

# Vybrané výsledky slovenského uhoľného výskumu

Ludmila Turčániová<sup>1</sup> a Slavomír Hredzák<sup>1</sup>

## Selected results of the slovak coal research

The contribution gives the review of Slovak brown coal research in the last 10 years. The state and development trends of the coal research in Slovakia from the point of view of the clean coal technologies application are described. Some selected results which have been obtained at the Institute of Geotechnics of the Slovak Academy of Sciences are also introduced.

**Key words:** Slovak brown coal, clean coal technologies, desulphurization, physical, chemical and biological processing.

## Úvod

Jednou z dôležitých úloh pre slovenský uhoľný výskum je vývoj a realizácia nových spôsobov využitia menej hodnotných druhov slovenského hnedého uhlia a lignitu, ktorých podiel bude v budúcom tisícročí v celej palivovo energetickej bilancii postupne klesať. Táto úloha plne zohľadňuje strategické zámery slovenského uhoľného baníctva do roku 2005, s výhľadom do roku 2010 (Čičmanec, 1996) a energetiky (Urmín, 1996), v zmysle rešpektovania jej medzinárodných záväzkov v oblasti ochrany životného prostredia. V tomto smere sleduje Slovensko súčasný celosvetový trend, ktorého charakteristickým znakom je intenzívne úsilie hľadať východisko z problémov racionálnejšieho spracovania fosílnych palív a šetrenia ropy, ako najvzácnejšej uhlíkatej suroviny (Macho, V. et al., 1996), pripraviť energetické projekty so zhodnotením možnosti aplikácie čistých energetických technológií (Dvorák, 1996), ako aj vyspelých úpravničných uhoľných technológií (Turčániová, 1996). Vývojové trendy v slovenskom baníctve a energetike z pohľadu perspektívnej aplikácie čistých energetických technológií boli konfrontované s najnovšími poznatkami štátnych inštitúcií v USA (Marchant, 1996) a vo Veľkej Británii (Burnard et al., 1996).

Napriek tradičnej orientácii slovenského baníckeho výskumu do oblasti rudných a nerudných surovín, je obdobie posledného desaťročia charakterizované aj intenzívnym uhoľným výskumom, pod gestorstvom Hornonitrianskych baní, a. s. Prievidza. Získané poznatky sú sumarizované v štúdiu o možnostiach komplexného zhodnotenia slovenského hnedého uhlia (Turčániová, 1993). Priebežne sa tiež aktualizujú nové smery využitia ťaženého hnedého uhlia z Hornonitrianskych baní (Bakoš et al., 1992; Žiak et al., 1990; Macho et al., 1996). V zmysle týchto nových orientácií uhoľného výskumu má zvlášť významné miesto postup aditívacie pre prípravu ekologizovaných hnedouhoľných brikiet. Veľmi cenné údaje o hnedom uhlí, ťaženom na hornej Nitre, obsahuje výskumná správa, vypracovaná v Ústave chemického spracovania uhlia v Zabrze, Poľsko (Sobolewski, 1994). Získali sa tak poznatky nielen o fyzikálno-chemických vlastnostiach hnedého uhlia, ale aj o technologických možnostiach extrakcie, čistenia s hydroxidom sodným a pyrolýzy.

Prehľad najvýznamnejších priemyselných procesov získavania oxidov uhlíka je v práci (Macho, 1996) rozšírený o nové možnosti ich priemyselného využitia v podmienkach SR. Dôležité miesto

v poznatkovej báze slovenského uhoľného výskumu má práca (Bakoš, 1996) o využití lignitu zo Záhoria v ekológii a poľnohospodárstve. V rámci iných možností ekologického zhodnotenia tohto uhlia je zvlášť dôležitá príprava ekologických palivových brikiet, ktoré sa riešili na CHTF STU Bratislava a v rámci programu PHARE (Bakoš et al., 1996). Výrobu ekologizovaných brikiet pre malospotrebiteľov aj na báze hnedého uhlia z Hornonitrianskych baní, možno z hľadiska vývoja legislatívy pre životné prostredie chápať ako dôležitý strategický problém slovenského uhoľného baníctva.

Na základe požiadavky Hornonitrianskych baní bol na Fakulte BERG TU v Košiciach riešený postup bezpojivového briketovania pre novácke hnedé uhlie (Kmeť et al., 1992). Analýza získaných

<sup>1</sup> Ing. Ludmila Turčániová, CSc. a Ing. Slavomír Hredzák. Ústav geotechniky SAV, 043 53 Košice, Watsonova 45 (Recenzovali: Ing. Karol Dvorák a Ing. Karol Boroška. Revidovaná verzia doručená 29.10.1997)

experimentálnych výsledkov procesu briketovania nováckeého hnedého uhľia v konfrontácii s literárnymi poznatkami poskytuje zovšeobecňujúce závery, ktoré sú publikované v práci (Lukáč, 1994). Táto práca tiež uvádza priaznivý účinok koksového aditíva pre zvýšenie výhrevnosti brikiet. Je potrebné uviesť, že poznatky briketovania a fyzikálnej úpravy hnedého uhľia v špirálových rozdrúžovačoch autorského kolektívu BERG fakulty sú prvé v slovenskom uhoľnom úpravníctve, takže majú zásadný poznatkový význam pre formuláciu výskumných zámerov. Aj napriek priaznivým výsledkom fyzikálnej úpravy jemnozrného hnedého uhľia z Hornonitrianskych baní (Lukáč et al., 1993, 1993a), ako aj z bane Dolina (Lukáč et al., 1996), navrhnuté technologické riešenie nenašlo doposiaľ uplatnenie v inovačných zámeroch slovenského uhoľného baníctva.

Z uvedeného prehľadu vyplýva, že nasmerovanie výskumu slovenského uhoľného úpravníctva priamo podmieňuje slovenská uhoľná prax, ktorá plne rešpektuje trend svetového vývoja spracovania prírodných energetických zdrojov a ich ekologické využívanie. Rovnako zábery uhoľného baníctva, formulované v Energetickej koncepcii SR uvádzajú, že strategickou úlohou je aj riešenie tzv. ekologizácie uhľia pri jeho užívaní v spaľovacom procese (Čičmanec, 1996). V súlade s požiadavkami slovenskej uhoľnej a energetickej praxe a na základe odporúčania Department of Energy of the USA (Turčániová et al., 1994) sa v roku 1995 začal výskum „čistiacich“ úpravníckych technológií. Takýto výskum si vyžiadala aj štátoprávna úprava, nakoľko uhoľné baníctvo a výskum boli v predchádzajúcom období koncentrované prevažne v Čechách.

### Prehľad dosiahnutých výsledkov uhoľného výskumu

Aplikácia vyspelých úpravníckych technológií pre úpravu uhľia pred spaľovacím procesom si na Slovensku vyžaduje veľmi dôrazné zhodnotenie poznatkov svetového výskumu v oblasti „advanced clean coal technology“, s testovaním ich využitia pre slovenské hnedé uhlie. Pri súčasnom stave veľmi pokročilého vývoja týchto technológií vo svete, je možné predpokladať len ich modifikácie v oblasti využitia pre špecifické slovenské podmienky, ktoré sú dané genézou nášho uhľia a požiadavkami uhoľného baníctva a energetiky.

### Materiálová a technologická charakteristika hodnoteného uhľia

V rámci tejto etapy boli fyzikálnymi a chemickými metódami skúmané vzorky energetického uhľia z lokalít Handlová, Cígel' a Nováky, ako aj fyzikálne upravené uhlie pre malospotrebiteľov z Cígľa a Handlovej. Charakteristika hodnotených vzoriek, súčasne s možnosťami ich fyzikálnej úpravy a odsírenia je prezentovaná v prácach (Turčániová et al., 1996; Baláž et al., 1996). Z hľadiska súčasných poznatkov o genéze slovenského hnedého uhľia sú významné poznatky práce (Lipka et al., 1997). Štúdium Mossbauerových spektier skúmaných vzoriek potvrdzuje, že cca 80 % železa, prítomného v uhľí, sa vyskytuje vo forme pyritu a zvyšná časť je distribuovaná v mineráloch ako siderit, antofylit, resp. illit. Podrobnejšiu charakteristiku minerálnych fáz v hodnotenom hnedom uhľí prináša práca (Hredzák et al., 1997). Na základe optických pozorovaní, RTG analýz a EDX spektroskopie bolo zistené, že anorganická síra je viazaná na sulfidy Fe, a to hlavne na pyrit a markazit, ojedinele bol pozorovaný výskyt chalkopyritu. Pyrit sa prevažne vyskytuje ako framboidálny, dosahuje rozmery

0,01-0,065 mm. Bol taktiež pozorovaný pyrit a markazit vo forme nepravidelných zŕn rozmerov 0,030-0,080 mm. Zvláštnosťou je výskyt metalického železa. Podobne ako sulfidy železa, aj samotné Fe sa vyskytuje tiež vo forme guľičiek rozmerov 0,015- 0,020 mm, alebo vo forme nepravidelných zŕn s rozmermi 0,025-0,100mm.

Všetky prezentované a publikované údaje naznačujú teoretickú možnosť odsírenia pyritickej síry, viazanej na popoloviny, fyzikálnymi postupmi. Ich efekt je však závislý na viacerých faktoroch, ktoré ovplyvňujú účinnosť separačného postupu.

### Fyzikálne postupy úpravy uhľia

V tejto fáze výskumu boli študované možné alternatívy úpravy energetického uhľia triedením, za účelom zníženia jeho popolnatosti. V prípade požadovanej hodnoty pre výťažnosť popolovín 10%, sú poznatky nasledovné: *nad túto hranicu sú nositeľmi popolovín zrnitostná trieda 7-22 mm (Cígel' - 50%), trieda 2-12 mm (Handlová - 66%) a trieda 0-5mm (Nováky - 68%)*. Dôležité je však uviesť, že absolútna hodnota obsahu popola sa týmto postupom selektívneho triedenia významne nezmení, takže tento spôsob predúpravy nemôže zaručiť požadované kvalitatívne parametre obsahu popola.

Výsledky rozplavovacích analýz potvrdili, že upraviteľnosť slovenského hnedého uhľia klesá v poradí Nováky, Handlová a Cígel', bez významnejšieho vplyvu zrnitosti upravovanej vzorky. Pre

účely fyzikálnej predúpravy uhlia, s cieľom prípravy vsádzky definovanej popolnatosti, napr. 12%, je potrebné rozplavovacie médium hustoty 1,41-1,47 g.cm<sup>-3</sup>. Experimentálne sa potvrdila alternatívna náhrada ťažkých kvapalín ferokvapalinami. Študovala sa mokrá úprava uhlia v hydrodynamickom rozdrúžovači (Kušnierová, 1985, 1997). Priaznivý efekt rozdrúžovania sa dosiahol u nováckeho uhlia zrnitosti

1-1,5 mm, s hmotnostným výnosom 62,78 % koncentráta a popolnatosťou 12,31%. Pri rozdrúžovaní energetického uhlia zrnitosti 0,25-0,5mm v laboratórnom cyklóne s médiom ZnCl<sub>2</sub> sa dosiahol koncentrát s obsahom 10% popola, pri výnose 43%. Overovacie testy desulfurizácie magnetickou cestou sú zvlášť u nováckeho uhlia bez efektu. Veľmi nádejné sú predbežné výsledky úpravy uhlia v hydrocyklónoch s vodným médiom. Pri sumarizácii získaných poznatkov je potrebné uviesť, že mokrá úprava uhlia v čisto vodnom prostredí bez zaťažkádadiel, ak zabezpečí požadované kvalitatívne parametre popola a síry, by mohla byť schodnou cestou, za podmienky doriešenia komplexnej schémy úpravy energetického uhlia.

Prof. Špaldon zhodnocoval poznatky svetového uhoľného úpravnickeho výskumu, pričom odporúčal pre fyzikálnu úpravu slovenského hnedého uhlia otestovať aj postup multigravitačnej úpravy, triboelektrostatickej separácie a selektívnej flokulácie. Početné overovacie testy selektívnej flokulácie naznačujú vhodnosť tohto postupu pre 40- 50% separáciu popolovín z veľmi jemného uhlia. Obsah popola v koncentráte poklesne len o cca 5%. Celkový rozdrúžovací efekt je však významne ovplyvnený tzv. vnútornou popolnatosťou, ktorej limitujúce vplyvy budú definované v rámci následného výskumu uhlia. Postup selektívnej flokulácie môže byť zhodnotený pri rafinácii uhlia pred extrakciou vzácnych organických látok.

### Chemické a biologické postupy úpravy uhlia

V tejto časti boli principiálne hodnotené možné postupy zušľachtovania slovenského energetického uhlia chemickými činidlami v kyslom a alkalickom prostredí.

Pri lúhovaní všetkých troch vzoriek energetického uhlia kyselinou dusičnou je možné zovšeobecniť tieto čiastkové poznatky: *efekt demineralizácie v procese chemickej úpravy je nevýznamný, efekt odsírovania je závislý od typu hodnoteného uhlia. V prípade menej síratých uhlí (Handlová a Cígel') je možné chemickou úpravou dosiahnuť zníženie obsahu celkovej síry pod hranicu 1%. V prípade nováckeho hnedého uhlia sa tento odsírovací efekt nedosiahol. Efekt odaržénovania je zvlášť významný pri nováckom hnedom uhli. Touto úpravou poklesne obsah arzénu na hranicu 50 ppm.*

Testovanie využitia alkalickej úpravy nováckeho hnedého uhlia naznačuje vhodnosť tohto postupu. V podmienkach jednoduchého experimentu alkalickeho tavenia v niklovom kelímku (zmes 1 gram uhlie + 3 gramy NaOH, teplota 380 °C, doba tavenia 20 minút) sa dosiahol zníženie obsahu celkovej síry z 3,259 na 0,255 % (Baláž et al., 1997). Poznatky technických experimentov (Sobolewski et al., 1994) však predpokladajú dôkladnú analýzu významu fyzikálnej predúpravy u slovenského hnedého uhlia s cieľom separácie popolovín pred postupom alkalickeho tavenia.

Pri výskume boli získané zaujímavé poznatky o výskyte vzácnych organických látok (derivaty indénu, hexadiénu, fenantrénu, metanoazulénu, antracénu a diterpénov, t.j. deriváty kyseliny kauránovej a podokarpa-6,13-diénu) v nováckom hnedom uhli (Oriňák et al., 1996).

Predbežné výsledky biologickej úpravy nováckeho hnedého uhlia naznačujú, že týmto postupom je možné odstrániť z uhlia 59,12% celkovej síry a 56,12% arzénu (Fečko et al., 1996). Z hľadiska adaptability baktérií na daný druh uhlia je možné na základe týchto experimentov potvrdiť, že novácke hnedé uhlie je vhodné k aplikácii baktérií *Thiobacillus ferrooxidans*. V rámci experimentálneho programu biologickej úpravy bola študovaná kinetika biologickej regenerácie síranu železitého, ktorý je špecifickým lúhovacím činidlom pre pyritické uhlie (Kupka, 1996).

### Štúdium vplyvu povrchových a adhézných procesov pri úprave uhlia

Je potrebné uviesť, že prvým stupňom teoretického štúdia povrchových a adhézných procesov v úprave uhlia je objasnenie mechanizmu mikrobiálnej adhézie na minerálnych substrátoch. Zistilo sa, že povrchový náboj a hydrofóbnosť mikroorganizmov (potvrdené testovaním 7 kultúr *Thiobacillus ferrooxidans*), ovplyvňujú počiatkové reverzibilné štádium adhézie. Následná irreverzibilná tvorba biofilmu je podmienená predovšetkým metabolickou aktivitou mikroorganizmov (Škvarla et al., 1997).

Experimentálne bol stanovený povrchový náboj u viacerých kmeňov baktérií *Thiobacillus ferrooxidans* metódou elektroforetického rozptylu svetla v závislosti od iónovej sily (Škvarla et al.,

1996). Experimentálne bol zistený významný poznatok, že hodnota izoelektrického bodu testovaných baktérií je pri pH = 3,5. Výskum bol teda zameraný na štúdium elektrokinetiky bunečnej steny *Thiobacillus ferrooxidans*, s cieľom objasniť funkčné skupiny, zodpovedné za jej povrchový náboj. Tento sa predpokladá ako možný faktor, ovplyvňujúci proces adhézie *Thiobacillus ferrooxidans* na tuhé povrchy minerálov, ako aj jeho biolúhovací efekt. Určil sa mechanizmus vzniku povrchového náboja a boli naznačené funkčné skupiny, ako aj zložky bunečnej steny zaň zodpovedné (Škvarla et al., 1997).

### Záver

Prezentované experimentálne výsledky naznačili vhodnosť aplikácie niektorých postupov fyzikálnej a chemickej úpravy uhlia pre jeho účelové využitie v uhoľnom baníctve a energetike. V zmysle priority uhoľného baníctva a energetiky je potrebné špecifikovať technické aplikačné a vedecké priority výskumu čistých technológií, ktoré sú v prípade sírnateho a menej kvalitného slovenského hnedého uhlia, obsahujúceho aj arzén, jednoznačné. V prípade slovenského uhoľného výskumu v oblasti fyzikálnych, chemických a biologických postupov úpravy sú tieto vedecké priority aj opodstatnené, nakoľko vo svete v poslednom desaťročí takýto výskum prebieha veľmi intenzívne. Technický výskum vyžaduje veľký pokrok aplikácie poznatkov o fyzikálnej úprave energetického uhlia, včítane inovácie technologickej schémy úpravy uhlia. V krátkej budúcnosti je veľmi žiaduca realizácia poznatkov o príprave ekologizovaných brikiet pre malospotrebiteľov i v strednej energetike.

**Pod'akovanie:** Práca vznikla pri riešení slovensko-amerického projektu *Slovak Brown Coal* č. ID O31-95, vedecko-technického projektu *Zvýšenie ekonomickej efektívnosti energetických premien* č. 95-513-III-07.12, ako aj vedeckého grantu prostredníctvom Slovenskej agentúry VEGA č. 95/5305/561.

Autori práce si dovoľujú poďakovať prof. Ing. Dr. Františkovi Špaldonovi, DrSc., za cenné rady pri formulácii vedecko-technických úloh uhoľného výskumu.

### Literatúra

- Bakoš, D. et al.: Use of Lignite Coal Briquettes as Alternative Fuel. *Project PHARE No. 94/02-03-01*.
- Bakoš, D. et al.: Fyzikálno-chemické štúdium lignitov a hnedého uhlia z rôznych lokalít SR. *Výskumná správa. CHTF STU Bratislava 1992*.
- Bakoš, D.: Využitie lignitu v ekológii a poľnohospodárstve. In: *Vývojové trendy v baníctve a energetike z pohľadu perspektívnej aplikácie clean coal technologies*. Zbor. ref. z medzin.seminára, Košice 1996, s. 161-166.
- Baláž, P., Turčániová, L., Bastl, Z., Boroška, F. & Lipka, J.: Charakteristika slovenského hnedého uhlia. *Uhlí, Rudy, Geologický průzkum 10, 1996, s. 325- 329*.
- Baláž, P., LaCount, R.B., Kern, D.G., Bajger, Z. & Turčániová, L.: Desulfurizácia hnedého uhlia postupom alkalického tavenia. *Acta Montanistica Slovaca 1997 / v tlači /*.
- Burnard, G.K. & Maunder, D.H.: UK research in clean coal technologies. In: *Vývojové trendy v baníctve a energetike z pohľadu perspektívnej aplikácie clean coal technologies*. Zbor. ref. z medzin. seminára, Košice 1996, s. 251-258.
- Čičmanec, P.: Stratégia slovenského uhoľného baníctva do roku 2005 s výhľadom do roku 2010. In: *Vývojové trendy v baníctve a energetike z pohľadu perspektívnej aplikácie clean coal technologies*. Zbor. ref. z medzin. seminára, Košice 1996, s. 1-7.
- Dvorák, K.: Inovácia a zlepšenie environmentálnych vlastností energetických zdrojov Slovenska využitím vyspelých energetických technológií. In: *Vývojové trendy v baníctve a energetike z pohľadu perspektívnej aplikácie clean coal technologies*. Zbor. ref. z medzin. seminára, Košice 1996, s. 114-119.
- Fečko, P. et al.: Bakteriální loužení hnedého uhlí z lokality Nováky. *Výskumní správa. VŠB Ostrava 1996*.
- Hredzák, S., Košúth, M., Briančin J., Turčániová, L., Lovás, M. & Jakabský,Š.: Charakteristika minerálnych fáz v hnedom uhlí Hornonitrianskej panvy. In: *Leško, M. (red.): 9. Medzinárodná banícka konferencia, Zbor. ref. Sekcie 4 „Ekotechnológia a Mineralurgia“, Fakulta BERG TU Košice, 1997, s. 62-65*.
- Kmeť, S. et al.: Briketovateľnosť hnedého uhlia z lokality baňa Nováky. *Výskumná správa. BERG TU Košice 1992*.
- Kupka, D.: Inhibition effect of copper, hydrogen ions and increased cell concentration to the kinetics of iron II. oxidation by *Thiobacillus ferrooxidans*. *Mineralia Slov. 28, 1996, s. 391-394*.
- Kušnierová, M.: Zariadenie na kontinuálne rozdrúžovanie minerálnych zmesí. *AO č.242305/85*.

- Kušnierová, M.: Vplyv hydrodynamického rozdrúžovania na kvalitu hnedého energetického uhlia. In: Fečko, P. (red.): *New Trends in Mineral Processing II. VŠB-TU Ostrava 1997*, s. 293-295.
- Lipka, J., Baláž, P., Turčániová, Ľ., Tóth, I. & Grone, R.: Mossbauer Study of Slovak brown Coal. *Czechoslovak Journal of Physics* 47, 5, 1997, s. 537-540.
- Lukáč, J., Alvarez, R., Turčániová, Ľ., Clemente, C. & Limon, G. D. : Ecological Problems Concerning the Amelioration of Slovak Energetic Coals. *Fuel Processing. Techn.* 36, 1993, s. 277-282.
- Lukáč, J. & Búgel, M.: Zušľachtovanie energetického práškoveho uhlia mokrou cestou. Výskumná správa. *Fakulta BERG TU Košice 1993a*.
- Lukáč, J.: Briquetting of Hard Brown Coal without Binding Agent. In: Blaschke, W. S. (ed.): *New Trends in Coal Preparation Technologies and Equipments. Preprints of the 12th Int. Coal Preparation Congress. Cracow 1994*, 1, s. 581-586.
- Lukáč, J. & Búgel, M.: Využitie Humpreyových špirál pri úprave jemnozrnných podielov energetického uhlia. In: *Vývojové trendy v baníctve a energetike z pohľadu perspektívnej aplikácie clean coal technologies. Zbor. ref. z medzin. seminára. Košice 1996*, s. 157-160.
- Macho, V. et al.: Nové možnosti využitia uhlia hornonitrianskych baní hlavne pre malú energetiku. Výskumná správa. *CHTF STU Bratislava 1996*.
- Macho, V.: Nové možnosti využitia oxidov uhlíka. In: *Vývojové trendy v baníctve a energetike z pohľadu perspektívnej aplikácie clean coal technologies. Zbor. ref. z medzin. seminára. Košice 1996*, s. 89-94.
- Marchant, S.: The U.S. Department of Energy's Coal Technology Program. In: *Vývojové trendy v baníctve a energetike z pohľadu perspektívnej aplikácie clean coal technologies. Zbor. ref. z medzin. seminára. Košice 1996*, s. 30-52.
- Oriňák, A., Turčániová, Ľ., Zacharová, V. & Oriňáková, R.: Winning, separation and characterisation of substances extracted from coal. In: *Vývojové trendy v baníctve a energetike z pohľadu perspektívnej aplikácie clean coal technologies. Zbor. ref. z medzin. seminára. Košice 1996*, s. 210-214.
- Sobolewski, A. et al.: The Brown Coals from Prievidza Region. *Processing Concept. ICHPC Zabrze 1994*.
- Škvarla, J. & Kupka, D.: The study of electrokinetics of Thiobacillus ferrooxidans by electrophoretic light scattering. *Mineralia Slovaca* 28, 1996, s. 395-398.
- Škvarla, J. & Kupka, D.: A comparative electrophoretic light scattering study of various strains of Thiobacillus ferrooxidans. *Biotechnology Techniques 1997 / v tlači/*.
- Turčániová, Ľ., et al.: Zhodnotenie súčasného stavu poznatkov o možnostiach využívania slovenského hnedého uhlia. *Výskumná správa. ÚGt SAV Košice 1993*.
- Turčániová, Ľ. et al.: PDV Clean Coal RD No. 94065. *Project USA- Slovak*.
- Turčániová, Ľ., Baláž, P., Boroška, F., & Lipka, J.: Brown coal research in Slovakia from the point of view of application of advanced cleaning technologies. In: *Shiao-Hung Chiang / Edit./ Coal-Energy and Environment. Proc. of Thirteenth Annual Int. Pittsburgh Conf. Pittsburgh 1996*, p. 911-915.
- Urmín, J.: Rozvoj energetiky v SR. In: *Vývojové trendy v baníctve a energetike z pohľadu perspektívnej aplikácie clean coal technologies. Zbor. ref. z medzin. seminára, Košice 1996*, s. 8-12.
- Žiak, J. et al.: Prieskum výroby a využitia humínových kyselín z hnedého uhlia lokalít SÚB. *Záverečná výskumná správa. VÚP Prievidza 1990*.

