

## Energetické odpady – získavanie a využívanie kovonosných úžitkových zložiek

*Michalíková Františka<sup>1</sup>*

### *Energetical fly ashes – separation and utilization of metallic valuable components*

*In the contribution, methods of separating metals – Fe, Al, Ge from energetic wastes – fly ashes are presented along with further possibilities of utilization of particular valuable components for industrial purposes.*

*In the contribution, properties of energetic wastes are presented influencing the contents, separability, and utilizability of metal-bearing valuable components. From among physical properties these are grain size distribution and surface area. Chemical properties are characterized by elements contained in combusted coal whose content after combustion is increased 2 to 4 times, depending on the content of ash and combustible matters in original coal. Mineralogical properties of energetic wastes are determined by the combustion process conditions in the course of which mineral novelties are produced in concentrations suitable for separation.*

*In the contribution, methods of separation and utilization of metals such as Fe, Al, Ge are described. From literature information on the processing of Fe component, as well as from results of experiments made at the Department of Mineral Processing and Environmental Protection, Technical University of Kosice follows that the highest concentration and mass yield of the component can be obtained from black coal fly ashes produced in smelting boilers. The content of Al in Slovak energetic wastes is lower than the 30 %  $Al_2O_3$  limit that conditions an economic technological processing. Only in the case of black coal fly ash from TEKO Kosice and EVO Vojany was the  $Al_2O_3$  content of 32.93 %. Therefore, in an indirect way – by separating the residues of uncombusted coal and magnetite Fe – the content of Al in fly ash was increased.*

*For Ge, a principle of selective sizing has been utilized.*

*A complex utilization of energetic wastes, that is the separation of metallic components, elimination of particular metals and the subsequent treatment of nonmetallic residue, should be an effective solution in various industrial areas.*

**Key words:** *energetic waste, separation of metals, utilization in the industry.*

Motto: Popolčeka predstavujú surovinovú základňu pre kovy budúcnosti.

Hycnar

### Úvod

Základné vlastnosti energetického odpadu, ktorý vzniká počas spaľovania fosílnych palív – čierneho a hnedého uhlia - v elektrárnach a teplárnach, sú publikované v príspevku Michalíková (1999). Pre získavanie úžitkových zložiek sú najvhodnejšie popolčeka, zachytávané v elektrostatických odlučovačoch. V porovnaní s troskou majú popolčeka takú veľkosť častíc, ktorá poskytuje vhodnejšie podmienky pre ich spracovanie úpravnickými separačnými procesmi. Ide najmä o zrnitosť zloženie a z toho vyplývajúcu polykomponentnosť, ktorá je v popolčekoch výrazne nižšia, ako v troske. Avšak troska, na rozdiel od popolčekov, je priamo – bez akejkoľvek úpravy - vo veľkom množstve použiteľná najmä v stavebníctve, ako relatívne inertný materiál.

Kvôli svojmu veľkému povrchu ( $2 - 17 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ) vykazujú popolčeka vyluhovateľnosť, pre ktorú sú zaradené do II. až III. triedy (Nariadenie vlády SR č.606/1992 Zb. o nakladaní s odpadmi, v znení nariadenia vlády SR č. 190/1996 Z.z.). Troska má rádovo menší povrch ( $0,01 - 0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ) a podľa vyluhovateľnosti je obvykle zaradená do I. triedy. Na základe dlhoročných výskumných prác mnohých autorov je možné v súčasnosti objektívne vyhlásiť, že vlastnosti popolčekov poskytujú nádejné možnosti ich komplexného využitia v rôznych oblastiach priemyslu.

Predpoklady pre komplexné zužitkovanie celej produkcie popolčekov z rôznych spaľovacích zariadení sú rozdielne – často iné pre popolčeka z výtavných, prašno-granulačných a fluidných kotlov. I v prípade spaľovania jedného druhu uhlia v rôznych spaľovacích zariadeniach, teda uhlia, ktoré má rovnaké chemické zloženie, môže dôjsť k javom, že fyzikálne vlastnosti a minerálne zloženie popola budú rozdielne. Aj pre tento fakt je potrebné pre každý druh energetického odpadu uskutočniť samostatný výskum jeho vlastností.

Obsahy kovov v uhlí sú nízke, hlboko pod bilančnými hodnotami. Spálením uhlia vzniká popol, v ktorom sú obsahy prvkov zvýšené 2 – 4 násobne, čo závisí od obsahu popolovín a spáliteľných látok v pôvodnom uhlí. Aj potom však popolčeka obsahujú kovy v menších množstvách ako ťažené rudy. Vo všetkých druhoch popolčekov sa nachádza celý rad kovov s obsahom rádovo v tisícinách, stotínach, desatinách percenta, v prípade železa je to 1 – 10 %, čo závisí od lokality – uhoľného revíru, z uhlia ktorého vzniká popol. Na rozdiel

<sup>1</sup> Doc. Ing. Michalíková Františka, CSc., Katedra mineralurgie a environmentálnych technológií, Fakulta BERG, TU Košice, 043 84 Park Komenského 19 (Doručené 10. 10. 1999, revidovaná verzia dodaná 17. 5. 2000)

od rúd však u popolčiekov nie je potrebné uvažovať s investíciami a energiou na technologické operácie – ťažbu, drvenie, mletie – teda je možné voliť nákladnejšie spôsoby úpravy. Potreba sanácie mimoriadne veľkých plôch, ktoré zaberajú skládky a odkaliská, je ďalším podporným činiteľom pre využívanie popolčiekov.

O získavaní koncentrátov kovov z elektrárenských popolčiekov uvádza Hycnar (1987, 1988), že popolčieky sú nositeľmi kovov, ktorých množstvo sa pohybuje do 30, 40, aj viac % hmotnostných. Vo svete sú známe prípady priemyselného získavania železa (Poľsko, Kanada, SRN), hliníka (Poľsko, bývalý ZSSR), germánia (V. Británia, bývalá ČSFR), vápnika (Poľsko, býv. ZSSR).

Hycnar (1985) uvádza, že hydrometalurgickými procesmi je možné získať 22 kovov, pričom najvýznamnejšie sú: Ag, Al, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sn, Sb, Th, Ti, U, V, Zn. Pyrometalurgickými metódami sú získateľné: Al, Ca, Cu, Ga, Ge, Fe, FeSi, As, Mg, Mn, Ni, Sb, Si, Sn, Th, Ti, U, V. Zatiaľ neboli zaregistrované metódy získavania Co, Cr, Sr (Hycnar 1986, 1987).

Komplexné spracovanie popolčiekov s cieľom získavania Fe, Al, prípadne ďalších kovov (Ti, Ge, Ga) bolo doteraz na Slovensku, ale aj v Českej republike, v štádiu výskumu, v laboratórnom, modelovom, prípadne poloprevádzkovom rozsahu. Priemyselné overenie technológie získavania zvyškov nespáleného uhlia flotáciou a následne železa mokrým nízkointenzívnym magnetickým rozdzružovaním sa uskutočnilo v roku 1993 v úpravni Železorudných baní v Rožňave.

### Získavanie kovov z popolčiekov

#### 1. Získavanie železa

Praktický význam majú iba tie oxidy železa, ktoré:

- majú magnetické vlastnosti a použitím magnetického rozdzružovania je možné ich nabohatiť, skoncentrovať,
- je možné v procese rozdzružovania tak skoncentrovať, že obsah železa v týchto koncentrátoch zodpovedá obsahu železa v koncentrátoch z prírodných železných rúd,
- sú z hľadiska chemického zloženia vhodné ako kovonosná prísada vsádzky pre hutnicke spracovanie na výrobu ocele alebo surového železa,
- nesplňajú požiadavky bodu c), ale majú reologické vlastnosti, ktoré umožňujú, aby boli použité ako surovina pre prípravu ťažkej suspenzie pri rozdzružovaní uhlia (Michalíková, 1993).

Z tohto hľadiska je najdôležitejší obsah magnetitu, ktorý sa v spomínaných odpadoch v kolísavom množstve vždy vyskytuje.

V Poľsku (Michalíková, 1991) sa v 4 elektrárnach získava magnetitový koncentrát, ktorý sa používa ako zaťažkávadlo v úpravniach uhlia. Koncom roku 1984 tam bola uvedená do prevádzky úpravňa popolčeka s kapacitou 10 kt magnetitového koncentráta ročne. Ide o mokré magnetické rozdzružovanie popolčeka v elektrárni Sierza. Podľa analýz Energoprojektu je toto zariadenie ekonomické už pri úbytku 1 % popolčeka z celkovej produkcie (úspora poľnohospodárskej pôdy, udržiavanie odkaliska, atď.). Získaný koncentrát mal zloženie:

Obsah Fe	= 50 – 63 %,	Merná hmotnosť	= 3,4 – 4,2 g.cm <sup>-3</sup> .
SiO <sub>2</sub>	= 8 – 19 %,	Zrnitosť: Nadsitné + 0,15 mm	= 0 – 10 %.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	= 2 – 9 %.	+ 0,04 mm	= 17 – 59 %.

Z údajov je vidieť veľký rozptyl obsahov železa, spôsobený kolísaním kvality popolčiekov. Rozdielnosť sa prejavuje v chemickom a mineralogickom zložení a vo fyzikálnych vlastnostiach (Fečko et al., 1993).

Autori štúdie (Kontra et al., 1984) zhodnotili početné pokusy a potvrdili známu skúsenosť, že výsledky, ktoré dosiahli, sa menia v širokom rozsahu a nedovoľujú vypracovať univerzálnu technológiu úpravy elektrárenských popolčiekov.

Títo autori však vo svojich úvahách a návrhoch na rozdzružovanie popolčiekov nezohľadňovali iné metódy ako skoncentrovanie Fe pomocou gravitačného a mokrého magnetického rozdzružovania.

Magnetitový koncentrát, získaný z elektrárenských odpadov, je použiteľný ako na výrobu železa, tak aj ako zaťažkávadlo pri ťažkosuspenznej úprave uhlia a ako doplnkové zaťažkávadlo spolu s ferosilícium aj pri úprave rúd. Umožňuje to guľový tvar magnetitových zŕn a ľahká možnosť regenerácie. Na závalu je len nižšia merná hmotnosť magnetitového koncentráta v porovnaní s prírodným magnetitom, ktorá je spôsobená polykomponentnosťou – vzájomným prerastaním jednotlivých zložiek a prítomnosťou i dutých guľôčiek magnetitu.

V expertíze Výskumného ústavu hutníctva železa (1984) sa uvádza hodnotenie použitia magnetitového koncentráta z elektrárenského popolčeka. V laboratórnych podmienkach boli uskutočňované pokusy spekania, pri ktorých do krivojrožskej rudy pridávali 5, 10 a 20 % magnetitového koncentráta z elektrárenského popolčeka. Záverečné odporúčanie bolo, pridávať do zmesi pre aglomeráciu iba 5 % magnetitu z popolčeka. Vyšší prídavok zhoršuje parametre spekania a pevnosť aglomerátu.

Na základe doterajších poznatkov o jednotlivých druhoch popolčiekov a vlastných experimentálnych prác (Michalíková et al., 1990; 1991; 1992; 1996), vykonaných na Katedre úpravníctva a ochrany životného prostredia Fakulty BERG TU v Košiciach, je perspektíva získavania Fe koncentrátov z energetických odpadov u nás nasledovná:

1. Čiernouhoľné popolčekom z výtavných kotlov obsahujú 6-11 % železa v rôznych formách. Z hľadiska využitia je dôležitý minerálny novotvar magnetit, ktorý tvorí do 90 % z celkového železa, zvyšných 10 % sa vyskytuje prevažne ako minerálne novotvary alumosilikátov železa a silikátov železa. Koncentráty, získané suchým alebo mokrym nízkointenzitným magnetickým rozdrúžovaním, majú 50 – 60 % Fe, výťažnosť Fe do koncentráta je 30-36%.  
Fluidný čiernouhoľný popolček zo spaľovania ostravského uhlia obsahuje 5-7 % Fe, koncentráty majú obsah 30-57% Fe, výťažnosť Fe do koncentráta sa pohybuje v rozsahu 15-27 %.
2. Hnedouhoľné popolčekom z prašno-granulačných kotlov z ENO Nováky obsahujú 4-6 % Fe, z toho je 10-30 % vo forme minerálu magnetitu. Koncentráty majú 30 – 45 % Fe, výťažnosť sa pohybuje len okolo 15-20 %.
3. Handlovský hnedouhoľný fluidný popolček obsahuje 5,65 % Fe, koncentráty dosahujú iba 30 – 36 % Fe, s výťažnosťou 15-22 %.

## 2. Obsah alumínia

Obsah alumínia v jednotlivých druhoch popolčiekov sa pohybuje od 11 do 35 %. Napr. z kladnianskeho uhlia je to 28,4 %, z dovážaného donbaského a kuzbaského len 13 – 15%. Hnedouhoľné popolčekom z ENO Nováky obsahujú 18 až 24 %  $Al_2O_3$ , popolčekom zo spaľovania uhlia zo Severočeského revíru obsahujú 21 – 30%  $Al_2O_3$ .

V surovom uhlí sa vyskytujú popoloviny a jalovinové zložky, z ktorých po spálení vznikajú popoly, tvorené prevažne silikátmi, alumosilikátmi, menej karbonátmi, síranmi a oxidmi. Počas spaľovania dochádza k chemickým zmenám, k vzájomným reakciám, pričom vznikajú nové častice – minerálne novotvary.

Kolíšavý obsah alumosilikátov v pôvodnej „jalovine“ zložke sa po spálení uhlia prejaví úmerným podielom  $Al_2O_3$  a  $SiO_2$  v popole. Obsah hliníka výrazne ovplyvní vlastnosti popola, jeho bod tavenia, absorpčné a pužo-lánové vlastnosti, škvárovanie.

### Získavanie alumínia

Väčšina výskumov vo svete sa týka ekonomických aj ekologických metód získavania  $Al_2O_3$ . Celý rad metód je technicky a technologicky doriešený, ale chýba metóda, ktorá by umožňovala lacnejšiu výrobu Al z popolčekov ako tradičnými technológiami. V Poľsku sú využívané dve technológie: spekavo-rozpadová (podľa Grzymka) a kyslá.

V 70-tych rokoch začali budovať v Novinách takúto výrobu, ale z ekonomických dôvodov bola zastavená. Preto sa tam uskutočňuje selektívne skládkovanie popolčeka, aby v budúcnosti, pri vhodných ekonomických podmienkach, mohol byť použitý ako surovina na výrobu  $Al_2O_3$ .

Počas druhej svetovej vojny a po jej skončení, sa Grzymekova technológia overovala v Čechách v Štramberku, kde sa používali ostravské popolčekom so škvárou a vápence z Kotouče. Podobný výskum bol uskutočňovaný v Rudersdorfe pri Berlíne.

O možnostiach zvýšenia obsahu Al v popolčekom na Slovensku sme uvažovali aj počas našich výskumných prác a získali sme nasledovné výsledky (Michalíková et al., 1999, 1991, 1992).

Obsah  $Al_2O_3$  v čiernouhoľnom popolčekom TEKO Košice je 18 – 19% (Michalíková et al., 1991, 1992), vo VSŽ Košice 19 – 21%, (Michalíková et al., 1990), v EVO Vojany 17 – 19%. Po rozdrúžovaní, t.j. po odstránení zvyšku spáliteľných látok flotáciou a magnetitového železa nízkointenzitným magnetickým rozdrúžovaním, sa získa produkt – „zušľachtený popolček“, v ktorom je obsah  $Al_2O_3$  už 25 – 29%. Zušľachtený popolček – produkt priemyselného overovania možností získavania úžitkových zložiek z energetického odpadu z TEKO Košice a EVO Vojany v závode Železorudných baní v Rožňave v r. 1993 obsahoval 32,93 %  $Al_2O_3$  (Blažej 1997).

Ďalšie zvýšenie obsahu  $Al_2O_3$  je možné dosiahnuť gravitačným rozdrúžovaním, kde je predpoklad skoncentrovania  $Al_2O_3$  na 30 – 35 %, prípadne i viac. Výskum a realizáciu projektu (spoločnej výroby oxidu hlinitého  $Al_2O_3$  a rýchloväzného cementu), ako prvý uskutočnil v roku 1934 prof. Grzymek na polytechnike v Evove.

Obsah  $Al_2O_3$  v hnedouhoľnom popolčekom z ENO Nováky sa po dobu nami sledovaných 5 rokov menil v rozsahu 18 – 20,3 %  $Al_2O_3$ . Na jeho skoncentrovanie sme použili gravitačné procesy – rozdrúžovanie na splave a Humphreyových špirálach. Výsledky testovania preukázali, že po roztriedení popolčeka na súpadné triedy a jeho následnom rozdrúžovaní na splave, bol získaný ľahký produkt s maximálnym obsahom 24,7 %  $Al_2O_3$  (Sadloňová, 1992), na Humphreyovom závitovom rozdrúžovači bol získaný produkt s maximálnym

obsahom 23,15 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Hmotnostné výnosy ľahkých produktov z obidvoch rozdrúžovacích zariadení sa pohybovali od 11,0 do 21,5 %.

Väčšina štátov sa zameriava na spracovanie prírodných alumosilikátov (ílov, hĺn) a iných, i odpadových surovín, ako sú energetické popolčky, v ktorých je oxid hlinitý viazaný ako alumosilikát. Spôsob je ekonomicky výhodný vtedy, keď východisková surovina – popolček – obsahuje minimálne 30 % hmotnostných  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Z hľadiska užitočných vlastností je zaujímavý výskyt minerálneho novotvaru, ktorý podľa vlastností je možné zaradiť do skupiny prírodných zeolitov, predovšetkým phillipsitu, klinoptilolitu a ďalších. Vlastnosti hnedouhoľného popolčka, ktoré sa najviac približujú vlastnostiam prírodného zeolitového minerálu phillipsitu, popísali Liberský (1993) a Koloušek et al., (1993).

Prírodné zeolity sú hydroalumosilikáty, ktoré vznikli najmä hydratáciou horúcich vulkanických skiel počas chladnutia vo vode. Zeolitové novotvary v popolčkoch vznikli prevažne zo skiel, vytváraných pri „vulkanických teplotách“ v spaľovacích zariadeniach, ich hydratáciou počas transportu a ukladania vo vodnom prostredí na od-kalisku. U všetkých zeolitov je podstatná štruktúrna mikropórovitosť, ktorej objem je možné stanoviť.

Sorpčné vlastnosti popolčeka sa v súčasnosti využívajú pri čistení odpadových vôd (Koloušek et al., 1993).

Kušnierová et al. (1997), skúmali možnosti zeolitizácie popolčka z hnedého uhlia Sokolovského revíru, výmennú kapacitu separátne hydrotermálne alterovaných vzoriek jednotlivých zrnitostných tried. Najvyššie hodnoty výmenných kapacít boli namerané vo vzorke zrnitosti 0 – 0,04 mm. Výmenná kapacita prírodných klinoptilolitových zeolitov dosahuje hodnotu  $1,88 \text{ mol.kg}^{-1}$ , výmenná kapacita testovanej hydrotermálne alterovanej zrnitostnej triedy popolčka dosahuje hodnotu až  $2,41 \text{ mol.kg}^{-1}$ . Z hľadiska zeolitizácie je možno považovať za užitočnú zložku popolčka jeho amorfnú - sklenenú fázu.

### 3. Získavanie germánia

Jedným z dôležitých prvkov, ktorý sa nachádza v popolčkoch, je germánium. Objavil ho v roku 1885 Winker, ktorý analyzoval nový minerál argyrit, objavený Weissbachom (obidvaja z Bergakademie, Freiberg). Následne bola preukázaná totožnosť vlastností germánia s vlastnosťami prvku ekasilícium, ktorý predpovedal vo svojej periodickej sústave Mendelejev.

Zo začiatku nebolo pre germánium žiadne praktické použitie. Až po druhej svetovej vojne, keď boli zistené vynikajúce vlastnosti monokryštálov kovového germánia, možno sledovať prudký vzostup jeho spotreby. Zatiaľ čo v roku 1948 bola svetová spotreba germánia 500 kg, v roku 1951 to bolo už 3500 kg a v roku 1960 už 20 t. Obrovský nárast spotreby germánia spôsobil rozvoj elektroniky, výroba polovodičových súčiastok, napr. rôznych tranzistorov, termistorov a varistorov.

Surovinová základňa germánia je pomerne úzka. Sú známe len tri zdroje germánia (Bouška, 1977):

- rôzne zinkové rudy v USA, ktoré obsahujú 0,02 – 0,1 % germánia,
- minerály germanit a renierit, ktoré sa vzácné vyskytujú v Strednej Afrike (Kongo),
- uhlie a jeho produkty.

Germánium je označované ako disperzný prvok a jeho obsah v zemskej kôre sa uvádza v množstve  $10^{-4}$  a  $10^{-9}$  % hmotnostných. Zo zlúčenín sa dosť ľahko vylúhuje. Pretože roztoky germánia sú pomerne stále, migruje germánium často veľmi ďaleko od materskej horniny. Z roztokov je germánium absorbované uhlím. Je preto pochopiteľné, že mnoho prác bolo zameraných na získavanie germánia z uhlia, zvlášť z okrajových partií paniev (stredočeská a severočeská uhoľná panva). Tu obsah germánia dosahoval niekedy 40 až  $120 \text{ g.t}^{-1}$  suroviny. Za ekonomicky únosný obsah sa považuje už  $10 \text{ g.t}^{-1}$  suroviny.

Nakoľko podstatná časť zlúčenín germánia sa viaže na organickú zložku uhlia, pri jeho spaľovaní je germánium tekavé, časť uniká do atmosféry a časť sa zachytáva na úletovom popolčku, kde sa nabohacuje. Bolo zistené, že ak uhlie obsahovalo 0,001 až 0,002 % hmotnostných germánia, stúpol jeho obsah v úletovom popolčku na 0,3 až 0,5 % hmotnostných.

Metódy získavania „zlúčenín Ge“ sú tzv. technológie „hlbokej“ úpravy popolov, spočívajúce v rozpúšťaní skeletu alumosilikátov, ktoré zaručujú zisk z hľadiska množstva a obsahu kovov, zabudovaných v týchto skeletoch spolu so zlúčeninami germánia (Hycnar, 1987). Tieto technológie sú veľmi nákladné. V súčasnosti majú šancu len energotechnologické procesy. Proces usadzovania, resp. zrážania germániových zlúčenín na povrchových častiach zrn popolčeka spôsobuje zahusťovanie zlúčenín germánia v popolčkovej hmote v závislosti na veľkosti častíc popolčeka.

Novšie výskumy (Hycnar, 1986) ukazujú, že nárast koncentrácie úletových zlúčenín nemá charakter kontinuálnej závislosti, ale skokového vzrastu koncentrácie úletových zlúčenín pri prechode od zrn veľkosti  $10 \text{ }\mu\text{m}$  do zrn menších ako  $1 \text{ }\mu\text{m}$ , to znamená, že sa kumuluje v jemnozrnných časticiach rozmerov 1 -  $10 \text{ }\mu\text{m}$ .

Procesy „získavania“ koncentrátov germánia z popolčiekov sa teda musia opierať o selektívne triedenie frakcií zrn menších ako 10  $\mu\text{m}$ , alebo oddeľovanie frakcií najbohatších na zrná menšie ako 10  $\mu\text{m}$ . Druhou dôležitou podmienkou, zaručujúcou vyššiu koncentráciu germánia v popolčekom, je použitie takých riešení kúreniskových komôr, ktoré by zaručovali minimalizáciu množstva úletov.

Produkty najbohatšie na germánium sa získavajú vo fluidných roštových a cyklónových kúreniskách, ak sa súčasne použijú tkanivové filtre. Malé množstvo úletov v spalinách pri znížení teploty spalin pod teplotu kondenzácie úletových zlúčenín germánia rozhoduje o vyššej koncentrácii jeho kondenzujúcich zlúčenín v popolčekom, čiže popolček tvorí kondenzačné jadrá pre zrážanie úletov Ge. Dodatočné prírastky koncentrácií germániových zlúčenín v popolčekom zaručuje použitie recyklácie popolov do kúreniskovej komory aj z dôvodov resublimácie.

Výsledné obohacovanie a konečný obsah germániových zlúčenín vo vybraných frakciách popola závisí od obsahu germánia v pôvodnom uhlí.

V súčasnosti, zavedením výroby polovodičov z kremíka a zavedením výroby keramických polovodičov, poklesol význam a cena germánia. Napriek tomu je potrebné si uvedomovať, akú významnú surovinovú základňu pre získanie germánia predstavujú popolčeky.

### Záver

Energetické odpady sa často javia ako nezúžitkovateľné, ich zneškodnenie sa realizuje najmä skládkovaním. Negatívny vplyv skládkovania sa prejavuje prašnosťou v okolí skládky, priesakmi vôd cez skládku a následným znehodnotením podzemných vôd. Preto je potrebné preferovať akýkoľvek spôsob využitia energetických odpadov, pri ktorom dochádza k ich zhodnoteniu.

Uvedené príklady využívania energetických popolčiekov z rôznych druhov uhlia a z rôznych spaľovacích zariadení predstavujú najznámejšie a najčastejšie metódy zúžitkovania jedného z hromadných priemyselných odpadov.

Rozbory fyzikálnych, chemických a mineralogických vlastností popolčiekov z rôznych lokalít, určovanie väzby iných kovov vo vzťahu k Fe, Al a Si by mali byť súčasťou projektov výskumných úloh. Pre zabezpečenie technologickej a ekonomickej úspešnosti je potrebné určiť stabilitu vlastností, resp. rozsah, množstvo a formy kovovonosných zložiek.

Ak popolčeky hodnotíme z týchto hľadísk, potom každý uvažovaný technologický postup je potrebné hodnotiť aj z ekologického/environmentálneho hľadiska. Optimálnym riešením by bolo komplexné využívanie popolčiekov, teda oddelenie kovonosných zložiek, získavanie jednotlivých kovov a následné spracovanie nekovového zvyšku v stavebníctve, v zlievarstve, na keramické výrobky a ďalšie. Aby bolo možné projektovať zariadenia na komplexné spracovanie popolčiekov je potrebné popolčeky systémovo zatriediť, vykonať výskum ich charakteristických vlastností a na tomto základe určiť možnosti ich využitia.

V našej republike zostávajú zatiaľ skoro všetky práce na úrovni laboratórneho až modelového výskumu, iba v jednom prípade išlo o priemyselné overenie technológií získavania magnetitovej substancie vo forme koncentráta bohatého na Fe.

*Podakovanie:* Práca vznikla pri riešení vedeckého grantu prostredníctvom Slovenskej agentúry VEGA č.2 – 5159/98.

### Literatúra

- BLAŽEJ, A.: Stratégia spracovania odpadov ako sekundárnych surovín. *Zb. Odpady'97*, Spišská Nová Ves, 1997, str. 6 – 14.
- BOUŠKA, V.: Geochemie uhlí. ACADEMIA Praha 1977.
- BÚGEL, M.: Preskúmanie prírodného zeolitu z hľadiska jeho adsorpčných vlastností. *Kandidátska dizertačná práca*, 1988, s. 98.
- EXPERTÍZA hodnotenia magnetitového koncentráta z elektrárenského popolčeka. *Správa Výskumného ústavu hutníctva železa – účelová organizácia*, 1984.
- ČURPEKOVÁ, A. and FLOREKOVÁ, L.: Information support for complex utilization of thermal power wastes – fly ashes. *Metalurgija*, vol. 37, No. 4, pp. 229-232.
- FEČKO, P., RACLAVSKÁ, H., HORKLOVÁ, P. a KRAUSSOVÁ, J.: Mineralogické zloženie popolčiekov z elektrárne Opatovice pred a po technologickom procese. *Medzinár. konferencia Energetické odpady a životné prostredie*, Piešťany, 1993, str. 71-77.

- FLOREKOVÁ, L., MICHALÍKOVÁ, F. a BENKOVÁ, M.: Syntéza hodnotenia laboratórnych testov flotácie energetických popolčekov. *ASRTP' 94 11. medzinárodná konf. Automatizované systémy riadenia technolog. procesov Košice – Zlatá Idka*, 1994, s. 67-73.
- HYCENAR, J.: Odpady przemysłowe jako miejscowa baza surowcowa. *Gospodarka Planowa* 7-8/1986, s. 302-304.
- HYCENAR, J.: Stan i perspektywy zagospodarowania popiołów lotnych i żużli w europejskich krajach RWPG. *Energetyka* 11/1988, str. 401-405.
- HYCENAR, J.: Zastosowanie popiołów elektrowniowych do wytwarzania materiałów pomocniczych dla hutnictwa stali i odlewnictwa żelaza i staliwa. *Hutnik* 5/1988, str. 159-164.
- JÁGERČÍK, M.: Nakladanie s energetickým odpadom v ENO Nováky. *Diplomová práca* 1999, FBERG TU Košice, s. 60.
- KANTOR, K.: Nakladanie s energetickým odpadom v EVO Vojany. *Diplomová práca* 1999, FBERG TU Košice, s. 66.
- KUŠNIEROVÁ, M., LUPTÁKOVÁ, A. a BOLDIŽAROVÁ, E.: Využitie netradičných metód pri úprave popolčekov. *Zborník z medzinárodnej konferencie Nové trendy v úpravníctví*, VŠB TU Ostrava, 1997, str. 268-277.
- KOLOUŠEK, D., MATĚJKA, Z., KUSÁ, H., PROCHÁZKOVÁ, E. a OBŠASNÍKOVÁ, J.: Aplikace zeolitů připravených z popelů při odstraňování kovových iontů z odpadních vod. *Medzinár. konf. Energetické odpady a životné prostredie*, Piešťany 1993, str. 106-110.
- LIBERSKÝ, J.: Výzkum zpracování elektrárenských popílků na syntetický zeolit. *Ústav nerostných surovin*, Kutná Hora, 1991, s. 22.
- MICHALÍKOVÁ, F.: Správy z exkurzie z poľských elektrární a teplární v roku 1992 a 1994.
- MICHALÍKOVÁ, F., BÜGEL, M., ZELENÁK, F., ŠKVARLA, J. a MAKRÓCZY, P.: Morfológické vlastnosti produktov úpravy popolčka. *International Conference Energy Waste and Environment*, Piešťany, 1993, Zborník I. s.83-86.
- MICHALÍKOVÁ, F., FLOREKOVÁ, L. and BENKOVÁ, M.: Reclaiming of utility components by treatment of energetical fly ashes. *Proceedings 6<sup>th</sup> Balkan Conference on Mineral Processing*, 1995, Ohrid, Macedonia, p. 358-365.
- STAHOVCOVÁ, A. : Riadenie technologických procesov získavania užitočných zložiek z energetických odpadov. *Rigorózna práca*. Fakulta BERG TU v Košiciach, 1997, s.36.