



## ENVIRONMENTÁLNE RIZIKÁ BANÍCKEJ KRAJINY

JANA RUSKOVÁ

### ENVIRONMENTAL RISKS OF MINING COUNTRY

#### ABSTRAKT

*Ťažba a spracovávanie rúd ovplyvňuje všetky zložky životného prostredia, vrátane samotného človeka. Ide o vplyvy priame, pozorovateľné v teréne, predstavujúce vznik antropogénnych foriem reliéfu. Nepriame vplyvy predstavujú premenu pôvodnej štruktúry krajiny na súčasný typ.*

*Kľúčové slová: environment, riziko, baníctvo, depónia*

#### ABSTRACT

*Mining and processing of metals influences all elements of environment, including of humans. There are direct impacts, observable in the field, representing a rise of anthropogenic forms of relief. Indirect effects are a transformation of the original structure of the country for the present type*

**Key words:** environment, risk, mining, deposit

#### Úvod

Pre väčšinu banských lokalít sú charakteristické predovšetkým odvaly, haldy a depóniá naakumulovaného hlušínového materiálu miestami tvoriace až niekoľkoetážové rady nad sebou. Charakteru prostredia sa prispôsobili i stavby baníckych a ostaných obydlií, ktoré tak predstavujú jedinečnú rázovitú architektúru obce. Významným krajinárskym problémom je i poddolovanie územia s následným narušením stability svahov a zosuvmi pôdy.

Vplyvy človeka na miestnu krajinu sa pokladajú za najdôležitejšie atribúty určujúce štruktúru, vlastnosti, stavy a procesy v krajine. V daných podmienkach hlavným diferenciačným faktorom všetkých geoeologických procesov je reliéf. [5].

#### Kontaminácia) životného prostredia

Pre zhodnotenie znečistenia životného prostredia je potrebné získať informácie o: zdroji znečisťujúcich látok, o charaktere samotných znečisťujúcich látok, o transportnom médiu kontaminantov alebo polutantov životného prostredia (voda, pôda, vzduch) ako aj o prijímateľovi, ktorý zahŕňa ekosystémy, individuálne organizmy (napr. človek). Problémy znečistenia sa však obvykle riešia až v situácii, keď už krajina nestačí pohlcovať emitované znečisťujúce látky [3].

Najzreteľnejšie sa znečistenie prejavuje na ovzduší. Možno ho postihnúť čuchom i zrakom (smog, zápach a pod.). Znečistenie vody má vplyv na pitnú vodu, prejavuje sa ako veľmi dôležité transportné médium a má priamy vplyv na vymieranie vodných živočíchov. Najmenej badateľné je

znečistenie pôdy, je však nemenej nebezpečné. Očistenie pôd od znečistenia je veľmi náročné. Rôzne kontaminanty a polutanty, ako sú ťažké kovy, ropné látky či PCB, devastujú pôdu dlhodobo a ich vplyv sa môže prejavovať aj po niekoľkých sto až tisíc rokoch. No ekosystém a biochemické procesy sú veľmi pružné a príroda často dokáže eliminovať aj pomerne veľkú záťaž krajiny znečistením [1]. Táto pružnosť je dôsledkom adsorbčných procesov, pri ktorých dochádza k fixácii kontaminantov a polutantov a detoxifikačných procesov, pri ktorých sa uskutočňuje degradácia znečisťujúcich látok [3].

### Znečisťujúce látky a ich transport

Z hľadiska transportu znečisťujúcich látok (kontaminantov a polutantov) možno jednotlivým geosféram prideliť funkciu transportnú, akumuláciu a/alebo rozkladnú [3]. Transportnou funkciou disponujú najmä atmosféra a hydrosféra, v mnohých prípadoch aj biosféra a antroposféra. Akumuláciami funkciami sa vyznačujú najmä pedosféra, litosféra a čiastočne aj biosféra a antroposféra. Rozkladnú funkciu majú najmä biosféra, pedosféra a hydrosféra. Dôležitú úlohu zohráva v procese aj vzájomné spolupôsobenie jednotlivých geosfér [1].

### Banické aktivity a environmentálne riziká

Pochopenie skrytých environmentálnych rizík sa musí opierať o doterajšie poznanie geochemických procesov prebiehajúcich v hypergénej zóne. Aj v antropicky nedotknutej krajine je zvetrávanie okrem geografickej pozície podmienené klímou, integritou horninového masívu a energiou reliéfu. Interakciu medzi tuhými, kvapalnými a plynými reaktantami sprostredkúva voda. Voda sama o sebe je veľmi intenzívnym rozpúšťadlom vďaka jej disociačnej schopnosti, ktorá umožňuje iniciačné iónovými reakcie medzi touhou a kvapalnou fázou. Prítomnosť ďalších látok rozpustených vo vode (plynov, komplexov, solí a pod.) zvyšuje jej agresivitu o niekoľko poriadkov.

Banickými aktivitami vznikla v podzemí priestorová sieť kavern, ktoré narušili stabilitu nadložného horninového masívu, spôsobili jeho deštrukciu a usmernili cirkuláciu vôd medzi povrchom a podzemím i odvádzanie radónu do atmosféry. Do banských diel priamo vstúpilo ovzdušie a cudzorodé látky vnášané človekom (drevo, kovy, chemikálie). Vytvorené priestory, najmä opustené človekom, obsadili huby plesne hmyz, ba i stavovce (žaby, netopiere, mloky), ktoré doň vniesli produkty svojho metabolizmu i rozkladu vlastných odumretých organických tel. Týmto spôsobom sa vytvorili optimálne podmienky pre život mikroorganizmov. Sústava reaktantov sa tak doplnila o látky organického pôvodu, ktoré sú pre horninové prostredie cudzorodé. Výsledkom je urýchlenie rozkladných reakcií a zvýšenie migračnej spôsobilosti prvkov.

Horniny vylámané z otvárkových diel a podzemných komunikácií, ktoré boli v rovnováhe s nenarušeným horninovým prostredím sa náhle ocitli na povrchu a akumulovali sa v depóniách. Do depónií sa akumulovali aj v danom čase nekondičné rudniny, ktoré depóniá obohatili o vysokoreaktívne minerály.

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

Zhutňovanie vyberanej rudy, alebo koncentrátov spotrebúvalo troskotvorné prísady, tavivá, žiaruvzdorné materiály a tepelnú energiu. Odpadovými produktmi metalurgického procesu boli trosky a pecný výmet, ktoré sa deponovali v troskových haldách. Tento materiál obsahoval častice vyredukovaných kovov, ktoré neprešli do zliatku. [1].

S hĺbkou prepracovania sa depónia odpadových produktov obohatili o látky, ktoré neboli vlastné pôvodnému horninovému prostrediu. Tie umožnili introdukcii aeróbných mikroorganizmov, kvasiniek, húb, plesní, rias, lišajníkov. Depónia teda predstavujú multikomponentný abioticko-biotický systém s veľkým reakčným medzifázovým povrchom. Spúšťačom medzifázových reakcií je zrážková voda a roztoky vzniknuté chemickými reakciami [2].

Depónia preto možno chápať ako biogeochemické reaktory. O mobilite produktov medzifázových reakcií, prebiehajúcich v depóniách existujú doposiaľ len kusé 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 (exogénnych podmienkach).

### Mechanizmus migrácie prvkov v povrchových podmienkach

Zvetrávanie možno definovať ako odbúravanie a alteráciu materiálov blízko zemského povrchu a tvorbu produktov, ktoré sú v rovnovážnejšom stave s atmosférou, hydrosférou a biosférou (Reiche 1950 in [1]). Práve proces zvetrávania je tým procesom, ktorý v starých banských oblastiach spôsobuje hlavnú časť kontaminácie krajinných zložiek ťažkými kovmi.

Zvetrávanie sa dá rozlíšiť na mechanické, chemické a biologické. Mechanické procesy vedú k dezintegrácii hornín bez chemických alebo mineralogických zmien. Zväčšuje sa reakčný povrch horniny, čím sa vytvárajú predpoklady pre chemické reakcie za prítomnosti vody, O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub>. Pri biologickom zvetrávaní sa uplatňujú znaky mechanického i chemického zvetrávania [1].

V skutočnosti sa vo väčšine prípadov podieľajú na procesoch zvetrávania rôznou intenzitou všetky tri druhy zvetrávania. V arídnych púštnych podmienkach a v niektorých vysokohorských oblastiach je dominantným typom zvetrávania mechanické zvetrávanie. V oblastiach s vlhkou a teplou klímou sa uplatňuje predovšetkým chemické zvetrávanie a najvýraznejšie prejavy biologického zvetrávania pozorujeme predovšetkým v pripovrchových zónach zemskej kôry v regiónoch s vlhkejšou klímou [3].

Najvýznamnejšími faktormi pri mechanickom zvetrávaní sú podľa Suka [4] dezintegrácia hornín v dôsledku prudkých tepelných zmien, mechanického pôsobenia ľadovcov, vetra či organickej aktivity (napríklad rozrušovanie horniny koreňmi rastlín, alebo prenos horninového materiálu živočíchmi).

U chemického zvetrávania sa uplatňuje predovšetkým hydratácia, hydrolýza, oxidácia a jednoduché rozpúšťanie. Hydratácia vedie k absorpcii molekúl vody do kryštálovej štruktúry minerálov [1]. Oxidácia je typická pre povrchové časti zemskej kôry. Najčastejšie sa prejavuje u prvkov Fe, Mn a S, ktoré vystupujú vo forme Fe(II), Mn(II) a S<sup>-</sup> iónov a ktoré sa oxidujú na Fe(III), Mn(IV) a S(VI). Oxidácii podliehajú aj mnohé iné prvky ako C, V, Cr, N, Cu, As, Se, Mo, Pd, Sn, Sb, W, Pt, Hg a U. Optimálne podmienky pre oxidáciu sú vo vlhkých pôdach. Oxidáciou sulfidických minerálov dochádza ku vzniku kyselín (predovšetkým kyseliny sírovej – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), ktoré zintenzívňujú ďalšie lúhovanie rudného materiálu a devastáciu ekosystémov. Vo vodných tokoch sú tieto procesy rýchlejšie. Uplatňujú sa tu predovšetkým zrážacie reakcie a sorpčné procesy. V niektorých podmienkach sa ako mimoriadne výrazný faktor zvetrávacích procesov uplatňuje aj rozpúšťanie (napríklad vznik dutín vo vápencoch krasových oblastí, kde rozpúšťanie kalcitu v CO<sub>2</sub> obsahujúcich vodách vedie k vzniku rozpustného bikarbonátu vápnika).

Rastlinstvo rozrušuje horninový substrát koreňmi fyzicky i chemicky. Respiračné pochody v rastlinstve intenzívne zvyšujú intenzitu biochemického cyklu kyslíka a kysličníka uhličitého, ktoré sú dvomi najvýznamnejšími reagentmi chemického zvetrávania. Pri oxidácii Fe a S zohrávajú významnú úlohu aj baktérie, rovnako ako vo viazaní dusíka v pôdach [1].

## Záver

Súčasný vzhľad krajiny je výsledkom využívania jej geosystémov človekom počas historicko-vývojového procesu. Ľudské aktivity využívali hmotný potenciál miestnej krajiny až po krajné hranice jej únosnosti. Využívali sa najmä ložiská rúd, vodné a lesné zdroje. Pre väčšinu banských lokalít sú charakteristické predovšetkým odvaly, haldy a depóniá. Charakteru prostredia sa prispôbili i stavby baníckych a ostaných obydľí. Významným krajinárskym problémom je i poddolovanie územia s následným narušením stability svahov a zosuvmi pôdy. Vplyvy človeka na miestnu krajinu sa pokladajú za najdôležitejšie atribúty určujúce štruktúru, vlastnosti, stavy a procesy v krajine.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] ANDRÁŠ, P., 2008: *Geochémia pre environmentalistov*. Vysokoškolské skriptá. UMB Banská Bystrica, 103 s.
- [2] CIDU, R. - FRANCO, F. 2007: *Water in mining environments*. IMWA Cagliari, 477 p.
- [3] LÁNCZOS, T., MEJEED, S. Y., MILIČKA, J., 1998: *Environmentálna geochémia*. Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, vysokoškolské skriptá, 120 p
- [4] SUK, M., 1999: *Geologické faktory v ochrane životného prostredia*. Moravské zemské muzeum, Brno, 166
- [5] VAUGHAN, D. - WOGELIUS, R. A., 2000: *Environmental mineralogy*. Eötvös Loránt University, Budapest, 434 p.

## ADRESA AUTORA

**RNDr. Jana Rusková**, Univerzita Mateja Bela Banská Bystrica, Fakulta prírodných vied, Katedra environmentálneho manažérstva, Banská Bystrica, Slovenská republika, e-mail:  
 >jana.ruskova@vzbb.sk <

## RECENZENT

**doc. Ing. Viktor Wittlinger, PhD.**, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika, e-mail:  
 vikwit@zoznam.sk