



**Здружение на рударски и геолошки инженери  
на Република Македонија**

**седмо стручно советување  
со меѓународно учество**

# **ПОДЕКС - ПОВЕКС '14**

**14 -15.Ноември.2014 година**

**Радовиш**



**ЗБОРНИК  
НА  
ТРУДОВИ**

**ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА  
ЕКСПЛОАТАЦИЈА  
НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

# INDO MINERALS AND METALS



## рудник ЗЛЕТОВО ПРОБИШТИП

тел./факс:

032/481-978

032/480-970

032/481-090 (Добрево)

## рудник ТОРАНИЦА КРИВА ПАЛАНКА

тел./факс:

031/372-677

031/372-399

ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ОЛОВНО - ЦИНКОВНА РУДА  
СО ФЛОТАЦИЈА



**ЗРГИМ**

**VII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ СО  
МЕЃУНАРОДНО УЧЕСТВО**

**ПОДЕКС – ПОВЕКС '14**

**14 – 15. 11. 2014 година  
Радовиш**

**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА  
ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

**ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ**

Зборник на трудови:

**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

Издавач:

**Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија**

Главен и одговорен уредник:

**Проф. д-р Зоран Десподов**

**Проф. д-р Ристо Дамбов**

За издавачот:

**Горан Сарафимов, дипл.руд.инж.**

Техничка подготовка:

**Асс. м-р Стојанче Мијалковски**

**Асс. м-р Радмила Каранаква Стефановска**

**Марјан Петров**

Изработка на насловна страна:

**м-р Ванчо Ациски**

Печатница:

**Калиографос, Штип**

Година:

**2014**

Тираж:

**130 примероци**

CIP - Каталогизација во публикација  
Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

622.22/23:622.3(062)

СТРУЧНО советување со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'14 (7 ; 2014 ; Радовиш)

Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини : зборник на трудови / VII стручно советување со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'14 14-15.11.2014 година Радовиш ; [главен и одговорен уредник Зоран Десподов, Ристо Дамбов]. - Скопје : Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија, 2014. - 328 стр. : илустр. ; 30 см

Abstracts кон трудовите. - Библиографија кон трудовите

ISBN 978-608-65530-3-6

***Сите права и одговорности за одпечатените трудови ги задржуваат авторите. Не е дозволено ниту еден дел од оваа книга биде репродуциран, снимен или фотографирани без дозвола на авторите и издавачот.***



#### ОРГАНИЗАТОР:

ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ  
ИНЖЕНЕРИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА



#### КООРГАНИЗАТОР:

УНИВЕРЗИТЕТ “ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” - ШТИП  
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ  
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО

#### НАУЧЕН ОДБОР:

Проф. д-р **Зоран Десподов**, УГД, ФПТН, Штип, Проф. д-р **Ристо Дамбов**, УГД, ФПТН, Штип, Проф. д-р **Зоран Панов**, УГД, ФПТН, Штип, Проф. д-р **Дејан Мираковски**, УГД, ФПТН, Штип, Проф. д-р **Тодор Делипетров**, УГД, ФПТН, Штип, Проф. д-р **Благој Голомеов**, УГД, ФПТН, Штип, Доц. д-р **Горан Мијоски**, УКИМ, ГФ, Скопје, Проф. д-р **Милош Грујиќ**, Институт за испитување на материјали, Белград, Србија, Проф. д-р **Петар Даскалов**, Научно – технички сојуз за рударство, геологија и металургија, Софија, Бугарија.

#### ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР:

Претседател: **Николајчо Николов**, Рудник за бакар “Бучим”, Радовиш.

Потпретседатели: Проф. д-р **Зоран Десподов**, УГД, ФПТН, Штип.  
Проф. д-р **Ристо Дамбов**, УГД, ФПТН, Штип.

Генерален секретар: **Горан Сарафимов**, ЗРГИМ, Кавадарци

#### Членови:

Проф. д-р **Зоран Панов**, УГД, ФПТН, Штип, Проф. д-р **Дејан Мираковски**, УГД, ФПТН, Штип, Асс. м-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип, **Љупчо Трајковски**, ЗРГИМ, Кавадарци, **Зоран Костоски**, Мраморбјанко, Прилеп, м-р **Горан Стојкоски**, Рудник “Бела Пола”, Прилеп, **Драган Насевски**, ГИМ, Скопје, **Миле Стефанов**, Рудник “Бањани”, Скопје, Проф. д-р **Борис Крстев**, УГД, ФПТН, Штип, м-р **Благоја Георгиевски**, АД ЕЛЕМ, РЕК Битола, ПЕ Рудници, Битола, **Драган Димитровски**, Државен инспекторат за техничка инспекција, Скопје, Асс. м-р **Радмила Каранакова Стефановска**, УГД, ФПТН, Штип, **Марија Петровска**, Стопанска Комора, Скопје, Доц. д-р **Николинка Донева**, УГД, ФПТН, Штип, Проф. д-р **Мирјана Голомеова**, УГД, ФПТН, Штип, м-р **Борче Гоцевски**, Рудник “САСА”, М. Каменица, **Чедо Ристовски**, Рудник “САСА”, М. Каменица, **Миле Пејчиновски**, ИММ Рудник “Тораница”, К. Паланка, **Мише Кацарски**, ИММ Рудник “Злетово”, Пробиштип, м-р **Кирчо Минов**, Рудник “Бучим”, Радовиш, м-р **Сашо Јовчевски**, ЗРГИМ, Кавадарци, м-р **Костадин Јованов**, Министерство за економија, Скопје, **Живко Калевски**, Рудник “Осломеј”, Кичево, м-р **Трајче Бошевски**, Рудпроект, Скопје, Доц. д-р **Ристо Поповски**, УГД, ФПТН, Штип, Доц. д-р **Марија Хаџи-Николова**, УГД, ФПТН, Штип, Асс. м-р **Афродита Зенделска**, УГД, ФПТН, Штип.

**VII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:**  
**“ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА**  
**НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ”**  
**- со меѓународно учество –**

---

**14 Ноември 2014**, Радовиш  
Република Македонија

**ОРГАНИЗАТОР:**

ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ ИНЖЕНЕРИ  
НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

**КООРГАНИЗАТОР:**

УНИВЕРЗИТЕТ “ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” – ШТИП  
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО

**ГЛАВЕН СПОНЗОР:**

- РУДНИК ЗА БАКАР “БУЧИМ”, Радовиш.

**ТРАДИЦИОНАЛНИ СПОНЗОРИ**

- РУДНИК ЗА ОЛОВО И ЦИНК “САСА”, Македонска Каменица;  
- INDO MINERALS AND METALS, Пробиштип;



**ЗРГИМ**  
Здружение на  
рударски и  
геолошки инженери  
на Македонија

**VII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:**  
Технологија на подземна и површинска експлоатација на  
минерални сировини

**ПОДЕКС – ПОВЕКС '14**

Радовиш  
14–15.11.2014 год.

## **РАСПРОСТРАНЕТОСТ НА ПОДЗЕМНАТА ГАСИФИКАЦИЈА НА ЈАГЛЕНИ ВО СВЕТОТ**

### **WORLDWIDE UNDERGROUND COAL GASIFICATION**

**Радмила Каранакова Стефановска<sup>1</sup>, Зоран Панов<sup>1</sup>, Ристо Поповски<sup>1</sup>**  
<sup>1</sup>УГД, ФПТН, Институт за рударство, Штип

**Апстракт:** Подземната гасификација на јагленот (ПГЈ) е ветувачка опција за идната употреба на не обработениот јаглен. Гасификацијата на јагленот е уште еден вид на технологија за добивање на чист јаглен кој што го заобиколува конвенционалниот процес на експлоатација на јагленот со претварање на јагленот во гас. Има над 50 пробни или пилот операции на ПГЈ насекаде низ светот.

**Клучни зборови:** Подземна експлоатација на јаглени, Syngas, распространетост, CCS

**Abstract:** Underground coal gasification (UCG) is a promising option for the future use of coal that is not processed. Underground coal gasification is one kind of the technology to produce clean coal, which evades the conventional process of coal exploitation and converts coal into gas. There are over 50 samples or pilot operations of the Underground coal gasification all over the world.

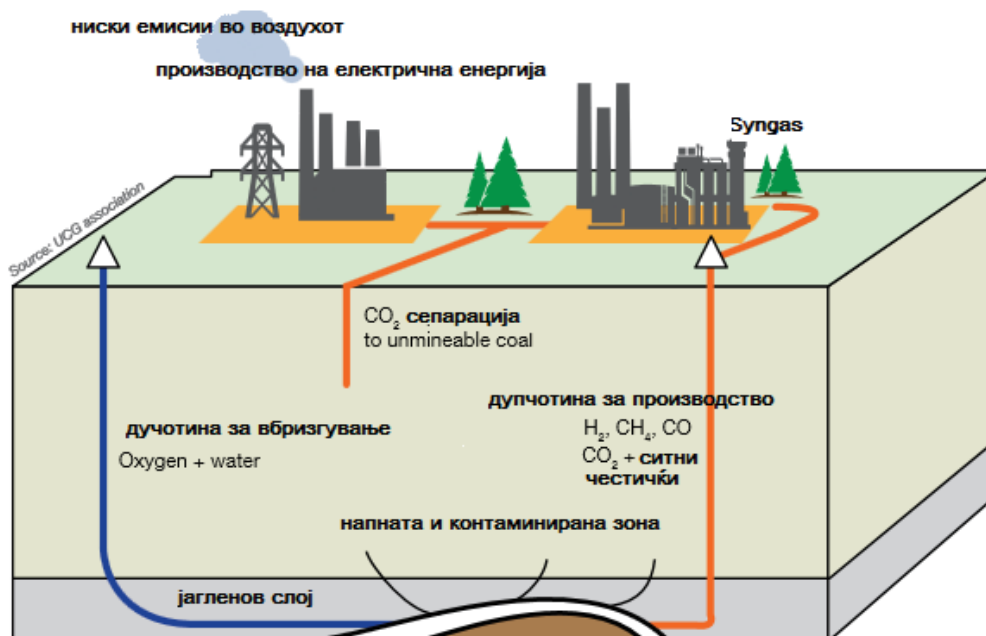
**Key words:** Underground coal gasification, Syngas, worldwide, CCS

#### **ВОВЕД**

Фосилните горива, особено јагленот ќе продолжи да биде главен извор на енергија уште многу децении- се предвидува неговата побарувачка да се зголеми за 20% меѓу 2008 до 2035 год и покрај тековниот тренд за обновливите извори на енергија. Меѓутоа, јагленот е еден од примарните загадувачи на животната средина и неговата употреба предизвикува зголемување на концентрацијата на CO<sub>2</sub> во атмосферата. Многу од светските наоѓалишта на јаглен се многу длабоки за експлоатација со конвенционалните методи (површинска и подземна експлоатација). Подземната гасификација на јаглени (UCG- Underground Coal Gasification) овозможува пристап до јагленовите наоѓалишта кои би во спротивно останале неискористени. ПГЈ е технологија на лице место, да се зачува горивото или сировинската вредност на јагленот кој што не е економски достапен преку конвенционалните технологии за зачувување. На тоа се гледа како на важен начин за искористување на ниско рангираните јаглени и оние кои не се експлоатираат. Сепак, и покрај концептот да се биде релативно едноставен, во пракса и не е така лесно.

## 1. ЕДНОСТАВЕН КОНЦЕПТ

Кон ПГЈ се има пристапено на многу различни начини. Старата техника на гасификација на јагленот на лице место била со изработка на две вертикално издупчени дупчотини една дупчотина за вбригување и за производство. Процесот се состои од три чекори. Во првиот чекор се дупчат дупчотини за вбригување и за производство од површината до слоевите со јаглен и високо водопропуслив пат е направен помеѓу двете дупчотини. Пред чекорот за гасификација направен е пат за поврзување на вбригувањето и производството. За време на процесот низ дупчотината за вбригување се инјектираат агенси како што се воздух, кислород збогатен со воздух или кислород со пареа) при што се создава реакција помеѓу јагленот и инјектираниот гас која создава мешавина на гасови позната како SYNGAS, што може да се искористи како гориво или како хемиска суровина. Основните состојки на сингас од ПГЈ се  $H_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ , и  $H_2S$ . Подземната гасификација на јаглен како процес го има потенцијалот да биде поврзан со процесот на задржување и конфискување на јаглеродот (Carbon Capture Storage).



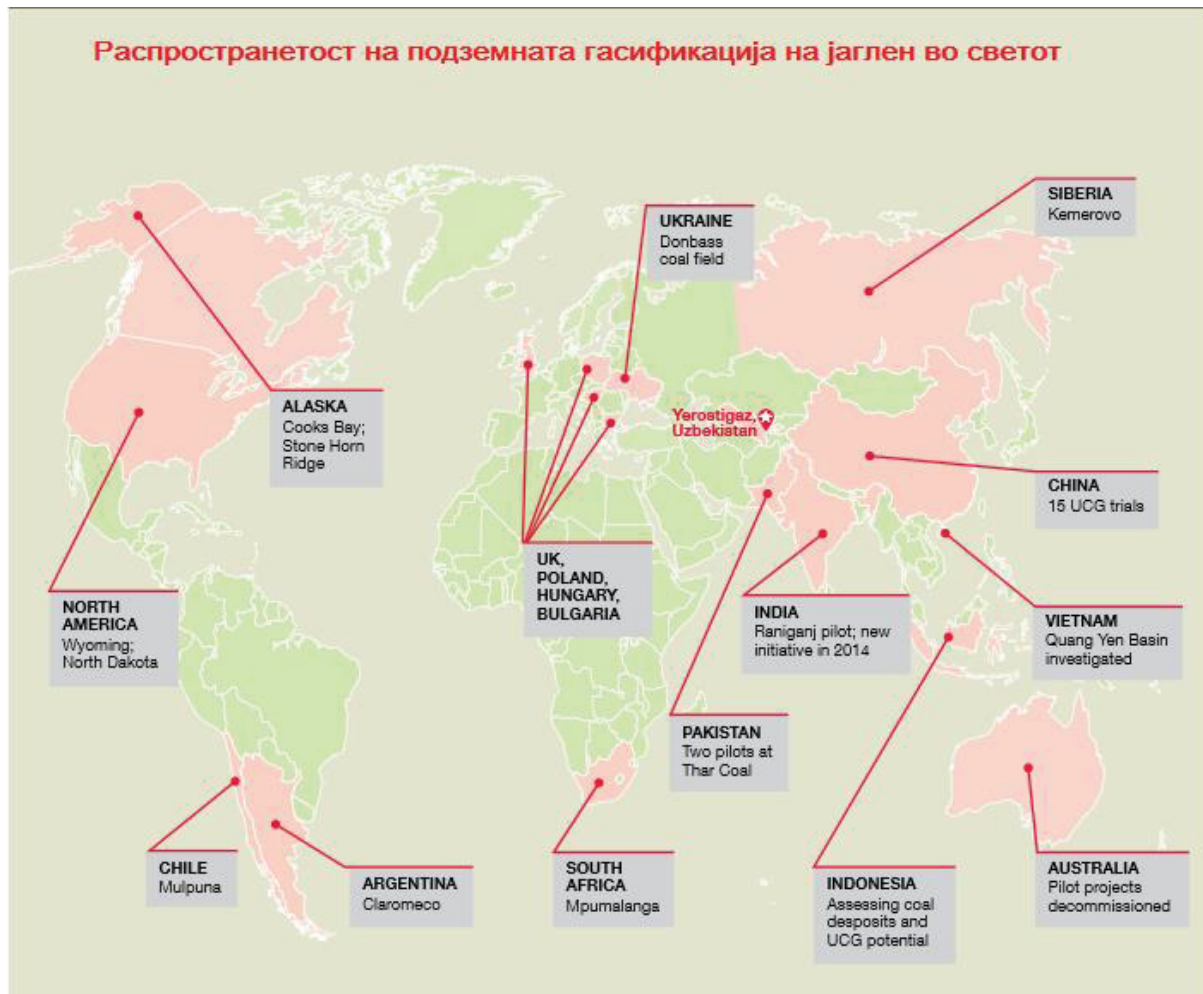
Слика 1. Шематски приказ на процесот на Подземна гасификација на јаглен

## 2. ПРАКТИЧНОСТ НА ПОДЗЕМНАТА ГАСИФИКАЦИЈА НА ЈАГЛЕН

Концептот за Подземната гасификација на јаглен е многу едноставен но развојот на системот за работа во пракса се докажал како многу тежок и комплициран. Како главни проблеми се покажале прецизноста на дупчењето во слоевите, контролирање на реакцијата внатре во слојот како и производството на постојан и високо квалитетен гас. Значајни експерименти не можат да бидат направени во лабораторија, па испитувањата мора да се прават по пилот проект, кој е скап и одзема многу време. Обично се потребни повеќе проценки за истражување на лице место, економски студии и безбедност за да се убедат финансиските институции, дозволувајќи властите и инвеститорите да ги подржуваат комерцијалните проекти. Бидејќи повеќето постоечки проекти на ПГЈ и истражувања се направени во различни држави и региони, конвентирањето на стекнатото знаење во комерцијална практика и споделување на искуства значително би ја зголемила економската остварливост на ПГЈ. Неколку моментално ја разгледуваат ПГЈ во однос на конвенционалната експлоатација на



јаглен каде јагленот може да се извади економично со користење на веќе докажани методи.



Слика 2. Распространетост на Подземната гасификација на јаглен

## 2.1. Глобална слика

Австралија, Европа, Канада и од неодамна Јужна Африка го водат развојот на технологијата за Подземната гасификација на јаглен уште од 2000 година. Австралиската Компанија Linc Energy денес ги поседува единствените комерцијални постројки за Подземна гасификација на јаглен во светот, во Yeroztigaz во Узбекистан континуирано се произведува сингас од 1 милион  $m^3/dnevno$  уште од 1961 год., додека во Австралија во рудникот Чинчила се конструирани постројки за претворање на сингасот во течност (gas to liquid production). Други компании како на пример Carbon Energy и Sougar се обиделе да создадат нивни проекти на ПГЈ но на сите проекти во Квинсланд моментално им се повлекува овластувањето. Иднината на комерцијалноста на ПГЈ во Квинсланд ќе зависи од задоволителноста на затворање и реставрација на пилот тестовите, и одобрување на дел по дел од процесите на околната средина. Solid Energy во Нов Зеланд направил пилот тестирање на ПГЈ во Huntly West во февруари 2012, но проектот бил затворен и комерцијалната фабрика суспендирана поради внатрешни финансиски причини. Како и да е, некаков прогрес имало во Азија, поточно во Кина. Кина има направено околу 15 проби за ПГЈ до денес. Групацијата ЕЕН која е дел од Hebei основана Групација XinAo, блиску соработува со компании од Узбекистан, САД, Австралија, Јужна Африка и ЕУ со цел за користење на сингасот од ПГЈ за хемиско производство. Во 2011 година, 1,5 билиони американски

долари биле вложени за комерцијално партнерство помеѓу Велика Британија и Кина за гасифицирање на 6 милиони t/god закопан јаглен во Yi He јагленова област во Внатрешна Монголија за производство на 1000 MW енергија. Покрај тоа, австралиската Carbon Energy има договор за технолошка дозвола со Shanxi Coal за да ја комерцијализира нивната патентирана “keyseam” технологија за ПГЈ во Провинцијата Shanxi, додека Индија започнала со пилот проект на ПГЈ во Raniganj јаглената област во 2005 која ја достигнала фазата на истражно дупчење на дупчотини. Неколку обиди се направени во Индија за започнување на комерцијализирана ПГЈ во определени блокови на ПГЈ, и е планирана нова иницијатива во 2014. Во 2010, во Пакистан е започнат проектот за ПГЈ во Thar Coal рудникот, со цел да направи две пилот електрани од 5 MW да произведуват 8000 MW до 2015. Индонезија има утврдено јагленови наоѓалишта и можности за развој на проект за ПГЈ во една од областите во Јужна Суматра, и две други области во Источен Калимантан. Компанијата Duong Do во Виетнам соработува со Gazprom за да ја истражи можноста за ПГЈ во Quang Yen Басенот.

Во меѓувреме, назад на запад во САД и Канада со декади биле спроведувани теренски испитувања и моделирања за ПГЈ и во индустријата и во претпријатијата за истражување. САД го превземал комерцијалниот развој на ПГЈ во Вајоминг, Кукс беј Аљаска и Северна Дакота. Водечкиот проект во Вајоминг воден повторно од Linc Energy е близу до добивање на дозвола за пилот тестирање. Канадската компанија Laurus Energy планира да развие проект на ПГЈ во Stone Horn Ridge близу до реката Белуга во јужна Аљаска. Проектот ќе биде дизајниран и развиен со способност за задржување и складирање на јаглерод. Мометално, Swan Hills Synfuels со Synergia Polygen успешно завршиле ПГЈ испитување на 1400 м и бараат финансиска помош за комерцијализирање на проектот. Во Европа еден важен и неодамнешен проект превземен од GIG во Полска е водородно ориентирана подземна гасификација на јаглен за Европа (или „HUGE“) проект (2007-2010), и неговиот наследник HUGE2 (2012-2015) финансиран од Фондот за истражување на јаглен и челик (Research Fund for Coal and Steel) и донесувајќи соработувачки партнери од седум земји членки. Во Унгарија, Wildhorse Energy го завршила истражувањето за пред-остварливост за проектот на ПГЈ во Mecsek hills ( во 2012), кои заклучиле дека проектот е атрактивен и економски и технички. Проектот моментално е во фазата за рентабилност. Red Mountain Energy во Русија започнала проект за ПГЈ во регионот Кремерово во Сиберија во 2011, и е моментално во фазата за рентабилност. Првично сингасот од ПГЈ ќе биде искористен за производство на електрична енергија за локален град. Украина продолжила да работи на ПГЈ и локациите во Донските јаглените области кои повторно се проценуваат.



**Слика 3.** Украинските Донски јагленови басени кои се истражуваат и оценуваат за пилот тестови

Велика Британија има големи резерви на јаглен и на копно и во вода во Северното Море. Иницијатива за ПГЈ (2000-2005) водена од UK Coal Authority и подржана од тогашниот Британски Оддел за трговија и индустрија (ОТИ) кои ја истражувале остварливоста на ПГЈ во Велика Британија. Главниот заклучок бил дека ПГЈ првично треба да се гледа како близу и вливот на технологија и локација биле идентификувани во Firth of Forth како можна пробна локација. Од 2008 повеќе од 20 лиценци биле издадени за истражување на ПГЈ на локации во вода. Главните играчи се Clean Coal (Swansea, Cromer, Humberside, Canonbie и Sunderland), BCG (Firth of Forth), Five quarters (Newcastle) и владата на Велс (N Wales, Irish Sea). Cluff Natural Resources од неодамна се приклучиле кон напорите, со дозволи за истражување и пет локации во вода во Шкотска, Велс и Камбрија во Англија. Во 2007 Eskom овластил пилот фабрика за ПГЈ (3 MW) веднаш до Majuba електраната во Mpumalanga во Јужна Африка и во 2010 произведениот сингас бил искористен за коопуштање на јаглен во електраната. Одтогаш Eskom ги здружил силите со Sasol во развојниот проект ZAR1 bn (САД\$92m). Во Јужна Америка, во јуни 2013, Carbon Energy потпишале меморандум за разбирање (MP) со групацијата Delmo за да обезбедат технологија за ПГЈ и соодветни услуги за комерцијални размери на ПГЈ во јаглениот залив Claromoco во Аргентина. Претходно Carbon Energy најавил заеднички проект со Antofagasta Minerals во Мулпуна во Чиле. Студиите за пред одобрување за производство на електрична енергија биле завршени, и проектот цели кон снабдување на минимум 250 MW електрана.

### **3. ПГЈ ВО КОМБИНАЦИЈА СО CCS**

ПГЈ кога е комбинирана со задржување и складирање на јаглеродот (CCS) има потенцијал да ја обезбеди потребната енергија без зголемување на стаклените гасови и други штетни емисии. Сингасот може да биде процесираен да го отстрани делумно или целосно CO<sub>2</sub> пред да стигне до крајните корисници (индустриско греење и електрична енергија), со што се обезбедува извор на чиста енергија со намалување на емисиите на стаклениот гас. Во денешниот свет управувањето со јаглеродот и контролирањето на CO<sub>2</sub> емисиите се најверојатно да станат субјекти кои би можеле да ја утврдат иднината на индивидуалниот развој на ПГЈ. Како и да е, комбинирањето на ПГЈ со CCS сеуште е под истражување и досега не се направени никакви пробни проекти.

### **4. ПРЕДИЗВИЦИ ВО ИДНИНАТА**

Иако во некои држави веќе се формирале полиси за дозволи на ПГЈ (пр. Австралија, Велика Британија, Канада, Нов Зеланд и САД), недостатокот од специфични одредби во други држави може да покаже негативен прогрес. Предизвикот да се осигура комерцијалната издржливост на технологијата за ПГЈ е значајна, но овие пречки можат да се надминат со имплементирање на правилните полиси и аргументи за да се убеди јавноста. Додека владината подршка за технологијата е потребна за производство на веродостојно техничко знаење и база на експертиза, повеќе проекти мора да бидат имплементирани за тестирање на можни пристапи кон ПГЈ. Покрај тоа, некои комерцијални обласни проекти можат да послужат како можни локации за развој и тест мониторинг, симулација, напредни техники на дупчење и пристапи за потврдување на одржливоста на животната средина на ПГЈ. Соработувањето и споделувањето на експертизите и знаењето помеѓу проекти и влади е од главно значење за комерцијализација и развој на индустријата на ПГЈ. Државите со најголем интерес и најактивни програми во ПГЈ се: Кина, Индија, Јужна Африка, САД, Канада, Австралија и некои земји членки на ЕУ. Кина, Јужна Африка и Канада можеби се земјите кои се најблизу до комерцијализирање надвор од ЕУ.



**Слика 4.** Конвенционална метода за експлоатација на јаглен

Внатре во ЕУ, земјите кои покажуваат најмногу прогрес се Полска, Унгарија и Велика Британија. Европската унија ги подржала работите во Бугарија и Полска, и неодамнешната FP7 студија на ПГЈ и CCS која ја нуди можноста за производство на низок јаглерод по конкурентна цена. Иако поголемиот број од влијанијата на животната средина од ПГЈ се позитивни, како значителното намалување на оштетувањето на површината и празнењето на цврстиот отпад како и емисиите на сулфур диоксид ( $\text{SO}_2$ ) и азот оксид ( $\text{NO}_x$ ), постојат и некои загрижувања за животната средина поврзани со ПГЈ, на пример загадувањето на водопропустливите слоеви. Органски и честопати отровни материјали (како фенол) остануваат во подземните слоеви после гасификацијата и поради тоа веројатно е да протечат во подземните води. Како и да е, некое истражување покажало дека траењето на таквата супстанца во водата е кратко и дека подземната вода се обновува за неколку години. Со ригорозни процедури на селекција на локации во однос на хидролошки услови може да се намали ризикот од загадување на подземните води. Модерната ПГЈ е нова индустрија за публиката и медиумите. Јавното прифаќање на оваа зелена технологија ќе зависи од повеќе успешни истражувања и проби за да се демонстрира нејзината предност финансиски и со влијание врз животната средина над традиционалните рударски методи.

## 5. ЗАКЛУЧОК

Подземната гасификација на јаглени во светот е доста застапена, овозможува и дава шанси за одредена доза на енергетски оптимизам на оние кои и посветуваат внимание и вложуваат во нејзиниот развој. Со сето ова, секој допринос и активирање во освојувањето на технологијата на подземна гасификација на јаглени е добредојдено ако мислиме на подобра енергетска иднина.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Yang, D, Sheng, Y and Green, M (2014) UCG: Where in the world? TCE The Chemical Engineer (872), 38-41, ISSN 0302-0797
2. Burton, E., Friedman, J., Upadhye, R., Best Practices in Underground Coal Gasification, Lawrence Livermore National Laboratory, 2011
3. UCG Engineering, Ltd., 2006, Underground Coal Gasification: Basic Concepts. <http://www.coal-ucg.com/concept2.html>