گازهای غیرمتعارف جهان

دکتر حسن گل‌شیرازی

صنعت گاز جهان طی عمر کوتاه خود پیشرفتهای زیادی را تجربه کرده است. اگرچه فعالیت در این بخش همواره تحت تأثیر قیمتهای جهانی نفت متغیر بوده، اما طی دهه‌های اخیر با ایجاد مباحثی در زمینهٔ محیط زیست و آلودگی‌های ناشی از سوختهای فسیلی آلوده کننده، توسعهٔ فعالیتهای مربوط به آن در جهان، مجدداً مورد نظر تعداد بسیاری از کشورهای پیشرفته و در حال توسعه قرار گرفته است، به طوری که در مسیر حرکت خود هر روز به پیشرفتهای جدیدتری دست می‌یابد.

با این وجود، علی‌رغم هزینه‌های سنگین سرمایه‌گذاری برای توسعهٔ نقل و انتقال آن، مطالعه بر روی اجرای پروژه‌های LNG یا مایع‌سازی گاز طبیعی و حمل از طریق آبراههای بین‌المللی در کنار حمل و نقل آن از طریق خطوط لوله مورد توجه فراوان قرار گرفته است.

سرمایه‌گذاری و فعالیت در زمینهٔ گازهای غیرمتعارف نیز از جمله تلاشهایی است که در مناطقی از جهان به ویژه آمریکا، اروپای غربی روسیه، چین، کانادا و... در حال اجرا می‌باشد. این گازها که شامل گازهای تولیدی از معادن زغال سنگ، سنگهای معدنی متراکم، گاز آبدار و چینه‌های آبخیز می‌باشد، یکی از منابع مهم انرژی‌های تمیز و غیر آلاینده به شمار می‌رود که کشورهای مزبور برای تأمین بخشی از نیازهای خود اقدام به تولید آنها می‌کنند. این گزارش خلاصه، حکایت از مجموعه تلاش‌هایی می‌کند که ارتباط با گازهای مذکور تاکنون صورت گرفته است. بدون شک انجام مطالعه و تحقیق در این زمینه می‌تواند کمک بسیار زیادی در توسعهٔ علمی و فنی تولید، استخراج و برنامه‌ریزی این نوع انرژی برای رفع نیازهای آتی بشر نماید.

گازهای غیرمتعارف در مناطقی قرار گرفته‌اند که با تکنولوژی‌های موجود، تولید آنها توجیه اقتصادی ندارد. این نوع گازها عبارتند از:

۱ـ گاز از رگهٔ زغال سنگ[۱]

۲ـ گاز سنگهای متراکم[۲]

۳ـ گاز آبدار یا هیدرات[۳]

۴ـ گاز لایهٔ آب‌ده یا چینهٔ آب‌خیز[۴]

تخمین زده می‌شود که در حال حاضر حجم در جای اولیهٔ گازهای غیر متعارف، ۵ برابر حجم گازهای متعارف (گاز طبیعی) می‌باشد که این مقدار تنها ۳ درصد از تولید گاز جهان را تشکیل می‌دهد. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهند که سهم تولید این نوع گازها که بیشتر شامل گاز از رگه‌های زغال سنگ و سنگهای متراکم می‌باشد، در میان مدت افزایش خواهد یافت.

۱ـ گاز از رگه‌های زغال سنگ

گاز حاصل از این رگه‌ها گازی مخلوط می‌باشد که بیشتر از متان تشکیل شده است و در معادن زغال سنگ یافت می‌شود. برای اولین بار در سال ۱۹۳۵ میلادی، نیروگاهی در ژاپن احداث گردید که به وسیلهٔ گاز تولیدی از این رگه‌ها (به میزان ۷۰۰ هزار مترمکعب در سال و دارای ۷۰-۶۰ درصد متان) تغذیه می‌شد. اکتشاف، تولید و استفاده از این نوع گاز در اروپای غربی (به ویژه آلمان) به ترتیب از سالهای ۱۹۴۳ و ۱۹۴۶ آغاز گردید. در غرب و جنوب

جدول ۱

تخمین مقدار گاز رگه براساس دوران زمین‌شناسی

دوران زمین‌شناسی	انواع زغال سنگ	مشخصات کلی زغال سنگها	مقدار گاز (مترمکعب در هر تن)
پرمین-کربونیفر	زغال سنگ سوختنی	خاکستر کم	بیشتر از ۲۲
پرمین	زغال سنگ سوختنی و گازی	عناصر معدنی زیاد	۸-۱۱
ژوراسیک[۸]	زغال سنگ نرم تا سوختنی	دارای خاکستر و عناصر معدنی زیاد	کمتر از ۷
کرتاسه[۹]	زغال سنگ سوختنی		۷-۱۵
ترشیاری	زغال سنگ نرم قهوه‌ای تا مات	رطوبت زیاد	کمتر از ۳

شرقی آمریکا، اکتشاف در سال ۱۹۷۰ و تولید و بازاریابی گاز حاصل از رگه‌های زغال سنگ از سال ۱۹۸۰ شروع شد.

۱-۱- تشکیل و ذخایر گاز رگه

طبقاتی از زمین که موجب تشکیل این نوع گازها می‌شوند نه فقط دارای سنگ مخزن، بلکه شامل سنگ مادر نیز هستند. از تعداد ۱۴۰۰ مورد عملیات حفاری در آمریکا، بیش از ۱۰۰۰ آزمایش تجزیهٔ گاز که دارای رگه‌های مزبور می‌باشند، انجام شده که اطلاعات زیر از آنها به دست آمده است:

متان (CH_4) ۹۳ درصد، دی‌اکسید کربن (CO_2) ۳ درصد، گازهای مایع (تر) ۳ درصد و نیتروژن (N_2) یک درصد.

نحوهٔ ذخیره‌سازی گاز متان در معادن زغال سنگ به سه روش انجام می‌شود:

۱- جذب مولکولها در سطح داخلی زغال سنگ

۲- ورود گاز در تخلخلها و شکافها

۳- انحلال گاز در روزنه‌های آب.

به طور کلی ۹۰ درصد متان توسط سطوح داخلی رگه‌های زغال سنگ جذب می‌شود. جدول شمارهٔ ۱، تخمین مقدار گاز حاصل از رگه‌های زغال سنگ و عمر دوران زمین‌شناسی آنها را نشان می‌دهد. اطلاعات جدول نشان می‌دهد که مقدار گاز در دوران اول و از دوره‌های کاربونیفرا[۵] و پرومین[۶] در زغال سنگها بیشتر از دورانهای دیگر می‌باشد که این مقدار بیش از ۲۲ مترمکعب گاز در هر تن برآورد شده است. مقدار گاز دورهٔ ترشیاری[۷] از دوران سوم زمین‌شناسی کمترین رقم را داراست و کمتر از ۳ متر مکعب گاز در هر تن می‌باشد. به عبارت دیگر، میزان گاز در دوران جدید کمتر از دورانهای قدیم می‌باشد.

جدول شمارهٔ ۲، حجم گاز رگه را در مهمترین کشورهای جهان نشان می‌دهد. روسیه، چین، آمریکا و کانادا به ترتیب بیشترین و آفریقای جنوبی، قزاقستان، لهستان و هند به ترتیب کمترین حجم درجای گاز رگه را دارا می‌باشند. علی‌رغم اینکه کشور اکراین کمترین میزان ذخیرهٔ زغال سنگ (متعلق به دوران اول زمین شناسی) را دارد، ولی میزان حجم درجای گاز رگه این کشور بسیار بیشتر از آفریقای جنوبی، هند، لهستان، قزاقستان، انگلستان و آلمان می‌باشد. در بین کشورهای مذکور، آمریکا تنها کشور جهان است که میزان ذخایر اثبات شدهٔ خود را رسماً معادل ۲۸۸ میلیارد مترمکعب با ضریب تولید بین ۸۰-۴۰ درصد اعلام کرده است. میزان کل حجم درجای گاز رگه در جهان، بین ۳۶۷-۹۳ تریلیون مترمکعب تخمین زده شده است. به طور متوسط حجم درجای گاز رگه در مهمترین کشورها رقمی معادل ۲۳۴ تریلیون مترمکعب با ضریب تولید معادل ۵۵ درصد برآورده شده است که از این مقدار ۱۳۰ تریلیون مترمکعب آن قابل استحصال می‌باشد. پیش‌بینی می‌شود که ۹۰ درصد گاز رگه در نیمکرهٔ شمالی قرار داشته باشد.

۲-۱- وضعیت کنونی گاز رگه در جهان

در کل جهان، فعالیتهایی در خصوص استخراج زغال سنگ و تولید گاز رگه در حال اجرا می‌باشد که مهمترین مناطق فعال جهان در این زمینه عبارتند از:

۱- آمریکا: تنها کشوری (در قارهٔ آمریکا) است که در حال حاضر گاز رگه تولید می‌کند که تولید آن در سال ۱۹۸۲ آغاز شد و از ۰/۷ میلیارد مترمکعب در سال ۱۹۸۷ به ۵/۵ میلیارد مترمکعب در سال ۱۹۹۰ و به ۲۰/۷ میلیارد مترمکعب در سال ۱۹۹۳ افزایش یافت. این میزان تولید گاز غیرمتعارف (گاز رگه) معادل کل تولید گاز طبیعی در کشور آلمان می‌باشد. در طول مدت ۱۵ سال اخیر، تولید گاز از رگه‌های زغال سنگ و یا به عبارتی تولید گاز از مواد جامد به عنوان یک منبع تأمین‌کنندهٔ انرژی در این کشور افزایش یافته است، به طوری که هم‌اکنون ۴ درصد از تولید داخلی آمریکا را شامل می‌شود.

جدول ۲

حجم درجای گاز رگه در مهمترین کشورهای جهان

کشورها	مقدار زغال سنگها (میلیارد تن)	حجم درجای گاز رگه (متان خالص) (میلیارد مترمکعب)
روسیه	۶۵۰۰	۱۱۳۲۶۷-۱۶۹۹۰
چین	۴۰۰۰	۷۹۲۸۷-۳۰۰۱۶
آمریکا	۳۹۷۰	۱۸۳۷۷-۷۷۸۷
کانادا	۷۰۰۰	۱۲۰۶۳۰-۸۴۹۵
استرالیا	۱۷۰۰	۱۴۱۵۸-۸۴۹۵
اندونزی	۶۵۵	۶۰۳۱
آلمان	۳۲۰	۳۰۰۰
انگلستان	۱۹۰	۱۷۰۰
قزاقستان	۱۷۰	۱۱۳۲
لهستان	۱۶۰	۳۰۰۰
هند	۱۶۰	۸۵۰
* جنوب آفریقا	۱۵۰	۱۱۳۲
اوکراین	۱۴۰	۴۹۰۰

* آفریقای جنوبی، زیمبابو و بوتسوانا را شامل می‌شود.

در سال ۱۹۹۳، حجم سرمایه‌گذاری‌های تخصیص یافته برای تولید این نوع گاز معادل ۴/۶۸۰ میلیارد دلار بود که ۱۴۰ میلیون دلار از آن برای فعالیتهای اکتشافی و توسعه‌ای، ۳۴۰ میلیون دلار برای احداث خطوط لوله و ۴/۲ میلیارد دلار برای عملیات حفاری و سایر هزینه‌های تولید اختصاص داده شده است. بزرگترین مناطق دارای گاز رگه درجا، اختصاص به معادن زغال سنگ واقع در بخشهای شرقی آمریکا دارد که عبارتند از: راکی مانتین[۱۰] (پودر ریور[۱۱]، آپالاچن[۱۲] و گرین ریور[۱۳])، ایلی نویز و واریور[۱۴] و همین طور حوزه‌های رسوبی سان خوان که دارای بیشترین تولید گاز رگه در این کشور می‌باشند.

۲ـ کانادا: در کانادا سرعت فعالیتهای اکتشافی در مورد گاز رگه کُند می‌باشد. در حال حاضر به دلیل قیمت پایین گاز طبیعی (متعارف) و ذخایر زیاد آن در جهان، تمایل برای اکتشاف و توسعهٔ از رگه در کانادا، به جز بعضی از مناطق مانند نوااسکاتیا[۱۵] که فعالیتهای اکتشافی در آن توسط دولت صورت گرفته و از نظر سیاسی نیز آن را مورد حمایت قرار می‌دهد، کاهش یافته است.

۳ـ آفریقا: آفریقای جنوبی، زیمبابوه وبتسوانا، مهمترین کشورهای تولیدکنندهٔ گاز رگه از زغال سنگ در این قاره هستند. در سال ۱۹۸۰، گاز رگه در زغال سنگ کارو[۱۶] (آفریقای جنوبی) کشف شد. توان بالقوهٔ (گاز درجا) کشورهای مذکور معادل ۱/۱۳۲ تریلیون مترمکعب متان تخمین زده شده است (جدول شمارهٔ ۲).

به طور کلی، از آنجا که گاز رگهٔ زغال سنگ به عنوان نوعی از انرژی در پیشرفت و توسعه صنعتی شناسایی شده و از طرفی به لحاظ زیست‌محیطی خطرات کمتری دارد، لذا تولید و استفاده از توان بالقوهٔ این نوع گاز به عنوان یک نیاز اساسی مطرح می‌باشد، به همین دلیل سازمان ملل نیز برنامه‌های تولید، توسعه و استفاده از این نوع گازها را مورد حمایت قرار داده است. ولی در حال حاضر به دلیل قیمت پایین گاز طبیعی (متعارف) و ذخایر زیاد آن در جهان، تمایل چندانی برای اکتشاف و توسعهٔ گاز وجود ندارد.

۲ـ گاز از سنگهای متراکم

نفوذپذیری این نوع گاز بسیار کم می‌باشد و

گازهای غیرمتعارف که شامل گازهای تولیدی از معادن زغال‌سنگ سنگهای معدنی متراکم گاز آبدار و چینه‌های آبخیز می‌باشند یکی از منابع مهم انرژیهای تمیز و غیرآلاینده به شمار می‌روند

تولید آن تکنیک‌های جدید می‌طلبد. به طور کلی گاز سنگهای متراکم به گازی می‌گویند که میانگین نفوذپذیریشان کمتر از $0/1m^{(17)}D$ باشد و نوع گاز آن هیچ ارتباطی با نوع سنگ مخزن ندارد.

شکافها عامل اصلی سنگ مخزن برای عبورپذیری می‌باشند و دلایل گرفتگی آن این است که روزنه‌ها در عمق زیاد و کم به وسیلهٔ طبقات دیگر فشرده می‌شوند، به طوری که ارتباط بین روزنه‌ها قطع می‌شود. علاوه بر عامل نفوذپذیری، یکی دیگر از عوامل مهم برای تولید، مقدار آب، شرایط و موقعیت تنشی می‌باشد، از این‌رو می‌توان از طریق عوامل مصنوعی میزان افزایش تولید آن را بالا برد. این تغییرات به وسیلهٔ تحریک[۱۸] مخزن به وجود می‌آید.

برای اولین بار در سال ۱۹۴۰ میلادی در آمریکا، تحریک مخزن از طریق روشی به نام آب‌شکنی صورت گرفت. به کمک این روش، برای ایجاد شکاف آب را با فشار بسیار زیاد به درون سنگ مخزن وارد کردند.

۱ـ۲ـ ذخایر گاز سنگهای متراکم

منابع گاز حاصل از سنگهای متراکم در بیشتر مناطق جهان یافت می‌شوند که معمولاً همواره بخشی از گاز طبیعی موجود در هر منطقهٔ گازی در سنگهای متراکم ذخیره می‌شوند.

به دلیل حجم زیاد ذخایر گاز سنگهای متراکم در آمریکا، از سال ۱۹۷۰ روند توسعهٔ تولید این نوع گاز افزایش یافته است. در آمریکا دو منطقهٔ مهم وجود دارد که دارای گازی از نوع سنگهای متراکم می‌باشند، یکی معادن سنگهای ماسه‌ای[۱۹] مربوط به دوره‌های کرتاسئوس و تارتیاری و کاربونیفروس در شمال غربی و دیگری سنگهای متراکم پلمه از دورهٔ دوونیان[۲۰] در شرق آمریکا قرار گرفته‌اند. در آمریکا به دلیل پایین بودن مالیات مربوطه، ارقام تولیدی به صورت دقیق اعلام می‌گردد. قیمت تولید این نوع گاز معادل ۶۲ دلار برای هر یک هزار مترمکعب می‌باشد. کشور کانادا یکی از مناطق مهم دارای گاز سنگهای متراکم می‌باشد. قسمت شرقی کانادا (راکی مانتین) معادل ۱۲/۴ تریلیون مترمکعب گاز درجای اولیه در سنگهای متراکم دارد.

این نوع منابع گازی در زمرهٔ ذخایر گازهای طبیعی کشور کانادا به شمار می‌آیند و از ده سال آینده فعالیتهای اکتشافی و تولیدی آنها شروع خواهد شد. براساس محاسبات انجام شده، هزینهٔ تولید هر یک هزار مترمکعب گاز معادل ۶۰-۳۰ دلار برآورد گردیده است.

در اروپای غربی، گاز سنگهای متراکم از کشورهای آلمان، فرانسه، انگلستان و جنوب دریای شمال در هلند به دست می‌آید. در انگلستان وجود این نوع ذخایر گازی در پلمه سنگها به اثبات رسیده و امکان تولید این نوع گاز در آینده وجود خواهد داشت.

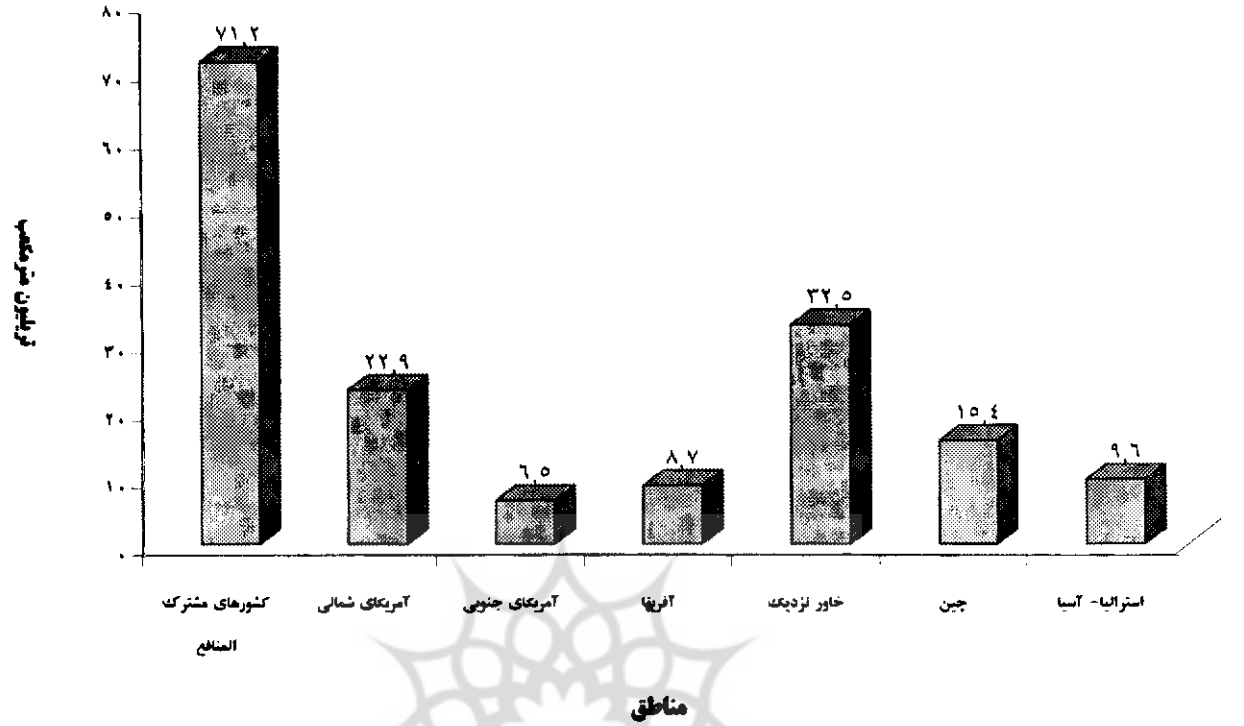
در شمال آلمان، گاز سنگهای متراکم در عمق ۴ هزار متری قرار دارد. در سال ۱۹۷۰ به دلیل افزایش قیمت گاز، فعالیتهای اکتشافی و تولیدی از این نوع گاز نیز آغاز شد. گاز سنگهای متراکم در زمره ذخایر گاز طبیعی آلمان محسوب می‌شود. کشورهای مشترک‌المنافع (CIS) نیز از مناطق مهم دارای این نوع گاز می‌باشند. مهمترین منطقه در کشور روسیه، لایه‌های مختلط[۲۱] است.

در منطقهٔ CIS، گاز سنگهای متراکم جزء ذخایر گازهای طبیعی محسوب نمی‌شوند و در حال حاضر به دلیل ذخایر عظیم گاز طبیعی، نیازی به تولید گاز از سنگهای متراکم نمی‌باشد.

کشور چین نیز یکی دیگر ازمناطق مهم دارای گاز سنگهای متراکم می‌باشد. مناطقی که دارای این نوع گاز هستند، عبارتند از: حوزهٔ سی‌چوان[۲۲]، اوردوس[۲۳] و حوزهٔ شمالی چین. سنگ مخزن حوزهٔ سی‌چوان از ماسه سنگهای دورهٔ تریاسیک[۲۴]، سنگ آهک دورهٔ پرمیان و دولومیت دورهٔ کاربونیفر تشکیل شده است.

تمام سنگها دارای درجهٔ تخلخل کم، معادل

نمودار ۱- میزان حجم گاز در جای اولیه سنگهای متراکم جهان



۱۳-۰/۱ درصد و نفوذپذیری کمتر از ۰/۱mD می‌باشند. چین فقط از حوزهٔ سی‌چوان سالانه بیش از ۵/۷ میلیارد مترمکعب گاز از سنگهای متراکم تولید می‌کند.

جدول شمارهٔ ۳، میزان کل گاز درجای اولیه از سنگهای متراکم در جهان را نشان می‌دهد. تقسیم و ترکیب رسوبات در تمام حوزه‌های رسوبی یکسان نیست و احتمال اشتباه در تخمین ذخایر این نوع گاز بسیار زیاد می‌باشد. فقط در آمریکا اطلاعات دقیقی درخصوص حجم گاز درجا از سنگهای متراکم در دست می‌باشد که معادل ۱۳/۴ تریلیون مترمکعب گاز برآورد شده است.

براساس جدول شمارهٔ ۳، گاز درجای اولیهٔ جهان از سنگهای متراکم، معادل ۱۷۵ تریلیون مترمکعب برآورد شده است که به ترتیب کشورهای مشترک‌المنافع ۷۱ تریلیون مترمکعب، خاور نزدیک ۳۳ تریلیون مترمکعب و آمریکای شمالی با ۲۳ تریلیون مترمکعب، بیشترین گاز درجای اولیه از سنگهای متراکم را دارا می‌باشند.

به طور کلی، تولید از این مناطق وابسته به عواملی از جمله مشخصات سنگ مخزن، تکنولوژی تولید، توجیه اقتصادی و قیمت گاز طبیعی می‌باشد. با توجه به مشکلات فنی ناشی از شکافهای کم، تولید این نوع گاز به سرمایه‌گذاری هنگفتی نیاز دارد. در هر حال به دو دلیل تولید گاز از سنگهای متراکم در بعضی از نقاط جهان توجیه‌پذیر است، یکی مسائل سیاسی و دیگری افزایش تقاضا.

جدول ۳
میزان حجم گاز
درجای اولیهٔ سنگ‌های متراکم جهان

ارقام: تریلیون مترمکعب

مناطق	حجم گاز
اروپا (بدون GIS)*	۸/۲
کشورهای مشترک‌المنافع	۷۱/۲
آمریکای شمالی	۲۲/۹
آمریکای جنوبی	۶/۵
آفریقا	۸/۷
خاور نزدیک	۳۲/۵
چین	۱۵/۴
استرالیا-آسیا	۹/۶
جمع کل (جهان)	۱۷۵

* کشورهای مشترک‌المنافع

۳-گاز آبدار

این نوع هیدروکربور از ترکیب گاز و آب تشکیل می‌شود و به شکل جامد درمی‌آید. منابع گاز آبدار در طبیعت دارای بیش از ۹۵ درصد متان و مقدار کمی CO_2، H_2S، N_2 می‌باشد. یکی از شرایط تشکیل گاز آبدار، فشار و درجهٔ حرارت است. به عبارت دیگر، این نوع گاز تحت فشار و درجهٔ حرارت در طبیعت در مناطق یخبندان و لبهٔ اقیانوسها به وجود می‌آید. لبهٔ اقیانوسها از نواحی ساحلی تا عمق ۳ هزار متری آب را تشکیل می‌دهد که وسعتی معادل ۷/۹ درصد کل زمین را دربرمی‌گیرد. هیدراتهای محل ذخیرهٔ گاز می‌توانند جزء طبقات پوششی هم باشند.

۱-۳- آیندهٔ تولید گاز آبدار از نظر اقتصادی

نتایج نشان می‌دهد که به شرط افزایش قیمت انرژی و کاهش ذخایر گاز طبیعی و با استفاده از قوانین و تکنیکهای ساده، تولید متان از هیدرات از دید اقتصادی توجیه خواهد داشت و با این شرایط، گاز آبدار قابل استفاده و بهره‌برداری می‌باشد.

در حال حاضر تولید اقتصادی آن

بامشکلاتی از قبیل حفر چاه تزریقو، چاه‌های تولیدی، تزریق حرارت، کاهش فشار و حفاریهای افقی، نصب و جابجایی تأسیسات و... مواجه است و تولید آن هزینه‌های هنگفتی دربر خواهد داشت. تولید این نوع گاز در صورت داشتن توجیه اقتصادی، در مرحلهٔ اول از مناطق یخبندان شروع خواهد شد. مناطق مسایاکساها[۲۵] در سیبری غربی و کوپاروکریوواره[۲۶] در شمال آلاسکا بهترین شرایط را در این زمینه دارا می‌باشند.

تولید از مناطق لبه خشکی اقیانوسها به دلیل مشکلات فنی نسبت به مناطق یخبندان و دوری از سطح زمین در آینده انجام خواهد شد. به هر حال تولید گاز متان از هیدرات برای هر دو مطنقه (لبه خشکی اقیانوسها تا عمق ۳ هزار متری و مناطق یخبندان) محدود می‌باشد.

جدول شمارهٔ ۴، سه منطقهٔ مهم جهان را که دارای گاز هیدرات درجا هستند نشان می‌دهد، این سه منطقه عبارتند از:

۱ـ منطقهٔ خشکی یخبندان: مانند آمریکا، کانادا و همچنین (آبهای کم‌عمق)، گرنیلند، روسیه و آنتراکتیس. روسیه با حجمی معادل ۲/۱۷۱ تریلیون مترمکعب گاز آبدار، دارای بیشترین توان بالقوهٔ این نوع گاز در این منطقه از جهان می‌باشد و گروینلند با حجمی معادل ۱۰ میلیارد مترمکعب، کمترین توان بالقوهٔ گاز آبدار را داراست. کل گاز آبدار درجا در این مناطق معادل ۳۰۰۳ تریلیون مترمکعب برآورد شده است.

۲ـ مناطق آبی یخبندان تا عمق ۲۰۰ متری: روسیه همچنین با حجمی معادل ۵۷۳ میلیارد مترمکعب گاز آبدار، در این نوع مناطق مقام اول را در جهان داراست. بعد از روسیه، منطقهٔ آنتراکتیس با ۵۳ میلیارد مترمکعب گاز آبدار و گروینلند با ۶ میلیارد مترمکعب قرار دارند.

۳ـ مناطق آبی و لبهٔ اقیانوسها (تا عمق ۳ هزار متری): اقیانوس‌های اطلس، پاسیفیک و هند به ترتیب دارای ۱/۹۶۸، ۲/۳۲۶ و ۱/۰۵۳ تریلیون مترمکعب گاز آبدار می‌باشند. مجموع کل حجم گاز آبدار درجا در جهان معادل ۹/۳۹۱ تریلیون مترمکعب تخمین زده شده است که از این مقدار در حدود ۳۰۰۳ تریلیون مترمکعب متعلق به مناطق خشکی یخبندان، ۶۳۲ میلیارد مترمکعب متعلق به مناطق آبی یخبندان تا عمق ۲۰۰ متری و ۵/۷۵۶ تریلیون مترمکعب متعلق به مناطق آبی و لبهٔ اقیانوسها می‌باشد.

برخی دیگر از منابع علمی، میزان گاز هیدرات درجا در مناطق یخبندان و در مناطق آبی (اقیانوسها و دریاها)، بیشتر از نقاط دیگر تخمین زده‌اند.

در هر صورت، اختلافاتی در پیش‌بینی‌مربوط به حجم گاز آبدار درجا وجود دارد. براساس مطالعات انجام شده، گاز درجای هیدرات در مناطق یخبندان در مقایسه با نواحی آبی به نسبت ۲ به ۳ می‌باشد. تولید متان از هیدرات در هر منطقه از جهان متفاوت می‌باشد، ولی برای مناطق یخبندان خشکی، تولید معادل ۳۰ درصد و در مناطق آبی کم عمق و آبی عمیق (دریاها و اقیانوسها) معادل ۱۰ درصد تخمین شده است. با این حساب، در آینده میزان کل استحصال گاز از هیدرات ۱۵۰۰ تریلیون

جدول ۴

توان بالقوهٔ گازهای آبدار در جهان

(متان در هیدرات)

ارقام: میلیارد مترمکعب

مناطق	توان بالقوه
مناطق خشکی یخبندان آمریکا و کانادا (مناطق کم‌عمق)	۲۱۷
گرین‌لند	۱۰
روسیه	۲۱۷۱
آنتراکتیس	۶۰۵
جمع	**۳۰۰۳**
مناطق آبی یخبندان تا عمق ۲۰۰ متری گرین لند	۶
روسیه	۵۷۳
آنتراکتیس	۵۳
جمع	**۶۳۲**
مناطق آبی تا لبهٔ اقیانوسها اقیانوس منجمد شمالی	۱۶۳
اقیانوس اطلس	۱۹۶۸
دریای مدیترانه، سیاه و خزر	۸۹
اقیانوس هند و لبهٔ دریاها	۱۰۵۳
اقیانوس پاسیفیک و لبهٔ دریاها	۲۳۲۶
اقیانوس منجمد جنوبی	۱۵۷
جمع	**۵۷۵۶**
جمع کل سه منطقه	**۹۳۹۱**

مترمکعب پیش‌بینی می‌شود که بیشترین حجم ذخایر قابل استحصال را روسیه و اقیانوس پاسیفیک دارا می‌باشند.

۴ـ گاز لایهٔ آبده یا گاز چینهٔ آب‌خیز

تبدیل گاز در سنگ مادر به شکل محلول (گاز در آب) صورت می‌گیرد. میزان انحلال یک گاز در یک مایع با افزایش فشار بالا می‌رود و با ازدیاد دما کاهش می‌یابد. این عوامل با افزایش عمق روی محلول تأثیر می‌گذارند، ولی تأثیر فشار بر آن بیشتر می‌باشد. میزان گاز (غیرمتعارف مذکور) در سازندهای آبی با ازدیاد عمق افزایش یافته، ولی به دلیل تبدیل (اثر نیروی رانش گاز محلول) و تقلیل فشار، بخشی از گاز از سازند آبی تخلیه می‌گردد و به عنوان گاز آزاد در طبقات زمین (مخازن) جمع و یا در جو آزاد می‌شود. قسمت باقیمانده در آب سازند را، گاز لایهٔ آبده و یا گاز چینهٔ آب‌خیز می‌نامند و میزان آب بستگی به مقدار گاز حل شده در یک متر مکعب آب در روزنه‌ها دارد.

۱ـ۴ـ ترکیب و میزان گاز در لایهٔ آبده

ترکیب گاز لایهٔ آبده، شامل متان (بیش از ۹۵ درصد)، CO_2، N_2، H_2S و مقدار کمی گاز هلیوم خواهد بود.

جدول شمارهٔ ۵، مقدار گاز در سازندهای آبی حوزه‌های نفت و گاز را تا عمق ۴ هزار متری نشان می‌دهد. کشور ژاپن دارای بیشترین مقدار گاز در لایهٔ آبده جهان می‌باشد. در مناطق کانتو[۲۷] و نیاگاتا[۲۸] در هر مترمکعب آب به ترتیب ۲ و ۲ـ۱ مترمکعب گاز وجود دارد.

همچنین فرورفتگی شمال و جنوب دریای خزر دارای مقدار قابل توجهی گاز در لایهٔ آبده می‌باشد، که مقدار آن معادل ۱/۷۰ مترمکعب گاز در هر مترمکعب آب برآورد شده است و کمترین مقدار این نوع گاز در چینه‌های آب‌خیز در سیبری غربی و تیمان به ترتیب معادل ۰/۶-۰/۴ و ۰/۵۵ مترمکعب گاز در هر مترمکعب آب می‌باشد. سازندهای آبی در مناطق قدیمی زمینهای سخت به طور میانگین تا عمق بین ۱/۵-۰/۵ کیلومتر و حداکثر تا عمق ۴ کیلومتر در شرایط تکتونیکی تا ۴ مترمکعب گاز در هر مترمکعب آب را می‌توان یافت. در اعماق زیاد بین ۷ تا ۸ کیلومتر معادل ۷ تا ۲۰ مترمکعب در هر مترمکعب آب، گاز قابل استحصال وجود دارد.

مقدار گاز در مناطق ناهموار (دارای پستی و بلندی) به دلیل فشار آب و فشار زیاد طبقات زمین که به ترتیب به وسیلهٔ ذرات ذره‌بینی و فعل

و انفعالات تکتونیکی (مانند فرورفتگی) زمین انجام می‌شود، افزایش می‌یابد. در این مرحله، مقدار گاز بیش از ۹۰ مترمکعب در هر مترمکعب آب در سازندهای آبی به اثبات رسیده است.

جدول ۵
مقدار گاز لایهٔ آب‌ده (چینه‌های آب‌خیز) در حوزه‌های نفت و گاز تا عمق ۴ کیلومتری

حوزه‌های نفت و گاز	مترمکعب گاز در هر مترمکعب آب
فرورفتگی اروپای مرکزی	۱/۲
تونگوسکا، ایرکوتسک	۰/۶-۰/۴
فرورفتگی سیبری غربی	۱/۱-۰/۴
تیمان-پتشورا	۰/۵۵
فرورفتگی شمال و جنوب دریای خزر	۱/۷۰
کانتو (ژاپن)	۲/۰۰
نیاگاتا (ژاپن)	۲-۱

۲-۴- ذخایر لایهٔ آبده و یا گاز چینهٔ آب‌خیز در جهان

اروپا:

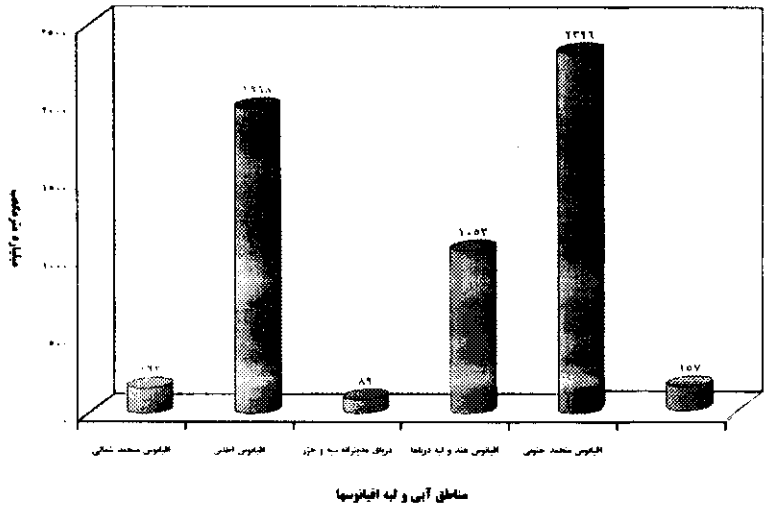
در فرورفتگی اروپای مرکزی که شامل انگلستان (بخش دریای شمال)، هلند، آلمان و لهستان می‌شود، گاز حل شده مخلوطی از متان و مواد گوگردی می‌باشد که میانگین آن در هر مترمکعب آب، معادل ۱/۲ مترمکعب گاز و میزان کل آن بالغ بر ۲۰-۱۲ میلیارد مترمکعب متان می‌باشد.

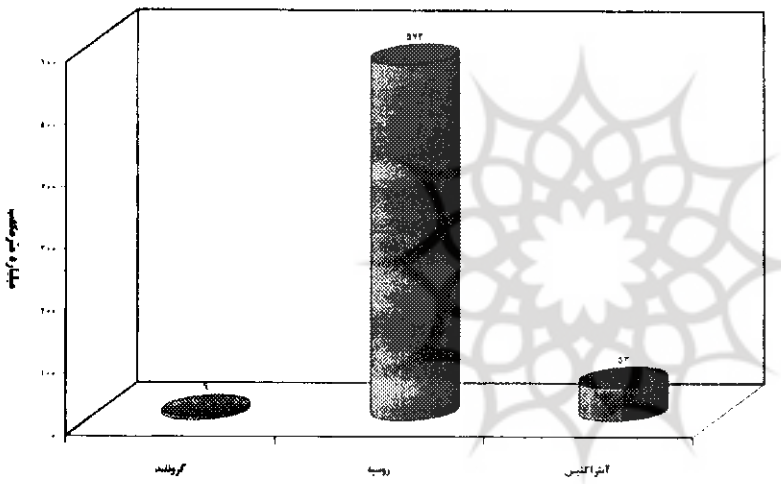
در آلتمارک[۲۹] آلمان آزمایش‌هایی انجام شده است که وجود عناصر شیمیایی در آب سازندها را نشان می‌دهد، مقدار این عناصر (میلی‌گرم در لیتر) به طور میانگین عبارتند از:

۳۹= کلسیم، ۵۰۰= لیتیوم، ۳۰۰۰= استرتیوم، ۱۲۰۰= بروم، ۱۰۰= بور، ۲۰= ید، ۳۹= رادیوم

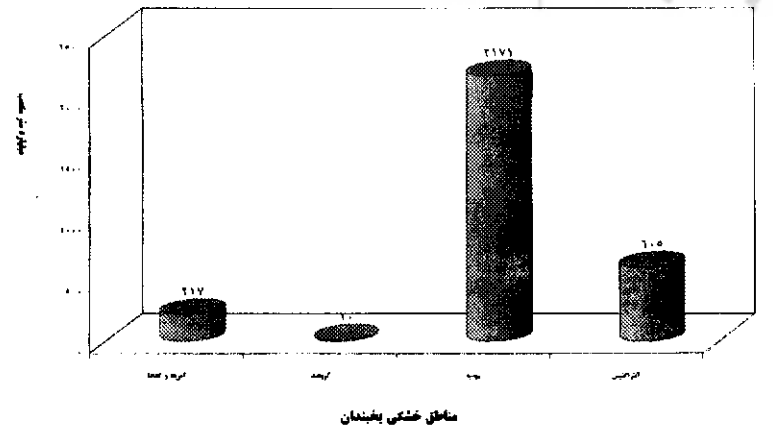
شوروی سابق:

میزان گاز درجای متان در سازندهای آبی شوروی سابق، معادل ۴ تریلیون مترمکعب تخمین زده شده است. میزان درجای گاز لایهٔ آبده در حوزه‌های نفت و گاز سیبری غربی با





نمودار ۲- توان بالقوه گازهای آبدار در جهان (متان در هیدرات)



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

حجمی معادل ۱ هزار میلیارد مترمکعب گاز، بیشترین گاز لایهٔ آبده را دارا می‌باشد و همچنین حوزه‌های نفت و گاز در پریکاس پیسینگ[۳۰] نیز دارای گاز در جای لایهٔ آبده بوده که میزان آن بالغ بر ۹۸۰ میلیارد مترمکعب می‌باشد و کمترین ذخایر را حوزهٔ پریپات-دنیپرودونسک سنک[۳۱] دارد که میزان آن بالغ بر ۸۰ میلیارد مترمکعب می‌باشد.

آسیا:

کشور ژاپن در استفاده از گاز متان از لایهٔ آبده در سطح جهان بیشترین تجربه را دارا می‌باشد. از سال ۱۹۵۸ از میدان مبارا[۳۲] در شرق توکیو، اولین مرحلهٔ تولید گاز از لایهٔ آبده صورت گرفت. میزان تولید گاز در ابتدا بین ۳ تا ۶ مترمکعب و سپس به ۳۰ متر مکعب گاز در هر متر مکعب افزایش یافت. این گاز دارای ۹۹ درصد متان در عمق ۵۰۰ متری می‌باشد و عناصر شیمیایی مانند ید بین ۸۰ تا ۱۳۹ میلی‌گرم در هرلیتر در آن وجود دارد. در حال حاضر تولید از طبقات دورهٔ سوم زمین‌شناسی که دارای خاک رس هستند، انجام می‌شود.

چین:

در کشور چین نیز مدتی است که متان از لایه‌های آبده، در عمق ۶ تا ۵۰ متری به دست می‌آید و تولید روزانهٔ آن معادل یکصد تا ده هزار مترمکعب گاز می‌باشد که جهت مصارف خانگی و صنایع کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

آمریکا:

میزان گاز از لایه‌های آبده در خلیج مکزیک معادل ۱/۷۰۰-۱/۴۰۰تریلیون‌مترمکعب تخمین زده شده و همچنین در حوزهای آنادارکو[۳۳]، دلور[۳۴] و راکی مانتین نیز معادل مقدار مزبور برآورد شده است. تولید متان در کنار تولید نُد در تأسیسات وودوارد در شمال غربی اوکلاهما انجام می‌گیرد، به طوری که ۵/۲ مترمکعب گاز از یک متر مکعب آب به دست می‌آید. ولی تمایل امریکا در مورد اکتشاف و استفاده از گاز لایهٔ آبده بسیار کم می‌باشد. میزان گاز در جای متان از چینهٔ آب‌خیز در جهان، معادل ۱۰ تریلیون مترمکعب است که این مقدار آن با حجم در جای گاز هیدرات قابل مقایسه می‌باشد.

راههای تولید متان از لایهٔ آبده

تولید گاز از روزنه‌های آبی می‌تواند از طریق روشهای مختلفی انجام گیرد که این روش‌ها عبارتند از:

۱ـ تولید متان از سطح لایه‌های آب‌ده (تا عمق چند متری)

۲ـ تولید متان از اعماق زمین که دارای لایه‌های آبده با منابع گاز طبیعی می‌باشند

به طوری کلی امروزه تولید متان از سطح لایه‌های آبده اهمیت و ارزش بسیاری دارد. این نوع تولید می‌تواند تا حدودی روند صعودی داشته باشد، اما نه بیشتر از یک سقف معین. به عبارت دیگر، تولید متان از اعماب زمین که دارای لایه آبده هستند، استثنایی بوده و فقط در ژاپن انجام شده است. این نوع از تولید گاز، همراه با تولید ید از نظر اقتصادی بسیار ارزشمند می‌باشد. در امریکا تولید گاز از لایهٔ آبده در منطقهٔ وودوارد همراه با تولید ید انجام می‌شود. تولید گاز از لایه‌های آبده علاوه بر استفاده از گاز تولیدی، بهره‌برداری از عناصر شیمیایی را نیز به همراه دارد.

تخمین دقیق مقدار ذخایر گاز لایه‌های آبده از نظر فنی و اقتصادی مقدور نمی‌باشد، اما در آینده این نوع گاز به دلیل حجم بالای ذخایر آن از اهمیت خاصی برخوردار خواهد بود.

فهرست منابع

۱ـ آلمانی

1. Grundzuge der Erdgaswirtsdraft 1997/98 Ruhrgas AG
2. Reserven und Verfugbarkeit Von Energierohstoffen 1995 (BGR), Hannover.
3. W.Ruhl, Energiefaktor Erdol (1998).
4. H.Murawski,(1999) Geologisches Worterbuch, Stuttgart.

۲ـ انگلیسی

1. Dawson, F.M. (1994) Coalbed Methane- A Comparision study between canada und United States. Geological Survey of Canada.
2. Kuuskraa, V.A. (1994). Global Non Conventional Natural Gas Resources. Global Gas REsurces Workshop, Vail, Colorado.
3. Kven volden, K.A. (1993). Gas hydrates- Gedosical Perspective and Global Change.
4. Marsden, S.S. (1993). A Survey of Natural Gas Dissolved in Brine. In: The Future of Energy Gases, vs Geol. Survey prof. paper.

پی‌نوشت‌ها:

1. Coalbed Methane
2. Tight Gas
3. Gas Hydrates
4. Geopressured Gas
5. Carboniferus
6. Permian
7. Tertiary
8. Jurassic
9. Cretaceous
10. Rocky Mountain
11. Powder River
12. Appalachen
13. Green River
14. Warrior
15. Nova scotia
16. Karoo
17. Millidarcy
18. dope
19. Tight sand
20. Devonian
21. Mixed-Layers
22. Sichuan
23. Ordos
24. Triasic
25. Messayakaha
26. Kuparukriverarea
27. Kanto
28. Niiagata
29. Altmark
30. Prikaspisenke
31. Pripyat-Dnyeprodonezk Senke
32. Mobara
33. Anadarko
34. Delaware-val