

Jaroslav DVOŘÁČEK\*

## EKONOMIKA LIKVIDACE HLUBINNÝCH UHELNÝCH DOLŮ JEJICH ZAKLÁDÁNÍM

### ECONOMY OF UNDERGROUND COAL MINES LIQUIDATION BY MEANS OF THEIR BACKFILLING

#### Abstrakt

Uzavřené hlubinné doly jsou zdrojem ekologických a bezpečnostních rizik. Jejich omezení nebo likvidace je možné zakládáním podzemních prostor základkovou směsí vyrobenou ze zpracovaných průmyslových odpadů. Podmínkou praktické aplikace výzkumů provedených v této oblasti je ekonomická efektivnost uvedených činností. Příspěvek se zabývá ekonomikou zpracování průmyslových odpadů a ukládání vzniklých směsí v podzemních prostorách pro 5 typů směsí. Určuje podmínky, za nichž z této činnosti plyne kladný hospodářský výsledek.

#### Abstract

Abandoned underground coal mines represent a source of ecological and safety risks. Reduction or elimination of such risks is possible by means of backfilling of underground areas with backfilling mixture made of processed industrial waste materials. The basic prerequisite of practical application of research results achieved in this area is economic effectiveness of activities based on them. The paper deals with economy of processing of industrial waste for this purpose as well as of depositing of five (5) types of such backfilling mixtures in abandoned underground mine workings. The conditions at which such backfilling activities can bring acceptable economic results are defined.

**Key words:** backfilling of mines, backfilling economy, economic result.

#### Úvod

Vývoj hornictví po roce 1989 v podmínkách domácí ekonomiky akceptoval především ekonomická a následně ekologická kritéria, což vedlo k delimitaci některých činností mimo těžební organizace, ale především ke snižování těžby, uzavírání a likvidaci dolů. Počáteční fáze útlumu hornické výroby byla spojována s požadavkem rychlosti tohoto procesu, teprve další roky prokázaly existenci ekologického a bezpečnostního rizika spojeného s uzavřenými a zlikvidovanými doly. Omezíme-li se pouze na hlubinné uhelné hornictví v Ostravsko-karvinském revíru, pak jde zejména o výstup důlních plynů na povrch. Metan jako jejich hlavní složka se z uhelných slojí uvolňuje i po ukončení dobývání ložiska, k povrchu se šíří po tektonických poruchách nedostatečně plynotěsným pokryvným útvarem, nesystematicky zlikvidovanými důlními díly i jako důsledek likvidace dolu především zastavením větrání, omezením degazace a postupným zatápěním opuštěných důlních prostor. Nebezpečí důlních plynů spočívá ve vytváření výbušné směsi jejich smíšením se vzduchem. Dalším rizikem je narušování stability starých důlních jam hrozící především v důsledku postupného zatápění opuštěných důlních prostor v uzavřených dolech.

S podobnými problémy se hlubinné uhelné hornictví setkávalo již v minulosti, kdy také byl přejat způsob jejich řešení, a to zakládání podzemních prostor hydraulickými nerozplavitelnými základkami

---

\* Prof. Ing., CSc., VŠB – Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba,  
e-mail: jaroslav.dvoracek@vsb.cz

vyrobenými na bázi elektrárenských nebo teplárenských popílků a flotačních hlušín. Většina těchto případů se vztahovala k činným dolům, v minulosti byly známy i případy ukládání popílku resp. popílkových směsí v likvidovaných horizontálních i vertikálních důlních dílech (např. Důl Paskov, Důl Hlubina). Výzkum i praxe posledních let prokázaly, že pro tyto účely lze využít i další průmyslové odpady – odpady z hutnictví železa a neželezných kovů, odpady nerudného hornictví, odpady vznikající spalováním uhlí, odpady cementárenského průmyslu atd.

Zaplňování podzemních prostor hydraulickou základkou vycházející z průmyslových odpadů v podstatě znamená návrat do zemské kůry zbytkové části těch látek, které z této části Země byly v minulosti vydobyty. Je však nutno zdůraznit, že nejde o ukládání nezpracovaných odpadů v podzemí, protože hydraulická základka představuje specifický typ betonové směsi, která musí splňovat určitá ekologická a bezpečnostní kritéria (vyluhovatelnost, pevnost v tlaku) [4].

## **Zakládání hlubinných uhelných dolů**

Zakládání podzemních prostor v hlubinných uhelných dolech se používalo v zahraničí i v podmínkách České republiky, a to jako součást technologie dobývání, prostředek zbavování se průmyslových odpadů i cesta likvidace dolů s ukončenou těžbou.

Za součást dobývací technologie lze považovat používání základkových směsí na bázi popílku ve vrchní látce stěnového porubu v mocné černouhelné sloji, k proplavení závalu porubu při likvidaci záparu, k budování popílkových hrázových objektů, ochranných a těsnících žeber kolem porubních chodeb, zaplavování ukončených porubů atd. V Polsku se k těmto účelům používaly zejména flotační hlušiny, ke kterým se někdy přidával energosádrovec. Také zde byla vyvinuta plavící směs zvaná emulgát vytvářena z popele, který vzniká v elektrárnách při suchém odsíření kouřových plynů. V maďarských uhelných dolech se převážně používaly popílků z elektráren. Proplavování závalu se používalo jak v polských, tak německých hlubinných uhelných dolech, a to především jako protizáparová prevence [3].

Zakládání podzemních prostor jako cesta zneškodňování průmyslových odpadů ve Spolkové republice Německo začalo ve firmě Ruhrkohle AG na přelomu let 1983/1984. K výběru průmyslových odpadů pro zpracování bylo nutno s ohledem na legislativu použít kritérií:

- Technických: obsah pevných látek ve směsi, schopnost hydraulické dopravy, sedimentace a tuhnutí.
- Ekologických: směsi z průmyslových odpadů nesmí negativně ovlivnit životní prostředí, a to ani v dlouhodobém časovém horizontu, musí jít o látky, které jsou z hlediska imisí neutrální nebo které okolní hornina bezpečně a trvale uzavře.
- Pracovně-bezpečnostních: průmyslové odpady ani z nich vyrobené směsi nesmějí ohrozit a ovlivnit bezpečnost provozu ani zdraví pracovníků.

Společnosti se podařilo vytvořit 150 samostatných receptur základkových směsí na bázi 40 jednotlivých průmyslových odpadů. Roční kapacita zařízení na zpracování průmyslových odpadů dosahovala 100 tisíc tun.

Příkladem likvidace hlubinného uhelného dolu zakládáním v podmínkách České republiky může být likvidace Dolu Jan Šverma v Žacléři, závodu bývalého státního podniku Východočeské uhelné doly Trutnov, firmou GEMEC s.r.o.

Těžba na tomto závodě byla z ekonomických důvodů ukončena dnem 31. 12. 1992. Společnost GEMEC s.r.o. na rozdíl od dosavadních způsobů likvidace zvolila novou metodu – zaplňování volných důlních prostor samotuhnoucí nerozplavitelnou základkou. Po převzetí dolu k likvidaci bylo podle důlní mapové dokumentace k dispozici zhruba 600 tis. m<sup>3</sup> podzemních prostor, zejména chodeb a překopů ve výškové úrovni – 40 až - 850 m pod povrchem dolu. V roce 1995 byla ukončena likvidace nejhlubšího patra č. 9 úplným zaplněním základkou, k počátku roku 1997 byla ukončena likvidace 8. patra, v polovině roku 1999 ukončena likvidace 7. patra, o rok později pak byla ukončena likvidace 6. patra, k počátku roku 2001 byly k dispozici volné důlní prostory pouze od 5. patra směrem k povrchu. Při způsobu likvidace „od hranice k jámě“ byla dlouhá důlní díla po celou dobu zakládání přístupná, kontrolovatelná, zejména pokud se týká vzorkování vycezené technologické vody ze základky. Důlní díla byla zaplňována po oddělených úsecích tak, aby zbývající část neustále sloužila pro dopravu demontované výstroje, větrání a kontrolní činnost. Po zaplnění a uzavření plynujících horizontů, zejména mezi 8. a 9. patrem, a uzavření předpolí revíru mezi 5. a 7. patrem došlo k výraznému snížení exhalací důlních plynů a zároveň k nižší kontaminaci důlních vod protékajících revíry s horninami s výrazným obsahem síranů a železa. Zkušenosti dále ukázaly, že zaplňování důlních děl není riziková hornická činnost, nevyžaduje mimořádná opatření v oblasti bezpečnosti práce. Zaplnění dolu základkou také výrazně omezilo poklesy povrchu [1].

## Ekonomická stránka zakládání hlubinných uhelných dolů

Zkušenosti ukázaly, že omezení nebo eliminace ekologických a bezpečnostních rizik je technicky možné vytvářením hydraulických základkových směsí, které po uložení v podzemí utuhnou a vyplní volné prostory, takže výrazně omezí nebo vyloučí přístup důlních plynů, důlních vod i poklesy horninového masívu. Praktická realizace těchto činností předpokládá:

- existenci dostatečného objemu podzemních prostor,
- výběr a zajištění dostupnosti odpovídajícího množství průmyslových odpadů,
- vytvoření hydraulických základkových směsí s ohledem na požadavky vyplývající z legislativy,
- stanovení podmínek ekonomické efektivity těchto činností.

Laboratorní výzkum především na Institutu geologického inženýrství Hornicko-geologické fakulty VŠB-TUO i praktické zkušenosti předchozích let v zásadě vyřešily problematiku zpracování řady průmyslových odpadů a ukládání takto vytvořených důlně-stavebních hmot do podzemních prostor hlubinných dolů po technologické stránce. Do určité míry jsou vyřešeny i legislativní otázky, takže aplikace tohoto způsobu likvidace hlubinných uhelných dolů závisí na ekonomické efektivitě jeho provádění. Tato ekonomická efektivnost má dvě roviny [2]:

- I. Výnosy ze zpracování průmyslových odpadů a ukládání takto vzniklých důlně-stavebních hmot musí zpracovateli průmyslových odpadů (podnikatelskému subjektu) pokrýt náklady na provádění těchto činností resp. vytvořit přiměřené riziko, přičemž lze dále rozlišovat další dvě možnosti:
  - a) podnikatelský subjekt odebírá průmyslové odpady od jejich původců za úplatu,
  - b) podnikatelský subjekt je totožný s těžářem a zpracovává vlastní průmyslové odpady (zpravidla odpady z úpravy uhlí), takže platby za odběr průmyslových odpadů nedostává.
- II. Odebírá-li zpracovatel průmyslových odpadů tyto odpady od jejich původců, musí být cena za odběr konkurenceschopná ceně požadované za zbavení průmyslových odpadů formou uložení na povrchové skládky v nezpracovaném stavu, tedy cena zpracovatele průmyslových odpadů musí být nižší než cena za uložení na povrchu.

V případě I. a) ekonomický efekt pro podnikatelský subjekt vzniká z rozdílu tržeb za odebrané průmyslové odpady a nákladů na jejich zpracování, dopravu a uložení v podzemí včetně – ve většině případů – úhrady trvalých nákladů spojených s provozem likvidovaného dolu.

Za situace I. b) lze za ekonomický efekt považovat rozdíl mezi úsporou nákladů, které nemusí provozovatel dolu vynakládat, a náklady na zpracování, dopravu a uložení zpracovaných průmyslových odpadů. Úspora nákladů je spojena s důlními škodami, sanací a rekultivací částí dobývacího prostoru, což je důsledek neprovádění základky podzemních prostor hlubinného dolu.

V případě I. i II. se ekonomická problematika koncentruje do stanovení jednicových nákladů zpracování a ukládání průmyslových odpadů složených z podílu trvalých nákladů likvidovaného dolu a z variabilních nákladů na tvorbu, dopravu a ukládání zpracovaných průmyslových odpadů v podzemí. Znamená to stanovení:

- trvalých nákladů likvidovaného dolu,
- kapacity zakládání, tj. určení objemu založených důlně-stavebních hmot za časové období,
- variabilních nákladů na tvorbu, dopravu a založení jednotky směsi vyrobené ze zpracovaných průmyslových odpadů,
- parametrů jednotlivých základkových směsí a z nich vyplývajících výnosů.

Všechny tyto faktory mohou nabývat různých kvantitativních hodnot v závislosti na rozsahu likvidace dolu, použitých průmyslových odpadech, recepturách směsí, je nutno také rozlišovat, zda trvalé náklady likvidovaného dolu hradí zpracovatel průmyslových odpadů (podnikatelský subjekt) nebo těžář, provozovatel dolu. Kolísání vstupních hodnot lze zachytit simulačními výpočty.

**Trvalé náklady likvidovaného dolu:** jedná se o náklady spojené se zajišťováním nezbytného provozu zařízení v dole a na povrchu uzavírané lokality a náklady činností spojených s řízením likvidovaného dolu. Odhad konkrétní hodnoty trvalých nákladů za časové období (např. za měsíc) je poměrně složitý, neboť závisí jednak na rozsahu likvidované kapacity a způsobu likvidace, jednak na metodickém vymezení trvalých nákladů. Vykazované hodnoty trvalých nákladů likvidovaného dolu v OKR se vyznačují poklesem od dvou desítek miliónů Kč měsíčně na desetinu této částky, odhady praktiků předpokládají více než 5 mil. Kč měsíčně. Pro účely simulace byly použity hodnoty trvalých nákladů kolem 10 mil. Kč za měsíc.

**Kapacita zakládání:** stanovení objemu vytvořených a založených důlně-stavebních hmot má značný význam, neboť tímto způsobem se ovlivňuje podíl trvalých nákladů likvidovaného dolu připadající na jednotku vytvořených a založených směsí, tím se změní i celkové náklady na jednici směsi a následně i jednicový hospodářský výsledek. Kapacita zakládání může značně kolísat s ohledem na časové využití příslušných zařízení i s ohledem na dostupnost množství průmyslových odpadů pro zpracování.

S ohledem na praktické zkušenosti, hodnoty v projektech i publikované údaje byla kapacita zakládání pro simulační výpočty brána ve dvou úrovních, a to jako 500 m<sup>3</sup> a 600 m<sup>3</sup> vlhké směsi za den.

**Variabilní náklady na tvorbu, dopravu a zakládání směsí:** jsou zde zahrnuty osobní náklady (mzdy, pojištění, ostatní osobní náklady), dále náklady na energii a nájem strojů a zařízení. Nejsou brány v úvahu jednotlivé komponenty vytvářených směsí, protože za odběr průmyslových odpadů dostane podnikatelský subjekt zaplacen, náklady na pojivo, je-li nakupováno, lze brát jako položku snižující výnosy. Změnami ve struktuře vstupních komponent v zásadě nejsou variabilní náklady ovlivněny, neboť složení technologické linky na zpracování průmyslových odpadů i počet členů obsluhy a dalších zaměstnanců zůstává stejné.

Pro účely simulace byly variabilní náklady na tvorbu, dopravu a zakládání směsí brány řádově přes stokorunu na 1 m<sup>3</sup> vlhkých základkových hmot.

**Parametry základkových směsí:** průmyslové odpady pro vytváření důlně-stavební směsi, použítá pojiva, procentuální podíly jednotlivých komponent ve směsi včetně podílu vody byly brány v hodnotách odpovídajících laboratorně vytvářeným směsím na Institutu geologického inženýrství HGF VŠB-TUO. Pro výpočet byly použity receptury směsí splňující ekologická a bezpečnostní kritéria, a to pro dvousložkové směsi (dva druhy průmyslových odpadů, z nichž jeden plnil funkci pojiva, a voda) i tříložkové směsi (tři druhy průmyslových odpadů, z nichž jeden plnil funkci pojiva, a voda a také dva druhy průmyslových odpadů, jeden druh pojiva a voda).

Dvousložková směs č. 1 byla tvořena kalem z čištění plynů jako průmyslovým odpadem s popílkem jako pojivem, dvousložková směs č. 2 vznikla z kalu z čistíren odpadních vod jako průmyslového odpadu a popílkem jako pojiva, tříložková směs č. 1 se skládala z kalu z čištění plynů a slévarenského písku jako průmyslových odpadů a z popílkem jako pojiva, tříložková směs č. 2 byla tvořena slévarenským pískem, energosádrovcem s obsahem těžkých kovů a nakupovaným pojivem s obchodním označením PTS 3. Ve všech těchto případech se jednalo o průmyslové odpady od cizích původců, v případě vlastních odpadů provozovatele dolu byla uvažována dvousložková směs tvořena flotačními hlušinami jako průmyslovým odpadem a popílkem jako pojivem.

U každé základkové směsi se vypočetl objem směsi vzniklé zpracováním 1 tuny tzv. dominantního průmyslového odpadu (komponenta směsi s největším podílem ve směsi), přes ceny za odběr jednotlivých průmyslových odpadů se vypočetly tržby získané zpracováním 1 tuny dominantního průmyslového odpadu a pomocí jednicové nákladovosti na tvorbu, dopravu a zakládání směsi byly určeny variabilní náklady. V případě, že zpracovatel průmyslových odpadů musí hradit trvalé náklady likvidovaného dolu se započítaly i tyto trvalé náklady a určil se hospodářský výsledek plynoucí z tržeb za odběr průmyslových odpadů od externích původců.

Za situace zpracování vlastních průmyslových odpadů byly tržby nahrazeny úsporou nákladů, které nebylo nutno vynakládat provozovatelem dolu při zakládání podzemních prostor.

Z výsledků simulačních výpočtů vyplynuly následující závěry:

- použití „klasických“ základkových směsí na bázi popílkem s velmi nízkou cenou za odběr (někdy i nulovou) a flotačních hlušin nevytvoří kladný hospodářský výsledek ani za situace, že trvalé náklady likvidovaného dolu nebude nutno zvlášť hradit,
- nemusí-li zpracovatel průmyslových odpadů hradit trvalé náklady likvidovaného dolu, lze při tržbách za zpracování 1 tuny průmyslového odpadu v řádu kolem tisícikoruny vytvořit kladný hospodářský výsledek v jednotkách milionů korun měsíčně,
- při nutnosti hrazení trvalých nákladů likvidovaného dolu zpracovatelem průmyslových odpadů za situace výše uvedených tržeb je dosažována ztráta v jednotkách milionu korun měsíčně. Její eliminace předpokládá (i) dosažení vyšší ceny za odběr průmyslových odpadů (ii) snížení trvalých nákladů likvidovaného dolu (iii) zvýšení kapacity zakládání.

Dalšími simulačními propočty lze získat odpovídající výsledky pro eliminaci ztráty a lze uvážit, zda předpoklady dosažení nenulového hospodářského výsledku jsou reálné.

Pokud bychom brali samostatně každý uvedený parametr, pak pro dosažení nenulového hospodářského výsledku v případě nutnosti hrazení trvalých nákladů by hodnoty těchto parametrů musely dosáhnout extrémních

hodnot odchylojících se od reality. Nadějná se však jevila **kombinace** vstupních parametrů, a to u dvousložkové směsi č. 2.

Další výpočty ukázaly, že nenulový hospodářský výsledek lze dosáhnout u dvousložkové směsi č. 2 za situace:

- cena za odběr kalu z čistíren odpadních vod přesáhne 1600 Kč/t,
- trvalé náklady likvidovaného dolu nebudou převyšovat 7,3 mil. Kč/měsíc,
- kapacita zakládání přesáhne 600 m<sup>3</sup> vlhké směsi za den.

Každé zvýšení ceny za odběr průmyslových odpadů nebo kapacity zakládání a snížení trvalých nákladů likvidovaného dolu zvyšuje kladný hospodářský výsledek.

## **Závěr**

Nedávný, ale i současný vývoj hlubinného uhelného hornictví vede k poznání, že řešení problematiky ekonomicky neefektivních dolů nebo dolů s vyčerpanými zásobami nerostné suroviny nemůže být ani rychlé ani definitivní. Opuštění dolu nebo jeho likvidace formou zaplnění hlavních důlních děl nezpevněnou základkou v sobě skrývá nebezpečí nejen úniku metanu a poklesů povrchu v blízké budoucnosti, ale i destrukce těchto důlních děl ve vzdálenějším časovém horizontu. Zkušenosti ukázaly, že řešení jejich následků bývá finančně velmi nákladné.

Na druhé straně průmyslová výroba produkuje velkoobjemové průmyslové odpady, jejichž drtivá část končí na povrchových skládkách. Záplavy v roce 2002 nebo sesuvy půdy po povodních v roce 1997 ukázaly, že tyto přírodní jevy vyskytující se se zvyšující se intenzitou mohou vést k ekologickým katastrofám.

Praktické zkušenosti z minulosti a výsledky výzkumu i jeho praktické realizace naznačují cestu současného řešení obou problémových situací - zpracování průmyslových odpadů do podoby důlně-stavebních hmot a jejich ukládání nejen ve vertikálních, ale i horizontálních důlních dílech omezí resp. zcela eliminuje bezpečnostní i ekologická rizika uzavřených dolů a na druhé straně řeší problém velkoobjemových průmyslových odpadů. Podmínkou realizace těchto činností je jejich ekonomická efektivnost.

Použitelnost uvedeného přístupu bude větší s ohledem na skutečnost, že s podobnými problémy se setkává i dnes již zlikvidované rudné hornictví a důlně-stavební hmoty lze použít i při sanaci povrchových lomů s ukončenou těžbou.

## **Poděkování**

Realizováno za finanční podpory ze státních prostředků Grantové agentury České republiky v rámci grantového projektu reg. č. GA 105/02/1381, za což je vyslovováno poděkování.

## **Literatura**

- [1] Drnec, J., Adamec, L. : Některé ekonomické aspekty likvidace Dolu Jan Šverma v Žacléři. *Gemec-Union a.s., 2001. Nepublikováno.*
- [2] Dvořáček, J., Slivka, V., Doležal, L., Vlach, O.: Technicko-ekonomická kritéria pro řešení ekologických a bezpečnostních problémů utlumovaných dolů. *Zpráva projektu GAČR reg. č. GA 105/02/1381, etapa 2002, etapa 2003, VŠB-TU Ostrava 2002, 2003.*
- [3] Hudeček, V.: Využití vybraných velkoobjemových odpadů při proplavování závalových prostor stěnových porubů černouhelných dolů. *Habilitační práce, VŠB-TUO, 1999.*
- [4] Slivka, V.: Průmyslové odpady a možnosti jejich využití jako druhotné suroviny pro sanaci po báňské činnosti. *Monografie 6, řada hornicko-geologická Sborníku vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, ročník XLVIII, Ostrava 2002, ISBN 80-248-0110-8.*

## **Summary**

The accompanying phenomenon of development of industrial regions is ecological load resulting from past industrial activity and also the continuing producing of industrial waste in the time being. Ostrava region

and some other areas of Czech Republic are characterized by a common specific feature – namely closed underground mines causing further environmental and safety problems. Some of them have already showed up and the other ones may occur in future. The most serious problems are surface subsidence, contamination of surface water by outflow of mineralized mine water, surface emissions of mine gas and gas explosions.

All the above-mentioned problems can be solved by a single approach consisting in processing of industrial waste for making backfilling mixture and depositing of such mixture into underground void areas. Such procedure was applied equally in the past when underground gobs were filled by hydraulic backfilling mixture made of fly ash and flotation waste. Applying of the last-mentioned method including a wider range of industrial waste materials for underground mines in wind-up phase offers quite new possibilities for reducing both environmental and safety risks.

For practical realization of such activities the following is required:

- research for selection of industrial waste materials for making of backfilling mixtures,
- solving of technological aspects of producing, transporting and depositing of backfilling mixtures,
- identifying of in situ mine conditions at which the backfilling mixtures can be deposited,
- consideration of legislative aspects of the procedures applied,
- economic evaluation of production and deposition of backfilling mixtures and defining of conditions for achievement of satisfactory effectiveness.

The paper deals mainly with the last-mentioned aspect, i.e. with conditions of economic effectiveness of liquidation of underground mines by means of their backfilling.

Recenzent: Ing. Stanislav Sikora, VOKD Ostrava