

# Vplyv ťažby nerastných surovín na životné prostredie

*P. Andráš, I. Krížáni: Influence of the Exploitation of Raw Materials on the Environment. Život. Prostr., Vol. 44, No. 1, p. 20 – 23, 2010.*

The impact of raw material exploitation (quarries, mining waste: dumps, teulings), acid mine drainage as well as the dumps of the ash from the power plants represent one of the most important sources of the environmental risk. They have usually complex negative influence on all components of the landscape. The most important is the influence of toxic metals but also the negative changes of surface relief. Although we can observe during last decades changes in the sense with respect to the old mining waste problem (e.g. the quarries and dumps could present suitable special areas for natural scientific studies), it is still in the sphere of interest of the environmentalists and other scientists. They present still new, better and more complex solutions, remediation techniques.

Tisícročia ťažby nerastných surovín zanechali v teréne zreteľné stopy. Po každej exploatacii zostali na povrchu rôzne formy depresných technogénnych štruktúr (obr. 1), ktoré sú zreteľné po stáročiach, ba i tisícročiach (Jeleň a kol., 2009). Najzreteľnejším prejavom ťažobných aktivít v baníckych regiónoch sú skládky rozpojených hornín, jemne rozomletých rúd so zvyškami kovov, dreva a chemických látok používaných pri ich dobývaní a úprave, aj jaloviny z ťažby, zušľachtovania i spaľovania uhlia (Krížáni a kol., 2007).

Rozvoj osídlenia a priemyslu vyvolal tlak na ťažbu skalných a nespevnených hornín ako stavebných materiálov. Ťažobný a spracovateľský priemysel zmenil prvotnú štruktúru krajiny. Spôsobil odlesnenie, zmenu druhového zloženia porastov, vznik antropických a industriálnych foriem reliéfu, zmenu hydrologického a hydrogeologického režimu, zvýšenie intenzity zvetrávacích procesov v podzemných banských dielach i depóniách odpadových produktov baníctva, úpravníctva, energetiky a metalurgie.

Aj v človekom nedotknutej krajine je zvetrávanie okrem geografickej pozície podmienené klímou, integritou horninového masívu a energiou reliéfu. Interakciu medzi tuhými, kvapalnými a plynými látkami sprostredkúva voda. Voda je veľmi intenzívnym rozpúšťadlom vďaka jej disociačnej schopnosti, umožňujúcej iniciačné iónovymenné reakcie medzi touhou a kvapalnou fázou. Prítomnosť ďalších látok

rozpustených vo vode (plynov, komplexov, solí a pod.) niekoľkonásobne zvyšuje jej agresivitu (Krížáni a kol., 2007).

## Ťažba a úprava surovín

Banskými aktivitami vznikla v podzemnom priestore sieť kaverien, ktoré narušili stabilitu horninového masívu, spôsobili jeho deštrukciu a usmernili cirkuláciu vôd medzi povrchom a podzemím, aj odvádzanie plynov do atmosféry. Do banských diel vstúpil vzduch a cudzorodé látky (drevo, kovy a chemikálie) ako dôsledok antropických činností. Opustené priestory obsadil hmyz, ba i stavovce (žaby, netopiere, mloky atď.), ktoré doň vniesli produkty svojho metabolizmu i rozkladu ich odumretých organických tiel. Takto sa vytvorili optimálne podmienky na život baktérií, húb a plesní. Sústava reaktantov sa tým doplnila o látky organického pôvodu, ktoré sú pre horninové prostredie cudzorodé. Výsledkom je urýchlenie rozkladných reakcií a zvýšenie migračnej spôsobilosti prvkov (Krížáni a kol., 2007).

Horniny vylámané z otvárkových diel a podzemných komunikácií sa náhle ocitli na povrchu a akumulovali v depóniách (obr. 2). Do depónií sa akumulovali aj rudniny s nízkym obsahom kovov, ktorých úprava bola v danom čase nerentabilná a obohatili ich o vysokoreaktívne minerály (Krížáni a kol., 2007).

Úprave rúd predchádzalo ďalšie otvorenie reakčného povrchu minerálov. V procese flotačnej úpravy sa do sústavy voda – tuhá – plynná fáza vniesli látky regulujúce zmáčateľnosť: xantáty, kyanidy, oleje; dispergátory (vodné sklo) a peniče. Kyslosť sa upravovala pridávaním vápenného mlieka alebo kyselín. Žiaduce kovonosné minerály sa extrahovali do peny a nežiaduce sa potlačili do odpadu. Jemnozrnný odpad sa v suspenzii dopravil do úložísk, v ktorých sa separovala tuhá a kvapalná fáza a deponoval jemný až koloidný kal.

Odpady z ťažby, zušľachtovania a spaľovania uhlia, zhutňovanie vyberanej rudy alebo koncentrátov spotrebúvalo troskotvorné prísady, tavivá, žiaruvzdorné materiály a tepelnú energiu. Odpadovými produktmi metalurgického procesu bola troska a pecný výmet, ktoré sa deponovali v troskových haldách. Tento materiál obsahoval častice vyredukovaných kovov, ktoré neprešli do zliatku (Ladomerský a kol., 2007).

### Exogénne procesy na skládkach

Z uvedeného vyplýva, že s hĺbkou prepracovania sa skládky odpadových produktov obohatili o ďalšie látky, ktoré neboli vlastné pôvodnému horninovému prostrediu. Tie umožnili vstup aeróbnym mikroorganizmom, kvasiniek, húb, plesní, rias a lišajníkov. Skládky predstavujú multikomponentný abioticko-biotický systém s veľkým reakčným medzifázovým povrchom. Spúšťačom medzifázových reakcií je zrážková voda a roztoky, ktoré vznikli chemickými reakciami. Skládky preto možno chápať ako biogeochemické reaktory. O mobilite produktov medzifázových reakcií prebiehajúcich na skládkach existujú doposiaľ len neúplné informácie, vychádzajúce z výsledkov experimentálnej mineralógie. Všeobecnou príčinou migrácie kovov a iných prvkov v procese zvetrávania je transformácia minerálov s vysokou energiou mriežky, stabilných v podmienkach primárneho vzniku (endogénnych procesov) na minerály s nízkou energiou mriežky, stabilných v subaerickom, resp. subaquatickom prostredí (v exogénnych podmienkach).

Ak banské a priesakové vody zo skládok vynášajú kovy v sulfidickej alebo oxidickej forme, pri vodnom



Obr. 1. Kuželovité depresie po plytkej podpovrchovej ťažbe strieborných rúd v lokalite Štiavnické Bane (Piarg), Lúky pod Tanádom. Foto: I. Križani, 1989

Obr. 2. Banské haldy v Španej Doline 200 rokov od ukončenia ťažby. Foto: P. Andráš, 2009



transporte sa iba mechanicky zjemňujú a usadzujú sa spravidla v blízkosti zdroja. Na najväčšie vzdialenosti povrchové vody odnášajú najmä Fe, Mn, Cu, Al a Sb vo forme roztokov a koloidov. Na geochemických bariérach sa zrážajú iónové a komplexné roztoky (flokulujú) a gély (koagulujú), čím sa tiež dostávajú do sedimentov.



Obr. 3. Zmena vegetácie (zatlačanie lúčneho porastu monokultúrou najodolnejších tráv – *Agrostis tenuis*) pôsobením kyslej drenážnej vody pod haldou lomu Šobov pri Banskej Štiavnici. Foto: P. Križáni, 2008

### Zmeny reliéfu

Antropické formy reliéfu v banských regiónoch menia obraz krajiny len v rámci vyťažených banských polí. Sú schopné začleniť sa spontánne do krajiny v priebehu niekoľkých stoviek rokov. V súčasnosti sa presadzujú snahy o ich rekultiváciu. Z histórie však vieme, že obdobia rozkvetu, útlmu až prerušenia ťažby sa v banských regiónoch vystriedali niekoľkokrát. Epizódy útlmu – prerušenia trvali aj dve storočia. Skúsenosti zo sveta poukazujú na pomerne vysokú pravdepodobnosť návratu k opätovnej ťažbe v banických regiónoch. Navyše, pravdepodobnosť objavenia ďalších surovín na mieste vyčerpaných ložísk je vždy väčšia ako v neporušenej krajine. Ani súčasné prerušenie ťažobných aktivít nemusí byť konečné.

Ťažké kovy a rôzne iné znečisťujúce látky, ktoré sa uvoľňujú v procese zvetrávania skládok, znečisťujú povrchové i podzemné vody. Ich substrát ďalej roznáša do okolia jednak vietor a jednak človek. Uvoľnené ťažké kovy a iné chemické látky potom vstupujú do potravinového reťazca živočíchov a človeka prostredníctvom rastlín a vody (Andráš, 2008).

Uvedené procesy zasahujú flóru i faunu v kontaminovanom biotope. Prejavuje sa to zmenou druhového zloženia rastlinnej pokrývky hald a ich okolia (obr. 3), nahrádzaním menej odolných rastlín rezistentnejšími druhmi a postupným ústupom až úplným vymiznutím vegetácie v najvýraznejšie zaťažených oblastiach. V konečnom štádiu dochádza k mutáciám a vymieraniu vyšších organizmov (Križáni a kol., 2007).

Na základe výsledkov početných výskumov možno predpokladať, že na územiach, ktoré boli poznačené ťažobnými aktivitami, môžu participovať na niektorých ochoreniach obyvateľov i environmentálne záťažové generované touto činnosťou (Rusková, 2002).

### Možnosti remediácie krajiny

V prípade veľkoobjemových hald alebo hald s mimoriadne nepravidelným reliéfom je potrebná ich povrchová úprava. V minulosti často uplatňovaná aplnácia (*rozprestretie haldy* do väčšej plochy a zníženie jej výšky) sa dnes nepovažuje za optimálny postup. Spravidla vytvára podmienky na zintenzívnenie vodnej erózie dlhých svahov. Efektívnejšie je rozetážovanie, ktorým sa dĺžka spádnic podstatne skracuje a plošiny poschodí opatrené zbernými jarkami významne redukujú dynamickú energiu vodného

prúdu. *Remediácia* (oživenie) hald a lomov (v slovenských podmienkach ide hlavne o povrchovú ťažbu uhličitanových surovín: vápenca, dolomitu a magnezitu) sa často realizuje aj ich zavázaním stavebným odpadom, čistiarenskými kalmi, zeminou z výkopov a pod. Takto prikrytá halda alebo zavezený lom sa vysádzajú vybranými drevinami a vysievajú trávovými zmesmi. Vegetácia má okrem estetického účinku pomôcť stabilizovať skládku proti erózii. Vo väčšine prípadov sa takýto postup neosvedčil (napr. Špania Dolina – Piesky), pretože navezená *kultúrna vrstva* nedokáže zabezpečiť dostatok živín pre stabilnú vegetáciu, a preto sa pomerne rýchlo zo svahov splaví. Obyčajne sa halda načas *zazelená* a v priebehu niekoľkých rokov začne pokrývna vegetácia odumierať. Okrem iného to spôsobuje aj vzliňanie solí z podložia, ktoré obsahujú vysoké koncentrácie kontaminantov.

Jednou z techník protieróznej ochrany svahov hald aj záverných stien lomov je rozprestretie protieróznych kovových alebo plastových sietí, prípadne geotextílií. Ďalšou možnosťou je vytvorenie zábran z drevených kolov prepletených prútím a ich inštalovanie v smere vrstevníc. Protierózne opatrenia sa niekedy kombinujú zavázaním svahov trávovými drnmi, ktoré obvykle tvoria účinnejšiu ochranu ako vysievanie trávových zmesí (napríklad živé odkalisko Želazny Most v Poľsku; obr. 4).

Spomínané remedičné techniky nie sú jediné, existujú ďalšie, zamerané na elimináciu kyslých banských a drenážnych vôd, na remediáciu krajiny kontaminovanej ťažkými a rádioaktívnymi kovmi, ropnými derivátmi a pod. Vykonali sa už prvé expe-

rimenty s prepracovaním hľad hutníckej trosky po spracovaní rúd farebných kovov na získanie zvyškových kovov ako oxidických pigmentov. Aj demineralizácia kyslých banských a drenážnych vôd preukázala možnosť prípravy pigmentov vo ferritickej väzbe. Na druhej strane, sanácia lomov je v SR dosiaľ marginalizovaný, no právne i technicky, environmentálne, ekonomicky aj vedecky vysokoaktuálny problém.

\* \* \*

Otvárka nových ložísk pre podzemnú ťažbu by sa mala projektovať i realizovať tak, aby v ekonomicky únosnej miere rešpektovala krajinnoekologické kritériá:

- Umiestnenie ústia hlavného otvárkového diela situovať v krajine tak, aby aj s povrchovými objektmi (haldami, úpravňou, odkaliskom a pod.) čo najmenej narušili obraz krajiny.
- Pri súčasných technických možnostiach uprednostniť voľbu horizontálnych alebo úpadných otvárkových diel pred vertikálnymi.
- Jalovinu z otvárkových diel deponovať na povrchu tak, aby sa nemiešali rúbaniny s výrazne odlišnými možnosťami ďalšieho využitia (napr. horniny premenené zvetrávaním alebo okolorudnou alteráciou s pevnými horninami).
- Zabezpečiť kontinuálne sústreďovanie banskej, odpadovej, technologickej a priesakovej vody do retenčných nádrží počas trvania ťažobných aktivít, ich úpravu a recykláciu a po ukončení ťažby remediáciu krajiny.

V minulosti sa na viacerých medených ložiskách (Smolník, Špania Dolina – Piesky) intenzívne využívali banské a priesakové vody aj na extrakciu užitočných cenných kovov cementáciou – predovšetkým medi. Ako príklad môžeme uviesť každoročné získavanie 1 500 kg malachitu z piesockých baní a následne jeho elektrolytickou úpravou v Banskej Bystrici 600 kg čiernej katódovej medi (Andráš, 2008). Pri súčasných oveľa lepších technických možnostiach by sa dal dosiahnuť ekonomický prínos lokálneho významu napr. oživením a rozvojom umeleckých remesiel na báze kovov alebo ich oxidov získaných hydrometalurgickými postupmi z banských a priesakových vôd.

*Práca vznikla s podporou grantovej agentúry APVV v rámci riešenia grantov APVV-51-015605 a SOLIPHA APVV-VVCE-0033-07.*



Obr. 4. Vyústenie kalovodu za korunou hrádze odkaliska Železny Most v lubinskej medenorudnej panve (Poľsko). Foto: P. Andráš, 2008

#### Literatúra

- Andráš, P.: Geochémia pre environmentalistov. Banská Bystrica : Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, 2008, 106 s.
- Jeleň, S., Andráš, P., Križáni, I., Galváne, J., Bendík, A.: Netradičné formy využitia bohatstva v lomoch. In: Sombathyová, M. (ed.): Nerastné bohatstvo v lomoch II. Západné a východné Slovensko. Banská Štiavnica : Slovenské banské múzeum, 2009, s. 20 – 29.
- Križáni, I., Andráš, P., Ladomerský, J.: Banické záfaže Štiavnických vrchov. Zvolen : Technická univerzita, 2007, 100 s.
- Ladomerský, J., Hroncová, E., Nosál, E.: Návrh využitia lokality uhoľnej bane po ukončení činnosti. In: Gašparová, K., Hroncová, E. (eds.): Zodpovedný prístup k ťažbe nerastných surovín s ohľadom na ochranu životného prostredia. Zborník zo sympózia Detva, 2007. Zvolen : Technická univerzita, 2007, s. 85 – 95.
- Rusková, J.: Vplyv banickej činnosti na zdravie obyvateľov v modelovom území Špania Dolina. In: Ďurža, O., Rapant, S. (eds): Geochémia. Zborník z konferencie, 2002, s. 90.

**Doc. RNDr. Peter Andráš, PhD., Katedra environmentálneho manažérstva Fakulty prírodných vied Univerzity Mateja Bela, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, Geologický ústav Slovenskej akadémie vied so sídlom v Bratislave, detašované pracovisko, Ďumbierska 1, 974 11 Banská Bystrica, andras@savbb.sk**  
**RNDr. Ivan Križáni, Geologický ústav Slovenskej akadémie vied so sídlom v Bratislave, detašované pracovisko, Ďumbierska 1, 974 11 Banská Bystrica**