بسمه تعالی

تبدیل زغالسنگ به گاز (UCG) :

تکنولوژی استخراجی پاک زغالسنگ در خدمت توسعه

مدت زیادی است که پروژه های تجاری با تمرکز بر روی روش UCG (تبدیل زغالسنگ زیرزمینی به گاز) به غرب راه یافته ولی تا کنون این تکنولوژی بیشترین توسعه خود را در اتحادجماهیر سابق شوروی بدست آورده است. در حال حاضر شرکت Linc Energy از استرالیا با کارخانه Angren UCG در ازبکستان متحد شده که در نتیجه این اتحاد، مهارتها و تجربه های روسیه در سایتهای استرالیا نیز قابل استفاده می باشد. شرکت Linc Energy در مشارکتی که با شرکت CS Energy کوینزلند در زمینه تولید انرژی دارند ، امیدوار به تولید گاز UCG برای مصارف صنعتی از جمله نیروگاهی می باشد.

فرایند UCG و یا همان تبدیل زغالسنگ به گاز در زیر زمین، روندی است که در آن زغالسنگ بصورت برجا به گاز قابل اشتعالی که قابلیت مصرف بعنوان سوخت و یا خوراک کارخانجات شیمیایی را دارد، تبدیل می شود. قدمت علم UCG بیش از ۱۰۰ سال می باشد با این حال توسعه این علم در سطح جهان با سرعت بسیار کمی صورت پذیرفته است. طی ۵۰ سال گذشته، در اروپای غربی، اتحاد جماهیر شوروی سابق، ایالات متحده امریکا و در وسعت محدودتری در چین و استرالیا طرح های تحقیقاتی ملی در این زمینه به اجراء در آمده است . در چهل سال گذشته در اتحاد جماهیر شوروی سابق پروژه هایی با مقیاس تجاری اجراء شده است و هنوز هیچ پروژه ای در این زمینه در مقیاس تجاری در غرب اجراء نشده است. دلایل عدم وجود چنین پیشرفتی در مقیاس تجاری مختلف می باشند و براساس بعضی نظریات محدودیت های فنی باعث توسعه نیافتن این فرایند شده است. یکی از دلایل عمده، طبیعت بحث برانگیزه این فرایند می باشد که منجر به نیاز به مهارتهای متعدد برای توسعه این فرایند می باشد. علومی مانند شیمی، مهندسی شیمی، زمین شناسی ، مهندسی ژئوتکنیک و ژئوهیدرولوژی باید در قالب یک تیم یکپارچه در عملیات UCG ظاهر شوند .

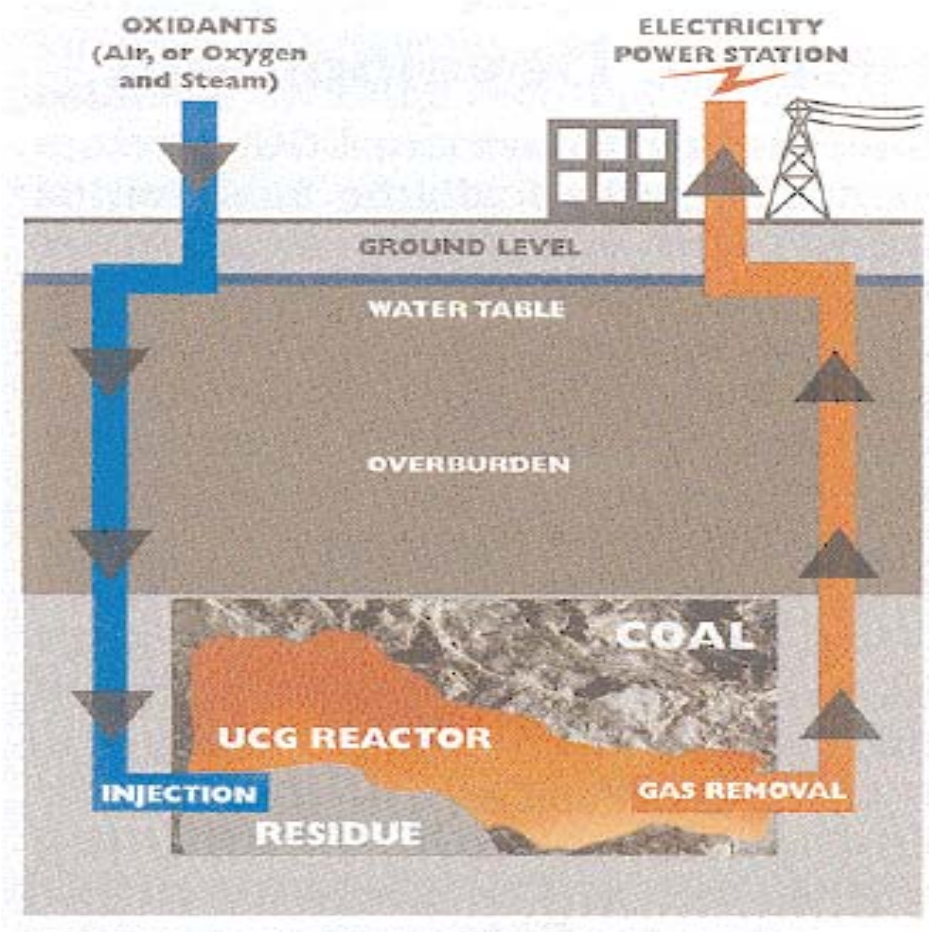
یکپارچه شدن تمام این مهارتها و تبدیل این مجموعه به یک پروژه تجاری نیز نیازمند تخصص مدیریتی قابل ملاحظه ای می باشد.

خوشبختانه به نظر میرسد که همبستگی مجموعه عوامل دخیل، فرصتی برای انجام اکتشافات جدید دراین تکنولوژی و تبدیل آن به عملیات تجاری به دست می دهد و استرالیا میتواند بطور منحصر بفردی جبهه پیشرفت این تکنولوژی

باشد. عواملی همچون رقابت در صنایع انرژی، الزام تولید گازهای گلخانه ای کمتر توسط نیروگاه ها، تغییر جهت به سمت مصرف گاز بعنوان سوخت ترجیحی و همچنین احیاءو ایجاد علاقه مندی جدید در زمینه تولید سوختهای مصنوعی همگی در رفع موانع در جهت معرفی UCG بعنوان تکنولوژی جدید موثر می باشند .

تشریح تکنولوژی UCG

فرایند UCG در ساده ترین شکل خود شامل حفاری ۲ حلقه چاه و دسترسی به لایه زغال در عمق و تزریق اکسید کننده (اکسیدان)، مانند هوا ،اکسیژن و یا بخار تحت فشار به داخل لایه از طریق یکی از چاه ها می باشد . زغالسنگ مشتعل شده و فرایند تبدیل به گاز با جریان دائمی اکسید کننده ادامه می یابد و گاز تولید شده از طریق چاه دوم بازیابی می شود. شکل شماره ۱ شماتیک فرایند را نمایش می دهد .



شکل شماره ۱– فرایند UCG (تبدیل زغالسنگ به گاز در زیر زمین)

فرایند تبدیل زغالسنگ به گاز در زیر زمین همانند فرایند تبدیل آن در کارخانجات سطحی با گازهای تولیدی مشابه می باشد.با این تفاوت که دستگاه تولید کننده گاز در سطح زمین، با لایه های احاطه کننده زغالسنگ در زیر زمین جایگزین شده است. بسته به شرایط ویژه کارگاه گازهای تولید شده با تزریق هوا میتواند ارزش حرارتی درحدود ۴ تا

۵/۵ مگا ژول بر متر مکعب داشته باشند درحالی که با تزریق اکسیژن تقریبا این مقدار انرژی به ۲ برابر افزایش می یابد . گاز تولید شده با استفاده از یکی از فرایندهای معمول به منظور اشتعال در توربینهای گازی و یا دستیابی به ترکیب مورد نیاز برای تولید سوختهای مصنوعی باید پاکسازی شود.

اگرچه تجربیات پیشین حاکی از این می باشند که زغالهایی با خواص متفاوت را میتوان توسط این فرایند تبدیل به گاز نمود، عوامل خاص کارگاهی وجود دارند که در این فرایند از اهمیت قابل ملاحظه ای برخوردارند . این عوامل مهم عبارتند از :

- زمین شناسی لایه زغالی ، پیوسته و ترجیهاً ضخیمتر از ۳ متر باشد
- سنگ پوشاننده ، معمولا بیش از ۱۰۰ متر ضخامت داشته و نسبتاً غیر قابل نفوذ و کمربالای زغالسنگ مقاومت قابل ملاحظه ای داشته باشد.
- سطح ایستابی ، ترجیحا ۲۰ متر و یا بیش از آن عمق داشته باشد تا فشار آب منفذی ایجاد نماید تا با فشار تزریق گاز ایجاد تعادل نماید و نشت گاز تولید شده را محدود نماید.

ضمن اینکه هریک از عوامل فوق الذکر بطور مجزا از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشند ، این ارزیابی کلی از دیدگاههای فنی متفاوت می باشد که مناسب بودن یک لایه جهت استفاده از روش UCG را ارزیابی می کند. عوامل تجاری از جمله اندازه ذخیره زغالسنگی و بازار محصول(گازی) تولید شده در اجرای یک پروژه در محل مورد نظر از اهمیت بسیار بالایی برخوردارند.

بسط و توسعه تاریخی تکنولوژی UCG

مجموع فعالیتهای بین المللی انجام گرفته در زمینه تکنولوژی UCG را میتوان در کارهای انجام شده در اتحاد جماهیر شوروی سابق ، اروپای غربی و ایالات متحده خلاصه نمود. با توجه به تستهای کارگاهی انجام شده در دهه ۱۹۳۰ در اتحاد جماهیر شوروی سابق میتوان گفت بیشترین فعالیتها در زمینه این تکنولوژی در این کشور روی داده است. مقدار این تلاشها در نقل قول ذیل و شکل شماره ۲ قابل درک می باشد. ابعاد مالی تلاشهای صورت گرفته در شوروی(ده میلیارد دلار در سال ۱۹۷۶) به اندازه کافی بزرگ بوده ولی از دیدگاه انتقال تخصص و تجارب بین کارگاه ها و سایتها ، تمامی نتایج تخصصی ومدون بدست آمده حاصل تلاشهای انجام گرفته در غرب می باشد .

تخمینی اقتصادی که طرح های تجاری متعددی طی۴۷ سال گذشته احداث ومورد بهره برداری قرار گرفته و نشانگر این است که انجام فعالیتهای صورت گرفته در این طرح ها حدود ۱۰ میلیارد دلار در سال ۱۹۷۶ ارزش داشته است.

روسها نشان داده اند که سیستم طراحی شده ای دارند که میتواند بطور مکرر معین اجراء شده و از یک ناحیه به ناحیه ای دیگر با زغالسنگی با طبیعت کاملاً متفاوت منتقل و عمل نماید.

D W Gregg, R W Hill and D V Olness
Lawrence Livemore Laboratory
University of California , January ۱۹۷۶

شکل شماره ۲ مشخصات شکلهای فرایند تولید گاز UCG استخراج شده در تاریخچه این فرایند، به ویژه گاز تولید شده در فعالیتهای شوروی در سال ۱۹۶۳ را به نمایش می گذارد.

شکل شماره ۳ – خلاصه آمار تولید گاز به روش فرایند UCG

موقعیت	نوع و ضخامت زغالسنگ	تاریخ	گاز تولید شده به متر مکعب در سال ۱۹۶۳	توضیحات
Podmoskovnaya	لیگنیت (۰/۹ تا ۴/۶ متر)	۱۹۶۳-۱۹۴۶	--	ذخیره زغالسنگ در سال ۱۹۶۳ تمام شد
Lisichanskaya	بیتومینه (۰/۴ تا ۰/۸ متر)	--	۲۲۰	بخاطر کاهش ضخامت لایه متوقف شد
Yuzhno-Abinskaya	بیتومینه (۱/۳ تا۳/۹ متر)	۱۹۵۵ تاکنون	۲۹۰	برای گرمایش بکار گرفته شد
Shataskaya	لیگنیت (۰/۳ تا ۲/۷ متر)	۱۹۶۶-۱۹۶۳	--	بخاطر مشکلات فنی ترک شد
Angernskaya (ازبکستان)	لیگنیت ۴ الی ۲۰ متر	۱۹۵۷ تا کنون	۸۶۰	برای برق (MW۱۰۰) بکار گرفته شد
تست پایلوت در ایالات متحده	مختلف	۱۹۸۸-۱۹۷۳	۱۰ حدود	---

در سالهای بعد به دلیل تغییرات سیاسی و همچنین کشف مخازن بزرگ گاز طبیعی تمایل به تولید گاز به روش UCG کاهش یافته و روبه زوال گذاشت. درنتیجه تنها ۲ کارخانه تاکنون مشغول به کار مانده که یکی در منطقه Angren در ازبکستان و دیگری در سیبری واقع می باشد. کارخانه Angren گاز مورد نیاز جهت اشتعال دیگهای بخار

نیروگاه Angren را تولید نموده و بسته به تقاضا به میزان ۵۰ تا ۱۵۰ مگاوات برق تولید می کند. میزان تولید گاز در حال حاضر تقریبا به اندازه نصف سال ۱۹۶۳ می باشد. با در نظر گرفتن عمر طولانی عملکرد این کارخانه(بیش از ۴۰ سال) به نظر معقول میرسد که با دید کارخانه ای در مقیاس تجاری به آن نگاه کنیم ، اگر چه بررسی امکان بقای اقتصادی آن با استانداردهای غربی موضوعی دیگر می باشد.

آزمونهای کارگاهی تکنولوژی UCG دراروپای غربی در بریتانیا و در سال ۱۹۴۹ آغاز و تا چند دهه ادامه داشت. این آزمایشات در اواسط دهه ۱۹۸۰توسط بلژیکیها ادامه یافته و اخیرا در اسپانیا نیز یک کارگاه آزمایشی در سال ۱۹۹۷ شکل انجام شده است. در حالی که در اروپا علاقه به ادامه این تحقیقات و عملیات وجود دارد ، در حال حاضر برنامه کارگاهی (عملی)تعریف شده ای در جهت توسعه و تجاری سازی این فرایند وجود ندارد.

عمده ترین تلاشها در کشورهای غربی در زمینه تکنولوژی UCG در ایالات متحده رخ داده است ، بگونه ای که چند صد میلیون دلار در تحقیق و توسعه این تکنولوژی از اواسط دهه ۱۹۷۰ تا اواخر دهه ۱۹۸۰ هزینه شده است. این برنامه در طی سالهای ۱۹۸۷ و ۱۹۸۸ در قالب برنامه آزمایشات راکی مانتین (Rocky Mountain test program(rmi)) در ایالت وایومینگ به اوج خود میرسد . طولانی ترین این آزمایشات بیش از ۳ ماه به طول انجامید و ۱۰ هزار تن زغالسنگ را به گاز تبدیل کرد.

این تست از یک روش جدید تزریق اکسیدان ، که در آن از انقباض چاه تزریق (سیستم CRIP) استفاده نمود و همچنین بر روی موضوع ارزیابی آثار زیست محیطی با توجه ویژه به آب زیر زمینی متمرکز شد. موفقیت این آزمون باعث شد تلاشها در جهت ایجاد پروژه ای تجاری جهت تولید مواد شیمیایی دارای ارزش افزوده از گازهای ایجاد شده هدایت شوند ولی این پروژه به دلیل ترکیبی از عوامل اقتصادی و زمین شناسی چند سال پیش خاتمه یافت. بنابراین عدم وجود پروژه اجرایی در زمینه این تکنولوژی در ایالات متحده قابل درک می باشد. شکل شماره ۲ تخمینی از حجم گاز تولید شده در کل آزمایشات انجام شده در ایالات متحده میدهد که نشان دهنده این است که این مقدار کمتر از ۱ درصد گازهای تولید شده در مجموعه Angren در سال ۱۹۶۳ می باشد. گزارش فعالیتهایی در زمینه پروژه های UCG در تعدادی از کشورهای دیگردر دهه گذشته انجام شده است که از آن جمله میتوان به فعالیتهای انجام شده در هند (مطالعات امکان سنجی)، چین (تولید مقداری گاز)، تایلند(مطالعات امکان سنجی) و نیوزیلند(تعداد محدودی آزمایشهای کارگاهی) اشاره نمود. هیچیک از موارد فوق به تولید تجاری نرسیده و همگی پیشنهاد این جمله را میدهند" **در انتظار مشاهده پروژه موفق باید ماند** " تا پروژه ای موفق در سایز و اندازه قابل ملاحظه بعنوان پیشرو این تکنولوژی معرفی شود

فرصت بکار گیری تکنولوژی UCG در استرالیا

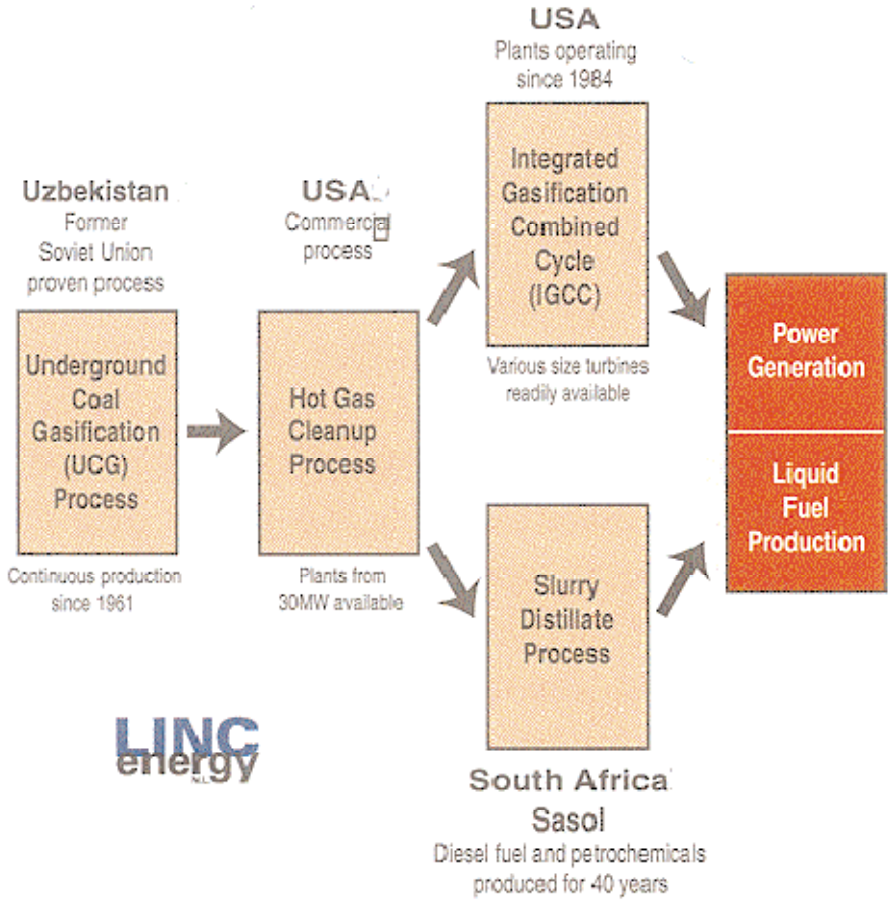
پروفسور Ian Stewart از دانشگاه نیوکاسل سالهای متمادی از بسط و بکارگیری تکنولوژی UCG حمایت نمود و این حمایت در گزارش دولت مشترک المنافع در سال ۱۹۸۴ با عنوان **"تبدیل برجای زغالسنگ به گاز برای استرالیا"** به اوج خود میرسد ، در این گزارش پروفسور استورات اشاره میکند که تکنولوژی UCG تکنولوژی تازه ای است که توسعه و راه اندازی آن میتواند با کمترین هزینه سوخت مصنوعی استرالیا را تامین نماید و همچنین روش اجرایی سازی این تکنولوژی را میتوان صادر نمود .

در سال ۱۹۸۳ یک مطالعه امکان سنجی برای وزارت معدن و انرژی استرالیای جنوبی با موضوع تولید UCG از نهشته های زغالسنگی Leigh Creek و استفاده از آن برای تولید برق صورت پذیرفت. نتیجه گزارش تهیه شده اشاره به این دارد که چنین پروژه ای از نظر هزینه ای قابلیت رقابت با دیگر منابع انرژی را خواهد داشت ولی این موضوع پیگیری نشد. با نزدیک شدن سال ۲۰۰۰ تمایلاتی از سوی صنایع استرالیا مبنی بر رسیدن زمان برداشتن آخرین قدمهای پیشرفت این تکنولوژی بروز نمود. خصوصی سازی صنایع انرژی و تشکیل بازاری آزاد برای تجارت برق ، تولید کنندگان برق راملزم به افزایش بازدهی نیروگاه ها و پایین نگه داشتن قیمت سوخت نمود. تهدید مالیات کربن و سیستمهای تشویقی درجهت کاهش گازهای گلخانه ای منتشرشده نیز تاکید بیشتری بر استفاده بهینه تر از زغالسنگ بعنوان منبع انرژی می نماید.

در حالی که گاز طبیعی پاسخ بسیاری محدودیت های اشاره شده را در بر دارد ، قیمت بالای آن در مقایسه با زغالسنگ وهمچنین محدودیت منابع گازی غیر قابل اغماض می باشد. گاز تولید شده در فرایند UCG بطور منحصر بفردی هزینه کم سوخت را از زغالسنگ وکارایی بالای استفاده از گاز طبیعی در نیروگاه ها را ازگاز طبیعی به ارث برده و بصورت یکجا ارائه می دهد. ذخیره های عظیمی در استرالیا وجود دارد که میتوان از این روش در استحصال این ذخیره ها استفاده نمود ضمناً منافع زیست محیطی دیگری نیز در استفاده از زغالسنگ بعنوان سوخت نیروگاه ها وجود دارد. از طرفی دیگر تمایل احیاء شده در جهت استفاده از سوختهای مصنوعی و ازبین رفتن تدریجی خودکفایی در منابع نفتی دلایل متعددی جهت ارزیابی مجدد آینده تجاری فرایند UCG ارائه می دهد.

ریسکهای فنی در تجاری سازی فرایند UCG

شکل شماره ۳ فازهای توسعه فرایند UCG در دو حالت استفاده از گاز حاصله بعنوان سوخت مصنوعی و یا تولید برق را به نمایش می گذارد. فرایند تولید گاز براساس مقیاس تجاری بکار گرفته شده در سایت Angren کشور ازبکستان بنا نهاده شده است.



شکل ۳ – مراحل عملی پروژه های UCG

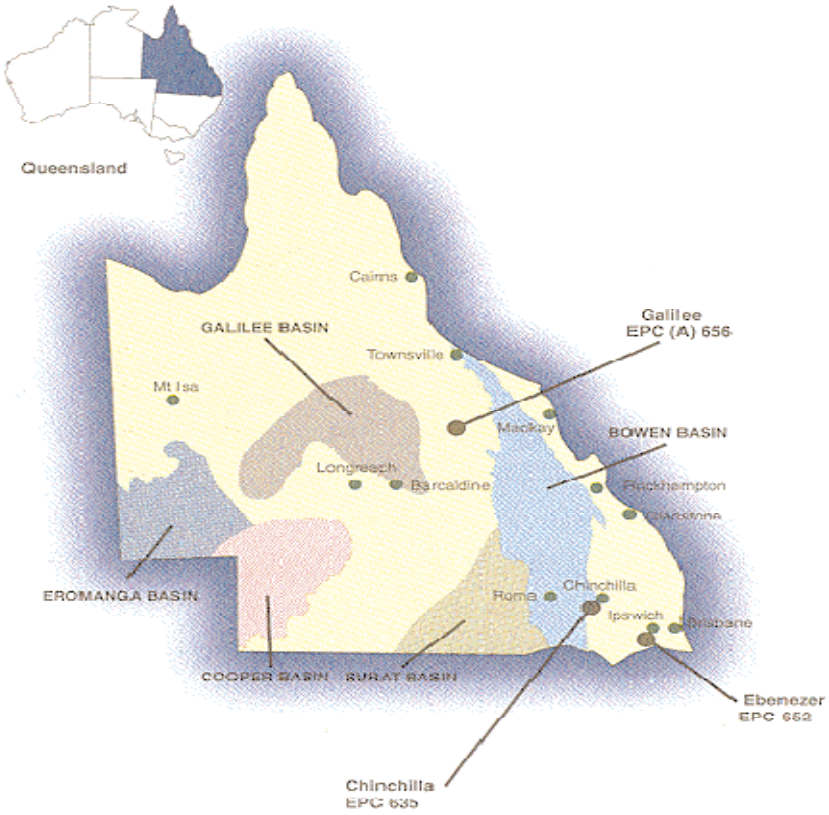
در شرکتهای متعددی در ایالات متحده فرآیندهایی به منظور پاکسازی گاز برای استفاده های بعدی ارائه شده است، با استفاده از این فرایند(پاکسازی) گاز تولید شده را میتوان در توربینهای گازی و یا کارخانه Tropsch برای تولید سوخت دیزیل بکار گرفت. این استفاده های نهای از گاز حاصل از سوزاندن زغالسنگ سالهای متمادی برای تولید گاز به روش مشابه با کمک تاسیسات سطحی بکار گرفته شده است .

با توجه به اطلاعات ارائه شده در بالا به نظر میرسد ریسک اصلی که بسط و بکارگیری روش UCG در استرالیا را تهدید میکند، بقای اقتصادی می باشد، که این مبحث وقتی داده های دریافت شده از پروژه های انجام یافته در ایالات متحده تفسیری خلاف نتایج بدست آمده از مطالعات انجام شده دراتحادیه جماهیر شوروی بدست میدهد ، موضوع مناظره قرار می گیرد. این موضوع بعنوان جوهره اصلی ارزیابی پتانسیل استفاده ازفرایند UCG در استرالیا قرار گرفته است .

برنامه پیشنهادی :

شرکت Linc Energy درسال ۱۹۹۶ به منظور تجاری سازی فرایند UCG در استرالیا تاسیس شد. دیدگاه اصلی درتاسیس این شرکت بر این مبنا می باشد که " **اگر نیازمند پیشرفت سریع در بسط و توسعه این روش می باشیم،**

نباید از تجربه طولانی شوروی در تولید گاز چشم پوشی کنیم!" ازینرو این شرکت با عاملین شرکت Angren UCG در ازبکستان مشارکتی را تاسیس نمود که طی این مشارکت امکان بکارگیری تجارب و مهارتهای آن شرکت در استرالیا محیا شود. ابتدا پروژه هایی مانند نیروگاه کوینزلند با توجه به فراوانی زغالسنگ در ایالت (استان) و تعادل نسبی بین عرضه و تقاضای برق شناسایی شدند . موضوع این مشارکت، یک سرمایه گذاری مشترک با CS Energy که یکی از بزرگترین تولید کنندگان برق ایالت می باشدکه به منظور تولید گاز UCG برای مصارف صنعتی از جمله نیروی برق شکل گرفت . تخمینهای اولیه هزینه های تولید به منظور تایید بسط و بکارگیری پروژه در مقیاس تجاری ارائه شد. شکل شماره ۴ حوزه های زغالی کوینزلند و نواحی تحت اجاره یا کاربرد شرکت Linc Energy را نمایش میدهد.



شکل ۴- حوزه های زغالسنگی کوینزلند و نواحی در اختیار شرکت Linc Energy

دو ناحیه اجاره ای در قسمت جنوب شرقی ایالت واقع می باشند که بیشترین تقاضای نیروی برق را دارند . به محض اینکه پروژه در این ایالت تکمیل شود، محدوده اجاره شده در حوز Galilee امکان کاربری به منظور تولید گاز با مقیاس بالا خواهد داشت .

مشارکت سرمایه گذاری "Linc Energy با CS Energy" یک برنامه بسط و کاربرد مرحله ای (فازبندی شده) زغالسنگ محدوده ای در نزدیکی Chinchilla در فاصله حدود ۳۰۰ کیلومتری بریزبین Brisbane را آغاز کرده

و در نظر دارد در نظر دارد در اوائل سال آتی کارخانه بازیابی گاز احداث نماید. به محض درک موفقیت ، برنامه های آتی کاربری روش UCG اجراء خواهند شد. این مشارکت سرمایه ای برپایه این مفهوم بنا شده است که اگر یک فرایند UCG در قالب یک برنامه دقیق و مدیریت شده ارائه شود، میتواند جای خود را در بازار تامین سوخت بین المللی باز کند.

نتیجه گیری :

تلاشهای انجام گرفته در جهت بسط و کاربردی سازی فرایند UCG در ۲۰ سال گذشته در غرب عمدتاً بر روی بهبود تکنولوژی بکار رفته و در قالب پژوهشی صورت گرفته است . این موضوع به همراه مشکلات مربوط به فرایندهای زیر زمینی ، میتواند توجیه نماید که چرا جدیداً صنایع درگیر، تجاری سازی این تکنولوژی را با آغوش باز پذیرفته است. مشارکت سرمایه گذاری مشترک "Linc Energy و CS Energy " در نظر دارند که به منبع اصلی تجارب تولید که سادگی و تکنیکهای اثبات شده را دربر دارد مراجعه نموده و این خلاء علمی را پر کنند.

اگر برنامه جاری تجاری سازی فرایند UCG با موفقیت همراه شود ، زغالسنگ، منبع عظیمی از انرژی برای استفاده صنایع در استرالیا با قابلیت رقابت از نظر قیمت و البته منافع زیقیمت زیست محیطی معرفی خواهدنمود.

فرصتهای بکارگیری گاز در صنایع پایین دستی بسیار بودهوهمچنین پتانسیل تولید درآمد صادراتی نیز دارد. اگرچه فرایند UCG یک تکنولوژی کاملا قدیمی بحساب می آید، زمان پذیرش و بکار گیری آن فرارسیده است.

عنوان مقاله :

Underground Coal Gasification: A Clean Coal Technology Ready for Development

Dr Len Walker is managing director of Linc Energy.
Tel: ٦١ ٣ ٩٦٤٠ ٠٣٥٥
email: linc@enternet, com.au

ترجمه توسط :

داریوش نیکزاد

کارشناس خبره معادن غیر فلزی – ایمیدرو