

Tvorba acidifikácie v prostredí banského odpadu a možnosti jej eliminácie

Stáročia ťažby zanechali v teréne zreteľné stopy po dobývaní, úprave a spracovaní nerastných surovín. Najzreteľnejším prejavom ťažobných aktivít v banických regiónoch sú pozostatky banských odvalov, predstavujúcich skládky rozpojených hornín, jemne rozomletých rúd, chemických látok používaných pri ich dobývaní a úprave. Expanzia osídlenia a priemyslu vyvolala rozvoj ťažby a následnej úpravy nerastných surovín, v dôsledku čoho dochádzalo k zmenám prvej štruktúry krajiny. Ťažobný a nadväzný priemysel spôsobil odlesnenie, zmenu druhového zloženia lesných porastov, vznik antropických a industriálnych foriem reliéfu, zmenu hydrologického a hydrogeologického režimu, zvýšenie dosahu a intenzity zvetrávacích procesov v podzemných banských dielach aj depóniách (úložiskách) odpadových produktov baníctva, úpravníctva a metalurgie.

Vznik acidifikácie banskou činnosťou

Pochopenie skrytých environmentálnych rizík je potrebné opierať o doterajšie poznanie geochemických procesov zvetrávania. Aj v človekom nedotknutej krajine je zvetrávanie okrem geografickej pozície podmienené klímou, celistvosťou horninového masívu a energiou reliéfu. Interakciu medzi tuhými, kvapalnými a plynými zložkami prostredia sprostredkúva voda. Voda sama o sebe je veľmi intenzívnym rozpúšťadlom. Prítomnosť ďalších látok rozpustených vo vode (plynov, solí a pod.) zvyšuje jej agresivitu o niekoľko percent.

Banskými aktivitami vznikla v podzemí priestorová sieť kavern, ktoré narušili stabilitu nadložného horninového masívu, spôsobili jeho deštrukciu a usmernili cirkuláciu vôd medzi povrchom a podzemím, aj odvádzanie plynov do atmosféry. Do banských diel priamo vstúpili plyné a cudzorodé látky vnášané človekom (drevo, kovy, chemikálie). Vytvorené priestory obsadili huby, plesne, hmyz a stavovce (žaby, netopiere, mloky...), ktoré sem vniesli produkty svojho metabolizmu a rozkladu odumretých organických tiel. 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 schopnosti 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 z ekonomického pohľadu nevyužiteľné rudy, ktoré ich obohatili o nestabilné a ľahko rozpustné minerály.

Úprave rúd predchádzalo ďalšie otvorenie reakčného povrchu minerálov. V procese flotačnej úpravy sa do sústavy voda – tuhá – plyná fáza vniesli látky regulujúce zmäčateľnosť: xantáty, kyanidy, oleje, dispergátory (vodné sklo) a peniče. Hodnota pH sa upravovala pridávaním vápenného mlieka alebo kyselín. Žiaduce kovanosné 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. V priebehu ukladania flotačných kalov a pieskov na odkaliská vznikali v tomto prostredí chemicky aj materiálovo heterogénne vrstvy. Vo vrstvách flotačných pieskov, bohatých na sulfidické minerály, prebieha intenzívna oxidácia a tvorba sekundárnych minerálov často s vysokou koncentráciou toxických prvkov (Sb, As, Cu, Pb a i.). 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 odvaloch. Tento materiál obsahoval častice vyredukovaných kovov, ktoré neprešli do zliatku.

Z uvedeného vidno, že s hĺbkou prepracovania sa depónia odpadových produktov ďalej obohatili o látky, ktoré neboli vlastné pôvodnému horninovému prostrediu. Tie umožnili prenikanie aeróbných mikroorganizmov, kvasiniek, húb, plesní, rias, lišajníkov. Depónia banského odpadu predstavujú multikomponentný abioticko-biotický systém s veľkým reakčným medzifázovým povrchom. Spúšťačom medzifázových reakcií je zrážková voda a roztoky, ktoré vznikli chemickými reakciami. Depónia preto možno chápať ako biogeochemické reaktory. O mobilite produktov medzifázových reakcií, prebiehajúcich v depóniách, existujú doposiaľ len neúplné informácie, vychádzajúce z výsledkov experimentálnej mineralógie a geochemie. 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). Ťažké kovy a rôzne iné polutanty, ktoré sa uvoľňujú v procese zvetrávania depónií, znečisťujú povrchové i podzemné vody. Substrát depónií je ďalej rozšáňaný do okolia vetrom a človekom. Uvoľnené ťažké kovy a iné chemické látky vstupujú do potravného reťazca živočíchov a človeka prostredníctvom rastlín a vody.

Uvedené procesy zasahujú flóru aj faunu v kontaminovanom biotope. Prejavuje sa to zmenou druhového zloženia rastlinného krytu odvalov a ich okolia, nahrádzaním menej odolných rastlín rezistentnejšími druhmi, postupným ústupom vegetácie až jej úplným vymiznutím v oblastiach najvýraznejšieho environmentálneho zaťaženia. V prostredí odvalov dochádza k populačnej explózii

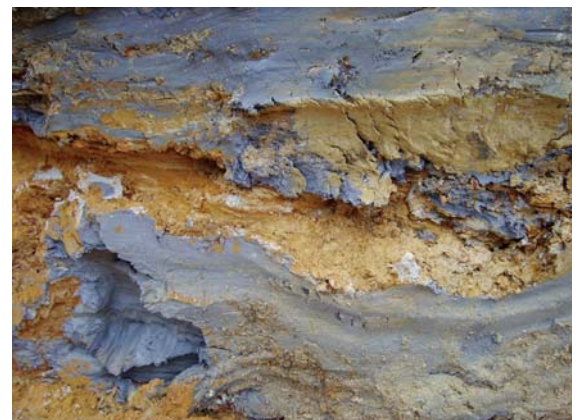
niektorých chemolitotrofných baktérií, plesní, húb a rias.

Záver každej banskej činnosti je zameraný na oddelenie žiaducich zložiek od nežiaducich a ich následné uloženie. Za tým účelom banské podniky budujú odvaly a odkaliská. V tejto činnosti sa banské podnikanie priamo dotýka ďalších oblastí života, a to najmä vplyvu ukladania odpadu na životné prostredie. Spoločným znakom odvalov a odkalísk je to, že obe obsahujú horninové a minerálne zložky, ktoré sa v súčasnosti nevyužívajú na komerčné účely. Rozdiel je v tom, že na odvaly sa materiál ukladá priamo, a na odkaliská je deponovaný pomocou vodného média a tu sedimentuje. Osobitná pozornosť sa potom venuje vypúšťaným vodám z odkalísk.

V poslednej dobe bolo vo svete zaznamenané množstvo ekologických havárií spôsobených únikom kontaminantov z úložísk banského odpadu.



Glanzenberg, Banská Štiavnica, kaverny po ťažbe rúd



Flotačné kaly, tvorené ilovitými (sivé) a piesčitými (oranžovo-hnedé) vrstvami z lokality Poproč

Aj z tohto dôvodu sa vo všetkých krajinách EÚ venuje zvýšená pozornosť problematike bezpečného ukladania banského odpadu. Riešenie problematiky ukladania banského odpadu, monitoringu starých banských diel a následnej realizácie sanačných opatrení, sú na Slovensku niekoľkoročnou realitou. Prostredníctvom aktivít Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky, ako aj iných vedeckých inštitúcií (Univerzita Komenského v Bratislave), sa tejto téme venuje veľká pozornosť.

Migrácia polutantov a tvorba sekundárnych minerálov

Zmeny hodnôt pH a Eh v sedimentoch banských depónií aj v banských dielach spôsobujú uvoľnenie ťažkých kovov (predovšetkým Cu, Fe, Cd, As, Sb, Pb, Zn, Mn, Ni, Co) z tuhej fázy, kde sa nachádzajú vo forme ťažšie rozpustných minerálov alebo v sorpčnom komplexe, do podzemnej a povrchovej vody. Pohyblivosť ťažkých kovov v roztokoch dokazuje skutočnosť, že obsah mnohých ťažkých kovov v technogénnych sedimentoch a pôdach a v produktoch oxidácie sulfidov v oblasti odvalov je niekedy nižší ako ich obsah v pôdach pod odvalovým poľom, ako aj vznik početných sekundárnych minerálov (predovšetkým Cu-minerálov): karbonátov, fosforečnanov, síranov a oxidov. Tieto sekundárne minerálne fázy vznikali predovšetkým v procese precipitácie z roztokov cirkulujúcich v sedimentoch a pôdach, ale aj v dôsledku oxidácie primárnych minerálov. Ich vznik kontroluje a spomaľuje migráciu ťažkých kovov, čo je dôsledkom ich stability v povrchových podmienkach.

Oxidácia sulfidov a tvorba kyslých banských vôd (AMD)

Odpad, vznikajúci v dôsledku ťažby a úpravy nerastných surovín, má charakter úlomkov hornín a minerálov rôznej veľkosti (odvaly), prípadne piesčité až ílovité sedimenty (odkalká). Početné chemické a biochemické reakcie prebiehajú výlučne pri istých špecifických podmienkach hodnôt pH. Tieto chemické a biochemické reakcie vplyvajú na rozklad minerálnych a organických látok, tvorbu ílových minerálov, ovplyvňujú rozpustnosť (mobilitu) látok, a tým aj ich biodostupnosť pre živé organizmy, prítomnosť živín, adsorpciu a desorpciu kationov, biochemické reakcie, štruktúru pôdy, ako aj fyzikálne vlastnosti. Na produkciu H^+ iónov v pôdach (sedimentoch) vplyvajú predovšetkým kyslé dažde a degradácia sulfidov. Sulfidy tvoria spravidla iba malú časť (1 – 5 %) horninového alebo pôdneho substrátu, vyznačujú sa však významným potenciálom tvorby kyslosti, v dôsledku čoho môže dochádzať k závažnej degradácii prírodných zložiek. Oxidácia sulfidických minerálov predstavuje komplex biogeochemických procesov. Rýchlosť acidifikácie závisí od viacerých faktorov, ako je účinok baktérií, vzdušného O_2 , prítomnosť vody atď. Výsledkom týchto procesov je vznik kyslých banských vôd (acid mine drainage (water) – AMD). Prejav acidifikácie sú spravidla time-né pufracnou a neutralizačnou schopnosťou okolitých hornín a minerálov (karbonátov, ílových minerálov a organickej hmoty), avšak po prekročení pufracnej a neutralizačnej kapacity prostredia sa začne prejavovať akútna acidifikácia. Vo veľmi krátkom čase možno pozorovať vážne zmeny, hlavne prudký pokles pH, zničenie rastlínstva a eróziu pôdy. Na acidifikácii sa podieľa hlavne degradácia najhojnejšie zastúpených sulfidických minerálov: predovšetkým pyritu (FeS_2), ale aj chalkopyritu ($CuFeS_2$). Počiatočné štádiá oxidácie pyritu – tzv. *iniciačná reakcia* – sú pravdepodobne chemické a prebiehajú pomaly. Následne môžu viesť k aktivizácii metabolizmu acidofilných baktérií ako napr. *Thiobacillus ferrooxidans*. Premena Fe^{2+} na Fe^{3+} je pomalá pokiaľ hodnota pH neklesne pod 5. Fyzická degradácia, spôsobená výsledkami oxidácie pyritu, zvyčajne narastá s porozitou hornín a veľkosťou merného povrchu, v kombinácii s mikrobiologickým a chemickým pôsobením. Protónové ióny (H^+) v nadbytku v takýchto kyslých pôdach pôsobia na rastlínstvo toxicky.

Riziko acidifikácie prostredia je jedným z faktorov určujúcich stupeň rizika kontaminácie krajiny ťažkými kovmi. Mobilnú frakciu kovov možno charakterizovať ako sumu rozpusteného podielu kovov v kvapalnej fáze a podielu, ktorý síce ostáva v pevnej fáze, avšak môže postupne prejsť do pôdneho roztoku. Mobilita kovov je dôležitá, aby bolo možné odhadnúť ich koncentrácie v pôdnom roztoku, v povrchových, drenážnych a podzemných vodách. Obsah kovu v roztoku závisí od jeho sorpcie na prírodné sorbenty (napr. ílové minerály, hydrogoetit, zeolity...). Niektoré koloidné zložky v pôdnom roztoku môžu mať v závislosti od hodnôt pH kladné alebo záporné náboje, čo významným spôsobom ovplyvňuje kinetiku sorpčných procesov v pôdach a ióno-výmenné reakcie.

Systémy na elimináciu acidity

Acidifikáciu vody spôsobujú najčastejšie oxidácia rudných minerálov a kyslé dažde, spôsobené emisiami SO_2 a NO_2 . Systémy na elimináciu kyslosti vôd sa najčastejšie využívajú na neutralizáciu kyslých banských vôd (AMD), ktoré nepriaznivo vplyvajú na pôdu, povrchové i podzemné vody a vegetáciu. Acidifikácia ochudobňuje pôdu o Ca a Mg a zároveň mobilizuje ťažké kovy (aj Al), znižuje sorpčnú schopnosť humusového horizontu a spôsobuje jeho postupnú likvidáciu. Remedičné postupy pri úprave kyslých



Kyslé vody vznikajúce na haldách banského odpadu v Smolníku



Drenáž na zachytávanie silno kyslej vody z kremencového lomu v Sobove

banských vôd možno rozdeliť na: a) systémy, určené na elimináciu acidity a b) systémy na odstránenie ťažkých kovov z AMD. Obe dva tieto postupy umožňujú využiť aktívne a pasívne inžinierske systémy.

Aktívne systémy – aktívne remedičné technológie úpravy AMD alebo kyslých horninových výtokov (acid rock drainage – ARD) spočívajú v pridávaní chemikálií do kyslej vody. Cieľom tohto postupu je vyzrážať z vody kovy a neutralizovať jej aciditu. Pridáva sa vápno, sóda, popol alebo amoniak. Takéto postupy sú však mimoriadne nákladné a v súčasnosti (približne od roku 1990) sa od nich upúšťa.

Pasívne systémy – *otvorené vápencové kanály a drenáže* (open limestone channel – OLC) sú naplnené úlomkami vápenca. Pri pretekaní kyslých banských vôd cez vápenc, tento sa pomaly postupne rozpúšťa, a tak sa znižuje kyslosť vody (pH stúpa). Tento spôsob remediácie je vhodné použiť len pre malé prietoky vody, pretože v dôsledku precipitácie predovšetkým Fe a Al sa tvoria na úlomkoch vápenca povlaky a reakcia sa spomaľuje.

Anoxické vápencové drenáže (anoxic limestone drain – ALD). V týchto drenážach je vápenc v priekopách prekrytý ílom alebo plastickými fóliami, aby sa zabránilo prístupu kyslíka. Kyslé banské vody pretekajú týmito drenážami a vápenc sa rozpúšťa, pričom znižuje aciditu vody. Aby nedochádzalo ku vzniku povlakov na jeho povrchu v dôsledku precipitácie Fe a ďalších kovov, prietok vody by mal byť nízky a voda by nemala obsahovať veľa kyslíka. Ak voda obsahuje veľa kyslíka, je potrebné ju predpraviť prietokom cez mokrade, v ktorých ho organický materiál odstráni.

Oddelovacie nádoby. Kyslé banské vody sa odvádzajú do oddelovacích ciel, prípadne dlhých kontajnerov, naplnených drveným vápencom. Rýchly prietok zvráti vápenc, a tak odstraňuje vyzrážané povlaky z jeho povrchu. Tento systém si vyžaduje častú výmenu reaktantu (vápencu).

Vápencový piesok. Brehy toku sú pokryté jemnými časticami mletého vápenca alebo je tento umiestnený priamo na dno toku. Tento remedičný systém je vhodný len pre kyslé banské vody s nízkym obsahom kovov. Piesok je premiestňovaný, rýchlo ho odplavuje tok vody, takže minimálne raz ročne ho treba znovu do toku doplniť.

Systémy na odstraňovanie ťažkých kovov z AMD

Aktívne systémy – odčerpávanie znečistenej povrchovej a podzemnej vody je značne nákladné, a teda málo efektívne. Hlavne pri koncentráciách kontaminantov pod 1 mg.l⁻¹ je ich odstraňovanie veľmi pomalé a nákladné. Podobne, používanie rôznych chemických činidiel, slúžiacich na iniciovanie precipitácie kovov z roztokov, je nákladné a práce.

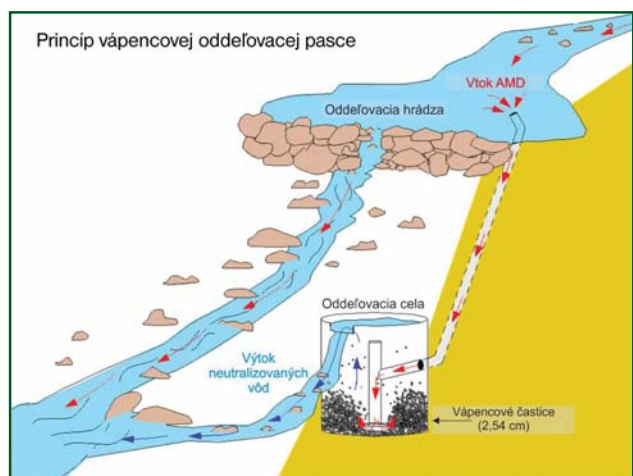
Pasívne systémy – s cieľom remediácie ťažkými kovmi znečistených vôd sa najčastejšie používajú pasívne systémy, založené na využívaní prírodných alebo zakladaní umelých mokradí. Ich využitie má viaceré prednosti: a) môžu pomôcť iniciovať vznik a precipitáciu kovových hydroxidov, b) podmieňujú vznik menej rozpustných sulfidických zlúčenín kovov, c) umožňujú organické komplexné reakcie, ktoré pomáhajú fixovať ťažké kovy, d) umožňujú iónovymenné reakcie – výmenu kationov (na negatívne nabitých iónoch) a e) umožňujú ich využívať aj na priamu fytoextrakciu.

Využitie **aerobných mokradí** sa osvedčilo v prípade alkalického vody. Aerobné mokrade sa používajú na spomalenie vodných tokov, aby tak umožnili predĺžiť čas účinkovania rôznych remedičných činidiel a postupov, a aby došlo k oxidácii kovov, čo zase urýchľuje ich precipitáciu. Počas procesu oxidácie precipitujú, napr. Fe a Mn, a ich precipitáty sú zadržávané v mokradi alebo odnášané vodným prúdom. Aeróbne mokrade sú pomerne plytké nádrže, ktoré sa budujú tak, aby pod 2 – 8 cm vody bola približne 30 – 90 cm hrubá vrstva sedimentu, pozostávajúceho z pôdy, ílu a organickej hmoty. V mokradiach sa často vysádzajú rôzne rastliny. Ich časť slúži pri fytoextrakcii kovov (napr. pálka širokolistá (*Typha latifolia*); sitina článkovaná (*Juncus articulatus*); druh škripina *Scirpus* sp.), ďalšia časť dodáva do systému organický materiál a iné zase môžu byť vysádzané aj z rýdzo estetických dôvodov.

Anaeróbne mokrade sú vždy hlbšie ako 30 cm. Ich dno tvoria permeabilné, pôdu



Neutralizácia kyslej banskej vody prostredníctvom vápencových úlomkov v prostredí otvorených kanálov. V okrajových častiach kanálu možno pozorovať vyzrážané sekundárne minerály (červené povlaky). Žltá šípka znázorňuje smer prúdenia vody



Schematické znázornenie použitia princípu vápencovej oddeľovacej pasce na neutralizáciu kyslej banskej vody (zdroj: <http://pa.water.usgs.gov/>)

obsahujúce sedimenty, kompost, piesok, prach, organické zmesi podložené alebo premiešané s vápencom, balmi sena, slamou a rašelinovými machmi. Vysádzajú sa v nich rôzne rastliny (napr. pálka širokolistá (*Typha latifolia*) a huby).

Systém SAPS (successive alkalinity producing wetlands) kombinuje anoxické vápencové drenáže (ALD) a mokrade. Okysličená voda je predpripravená organickou hmotou, ktorá z nej odstráni kyslík a Fe(III). Takáto anoxická voda potom preteká cez ALD v bazálnej časti systému. Sústava je doplnená celami s vápencovou drvinou.

Vertikálny prietochý mokradový systém (prietochý reaktor/vertical flow reactor – VFR). Kombinuje kompostovú mokrad' s anoxickou vápencovou drenážou. Pri pretekaní vody mokradou odstráni kompost z vody kyslík a kovy sa vyzrážajú v drenáži, pričom v dôsledku precipitácie kovov môže dôjsť k tvorbe kôry na vápenci.

Aluminátor je v podstate vápencová drenáž, určená pre prípad poruchy. Pracuje len pri vysokom stave obsahu hliníka. Jeho podstatou je podporovať precipitáciu Al v drenáži a je zostrojený tak, aby umožňoval pružné odstraňovanie vyzrážaného Al. Takyto drén je potrebné zvyčajne čistiť aspoň dvakrát mesačne. V početných prípadoch boli **oxidáčne nádrže** skonštruované v kombinácii s vápencovými drenážami, aby zadržovali vodu, spomaľovali jej prietok, a tak vytvorili dostatočný časový priestor na oxidáciu a precipitáciu kovov.

Podstata **geochemických bariér** spočíva vo vytvorení prostredia, v ktorom na rôznych sorbentoch a reduktantoch dochádza k precipitácii kovov do stabilných väzieb. Ako **sorbenty na fixáciu kovov** možno použiť aj početné iné látky, napríklad termicky upravený dolomit (žíhaný pri 700 – 800 °C). O čosi menšiu sorpčnú schopnosť majú (v klesajúcom poradí od najlepších sorbentov k menej efektívnym): vápenc → dolomit → bentonit → zeolit → diatomit. Výbornými anorganickými sorbentmi sú aj ílové minerály, sekundárne oxidy a hydroxidy Fe, Mn a Al, aktívne uhlie, čierna bridlica (pokiaľ neobsahuje vysoké koncentrácie ťažkých kovov a disponuje voľnou sorpčnou kapacitou) a iné. Najznámejšou technickou geochemickou bariérou je **Fe-bariéra**. V jej prípade sa konštruuje kazeta, ktorá sa naplní železnými stružkami alebo pilinami. Cez tieto preteká kontaminovaná voda a Cu, As a početné ďalšie kovy sa na železe v dôsledku tzv. cementačného procesu vyzrážajú.

Cementácia je elektrochemický proces („vnútorná elektrolyza“) vytesnenia kovov z roztoku, založený na elektrochemickej reakcii medzi kovom – cementátorom a iónmi precipitujúceho kovu, resp. na reakcii vytesňovania ušľachtilejšieho kovu z roztoku kovom menej ušľachtilým. Keď akýkoľvek kov ponoríme do roztoku soli ušľachtilejšieho kovu, kov so zápornejším elektródovým potenciálom vytesní z roztoku kov s kladnejším elektródovým potenciálom a sám prejde do roztoku.

Metóda Fe-bariéry je výhodná aj z finančného pohľadu, pretože použité železo možno pomerne ľahko recyklovať, dokonca aj precipitáty sa dajú využiť priamo (ako farbivá) alebo prepracovaní elektrolyzou zužitkovať ako čisté kovy.

Elektrochemické metódy úpravy AMD

Elektrodialýza (ED) – patrí do skupiny tzv. elektromembránových procesov, pri ktorých dochádza k separácii záporne nabitých častíc (Cl, SO₄²⁻, S²⁻, Cr²⁺...) od kladne nabitých častíc (Al³⁺, Fe²⁺, Fe³⁺, Cu²⁺...) v závislosti od ich migrácie k príslušným elektródam. Na riadenie tejto reakcie slúžia iónovymenné membrány, cez ktoré je transportovaný iba určitý druh iónov v závislosti od ich elektrického náboja. Výsledkom elektrodialytickej úpravy kontaminovanej vody je koncentrát obohatený o sledované prvky a prakticky čistý produkt (voda). Úprava banských vôd prostredníctvom elektrodialýzy je veľmi účinný proces, ktorým je možné dosiahnuť kvalitu upravovanej vody až na pitnú úroveň. Nevýhodou je, že AMD je pred použitím ED často nutné predupraviť (napr. zvýšenie pH prídavaním alkalických činidiel; zníženie koncentrácie kovov chemickým zrážaním; mikrofiltrácia a pod.).

Riešenie problematiky acidifikácie a toxifikácie životného prostredia v dôsledku zvetrávania starých banských zŕaží je predovšetkým v posledných desiatich rokoch veľmi aktuálnou témou aj na Slovensku. Metódy sanácie oblastí postihnutých banskou činnosťou, uvádzané v tomto článku, predstavujú účinný spôsob, ako zabrániť šíreniu negatívnych vplyvov kontaminácie v tomto prostredí. Množstvo vedeckých prác realizovaných na celom svete poukazuje na veľké výhody tzv. pasívnych sanačných metód. Hlavnou výhodou týchto metód je minimálny cudzorodý zásah do životného prostredia postihnutej lokality a v neposlednom rade ich nízka finančná náročnosť. Je však potrebné si uvedomiť, že v súčasnosti moderný trend pasívnych sanačných metód a nezasahovania do prirodzených „samočistiacich“ procesov nie je vo všeobecnosti platným pravidlom. Problematika acidifikácie (toxifikácie) životného prostredia v dôsledku ťažby nerastných surovín predstavuje komplexný súbor, pozostávajúci zo štúdia, výskumu a následného riešenia. Preto treba k riešeniu otázok predovšetkým kyslých banských vôd pristupovať radikálne a progresívne, napríklad za použitia elektrodialýzy ako účinnej modernej metódy.

Článok vznikol s podporou projektu Píležitost pro mladé výzkumníky, reg. č. CZ.1.07/2.3.00/30.0016, podporeného Operačným programom Vzdelávanie pre konkurencieschopnosť a spolufinancovaného Európskym sociálnym fondom a štátnym rozpočtom Českej republiky.

Mgr. Tomáš Klimko, PhD., prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc., prof. RNDr. Peter András, CSc.
Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava