

Geologické aspekty ovplyvňujúce výber ložísk pre podzemné splyňovanie uhlia

Ing. Monika Blišťanová, Ph.D.¹, doc. Ing. Peter Blišťan, Ph.D.² a Ing. Anton Grinč, Ph.D.¹

¹ PIDECO CGF, s.r.o., blistanova@pideco.sk

² Ústav geodézie, kartografie a geografických informačných systémov, Fakulta BERG Technickej univerzity v Košiciach, peter.blisan@tuke.sk

Prijato: 4. 8. 2009, recenzováno: 24. 8. a 27. 8. 2009

Abstrakt

Podzemné splyňovanie uhlia patrí medzi čisté uhoľné technológie, použiteľné na ekonomické zhodnotenie ložísk, ktoré sú tradičnými metódami neľahostopiteľné z ekonomických alebo technologických dôvodov. Pri podzemnom splyňovaní vzniká plyn vhodný na výrobu elektrickej energie, petrochemických produktov a na skvapalňovanie. Na proces podzemného splyňovania uhlia má významný vplyv geologická stavba ložiska a kvalitatívne parametre uhlia, ktoré určujú kvalitu získavaného plynu. Pri detailnom posudzovaní vhodnosti ložiska pre podzemné splyňovanie je potrebné zamerať sa predovšetkým na úložné pomery sloja, prítomnosť poklesov a nespojitostí, typ a kvalitu uhlia, prítomnosť ložiskových plynov, permeabilitu sloja a v neposlednom rade aj na množstvo zásob či geografickú dostupnosť ložiska a napojenosť na infraštruktúru.

Geological Aspects Impacting the Solution of Deposits for Underground Coal Gasification

The underground gasification of coal is one of the clean coal technologies, which are applicable to the economic valuation of deposits that are unexploitable by traditional methods for economic or technological reasons. Underground coal gasification produces gas which is suitable for electric power generation, petrochemical products and for liquefaction. The main factors that define the quality of the gas obtained by underground gasification are the geological structure of the deposit and the qualitative parameters of the coal. At the detailed appraisal of the suitability of deposits for underground coal gasification the following factors should be considered, mode of coal deposition, risk of falls and discontinuities, type and quality of coal, deposit gases, permeability of coal, quantity of coal reserves, geographic availability of deposit and infrastructure connectivity.

Geologische Aspekte, die Auswahl der Lagerstätten für unterirdische Kohlevergasung beeinflussen

Die Kohlevergasung untertage zählt zu sauberen Kohletechnologien, die man zur wirtschaftlichen Verwertung von Lagerstätten nutzen kann, die durch herkömmliche Verfahren aus wirtschaftlichen oder technologischen Gründen nicht abbaubar sind. Bei der unterirdischen Vergasung entsteht Gas, das für die Erzeugung von Strom und petrochemischen Produkten sowie Verflüssigung geeignet ist. Für den Prozess unterirdischer Vergasung hat einen bedeutenden Einfluss geologische Struktur der Lagerstätte und qualitative Parameter der Kohle, die die Qualität des gewonnenen Gases bestimmen. Bei gründlicher Beurteilung der Tauglichkeit einer Lagerstätte für Vergasung untertage sollte sich vor allem auf Lagerungsverhältnisse des Flözes, Senkungen und Diskontinuität, Kohleart und -qualität, Anwesenheit von Lagerstättengasen, Flözpermeabilität und nicht zuletzt auch auf Größe der Vorräte oder geographische Zugänglichkeit der Lagerstätte und Verbindung auf Infrastruktur orientieren.

Kľúčová slova: ložisko uhlia, podzemné splyňovanie uhlia, parametre ložiska, zásoby.

Keywords: coal deposit, underground coal gasification, parameters of coal deposit, reserves.

1 Úvod

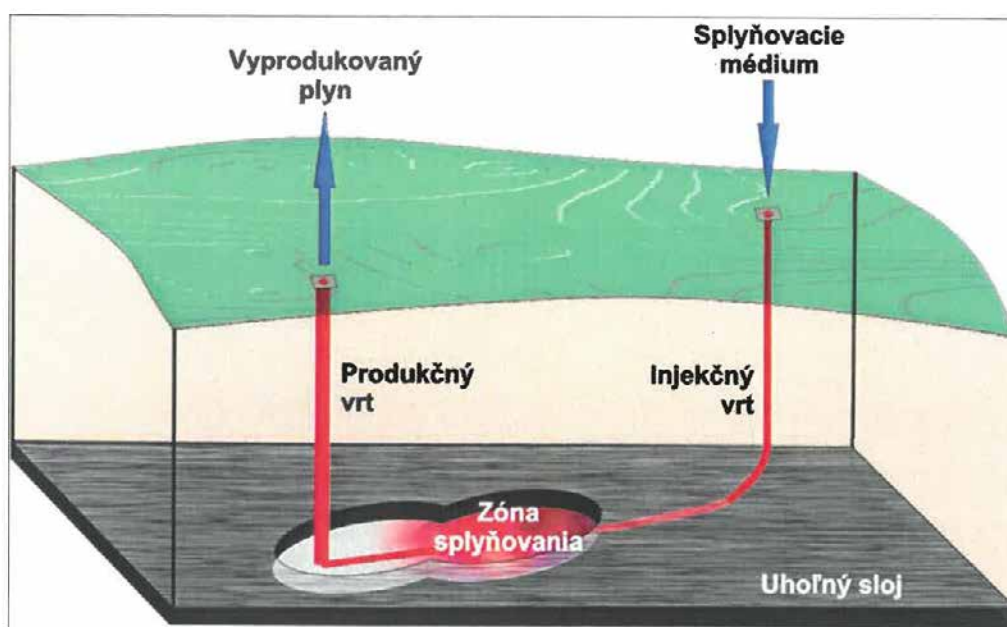
Zabezpečenie energetickej nezávislosti je veľmi dôležitým cieľom každej krajiny. V závislosti od množstva zásob ropy a zemného plynu na Slovensku a skutočnosti, že alternatívne zdroje energie sú závislé najmä od geografických podmienok, je možné skonštatovať, že hlavným potenciálnym domácim zdrojom energie je uhlie. Na Slovensku je evidovaných 19 ložísk uhlia a lignitu, a z nich je ťažených 5 ložísk. Ostatné ložiská sú v súčasnosti z ekonomických, environmentálnych a technologických dôvodov klasickými dobývacími metódami neľahostopiteľné.

S ekologickejšim zmýšľaním spoločnosti sa vo svete preferuje využívanie „clean coal technológií“, medzi ktoré sú zaradené aj technológie na získavanie energetického plynu „in situ“. Medzi takéto technológie patrí aj technológia podzemného splyňovania uhlia (underground coal gasification – UCG), ktorá je známa už od konca 19. storočia, kedy bola teoreticky

popísaná a v roku 1912 bola 1x otestovaná na území Veľkej Británie. Od vtedy bola s rôznou úspešnosťou testovaná na desiatkach svetových ložísk. V posledných 10 rokoch prebieha vo svete (India, Kanada, Austrália, Južná Afrika, Rusko a.i.) intenzívny výskum s cieľom overenia použiteľnosti tejto technológie na komerčné účely.

Na Slovensku sa problematike podzemného splyňovania uhlia venovalo iba raz a to v roku 1961, kedy bolo na demonštráciu technológie vybrané ložisko lignitu v Lašárskej Novej Vsi [10]. V Česku bolo realizovaných niekoľko pokusov v plytkých hĺbkach. Prvé experimenty sa realizovali na lokalite Bořislav pri Tepliciach, neskôr na lokalitách Droužkovice – Březno pri Chomutove a Spořice pri Chomutove [9].

Cieľom príspevku je predstaviť túto zaujímavú technológiu a poukázať na významnosť vplyvu geologických aspektov ložiska na úspešnú aplikáciu tejto technológie.



Obr. 1: Schéma UCG splyňovača [2]

2 Podstata metódy podzemného splyňovania uhlia

Podstata splyňovania uhlia je známa už od roku 1800 a metóda podzemného splyňovania bola prvýkrát popísaná nemeckým vedcom Sirom Williamom Siemensom v roku 1868 a nezávisle od neho aj ruským vedcom Dmitrym Mendeleevom. Proces podzemného splyňovania uhlia je relatívne jednoduchý chemický proces, využívajúci základné chemické reakcie, na základe ktorých môžeme popísať aj klasické splyňovanie uhlia v generátoroch. Princíp je založený na existencii minimálne 2 vrtov, z ktorých jedným sa uhoľný sloj zapáli a vháňa sa ním do uhoľného sloja splyňovacie médium a druhým sa získava energetický plyn (obr. 1). Princíp je síce jednoduchý, ale riadenie samotného procesu je veľmi zložitá a to najmä z dôvodu rozdielnych geologických podmienok a aj rozdielnych vlastností uhlia. Pri splyňovaní uhlia vzniká plyn s výhrevnosťou od $3,7 \text{ MJ.kg}^{-1}$ do $14,9 \text{ MJ.kg}^{-1}$ v závislosti od použitého splyňovacieho média, od kvality uhlia a samotného zvládnutia procesu. Produkovaný plyn je vhodný na výrobu elektrickej energie, výrobu petrochemických produktov a na skvapalňovanie. Za roky výskumu a realizácie pokusov bolo overených niekoľko metód podzemného splyňovania uhlia, ktoré sa líšia typmi použitých vrtov (prípadne aj kombináciou vrtov s banskými dielami), ich usporiadaním, použitím rôznych splyňovacích médií či ich spotrebou.

Medzi najvýznamnejšie patrí:

- metóda splyňovania dlhou stenou,
- metóda spojením vertikálnych vrtov,
- metóda riadeného injekčného bodu,
- metóda strmo uložených slojov.

Splyňovanie dlhou stenou (Longwall gasifier - LWG) je založené na odvrtaní šikmých vrtov vo väčšej vzdialenosti od seba a vytvorení kanála na splyňovanie vrtnou technikou. Splyňovacie médium je dodávané párom vrtov a druhým párom vrtov je plyn odvádzaný na povrch.

Metóda spojením vertikálnych vrtov (Linked vertical well) patrí medzi najpoužívanejšie a je založená na používaní párov vrtov, z ktorých je jeden injekčný a druhý produkčný [1]. Usporiadanie vrtov môže byť rôzne. Môžu byť usporiadané v rade, v kruhu, v štvorci [7].

Metóda riadeného injekčného bodu (Controlled Retracting Injection Point - CRIP) bola vyvinutá v USA a je založená na prepojení vertikálneho a šikmého vrtu, ktorý prechádza v sloji do horizontálneho (obr.1). Splyňovacie médium je do sloja privádzané šikmým vrtom, ktorý prechádza v uhoľnom sloji do horizontálneho a plyn je odvádzaný vertikálnym vrtom – produkčným vrtom. Zápalný bod je v tesnej blízkosti produkčného vrtu, ak sa začne kvalita produkovaného plynu znižovať, zápalný bod sa posunie.

Osobitné postavenie má metóda strmo uložených slojov (Steeplly dipping bed conception - SDB), ktorá bola vyvinutá v bývalom ZSSR pre splyňovanie slojov s úklonom väčším ako 45° . Injekčný vrt je umiestnený v spodnej časti uhoľného sloja. Produkčný vrt je odvítaný pod uhlom sloja, aby sa zabezpečilo prirodzené prúdenie vzniknutých plynov na povrch.

3 Geologické aspekty ovplyvňujúce UCG

Vo všeobecnosti je metóda podzemného splyňovania uhlia rovnako dobre použiteľná na ložiskách s priaznivými úložnými pomermi, ako aj na ložiskách s komplikovanou geologickou stavbou. V Číne sa táto technológia využíva na doŕaženie exploatovaných ložísk. Vo svete bolo UCG otestované na slojoch s rôznou hrúbkou, v rôznych hĺbkach a na uhlí rôznej kvality. V tabuľke 1 sú uvedené vybrané parametre niektorých ložísk, kde UCG prebiehalo.

Na samotný proces podzemného splyňovania uhlia významne vplyva geologická stavba ložiska a kvalitatívne parametre uhlia. Stavba ložiska má veľký význam pri výbere vhodnej metódy splyňovania a kvalitatívne parametre uhlia majú vplyv

Tab.1. Vybrané parametre ložísk uhlia, kde bola použitá technológia UCG [1,4]

Lokalita	Parametre uhlia					Parametre sloja			Metoda
	Prch. zložka [%]	Vlhkosť [%]	Popolnatosť [%]	S [%]	Výhrevnosť [MJ/kg]	Hĺbka [m]	Hrúbka [m]	Úklon [°]	
El Tremedal	27,5	22,2	14,3	7,6	18,1	580	2 - 5	30	CRIP
Chinchila	40	6,8	19,3		23	140	10		LVW
Hoe Creek	30,3	30	5,7	0,33	8,23	40	8		LVW, CRIP
Hanna	23,7	21,4	14,4	0,8	8,5	80	7		LVW
Rocky Mountain						10			ELW
Rocky Mountain 1						10			CRIP
Rawlins	35,41	14,62	5,07			120 - 200	7 - 8	60	SBD
Lisichans	39	12 - 15	7 - 17		21	60 - 250	0,44 - 2	15 - 20	LVW
Angrenskaya	33	35	12		15	120 - 250		7 - 10	LVW
Podmoskovna	44,5	30	34		11,8	30 - 60	2,5	0 - 2	LVW
Podmoskovna	44,5	30	34		11,8	30 - 60	2,5	0 - 2	LVW
Xinwen						100	1,8	25	
Xinhe						80	3,5	<75	
Liuzhuang						100	2,5 - 3,5	45 - 55	
Yima						250 - 400	4 - 8	12 - 14	
Borislav	39	38 - 46	12 - 22	0,7 - 1,4	7,56 - 8,31	20	3,5 - 4	N	LVW

na samotný výsledok – kvalitu získavaného plynu. Pri posudzovaní vhodnosti ložiska pre UCG je potrebné zamerať sa predovšetkým na nasledujúce oblasti:

- uloženie (hrúbka, hĺbka a úklon) sloja,
- litológia ložiska,
- prítomnosť poklesov a nespojitostí,
- hydrogeologické podmienky,
- typ a kvalita uhlia,
- prítomnosť plynu v sloji,
- množstvo zásob [1,3].

3.1 Uloženie sloja

Uloženie sloja priamo ovplyvňuje proces podzemného splyňovania a to najmä jeho efektívnosť a ekonomickú stránku. S hĺbkou a hrúbkou sloja súvisia náklady na vŕtanie, s úklonom súvisí výber metódy a s touto aj počet potrebných vrtov. Európske krajiny sa sústreďovali najmä na sloje v hĺbkach od 600 do 1200 m, s hrúbkou sloja do 4 m. Naopak Austrália a USA sa sústreďujú na splyňovanie slojov s hrúbkou od 2 do 16 m s hĺbkou do 500. Bývalé ZSSR sa orientovalo na plytko uložené sloje do 250 m a na hrúbku sloja do 7 m. Minimálna testovaná hĺbka sloja bola 10 m na ložisku Rocky Mountain vo Wyomingu USA a maximálna testovaná hĺbka bola 1 200 m na ložisku Bruay en Artois vo Francúzsku [4].

Otázka hrúbky sloja je veľmi diskutabilná, keďže technológia bola testovaná na ložiskách s hrúbkou sloja od 0,3 m do 18 m. Odborná literatúra sa rozchádza v určení minimálnej ekonomickej hrúbky sloja, napr. podľa Bialeckej [3] a Valeša et al. [9] je minimálnou ekonomickou hrúbkou sloja hranica od 1 m a podľa Boyda et al. [5] je to od 2 m. Technológia bola testovaná na slojoch s úklonom od 5° na ložisku Angren do 70° na ložisku

Gorlovka. Pozitívne výsledky boli dosiahnuté v prípade slojov s úklonom do 20° a od 50°. Z hľadiska efektívnosti procesu sú vhodnejšie sloje strmo uložené, pri ktorých sa spotrebúva nižšie množstvo splyňovacieho média a úniky plynu do okolitých vrstiev sú menšie, ale ložiská s takýmto úklonom je málo [1,7].

3.2 Litológia ložiska

Z hľadiska litológie ložiska je najdôležitejšie nadložie a jeho vlastnosti. Za najvhodnejšie nadložie sa považujú vápence, pieskovce a bridlice, ktoré znášajú vysoké teploty súvisiace so samotným procesom horenia v splyňovanom sloji. Vlastnosti nadložia sú dôležité aj z hľadiska možnosti vzniku poklesov a zosuvov. Minimálna hrúbka nadložia je teda závislá od typu hornín, ktoré sú v nadloží [1]. Podľa Linc Technology by mala byť hrúbka nadložia minimálne 100 m [6].

3.3 Prítomnosť poklesov a nespojitostí

Overenie prítomnosti poklesov, zlomov a iných nespojitostí v sloji je dôležité z dôvodu zaistenia efektívnosti procesu a jeho riadenia, zamedzenia vzniku možného znečistenia podzemných vôd a pod. Prítomnosť poklesov, rozmerovo väčších ako hrúbka sloja, spôsobuje úniky produkovaného plynu, prípadne prostredníctvom nich môže do sloja nekontrolovane prúdiť voda, ktorá by mohla významne ovplyvniť priebeh procesu splyňovania [1].

3.4 Hydrogeologické podmienky

Prítomnosť vody môže mať na proces podzemného splyňovania pozitívne aj negatívne účinky. Voda sa pri vysokých teplotách mení na paru, ktorá je potrebná k správne mu priebehu chemických reakcií, ale veľké prútoky podzemnej vody spôsobujú ochladenie systému a následné zníženie výkonu splyňovača. Maximálny obsah vody je 0,5 kg vody na 1 kg uhlia. V prípade

nadmerného množstva vody v ložisku je potrebné odvodňovanie priestoru splyňovača [1,3].

3.5 Typ a kvalita uhlia

Technológia podzemného splyňovania uhlia bola overovaná v podstate na všetkých typoch uhlia a výsledky potvrdili, že je pre ne použiteľná. Z hľadiska permeability je na splyňovanie však vhodnejšie hnedé uhlie a lignit. Permeabilita je rozhodujúcim parametrom, ktorý ovplyvňuje možnosti ťažby a jej ekonomickú stránku. Vo všeobecnosti existuje priama závislosť medzi plynopriepustnosťou a pórovitosťou. Pórovitosť uhlia je rôzna a pohybuje sa od 1,6 % do 20 % v závislosti od stupňa preuhoľnenia. Z kvalitatívnych parametrov uhlia na proces vplyva vlhkosť, výhrevnosť a popolnosť. Vlhkosť ovplyvňuje rýchlosť zahrievania uhlia a tým aj samotnú dobu splyňovania. Popol je hlavným parametrom, ktorý je dôležitý pri klasickom splyňovaní v generátoroch a je aj rovnako dôležitým faktorom aj pri podzemnom splyňovaní [1]. Odborná literatúra odporúča používať uhlie s obsahom popola nižším ako 50 % [3].

3.6 Prítomnosť plynu v sloji

Plyn je prirodzenou súčasťou každej uhoľnej panvy a jeho vznik je spojený s procesom preuhoľňovania. Uvoľňuje sa pri mechanickom porušení sloja alebo zmenou prirodzených podmienok v sloji. Podstatnou zložkou uhoľného plynu je predovšetkým metán a, v menších množstvách obsahuje aj oxid uhličitý a dusík, etán, propán, bután a pentán. Predpokladá sa, že pri podzemnom splyňovaní uhlia sa pri prípravných prácach najprv uvoľní v ložisku uhoľný plyn, ktorý je tiež potenciálnou surovinou. Kombinácia podzemného splyňovania s metódami ťažby uhoľného plynu sa stále skúma [1].

3.7 Množstvo zásob

Znalosť množstva zásob a stupeň ich preskúmanosti sú dôležité informácie ako pre klasickú ťažbu tak aj pre podzemné splyňovanie uhlia. Množstvo zásob je potrebné stanoviť na základe konkrétnej štúdie realizovateľnosti pre konkrétny projekt.

4 Záver

V dokumente Stratégia energetickej bezpečnosti SR [8] je uvedené, že podzemné splyňovanie uhoľných ložísk v podmienkach slovenského uhoľného baníctva by malo nasledujúce výhody:

- *Využili by sa ekonomicky nevýhodné uhoľné sloje hnedého uhlia v hrúbke 1,5 - 4 m, ktoré sa vyskytujú v okrajových častiach uhoľných bazénov, prípadne sloje v ekonomicky nevýhodných dobývacích hĺbkach, ktoré nie sú využiteľné klasickými metódami dobývania.*

- *Využili by sa nevyťažené ochranné nadložné piliere starších už vyrábaných slojov. Využitím týchto klasickými metódami nevyťažiteľných zásob uhoľného ložiska by sa mohol zvýšiť energetický potenciál uhoľného ložiska až o 50 %.*

V prospech podzemného splyňovania hovoria aj výsledky výskumu realizované na ložisku lignitu Beladice, ktoré preukázali, že pri prepočte zásob na základe stanovených kritérií

na výber ložísk vhodných pre UCG (minimálna hrúbka sloja 2 m, maximálna popolnosť 55 %) sa množstvo zásob lignitu zvýšilo o 34,4 %, čo potvrdzuje predpoklad možného zvýšenia využiteľných zásob najmä v okrajových častiach ložiska [1,2].

Na záver je možné konštatovať, že podzemné splyňovanie uhlia patrí medzi technológie, o ktoré je v súčasnosti veľký záujem najmä z dôvodu:

- *efektívnejšieho využívania domácich energetických zdrojov,*
- *zvýšenia energetickej bezpečnosti krajiny,*
- *využívania ekologických technológií ťažby uhlia,*
- *zvýšenia bezpečnosti práce [1].*

Podakovanie

Tento príspevok vznikol za finančnej podpory grantovej agentúry VEGA vrámci riešenia grantovej úlohy č. 1/0162/08.

Literatura

- [1] BLIŠŤANOVÁ, M.: Optimalizácia výberu uhoľných ložísk pre podzemné splyňovanie uhlia. Dizertačná práca, Ústav geovied, fakulta BERG, Košice, 2008. 99 str.
- [2] BLIŠŤANOVÁ, M. A BLIŠŤAN, P.: Prehodnotenie kvalitatívnych a kvantitatívnych ukazovateľov bilančnosti ložísk uhlia z hľadiska možnej aplikácie technológie podzemného splyňovania (UCG) na príklade ložiska Beladice. Mineralia Slovaca, roč. 41, č. 2 (2009), ISSN 0369-2086. (v tlači).
- [3] BIALECKA, B.: Estimation of coal reserves for UCG in Upper Silesian Coal Basin, Poland. Natural Resources Research, Vol. 17, No.1, March 2009.
- [4] BURTON, E., FRIEDMANN, J. AND UPADHYE, R.: Best Practices in Underground coal gasification. Lawrence Livermore National Laboratory, 2006. p 119.
- [5] BOYD, R. M., FISCHER, D. D., HUMPHREY, A. E., KING, S. B. AND WHITMAN, D. L.: US Patent - Method for in situ coal gasification operations. December 1981.
- [6] WALKER, L.: UNDERGROUND COAL GASIFICATION: A clean coal technology ready for development. The Australian coal review, October 1999.
- [7] LAMB, G.: Underground coal gasification. Energy Technology review no. 14, New Jersey, USA, 1977. ISBN 0-8155-0670-8. p. 255.
- [8] Stratégia energetickej bezpečnosti SR. Ministerstvo hospodárstva SR, Bratislava, september 2007.
- [9] VALEŠ, J., ŠAFÁROVÁ, M.: Zplyňovanie uhlí, odborná rešerše. Výskumný ústav pro Hnedé uhli, Most, 2006.
- [10] KOUTNÍK, J., ET AL.: Podzemné splyňovanie uhlia na Slovenských výskytoch – Správa o pokusoch vykonaných u Laškárskej Novej Vsi. Ústav pre výskum palív, Běhovice, Výskumné a vývojové stredisko pre hnedé uhlie, Prievdiza, Výskumný ústav pro hnedé uhli, Most, 1961.