوط به بخار آب، دی‌اکسیدکربن و متان است. البته CFCها نیز در این پدیده نقش دارند اما تأثیر اصلی آنها مربوط به از بین بردن لایه‌ی اوزون^۹ است. افزایش پیوسته‌ی غلظت گازهای گلخانه‌ای باعث تشدید افزایش گرمای جهانی خواهد شد. بزرگی و پیچیدگی این مسأله، تخمین دقیق مقدار افزایش دمای سطح زمین را مشکل کرده است [۱].

برای بررسی تأثیر گازهای موجود در جو در اثر گلخانه‌ای و تأثیر آنها بر گرم شدن زمین باید طول عمر و قدرت تخریب هر یک از این گازها بررسی شود. برای این منظور شاخصی با عنوان پتانسیل گرمایش جهانی^۷ (GWP) تعریف شده که نشان‌دهنده‌ی تأثیر کلی هر گاز بر گرمایش زمین با در نظر گرفتن طول عمر کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت آنست. طبق تعریف، GWP برای دی‌اکسیدکربن که به‌عنوان گاز مرجع استفاده می‌شود برابر با یک واحد در نظر گرفته شده است [۹]. بنابراین مشارکت هر گاز در گرمایش زمین نسبت به دی‌اکسیدکربن سنجیده می‌شود. جدول ۲- GWP هر گاز را بر اساس مقیاس طول عمر کوتاه‌مدت و بلندمدت نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشخص است اگرچه متان اثر گرمایشی بالاتری دارد طول عمر کم یا زمان اقامت^۸ نسبتاً کوتاه آن، تأثیرات مخرب ناشی از آنرا کاهش می‌دهد. در عوض، گازهای خانواده‌ی CFC، هم به دلیل طول عمر زیاد و هم به دلیل اثر تخریبی بسیار زیاد، بیشترین تأثیر را در تشدید گرمایش زمین دارند. تأثیر بخار آب نیز مثل CFCها بسیار قابل توجه است [۹].

بر اساس متوسط مقادیر جهانی غلظت گازهای موجود در جو و GWP هر یک، مشارکت هر گاز در گرم شدن زمین طبق شکل ۱- تعیین شده است [۷]. بر این اساس دی‌اکسیدکربن بیشترین تأثیر را در گرم شدن جهانی زمین دارد. متان و کلروفلئوروکربن‌ها نیز در رتبه‌های بعدی قرار دارند. تأثیر دی‌اکسیدکربن بر گرم شدن زمین تقریباً ۴ برابر بیشتر از تأثیر متان است.

با توجه به موارد ذکر شده، باید دید مشارکت هیدرات‌های گازی در افزایش میزان گازهای دی‌اکسید-کربن و متان موجود در جو به چه

سال در نظر بگیریم [۷] باز هم چند صد سال نیاز است تا افزایش دمای جهانی جو به حالتی برسد که خطر قابل توجهی برای رسوبات دریایی هیدرات به وجود بیاورد. اما می‌تواند هیدرات‌های موجود در نواحی قطبی را تهدید کند.

حتی زمانی که متان از ساختار هیدرات آزاد می‌شود، فرآیندها و عوامل بازدارنده‌ی زیادی در راه رسیدن آن به سطح آب و در نهایت وارد شدن به جو قرار دارند. در رسوبات دریایی، متان آزاد شده ممکن است در آبهای درون حفره‌ای حل شده یا به صورت گاز محبوس در ترک‌ها و محیط متخلخل لایه‌های بالاتر به دام بیافتد یا به صورت حباب وارد آب دریا شود. البته بیش از ۹۰ درصد متانی که به محدوده‌ی احیای سولفور در رسوبات نزدیک کف دریا می‌رسد توسط واکنش اکسیداسیون بی‌هوازی متان مصرف می‌شود. در نقاط با فشار جریانی زیاد آب مانند چشمه‌های کف دریا، ممکن است ناحیه‌ی احیای سولفور ناپدید شود تا به متان اجازه دهد به صورت مستقیم در ستون آب تزریق گردد. در مواقعی ممکن است متان باقیمانده به صورت جزئی توسط باکتری‌های هوازی مصرف شود. بنابراین مقدار کمی از متان آزاد شده از رسوبات اقیانوسی شانس راه یافتن به کف دریا و به تبع آن بالا رفتن در ستون آب اقیانوسی را خواهند داشت. در ستون آب نیز متان، فرآیندهای اکسیداسیون و جابجایی را تجربه کرده و مقداری از آن که موفق به رسیدن به سطح آب می‌گردد کاهش بسیار چشم‌گیری خواهد داشت. با این وجود نباید فراموش کرد که چنین عامل بازدارنده‌ای در برابر متان ذخیره شده در نواحی یخ‌زده‌ی قطبی وجود ندارد و امکان راهیابی آن با غلظت‌های بیشتر در چنین مکان‌هایی بسیار زیاد است. البته همان‌طور که پیشتر نیز ذکر شد متان طول عمری حدود یک دهه دارد و بعد از آن طی فرآیند اکسیداسیون به دی‌اکسیدکربن تبدیل خواهد شد که اثرات تخریبی بسیار جدی‌تری از متان خواهد داشت. بنابراین برای جلوگیری از گرم شدن کره‌ی زمین و پیامدهای مربوط به آن می‌توان فرآیندهایی را طراحی کرد که دی‌اکسیدکربن موجود در جو (که به مراتب طول عمر بیشتری از متان دارد) را کاهش داده و از

افتاده در منابع هیدروکربنی و زغال‌سنگی، زمین‌های باتلاقی، کاشت برنج، منابع متغیر فصلی و سایر متغیرهای متأثر از رفتارهای انسانی است [۹-۱۱]. بر مبنای مدل‌های مختلف، تخمین زده می‌شود که یک درصد از متان منتشرشده در جهان، متأثر از آزاد شدن متان از هیدرات‌گازی است. این تخمین نه هیچ‌گاه ثابت شده و نه داده‌ای به صورت مشاهده‌ای توانسته انتشار متان یا شار ناحیه‌ای آنرا به آزاد شدن از هیدرات‌های گازی مربوط کند [۱].

پتانسیل هیدرات‌گازی در گرمایش آب و هوا به شدت و مدت زمان پیامدهای گرمایشی، عمق از سطح دریا و مقدار گرمای مورد نیاز برای گرم کردن رسوبات تا نقطه‌ی شکسته شدن ساختار بلور هیدرات و آزاد شدن گاز بستگی دارد. در صورت افزایش قابل توجه دمای جو و به تبع آن دمای سطح آب و در نهایت در اعماق اقیانوس‌ها، اگر حجم متان آزاد شده از رسوبات، یک درصد حجم کل هیدرات‌پراکنده در دنیا باشد با توجه به آمار ذکر شده به صورت پلکانی باعث افزایش بیشتر دمای اتمسفر و به تبع آن آزاد شدن مقادیر بیشتری متان می‌شود [۱]. خوشبختانه بیش از ۹۵ درصد هیدرات‌های گازی جهان در اعماق زیاد اقیانوس‌ها با دمای بسیار کم قرار دارند و ۵ درصد باقیمانده در رسوبات خارج از ناحیه‌ی پایداری هیدرات و زیر پوسته‌ی منجمد نواحی قطبی هستند [۱]. اگرچه ممکن است رسوبات زیر یخ‌های مناطق قطبی نسبت به افزایش دمای جو و آب شدن احتمالی یخ‌های قطبی حساس باشند اما برای آنکه نفوذ افزایش دمای احتمالی به اعماق زیاد آب با برهم زدن تعادل ترمودینامیکی رسوبات حاوی هیدرات، باعث آزاد شدن گاز به دام افتاده در اعماق اقیانوس‌ها شود هم به زمان زیاد و هم به مقادیر قابل توجهی افزایش دما نیاز دارد. همچنین مطالعات نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن افزایش دمای جو با روند فعلی (افزایش دمای ۰/۰۶-۰/۰۳ درجه‌ی سانتی‌گراد در سال [۹])، حتی طی مدت ۱۰۰۰ سال، افزایش دما در مقیاس مربوط به پایداری هیدرات‌ها بسیار کم خواهد بود. در خصوص هیدرات‌های مناطق قطبی، این افزایش دما نمی‌تواند بیش از عمق حدود ۲۰۰ متری در رسوبات نفوذ کند که عمقی کمتر از عمق ناحیه‌ی پایداری هیدرات‌گازی^{۱۰} است. در شرایط مشابه، هیدرات‌های نواحی عمیق دریایی نیز از آثار افزایش دما در امان خواهند بود. با این وجود با افزایش دمای جو طبق نرخ بیان شده، هیدرات‌گازی در نواحی کم‌عمق و نزدیک به بستر اقیانوس‌ها که در محدوده‌ی مرزی تعادل ترمودینامیکی قرار گرفته‌اند، احتمالاً به صورت محدود جدایش گاز را تجربه می‌کنند که البته مقدار جهانی این دسته از رسوبات در مقایسه با دیگر تجمعات قابل توجه هیدرات بسیار ناچیز است. اگر افزایش نرخ دمای جهانی در خطرناک‌ترین حالت را ۰/۰۸ درجه‌ی سانتی‌گراد در

۲ طول عمر و GWP برخی از گازهای موجود در جو

نوع گاز	فرمول شیمیایی	طول عمر (سال)	پتانسیل گرمایش زمین (GWP)	
			سال ۲۰	سال ۱۰۰
بخار آب	H ₂ O	زیاد	زیاد	زیاد
دی‌اکسید کربن	CO ₂	۳۰-۹۵	۱	۱
متان	CH ₄	۱۲	۸۴	۲۸
اکسید نیتروژن	N ₂ O	۱۲۱	۲۶۴	۲۶۵
CFC-12	CCl ₂ F ₂	۱۰۰	۱۰۸۰۰	۱۰۲۰۰

سرعت گرم شدن زمین بکاهد.

۲- آثار زیست محیطی تولید دی اکسید کربن

اگرچه متان آزاد شده از هیدرات های گازی موجود در رسوبات اقیانوسی، کار بسیار دشواری برای رسیدن به بستر اقیانوس ها دارند اما باید مسیر به مراتب دشوارتری را برای دستیابی به سطح آب طی کنند. در بستر دریاها با عمق آب بیش از ۱۰۰ متر، اکسیژن و نیتروژن محلول در آب تقریباً به صورت کامل می تواند جایگزین حباب های بالاروندهی متان گردد [۱۲]. همچنین اجتماع باکتری های اکسیدکننده به طور قابل توجهی به تغییرات محیطی از جمله تغییرات غلظت متان واکنش نشان می دهند. در طول ستون آب، اکسیداسیون توسط باکتری های هوازی عامل مهمی در کاهش غلظت متان محلول در آب است. محصول واکنش اکسیداسیون متان، دی اکسید کربن و آب مقطر است. اکسید شدن متان باعث کاهش غلظت متان آزاد شده در آب و در نتیجه تضعیف اثر گلخانه ای متان منتشره از بستر دریا می شود. البته دی اکسید کربن حاصل از این واکنش می تواند به سطح راه یافته و به صورت تدریجی وارد فضای اتمسفر شود. زمان پایداری دی اکسید کربن در اعماق کمتر از ۵۰۰ متر در حدود ۵۰ سال و برای اعماق بیش از ۵۰۰ متر تقریباً چندصد سال است [۱۲]. همچنین تشکیل دی اکسید کربن منجر به کاهش اکسیژن^{۱۱} موجود در آب و اسیدی شدن آب اقیانوس ها در اثر حل شدن جزئی دی اکسید کربن در آب می گردد. در اثر افزایش دمای آب، قابلیت نفوذ و حلالیت اکسیژن در آب کاهش می یابد. کاهش اکسیژن می تواند باعث به خطر افتادن و حتی انقراض گونه های مختلف موجودات دریایی یا تشکیل بیابان های دریایی^{۱۲} گردد. همچنین افزایش دمای آب می تواند باعث از بین رفتن فیتوپلانکتون ها شود که نقش بسیار پررنگی در هرم زیستی آبریان دارند. فیتوپلانکتون ها با تبدیل دی اکسید کربن به مواد مغذی طی فرآیند فوتوسنتز باعث کاهش بخشی از دی اکسید کربن موجود در جو می شوند. از بین رفتن این دسته از پلانکتون ها می تواند باعث افزایش غلظت دی اکسید کربن گردد. از طرف دیگر کاهش PH و اسیدی شدن آب اقیانوس ها^{۱۳} نیز می تواند با حل کردن پوسته ی آهکی جاندارانی مانند مرجان های تشکیل دهنده ی صخره های آهکی، دوکفه ای ها^{۱۴} و دیگر موجودات مشابه، اثر تخریبی شدیدی بر سیستم های زیستی دریایی داشته باشد. بر اساس گزارش ارزیابی-۵ گروه IPCC، در شرایط فعلی PH اقیانوس ها از ۸/۱ واحد به ۷/۹۵ رسیده و در آینده به ۷/۸ نیز خواهد رسید. با توجه به تأثیر قابل توجه دی اکسید کربن در گرم شدن کره ی زمین و اسیدی شدن آب اقیانوس ها و با در نظر گرفتن این حقیقت که بخش عظیمی از این گاز منشأ انسانی^{۱۵} دارد به نظر می رسد

تلاش برای کاهش غلظت دی اکسید کربن موجود در جو یکی از بهترین راه های مقابله با گرمایش زمین و سایر مشکلات زیست محیطی مربوطه باشد [۷].

۳- آثار زیست محیطی تولید از منابع هیدرات گازی

علاوه بر ملاحظات زیست محیطی معمول در ارتباط با پروژه های حفاری در محیط های دریایی و خطر راهیابی آلوده کننده های هیدروکربنی به بستر دریاها، چالش مطرح در خصوص تولید از منابع هیدرات گازی، راهیابی گازهای هیدروکربنی آزاد شده در مخازن هیدرات به آبست. در اثر تولید از مخازن هیدرات با روش های متداول اعم از تحریک گرمایی یا کاهش فشار، این نگرانی وجود دارد که واکنش های زنجیره ای در رسوبات هیدرات اتفاق افتاده و گاز آزاد شده از مسیری غیر از حفره چاه به سطح راه یابد [۲]. باید توجه داشت که فرآیند آزاد شدن گاز از بلورهای هیدرات گازی و تغییر فاز آن از جامد به گاز مایع و آب آزاد، به علت گرماگیر^{۱۶} بودن یک واکنش خود محدودکننده^{۱۷} است. در اثر ادامه ی این واکنش، گرما از محیط گرفته شده و در اثر کاهش دمای محدوده ی مورد نظر، شرایط ناحیه را به سوی پایداری هیدرات سوق می دهد. بنابراین چالش کلیدی در تولید هیدرات های گازی، کنترل یا متوقف کننده ی این واکنش نیست؛ بلکه ادامه ی آنست. در واقع مصرف پیوسته ی انرژی جهت تأمین گرمای مورد نیاز، شرط لازم برای ادامه ی تولید از منابع هیدرات گازی است [۲ و ۱۳]. مسأله ای که به وضوح نیازمند توجهی ویژه است توانایی پوش سنگ مخازن هیدرات گازی در نگهداشت گاز آزاد شده است. در مخازن کم عمق و نامتراکم، ناکارآمد بودن پوش سنگ مخزن مسأله ای است که باید به دقت مدیریت شود تا این گاز به جای فرار به درون لایه های بالایی، به سمت چاه هدایت گردد. استفاده از بازدارنده های^{۱۸} تشکیل هیدرات یکی دیگر از راه های تولید از این گونه مخازن است. این بازدارنده ها عمدتاً از نمک ها یا مواد الکلی تشکیل شده اند. بدیهی است پس از تزریق بازدارنده ها و ایجاد واکنش مورد انتظار، محصولات نیز به همراه گازهای تولیدی به سطح راه خواهند یافت. مدیریت این ترکیبات و آلوده نشدن دریاها نیز یکی دیگر از چالش های تولید از مخازن هیدرات گازی است.

از دیگر شرایطی که مستعد ایجاد عوارض جبران ناپذیر زیست محیطی است فرونشست^{۱۹} بستر دریا در اثر تولید از منابع هیدراتی و کاهش اشباع هیدرات در رسوبات است [۲]. در بسیاری از رسوبات، هیدرات ها نقش عامل پیوستگی یا همان سیمان شدگی بین کانی ها را دارند که با از بین رفتن ساختار بلورهای هیدرات و تولید احتمالی شن به همراه گاز، شاهد ناپایداری رسوبات و در

نتیجه‌گیری

بیش از ۹۵ درصد متان موجود در رسوبات هیدرات‌گازی در حوضه‌های آبهای عمیق وجود دارد. با الگوی کنونی افزایش دما، خطر عمده‌ای این رسوبات را تهدید نمی‌کند. تنها نگرانی‌ها مربوط به رها شدن متان از منابع قطبی است که حداقل تا چندصد سال آینده مشکل ویژه‌ای ایجاد نخواهد کرد. جهت جلوگیری از گرم شدن بیش از حد زمین، باید از روش‌های کاهش تولید یا بازگردانی دی‌اکسیدکربن که تأثیر بسیاری بر گرمایش زمین دارند استفاده گردد. بخش زیادی از دی‌اکسیدکربن تولیدی مربوط به محصولات نیروگاه‌های تولید برق از سوخت‌های فسیلی، خروجی موتور وسایل نقلیه و صنعت کشاورزی است. با طراحی و ایجاد مکانیسم‌هایی برای محدودسازی تولید دی‌اکسیدکربن و گازهای CFC، می‌توان در مسیر کاهش دمای کره‌ی زمین حرکت کرد. مطالعات گسترده‌ی قبل از آغاز پروژه‌های حفاری و استخراج از منابع هیدرات‌گازی و مدیریت پسماندهای تولیدشده در این فرآیندها می‌تواند به کاهش اثرات سوء زیستمحیطی این منابع کمک کند. ■

نهایت فرونشست بستری دریا خواهیم بود. پدیده‌هایی از این دست قادر خواهند بود یکپارچگی ساختار بستری دریا را با خطر مواجه سازند. در نواحی قطبی این مسأله به حفظ یکپارچگی صفحه‌ی پرفراست مربوط می‌شود. ضروری است انتخاب دقیق ناحیه‌ی حفاری و مدیریت فرآیند تولید از جمله رویه‌ی کنترل تولید شدن به‌نحوی باشد که این مشکلات کاهش یابد. مشکل دیگر، مدیریت آبهای پسماند است. اگرچه آب آزاد شده از هیدرات‌های گازی آب مقطر است اما آلوده شدن آن با آب سازندی در حین تولید، امری اجتناب‌ناپذیر بوده و آب تولیدی، شور و غیرقابل آشامیدن است. آبی با خواص این‌چنینی باید مدیریت شده و به‌صورتی مناسب دفع گردد. البته دفع آب شور در رسوبات نیز می‌تواند ریسک‌های احتمالی مثل فعال شدن گسل‌ها و در نتیجه زلزله‌های القایی^{۲۰} در پی داشته باشد [۱۵]. بنابراین مطالعه‌ی پایداری رسوبات هدف از دیدگاه ژئومکانیکی نیز باید در مطالعات بررسی طرح‌های تولید از منابع هیدرات‌گازی گنجانده شود.

پانویس‌ها

1. misagh.delalat@gmail.com
2. Perma-frost
3. Economic Cut-off Value
4. Greenhouse Gas
5. CFCs
6. Ozone
7. GWP (Global Warming Potential)
8. Residence Time
9. Data History
10. Gas Hydrate Stability Zone (GHSZ)
11. Hypoxia
12. Marine Deserts
13. Ocean Acidification
14. Mussels and Clams
15. Anthropogenic
16. Endothermic
17. Self-limiting
18. Inhibitors
19. Subsidence
20. Induced (Triggered) Seismicity

منابع

- [1] Ruppel, Carolyn D, "Methane hydrates and contemporary climate change", Nature Knowledge. 2. 12011, 12-.
- [2] Moridis, G., Collett, T.S., Pooladi-Darvish, M., Hancock, S. H., Santamarina, C., Boswell, R., Koh, C., "Challenges, Uncertainties, and Issues Facing Gas Production from Gas-Hydrate Deposits", Society of Petroleum Engineers, 2011.
- [3] Collett, T. S., "Gas Hydrate Reservoir Properties", Unconventional Resources Technology Conference, 2013.
- [4] Milkov, A. V., Sassen R., "Estimate of gas hydrate resource, Northwestern Gulf of Mexico continental slope", Marine Geology, 179, 2001, p 7183-.
- [5] Dickens, G. R., "Down the rabbit hole: Toward appropriate discussion of methane release from gas hydrate systems during the Paleocene-Eocene thermal maximum and other past hyper thermal events", Climate of the Past 7, 2011, p 831846-.
- [6] Boswell, R., Collett, T. S., "Current perspectives on gas hydrate resources", Energy and Environmental Science 4, 2011, p 12061215-.
- [7] Englezos, P., Hatzikiriakos, S. G., "The Stability of Permafrost And Gas Hydrates Subject to Global Warming", International Society of Offshore and Polar Engineers, 1993.
- [8] Mac Cracken, M. C., "Energy and Climate Change", Report of the DOE Multi Laboratory, Climate Change Committee, 1990, p110-.
- [9] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Assessment Report, 5th AR, 2007.
- [10] Lelieveld, J. et al., "Changing concentration, lifetime and climate forcing of atmospheric methane", Tellus 50B, 1998, p128150-.
- [11] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Assessment Report, 3rd AR, 2001.
- [12] McGinnis, D. F. et al., "Fate of rising methane bubbles in stratified waters: How much methane reaches the atmosphere?", Journal of Geophysical Research, 2006.
- [13] Moridis, G., Seol, Y., Kneafsey, T., "Studies of Reaction Kinetics of Methane Hydrate Dissociation in Porous Media", International conference on Gas Hydrates, Trondheim, Norway, Vol. 1, LBNL 57298, paper 1004, 2005, p 2130-.
- [14] Walsh, F. R., Zoback, M.D., "Oklahoma's recent earthquakes and saltwater disposal", Science Advances, Vol. 1, no. 5, e1500195, 2015.