



ЗРГИМ
Здружение на
рударски и
геолошки инженери
на Р. Македонија

X^{TO} СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:
Технологија на подземна и површинска експлоатација на
минерални сировини

ПОДЕКС – ПОВЕКС '17

Охрид
03 – 05. 11. 2017 год.

ТЕХНО-ЕКОНОМСКИ И ЕКОЛОШКИ ПРЕДНОСТИ НА НЕКОНВЕНЦИОНАЛНИ МЕТОДИ ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ЈАГЛЕНИ

**Радмила Каранакова Стефановска¹, Зоран Панов¹,
Ристо Дамбов¹, Ристо Поповски¹**

¹Универзитет “Гоце Делчев”, Факултет за природни и технички науки,
Штип, Македонија

Апстракт: Со оглед на квантитетот и квалитетот на достапните ресурси, особено неопходноста за рационално искористување на примарните енергентски ресурси ние сме во ситуација да освоиме нови технологии на експлоатација на вонбилансни а во поединечни случаи и билансни резерви на јаглен.

Ниту еден ресурс, обновлив или необновлив, не може да ги исполни побарувачката на енергија и одржливоста на животната средина без некаков компромис.

Потребно е сите ресурси да се развиваат со акцент на развој на технологии кои можат да произведат енергија од овие извори на економски и еколошки начин без отфрлување на било која опција. Конкретно станува збор на Подземната гасификација на јаглен.

Ова значи дека со подземната гасификација на јаглен се обезбедува поголема искористеност на јагленовите резерви, намалување на експлоатационите трошоци посебно во фазата на дупчење, минирање и транспорт на јагленот.

Клучни зборови: подземна гасификација, јаглен, технологија, екологија, економски предности.

TECHNO-ECONOMIC AND ECOLOGICAL ADVANTAGES OF UNCONVENTIONAL METHODS FOR COAL EXPLOITATION

**Radmila Karanakova Stefanovska¹, Zoran Panov¹,
Risto Dambov¹, Risto Popovski¹**

¹University Goce Delcev, Faculty of natural and technical sciences, Stip, Macedonia

Abstract: Considering the quantity and quality of the available resources, especially the necessity for rational utilization of the primary energy resources, we are in a position to won new technologies for exploitation of unbalance and in individual cases balance reserves of coal. No resource, renewable or non-renewable, can meet the demand for energy and environmental sustainability without some compromise. All resources need to be developed with the emphasis on the development of technologies that can generate energy from these sources in an economically and environmentally friendly manner without the rejection of any option. In particular, it is a matter of underground gasification of coal. This means that the underground gasification of coal provides greater utilization of coal reserves, reduction of exploitation costs, especially in the phase of drilling, mining and transport of coal.

Key Words: *underground gasification, coal, technology, ecology, economic advantages.*

1. ВОБЕД

Најголемиот дел од електричната енергија што денес се користи, се добива од согорувањето на фосилните горива и целокупниот модерен напредок е развиен врз основа на ефтината фосилна енергија од јагленот, нафтата и природниот гас. Експлоатацијата на јагленот како важна енергетска минерална суровина се врши со основните конвенционални технологии како што се површинска и подземна. Слоевите кои се близу до површината на длабочина помалку од 300 метри вообичаено е да се откопуваат со површинска експлоатација. Во некои случаи и со поголема длабочина на слоевите, јагленот ќе се откопува со површинска експлоатација посебно кога дебелината на слојот е поголема од 30-40m. Површинската експлоатација се изведува со отстранување на површинската вегетација, површинските слоеви на јаловина, за да се дојде до корисната минерална суровина. Површинската експлоатација на јаглен директно зависи од отстранувањето на јаловинските маси над јагленовите слоеви т.н. откривка. Застапеноста на површинската експлоатација на јаглени во Европа е САД е околу 65%, во Австралија е 80%

Според тоа на кој начин ќе се изведуваат фазите: откопување, транспорт, дробење и одлагање на јагленот кај површинска експлоатација може да се класифицираат следните технологии:

- Дисконтинуирана технологија,
- Континуирана технологија.

Која технологија ќе биде прифатена ќе зависи од геолошките услови на наоѓалиштето, бараниот капацитет и економскиот фактор.

Подземната експлоатација на јаглен се изведува со неколку методи на откопување кои зависат пред сè од повеќе фактори (дебелина на пласт, агол на паѓање, цврстина на јаглен, водоносност и др.).

Она што ја карактеризира конвенционалната експлоатацијата на јаглен а во врска со заштита на животната средина е тоа дека се работи за:

1. Простор со зголемена концентрација на елементи со одреден процент на штетни и отровни материји;
2. Простор кој по дефиниција е физички деградиран (површински копови или подземна експлоатација);
3. Контаминиран простор кој доаѓа во комуникација со вода, воздух и живиот свет.

Иако во последните години се преземени значајни мерки од областа на заштитата на животната средина, состојбата во рударството е незадоволителна.

Како нова екотехнологија за експлоатација на јаглен која го заобиколува конвенционалниот процес на горење на јагленот со претворање на јагленот во гас е Подземната гасификација на јаглен.

Подземната гасификација на јаглен е in-situ технологија која ги прави маргиналните резерви на јаглен достапни.

Оваа технологија го отстранува сулфурот, азотните соединенија и честици пред согорувањето на горивото, правејќи го чист како природен гас. Оваа технологија е ефикасна и еколошки прифатлива. Има над 50 пробни или пилот

операции на Подземната гасификација на јаглен насекаде низ светот од кои 30 се во Соединетите Американски Држави.

2. ЕКОНОМСКИ ПРЕДНОСТИ

Според современите истражувања за Подземна гасификација на јаглен би можела значително да ја зголеми искористеноста на резервите на јаглен кои се недостапни со користење на конвенционални техники на откопување, економскиот ефект би станал приоритетен.

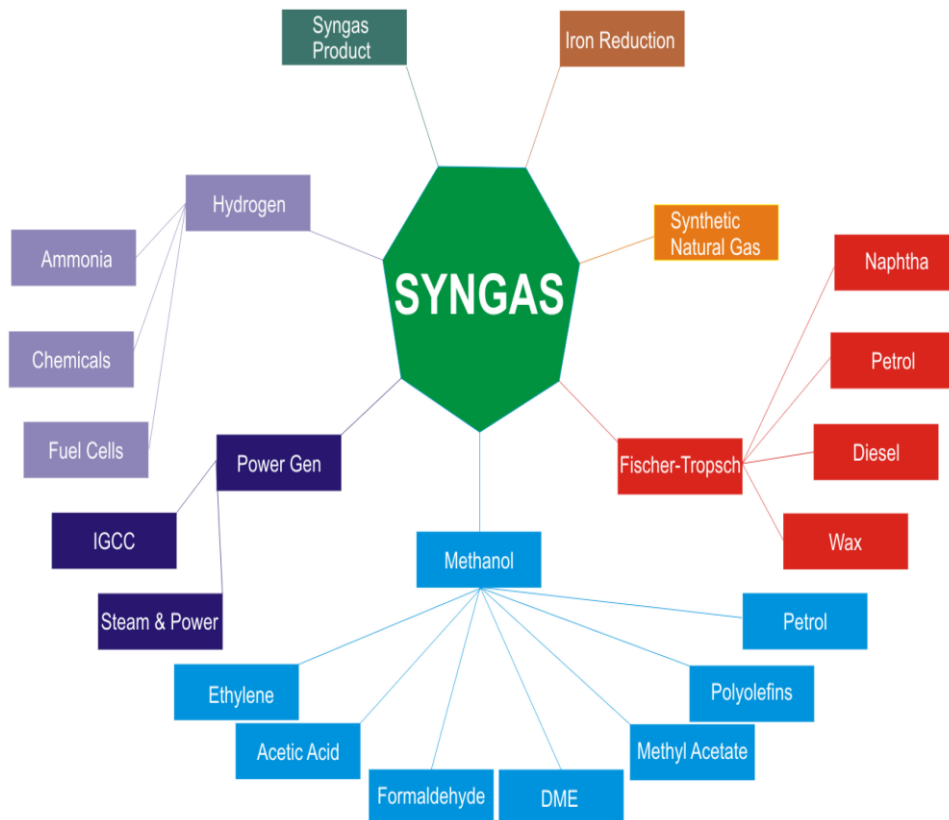
Како директен продукт од подземната гасификација на јаглен е Сингасот. Основните состојки на сингас се H_2 , CO , CO_2 , CH_4 , и H_2S со калориска вредност од $850-1200 \text{ kcal/Nm}^3$ ($\sim 3.5-5 \text{ MJ/m}^3$).

Меѓутоа, составот и калориската вредност на сингасот варира во зависност од следните карактеристики (видот на јагленот, од длабочина на залегнување, дебелината на слојот, од количината на влага и др.) како и од видот на гасот кој се инектира (воздух, кислород или пареа).

Сингасот е запаллив гас и може да се искористи за производство на електрична енергија во комбинирана гасна турбина после минимална обработка. После понатамошна обработка и преработка може да се користи за производство на широк спектар на гасови, течни горива и хемикалии.

Некои начини за користење на сингасот се дадени на сл. 1 (Courtney, R., 2009). Во продолжение е листата на користење на сингасот:

- Електрична енергија
- Водород
- Амонијак
- Уреа
- Вештачки ѓубрива
 - Замена на природен гас
 - Метанол
- DME (диметил етер)
- Оцетна киселина
- Формалдехид
- Бензин
- Олефини



Слика 1. Употреба на Сингасот

- Други хемикалии
 - Fischer-Tropsch течности
 - Бензин
 - Дизел
 - Гориво за авиони
 - Восоци
 - Масла
 - Алкохоли
 - Нафта
 - петрохемикалии
 - растворувачи

Со други зборови, економската предност на оваа технологија е баланс помеѓу позитивните и негативните фактори.

На позитивната страна, ПГЈ нуди ниски трошоци за намалување на емисиите, трошоците се пониски од гасификациските центри на површината затоа што нема потреба од откопување, складирање или транспорт на јагленот, не постојат цврсти остатоци за да се елиминираат, и нема потреба да се набавува гасификатор.

Економичноста на гасификацијата на подземен јаглен многу зависи од типот на јагленот, длабочината и густината на јагленовиот слој, бројот и дијаметарот на дупчотините, видот и цената на нивната изградба, техниката на поврзување која се користи, типот и количината на оксидант кој се користи, притисокот на гасот, квалитетот, вредноста на загревање, протокот, степенот на проток на вода, типот и големината на користениот компресор, потребите за

прочистување на гасот, типот и бројот на инструменти и ефикасноста на конверзија и опоравување.

Дебелината на слојот и просторот кој го опфаќаат дупчотините имаат големо влијание врз цените на гасот, во однос со другите фактори.

Чинењето на енергијата од Syngas се споредува со енергијата добиена со горење на јагленот. Вкупниот трошок на овој метод е скоро половина отколку оној на Системот на комбиниран циклус на интегрирана гасификација IGCC, бидејќи не е потребен површински гасификатор, и може да се произведе електрична енергија по цена дури од 10 долари за MWh.

Според деталната економска анализа која е спроведена од страна Универзитетот Индијана за примената на подземна гасификација на јаглен во конкретниот случај на јагленот во Индијана, покажува дека трошокот за производство за подземна гасификација на јаглен базирана на воздух е 8,04 долари за MMBtu, а за оксидатор на кислород, овој трошок се намалува на 4,48 MMBtu. Трошокот за производство на електрична енергија во комбинирани циклични постројки е 0.0863 долари за KWh (за постројки кои се палат со воздух), и \$.0643 долари за KWh (за постројки кои се палат со кислород) (Ag Mohamed, A., Batto, S. F., 2011). Дополнителните трошоци и процеси додаваат 1,7 центи по киловат часови и го прават овој метод поекономичен отколку сличните технологии (во случаи каде што постои данок за CO₂ и сл.)

3. ЕКОЛОШКИ ПРЕДНОСТИ

За разлика од конвенционалните методи за експлоатација на јаглен во подземната гасификација на јаглен немаме одлагалишта за јаловина. Во текот на процесот, пепелот и тешките метали остануваат под земја со што се намалуваат трошоците и напорите за менаџирање со одлагалиштата. Сингасот произведен од ПГЈ содржи мешавина од CO₂, CO, H₂, CH₄, вода и траги од загадувачи како што се H₂S, HCN, NH₃ и други гасови.

Составот на суровиот произведен гас е сличен на оној произведен од површинските гасификатори и технологија за чистење на такви гасни состави кои што во моментот се на располагање. Накратко кажано, сулфурот и азотот излегуваат на површината заедно со гасот, а пепелта и повеќето тешки метали остануваат во празнината.

Процесот на ПГЈ елиминира производство на некои тешки загадувачи (на пример, SO_x, NO_x) и го намалува обемот на жива, партикулати и производство на сулфурни соединенија, со што се олеснува справувањето со загадувач. Намалената количина на загадувачи го намалува чинењето на отстранување на отпад и ракување со истиот. Намалениот обемот на отпад на површина, исто така ја намалува емисијата на стакленички гасови од отпадот и намалување на некои други влијанија врз животната средина како на пример одводнување на киселини од рудникот, обично предизвикани од дејство на површинските води.

Меѓутоа прегледот на светската историја на ПГЈ за локациите во Советскиот Сојуз, Европа, САД, Нов Зеланд, Австралија и Кина меѓу 1974 и 2002 година, открива мал број на главни проекти и целосни операции кои укажуваат на два главни ризици за животната средина кои се поврзани со процесите на ПГЈ.

Прво, постои ризик за загадување на подземните води и органски загадувачи, како што се полициклични ароматични јаглеводороди може да бидат генерирани по време на согорувањето на јагленот и трагови од метал кои можат да бидат ослободени од јагленот преку геохемиски реакции

предизвикани од процесот на ПЈГ. Загадувачите може исто така да бидат ослободени од блиските геолошки формации и тие органски и метални загадувачи може да мигрираат и да доведат до загадување на водоносните слоеви. Второ, поради основното горење на јаглен се создаваат пукнатини во подземните простории, и постои ризик од слегнување на земјиштето, каде што покривниот карпест слој на места може да доведе до колапс, во новосозданиот празен простор. Слегнувањето создава ризик за секаква инфраструктурна површина која може да биде присутна над ПЈГ зоната, и може да создаде неповратни промени во површинските или подземните води над празнините (Sury, et al., 2004, Walter, 2007).

4. ЗАКЛУЧОК

ПГЈ не само што обезбедува одлични економски можности преку развивање неекономични, напуштени и отфрлени природни ресурси, туку исто така, преку промовирање на „Polygeneration energy systems (PES)“ односно мешавина на индустрии како што се производство на електрична енергија, хемикалии, Fisher-Tropsch и метанол, ПГЈ помага во максимизирање на домашните енергетски резерви, намалување на ранливоста од увозот на нафта и безбедност во снабдувањето (Courtney 2009). Се проценува дека вкупните светски резерви на јаглен се 5 – 8.000 милијарди тони со докажани резерви на јаглен од 909 милијарди тони.

Се укажува дека е можно да се зголеми од 300-400% искористувањето на веќе постоечките отворени ископи на јаглен во САД преку примена на Подземната гасификација на јаглен. Ова обезбедува економски можности во областите на проектот, и може да помогне во развојот на инфраструктурата, подобрување на здравствените и образовните капацитети и подобрување на односите со заедницата преку споделување на придобивките, трошоците и ризиците. ПГЈ може да се покаже како одличен извор за голем обем на производството H_2 (Yang, Zhang et al. 2008).

За ПГЈ може да се користи постојната инфраструктура за гас, доколку е достапна во близина, со што се намалуваат капиталните и оперативните трошоци на проектот. Компанијата Ze-gen, Inc планира да се развие оваа технологија во мали модули кои ќе можат да се користат за да обезбеди гас за веќе постоечките индустриски потрошувачи на природен гас и мазут или пак, истите да се приклучат преку постојната гасоводна инфраструктура (Redman, Fenerty et al. 2009). Ова обезбедува уште еден економски поттик за оваа технологија.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Couch, G. R., 2009. *Underground Coal Gasification*. IEA Clean Coal Center. London. CCC/151: 129.
- [2] Blinderman, M. S. and Jones, R. M., 2002. *The Chinchilla IGCC Project to Date: Underground Coal Gasification and Environment*. 2002 Gasification Technologies Conference. San Francisco, USA.
- [3] Boysen, J. E., 1978. *An Economic Sensitivity Study of UCG Based on Field Performance, Theory And Operational Experience*. Masters, University of Wyoming.

- [4] Sury, M., Kirton, J., et al., 2004. *Review of Environmental Issues of Underground Coal Gasification – Best Practice Guide*. DTI Cleaner Coal Technology Transfer, UK, Report No. COAL R273 DTI/Pub URN 04/1881
- [5] Courtney, R., 2009. *Underground Coal Gasification*. UCG Workshop, Pittsburgh Coal Conference. Pittsburgh, PA.
- [6] Ghose, M. K. and Paul, B., 2007. *Underground Coal Gasification: A Neglected Option*. International Journal of Environmental Studies, 64777-783.
- [7] Thorsness, C. B., Hill, R. W., et al., 1977. *Preliminary Results from an In Situ Coal Gasification Experiment Using Explosive Fracturing*. Fuel, 22(4), 1-21.
- [8] Snoeberger, D. F., 1977. *Field Hydrological Tests of Explosively Fractured Coal*. Fuel, 22(4), 22-34.
- [9] Fischer, D. D., King, S. B., et al., 1977. *A Report on the Successful Development of Underground Coal Gasification at Hanna, Wyoming*. Fuel, 22(4), 49-63.
- [10] Boysen, J. E., 1978. *An Economic Sensitivity Study of UCG Based on Field Performance, Theory And Operational Experience*. Masters, University of Wyoming.
- [11] Zamzow, K. L., 2010. *Underground Coal Gasification: History, Environmental Issues, and the Proposed Project at Beluga, Alaska*. Center for Science in Public Participation. Cook Inlet Region, Inc. (CIRI) UCG Project, Alaska
- [12] Olness, D. U., 1981. *The Podmoskovnaya Underground Coal Gasification Station*. University of California, Livermore, California, Lawrence Livermore Laboratory.
- [13] <http://ucgconsulting.com/ucg-process-description.html>.
- [14] http://www.cleancoalucg.com/index.php?option=com_content&view=article&id=87&Itemid=124.
- [15] Ahern, J. J. and Frazier, J. A., 1982. *Water Quality Changes at Underground Coal Gasification Sites- A Literature Review*. Water Resources Research Institute, University of Wyoming, Laramie, Wyoming.
- [16] Younger, P., González, G., et al., 2010. *Water Management Issues In The Underground Gasification of Coal and The Subsequent Use of Resultant Voids For Long-Term CO₂ Storage*. International Mine Water Association, Sydney.
- [17] Roehl, A. A., Brown, A. S., et al., 1977. *Underground Coal Gasification Field Test in Alberta _ 1976*. Fuel, 22(4), 92-104.
- [18] Walters, E. A. and Nuttall, H. E., 1977. *Potential for Underground Coal Gasification in The SouthWest*. Fuel, 22(4).
- [19] Gunn, R. D., 1977. *Problems Solved and Problems Not Solved In UCG*. Fuel, 22(4), 64-75.