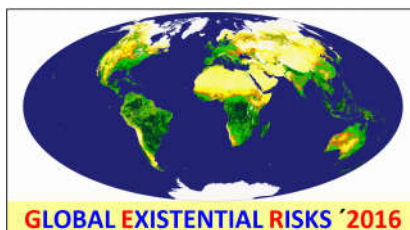


PROBLÉMY DEFINÍCIE POJMU ŤAŽKÝ KOV

Peter ANDRÁŠ - Jana DADOVÁ - Jiří KUPKA - Vojtech DIRNER

WHAT DOES MEAN THE TERM HEAVY METAL?



ABSTRAKT

Okolo pojmu ťažký kov sa vedie niekoľko desaťročí vášnivá polemika. Samotný termín ťažký kov pochádza z metalurgie. Používa sa napriek tomu, že nemá žiadny presne vymedzený význam ani z hľadiska chemických vlastností, ani z hľadiska toxicity. Aj jeho používané definície sú mimoriadne odlišné. Niektoré prvky, ktoré sú zahrňované do pojmu ťažký kov, sú polokovy, prípadne vôbec nezodpovedajú definícii. Aj toxicita jednotlivých kovov je závislá na množstve a forme daného prvku. Preto ani nahradenie termínu ťažký kov termínom toxický kov nie je vyhovujúcim riešením. Z vyššie uvedených dôvodov by bolo vhodnejšie používať termín potenciálne toxický prvok.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: ťažký kov, zdroje ťažkých kovov, toxicita, potenciálne toxický prvok

ABSTRACT

The term heavy metal is vehemently discussed for several decades. It was originally used in metallurgy and still frequently occur in scientific communication in spite of its no exact chemical meaning. It does not express also the toxicity of the metal. Also its definitions show wide variety of determination. Some elements which are qualified as heavy metals are actually metalloids or don't reflect the sense of the heavy metal term definitions. The toxicity of the metals depend on their quantity and form. It is the reason why even the using of term toxic metal is not suitable. From the above mentioned reasons would be more appropriate use term potentially toxic element.

KEY WORDS: heavy metal, sources of heavy metals, toxicity, potentially toxic element

Úvod

Definícia termínu *ťažký kov* je v odbornej literatúre diskutovaná až niekoľko desaťročí. Doteraz sa nepodarilo ustáliť všeobecne akceptovaný názor na túto otázku. Situácia je viac než zmätočná, pretože aj najzákladnejšie charakteristiky uvedeného pojmu sa mimoriadne líšia. Často možno pri snahe ustáliť nejakú – hoci aj „hmľistú“ formu – definície *ťažkého kovu* zistiť v názoroch odborníkov dokonca protichodné východiská riešenia tohto dlhoročne zauzleného rébusu. To, na čom existuje zhoda, je, že kov je elektropozitívna látka s voľnými valenčnými elektrónmi. Tieto elektróny sú spoločné pre všetky atómy kovu a môžu sa v ňom voľne pohybovať. Táto ich vlastnosť umožňuje, že kovy vedú teplo a elektrický prúd. Kovy sú často charakterizované na rozdiel od nekovov aj ich fyzikálnymi vlastnosťami: kovovým leskom, kujnosťou, schopnosťou strácať elektróny a v dôsledku toho tvoriť kationy, schopnosťou viesť teplo a elektrický prúd (Housecroft & Sharpe, 2008; Müller, 2007; Duffus, 2002). Tieto charakteristické vlastnosti kovov sa často strácajú ak sú tieto transformované na chemické zlúčeniny (napr. na biodostupné zlúčeniny, ktoré sú schopné kontaminovať rastliny; Shaw et al., 2004). Chemické vlastnosti prvkov možno odvodiť z ich pozície v periodickej tabuľke prvkov (obr. 1). Pozíciu prvku v periodickej tabuľke určuje jeho protónové číslo Z , nazývané tiež atómové číslo, udávajúce počet protónov v atómovom jadre.

Kovy sa v životnom prostredí vyskytujú obvykle vo forme kationov. Tieto často precipitujú na pôdnych časticiach (napr. na ílových mineráloch), vytvárajú zložité komplexy s organickou hmotou, alebo sú sorpcne viazané na pôdne zložky. Ku kontaminácii podzemnej vody kovmi obvykle dochádza s istým oneskorením, ktoré závisí od mobility

Baudo (1987) a Ďurža & Khun (2002) a ktorá je v ostatnom období najčastejšie uvádzaná pri pokusoch definovať termín *ťažký kov*).

Do skupiny *ťažkých kovov* patria aj biologicky nezastupiteľné mikroelementy (napr. Cu, Zn, Mn, Co, Cr, atď.) ako i početné neesenciálne chemické prvky (Cd, Pb, Cr, atď.). V pôdach sa nachádzajú v rôznych koncentráciách, oxidačných stupňoch i väzbách. Ich riziká spočívajú v ekotoxicite i v kumulácii v abiotických a biotických zložkách prostredia. Toxicité sú aj biologicky nezastupiteľné mikroelementy, ak prekročia určitú koncentráciu (Tomáš et al., 2000). Alexejev (1987) používa označenie *ťažký kov* len v súvislosti s negatívnym pôsobením na živé organizmy (v zmysle, že *ťažký kov* je ekvivalentom termínu *toxický kov*, prípadne *toxický prvok*) a pri žiadúcich účinkoch používa pojem *mikroelement*. Ferguson (1990) považuje *ťažké kovy* za prvky, ktoré sú a) ťažené a využívané v priemyselných množstvách, b) dostatočne rozšírené v zemskej kôre, c) majú toxický účinok na živé organizmy, d) majú nežiaduce účinky v biochemickom cykle, e) vyskytujú sa v materiáloch, ktoré sú v kontakte s ľuďmi.

Ťažké kovy sa v zemskej kôre vyskytujú akcesoricky, čiže patria k stopovým prvkom (Alloway, 1990). Z geochemického hľadiska rozdeľujeme *ťažké kovy* podľa Bauda (1987) do troch skupín: a) rozptýlené ako nerozpustné alebo zmiešané oxidy (Ti, V, Cr, Mn, Zr, Nb, Hf, Ta, W), b) kovy v prirodzenom rýdzom stave (napr. nuggety) alebo ľahko redukovateľné zlúčeniny (Pb, Ru, Rh, Os, Ir, Pt, Au, As), c) bežne asociované so sírou ako sulfidy (Mo, Fe, Co, Ni, Ag), Zn, As, Sc, Sb, Te, Ru, Hg, Ti, Pb, Bi). Medzi „kovy“ sa v tomto zmysle často radia aj niektoré polokovy, predovšetkým As, Sb a Te.

Z environmentálneho hľadiska patrí medzi vlastnosti, ktoré kriticky zvyšujú rizikovosť *ťažkých kovov* skutočnosť, že patria medzi nedegradovateľné kontaminanty. Vyznačujú sa rozdielnymi vlastnosťami, zdrojom pôvodu, ako aj pôsobením na živé organizmy (Tóth et al., 2005). Ich pozitívny význam pre človeka súvisí s ich uplatnením v niektorých špičkových technológiách, pri výrobe akumulátorov a katalyzátorov, ako stabilizátorov polymérov, v tlačiarstve a medicíne. V staroveku boli hlavnými producentmi *ťažkých kovov* (Cu, Hg a Pb) bane a hutí. Produkcia *ťažkých kovov* za ostatných 60 rokov prudko vzrástla, čo malo celosvetovo negatívny vplyv aj na kontamináciu ekosystémov Zeme.

Klasifikácia zdrojov *ťažkých kovov*

Antropogénne zdroje *ťažkých kovov* možno podľa Thortona (1983) rozdeliť na bodové (vyskytujúce sa v tesnej blízkosti kontaminovaných médií) a nebodové (spôsobené napr. hnojivami, pesticídami a pod.). Ducsay et al. (2000) a Lahučký (1993) rozlišujú dva hlavné zdroje *ťažkých kovov*: a) priame (u týchto ide o úmyselnú aplikáciu) - morenie osív, ochrana kultúr, priemyselné hnojivá, priemyselné komposty, závlahová voda a b) nepriame (ako dôsledok neúmyselnej aplikácie), ktoré majú svoj pôvod v energetickom priemysle, metalurgii, hutníckom a chemickom priemysle, ako aj v mestských aglomeráciách a v doprave.

Podľa Zaujeca (1999) možno hlavné zdroje *ťažkých kovov* antropogénneho pôvodu rozdeliť na: a) mestské a priemyselné aerosóly, ako dôsledok spaľovania rôznych palív, rudy pri ich spaľovaní ako aj ďalšie priemyselné procesy, b) kvapalné a pevné odpady zo živočíchov i obyvateľstva, c) odpady z baníctva, d) priemyselné chemikálie a chemikálie používané v poľnohospodárstve.

Ross (1993, 1994) rozdeľuje zdroje *ťažkých kovov* na: 1. prírodné – a) primárne (majúce pôvod v zvetrávaní hornín a rúd), b) druhotné (majúce pôvod v atmosférickej depozícii, prachových búrkach a v sopečnej činnosti) a 2. antropogénne – plošné a bodové – pričom ich zdrojom môžu byť a) baníctvo a hutníctvo, b) priemysel, c) atmosférická depozícia, d) poľnohospodárstvo a e) úložiská odpadov.

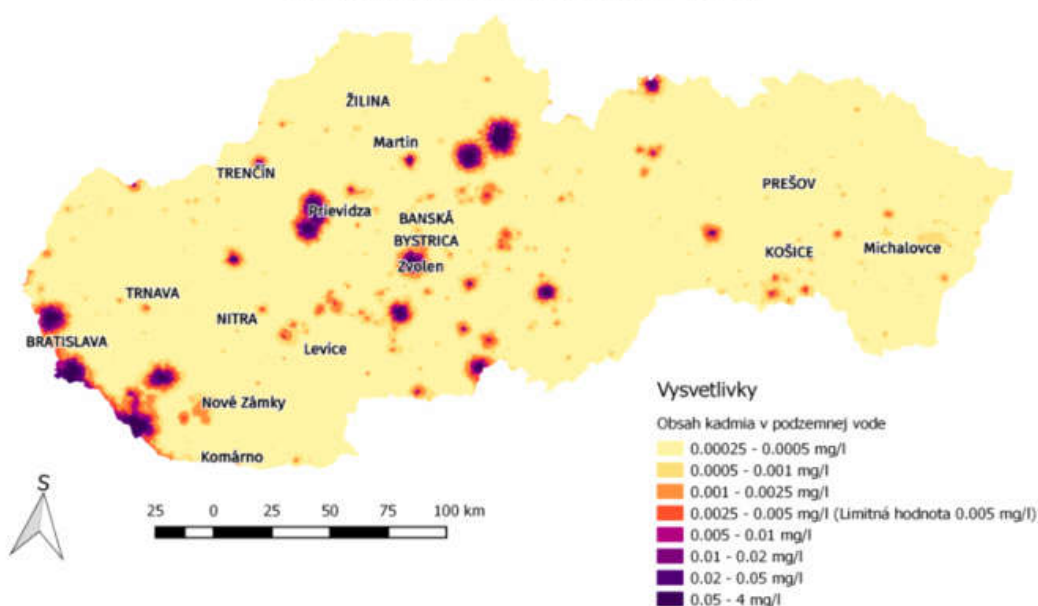
Rôzne zdroje *ťažkých kovov* majú na kontaminácii krajiny rozdielny podiel (Lánczos et al., 1998). Antropogénne ovplyvnené pôdy majú zvýšené obsahy *ťažkých kovov* hlavne vo vrchných horizontoch, pretože pedogenetický proces nemá dostatok času ovplyvniť redistribúciu v pôdnom profile. Kontaminácia pôd *ťažkými kovmi* v urbanizovaných oblastiach je taká intenzívna, že obsah *ťažkých kovov* v pôdach umožňuje odlišiť urbanizované pôdy od neurbanizovaných (Bowen, 1979). Z kvantitatívneho hľadiska sú významným zdrojom *ťažkých kovov* látky prírodného charakteru používané k priamemu hnojeniu, resp. vápneniu pôd (Lahučký et al., 2005). Medzi významné zdroje ortuti, medi, mangánu a zinku patria aj prípravky na morenie rastlín, povrchové a priesakové vody zo skládok, emisie toxických kovov vo forme aerosólov a z čistočiek prachu a popolčiek zo strojárskejších, chemických, ale hlavne energetických podnikov. Ako uvádza Halmo (1995), ďalšia časť *ťažkých kovov* pochádza z odpadových kalov z čističiek odpadových vôd využívaných pri hnojení poľnohospodárskych pôd.

Ťažké kovy v životnom prostredí

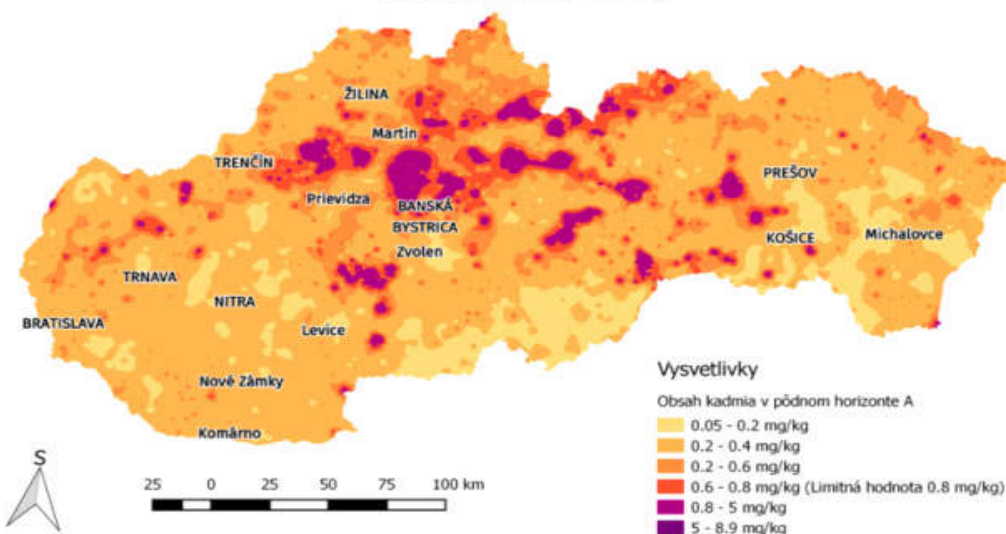
Je známe, že *ťažké kovy* majú schopnosť akumulovať sa z vodného prostredia do pôdy/sedimentov (obr. 2-7), do živých organizmov a následne vstupovať do potravného reťazca. Ako uvádza Cejpek (2000), najvyššie akumuláčnne koeficienty sa zistili u Cu, Mg a Pb.

Pri vstupovaní *ťažkých kovov* do pôdy, vody a menej aj do ovzdušia dochádza k fyzikálno-chemickým zmenám a prvok sa zapája do biogeochemického kolobehu. V dôsledku toho vzniká alebo zaniká množstvo látok, ktoré zvyšujú alebo znižujú toxicitu prvku v prostredí. Niektoré prvky ako napr. Hg, As, Se a Sb tvoria prchavé zlúčeniny, podliehajú diaľkovému prenosu vzduchom a preto je ťažké stanoviť v pôdach ich prirodzenú koncentráciu. Ich toxický vplyv sa neprejavuje okamžite. Každý prvok má rozdielny fyziologický význam a tak aj rozdielny stupeň biotoxicity. Veľký význam má jeho chemický charakter, jeho vzťah k pôdnym vlastnostiam, jeho rozpustnosť a tým aj jeho biodostupnosť. Zotrvanie *ťažkých kovov* je v pôdach dlhšie ako v hydrosfére a atmosfére. Kontaminácia pôdy najmä v povrchovej vrstve rastie s intenzifikáciou a chemizáciou poľnohospodárskej výroby. Krátkodobý toxický vplyv *ťažkých kovov* je pomerne dobre známy. O jeho dlhodobej pomalej akumulácii, ktorá je typická najmä pre pôdy máme však k dispozícii pomerne málo údajov. Samočistiaca schopnosť pôdy je výrazne nižšia než vzduchu a vody. Ako uvádza Lánczós et al., (1998), v porovnaní s hydrosférou a atmosférou sú možnosti detoxikácie pôdy technickými prostriedkami veľmi obmedzené a finančne mimoriadne náročné.

Obsah kadmia v podzemnej vode na Slovensku v rokoch 1991 - 1994

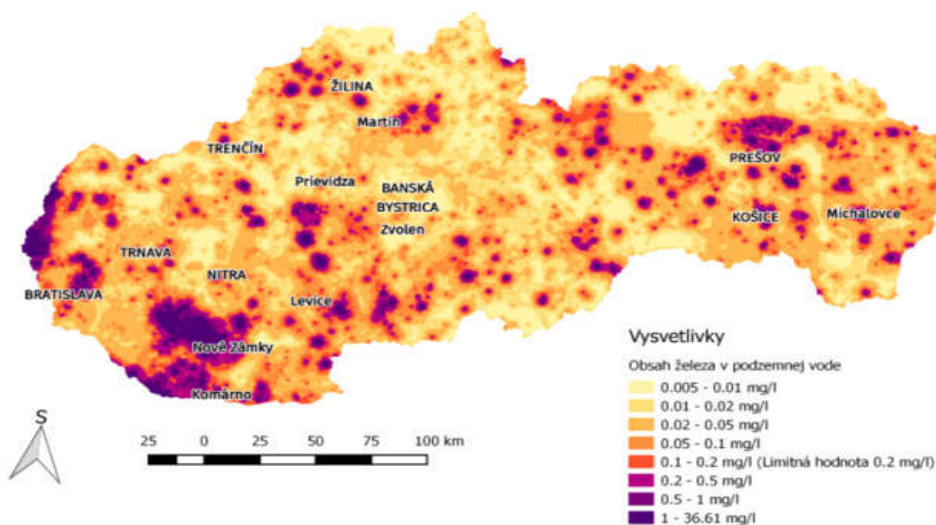


Obsah kadmia v pôdnom horizonte A na Slovensku v rokoch 1991 - 1994

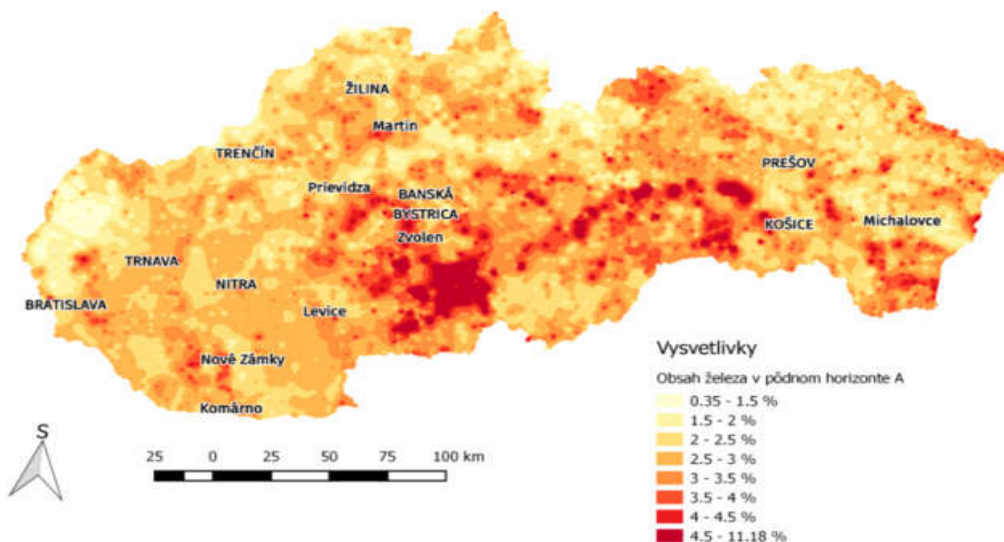


Obr. 2, 3 (vstupné údaje: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra; Spracované údaje: Integrovaná geografická база údajov environmentálneho zdravia; Katedra kartografie, geoinformatiky a DPZ, Prírodovedecká fakulta UN v Bratislave)

Obsah železa v podzemnej vode na Slovensku v rokoch 1991 - 1994



Obsah železa v pôdnom horizonte A na Slovensku v rokoch 1991 - 1994

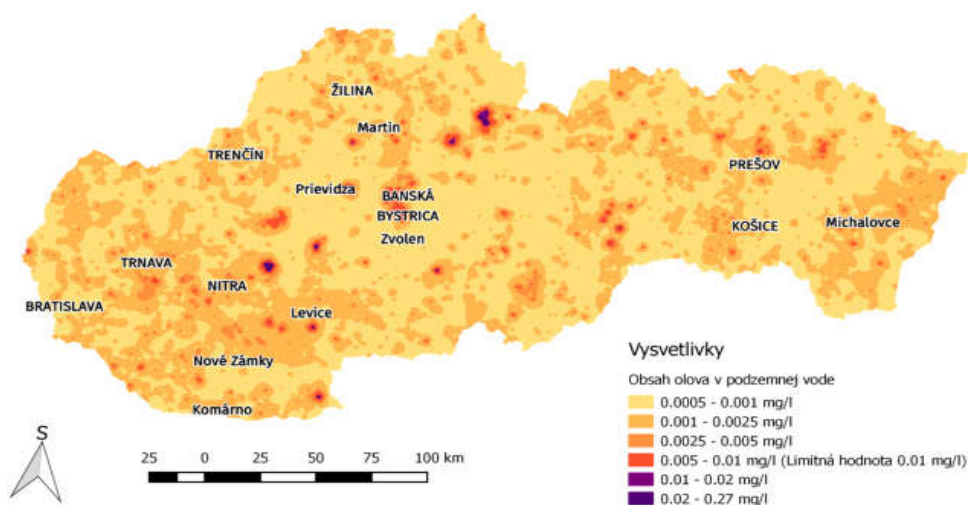


Obr. 4, 5 (vstupné údaje: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra; Spracované údaje: Integrovaná geografická база údajov environmentálneho zdravia; Katedra kartografie, geoinformatiky a DPZ, Prírodovedecká fakulta UN v Bratislave)

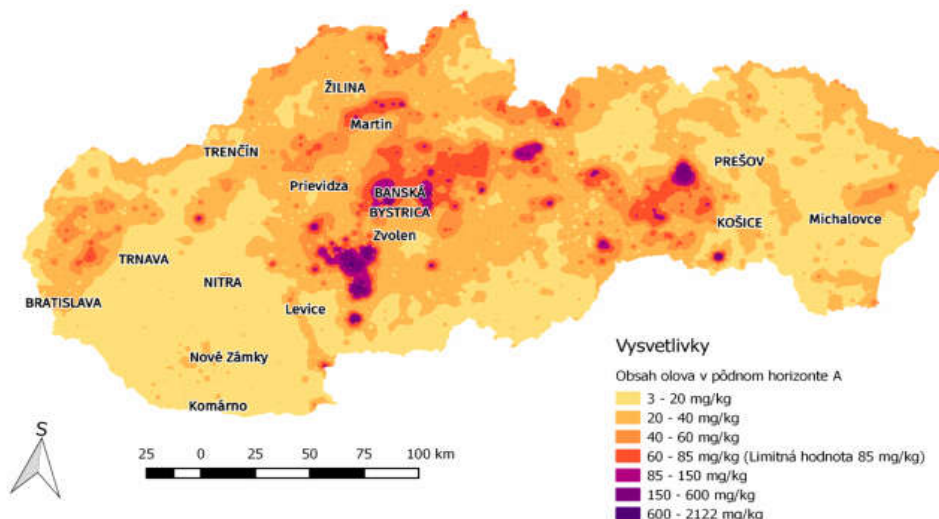
Zo zrudnenia otvoreného bankskými dielami, z materiálu haldových polí a odkališkov vstupujú ťažké kovy do zložiek životného prostredia v dôsledku zvetrávania horninového materiálu a rúd. Migračné schopnosti uvoľnených ťažkých kovov sú kontrolované predovšetkým zmenami pH/Eh, prítomnosťou prírodných sorbentov, ale aj biologickými činiteľmi (najmä činnosťou baktérií: tak napr. metabolizmus baktérií *Acidithiobacillus ferrooxidans* a *Acidithiobacillus thiooxidans* významným spôsobom zvyšuje kinetiku degradácie sulfidov; Kušnierová et al., 1994; Andráš et al., 2009a,b). Ako uvádza Andráš et al. (2009c), medzi najčastejšie prírodné sorbenty patrí predovšetkým skupina ílových minerálov (illit, montmorillonit, smektit...), veľký význam však majú aj zeolity, Fe-oxidy a Fe-oxyhydroxidy.

Rozpustnosť ťažkých kovov v pôde a ich mobilita v akvatickom prostredí sa môže zvýšiť v dôsledku redukčných podmienok, zníženia hodnôt pH v rozsahu 2 - 6, vyššej koncentrácie solí, vzniku rozpustných organochlóvaných komplexov, ako aj v dôsledku kompetície (t.j. synergického efektu) viacerých prvkov na formu sorpcie v pevnej fáze (Davranchea et al., 2003; Förster & Salomons, 2004). Adsorpciu ťažkých kovov na prírodné sorbenty môže zvýšiť prítomnosť kationov Ca^{2+} , Mg^{2+} a Fe^{2+} (Dixit & Hering, 2003). Naopak, pôsobenie iónov PO_4^{3-} sorpciu As znižuje (Jain & Loeppert, 2000). Desorpciu As z rôznych sorbentov kontroluje mikrobiálna redukcia As^{5+} na As^{3+} (Zobrist et al., 2000).

Obsah olova v podzemnej vode na Slovensku v rokoch 1991 - 1994



Obsah olova v pôdnom horizonte A na Slovensku v rokoch 1991 - 1994



Obr. 6, 7 (vstupné údaje: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra; Spracované údaje: Integrovaná geografická báza údajov environmentálneho zdravia; Katedra kartografie, geoinformatiky a DPZ, Prírodovedecká fakulta UN v Bratislave)

Ílové minerály sa vyznačujú vrstevnatou, resp. reťazcovou štruktúrou a sú väčšinou nositeľmi stálych negatívnych povrchových nábojov (Kozáč, 1996). Môžu sorbovať kationy Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+} , Mn^{2+} , kationy ťažkých kovov a niektoré hydroxidy s pozitívnym nábojom [nap. $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$]. Tieto kationy sa môžu nahradiť inými kationmi (Čurlík, 2003). Goethit, ktorý vzniká oxidáciou rúd bohatých na Fe je pri neutrálnom pH nerozpustný a kladný povrchový náboj robí z neho efektívny sorbent pre mnohé prvky (Schwertmann & Cornell, 2000).

Akumulácia ťažkých kovov v pôde a dnových sedimentoch („stream sedimentoch“) je pomaly odstraňovaná lúhovaním, eróziou a odčerpávaním rastlinami. Čas pretrvávania ťažkých kovov v pôdach mierneho pásma kolíše prevažne medzi 75 a 380 rokmi, avšak pre mnohé prvky je rádovo vyšší. V tropických podmienkach je proces lúhovania intenzívnejší: polčas života je cca 40 rokov (Kabata-Pendias, 1993; Lánzos et al., 1998).

Bioakumulácia ťažkých kovov v rastlinných a živočíšnych pletivách je metabolicky riadený proces ich hromadenia v živom organizme, ktorý prebieha ak organizmus rýchlejšie prijíma ťažký kov ako ho dokáže vylúčiť,

príčom dochádza k imobilizácii príslušného kovu/kovov v biomase (Lourie, 2003). Ťažké kovy môžu do organizmov vstupovať koreňovým systémom, atmosférickou depozíciou, potravou i cez pokožku/povrch rastlinných tiel (Zornoza et al., 2010). Pri atmosférickej depozícii môžu kovy vstupovať aj do nadzemných častí rastlín, prípadne cez pokožku do tiel živočíchov a odtiaľ môžu byť translokované do rôznych orgánov, resp. iných častí rastliny (Schwesig & Krebs, 2003).

Toxické účinky ťažkých kovov na zložky životného prostredia

Bencko et al. (1995) delí rizikové prvky do štyroch skupín: a) toxické, b) neesenciálne, c) esenciálne, d) pravdepodobne esenciálne.

a) Za toxické kovy považujeme tie kovy, ktoré pri určitej koncentrácii pôsobia škodlivo na človeka a ostatné biotické zložky ekosystémov. Úroveň toxicity závisí od typu kovu, jeho biologickej úlohy a typu organizmu, ktorý je pôsobeniu kovu vystavený. Tieto kovy pretrvávajú v prostredí celé roky až storočia. Za najnebezpečnejšie toxické kovy sa všeobecne považujú Pb, Cd, As a Hg, ale medzi všeobecne rozšírené a zdraviu škodlivé kovy patria aj Be a Cr (Bencko et al., 1995; Tamás, 2006).

Ako uvádza Beneš (1994), k ťažkým kovom patria aj životne dôležité prvky pre výživu organizmov ako sú Cu, Fe, Mn, Zn, Co, Se, rovnako ako aj b) neesenciálne prvky - potenciálne toxické, ako Hg, Pb, Cd. K ťažkým kovom môžeme zaradiť i početné neesenciálne chemické prvky (Cd, Pb, Hg atď.; Vollmannová et al., 2009). Toxické prvky majú negatívne účinky už pri nízkych koncentráciách. Patria sem Pb, Hg, As a Cd. Medzi c) esenciálne sú zaradované z hľadiska ich nevyhnutnosti pre rastliny a živočíchov: Fe, I, Cu, Co, Mn, Se, Cr, atď. Medzi d) pravdepodobne esenciálne zaraďujeme prvky, ktorých esenciálnosť ešte nebola dokázaná. Patria sem: Ni, F, Br, V, Be, Sr, atď. Neesenciálnymi prvkami sú prvky, ktoré sa stabilne vyskytujú v rôznych koncentráciách pri stavbe rastlinných a živočíšnych organizmov (ide asi o 20-30 prvkov ako napr. Al, Sb, Ge, Si, Ag, Au, Ti, Rb...; Bencko, 1995).

Na základe stupňa toxicity rozlišuje Kabata-Pendias & Pendias (1992) prvky nasledovne: a) prvky s veľmi vysokým stupňom potenciálneho ohrozenia: (Cd, Hg, Pb, Cu, TI, Sn, Cr, Sb, Zn), b) prvky s vysokým stupňom potenciálneho ohrozenia: (Bi, U, Mo, Ba, Mn, Ti, Fe, Se, Te, Ni, Co, As), c) prvky so stredným stupňom potenciálneho ohrozenia: (F, Be, V, Rb, Li, Ge, In, B, Br, I, Cs), c) prvky s nízkym stupňom potenciálneho ohrozenia: (Sr, Zr, Ta, La, Nb).

Stupeň toxicity ťažkých kovov je potrebné hodnotiť z hľadiska ich koncentrácie, pretože všetky ťažké kovy, aj esenciálne, pôsobia pri prekročení špecifickej koncentrácie pre kov na organizmus toxicky. Aj podľa Tomáša (2000) a Vollmannovej et al. (2009) sú toxické aj biologicky nezastupiteľné mikroelementy, ak prekročia určitú koncentráciu. Toxicita ťažkých kovov klesá v rade: Hg>Cd>Ni>Pb>Cr (Yong et al., 1992).

Významný vplyv ťažkých kovov na celkovú kontamináciu zložiek životného prostredia je zvýraznený ich nedegradovateľnosťou (Kafka & Punčochářová, 2002). Ťažké kovy prebiehajú globálnym ekologickým cyklom, v ktorom hlavnú úlohu má pôda a voda. Pôda však nezohráva iba úlohu pasívneho akceptora ťažkých kovov ale po kontaminácii sa stáva zdrojom znečistenia ostatných zložiek životného prostredia a trofického reťazca (Barančíková et al., 2009). Ťažké kovy významným spôsobom inhibujú aj vývin rastlín, ich distribúciu na danom území a redukovávajú produktivitu poľnohospodárskych plodín (Tamás, 2006). Vlastnosti samotného prvku a jeho bio prístupnosti - biologická prístupnosť kovov závisí od oxidačného stupňa a formy výskytu (ovplyvnených Eh a pH), štruktúry molekuly, reaktivity, rozpustnosti, schopnosti tvorby organokovových zlúčenín, fyzikálnych vlastností ich zlúčenín, ako aj od prítomnosti rozpustnej organickej hmoty vo vode.

Pri hodnotení ťažkých kovov v pôde sa pozornosť venuje ich možnému prieniku do potravného reťazca. Medzi hlavné faktory, ktoré vplývajú na vstup ťažkých kovov z pôdy do rastliny, patria: pH/Eh, textúra, obsah a kvalita organickej hmoty, prítomnosť iných prvkov (synergizmus alebo antagonizmus), druh a odroda rastliny, hnojenie a spôsob kultivácie.

V ostatnom čase vidieť tendenciu nahradiť termín ťažký kov termínom potenciálne toxický kov, čo rieši skutočnosť, že kovy sú toxické len pri istej koncentrácii a v istých chemických väzbách, závislých na speciácii kovu.

Pod'akovanie [zaradenie príspevku]

Práca bola vypracovaná s podporou grantu agentúry VEGA č. grantu 1/0538/15.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- Alexejev, J. V. 1987. Ťažké kovy v počvach i rastlinách. VO *Agro-promizdat*, 142 p.
Alloway, B. J. 1990. Heavy Metals in Soils. Blackie and Son Ltd, Glasgow and London, ISBN 0- 216-92698-X, 339 p.

- Alloway, B. J. 1995. Heavy metals in soils. London: Blackie Academic and Professional, ISBN 07514 01986, 368 p.
- Alloway, B. J. – Ayres, D. C. 1993. Chemical Principles of Environmental Pollution. Blackie Academic and Professional, London, ISBN 0-7514-0380-6, 291 p.
- Al-Khasman, O. A. – Shawabkeh, R. A. 2006. Metals distribution in soils around the cement factory in southern Jordan. *Environmental Pollution*, č. 140, ISSN 0944-1344, 387-394.
- Andráš, P. – Lichý, A. – Križáni, I. – Rusková, J. 2009. The heavy metal sorption on clay minerals and risk of the AMD formation at the Reiner and Podlipa dump-fields at Ľubietová deposit (Slovakia) *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 4, 2, ISSN-1842-4090, 133-147.
- Andráš, P. – Lichý, A. – Križáni, I. – Rusková, J. 2009a: Heavy metals and their impact on environment at the dump-field Ľubietová-Podlipa (Slovakia). In: *Advanced Technologies*. Ed.: Jayanthakumaran, K. In-Tech, Olajnica, 19/2, 32000 Vukovar, Croatia, ISBN: 978-953-307-009-4, 163-185.
- Andráš, P. – Kušnierová, M. – Marcel, A. – Šlesárová, A. – Chovan, M. 2009b: Biological-chemical oxidation of ore minerals at the Pezinok deposit (Malé Karpaty Mts., Western Carpathians, Slovakia)/ Utlenie minerálov rudných ze zloža Pezinok (Małe Karpaty Zachodnie, Słowacja) metoda biologiczno-chemiczna. *Inżynieria Mineralna*, X, 1, 23, PL ISSN 1640-4920, 1-26.
- Andráš, P. – Rusková J. – Rusko M. – Lichý A., – Križáni, I. 2009c. Vplyv banskej činnosti v okolí Ľubietovej na krajinu. - Žilina: Strix – VeV, Edícia EV-52, SBN 978-80-89281-57-2, 128 p.
- Appenroth, K. J., 2010. Definition of „heavy metals“ and their role in biological systems. In: Sherameti, I., Varma A. Eds.: *Soil Heavy Metals, Soil Biology*, 19, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, ISBN 978-3-642-02435-1; DOI 10.1007/978-3-642-02436-8-2, 19-29.
- Barančíková G. – Fazekášová D. – Manko P. – Torma S. 2009. Chémia životného prostredia. Prešovská univerzita v Prešove, Univerzitná knižnica, Prešov, ISBN 978-80-555-0082-9, 251 p.
- Baudo, R. 1987. Heavy Metal Pollution and Ecosystem Recovery, Ecological Assesment of Environmental Degradation, Pollution and Recovery. Elsevier Sciences Publishers, Amsterdam, ISBN 80-200-0401-7, 325 p.
- Beneš, S. 1994. Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. II. část. Praha, Ministerstvo zemědělství České republiky, ISBN 8070840900, 159 p.
- Bencko, V. – Cikrt, M. – Lener, J. 1995. Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka. 2vyd. Praha : Grada Publishing, ISBN 80-7137-567-510, 288 p.
- Bennet, H. 1986. *Concise Chemical and Technical Dictionary*, 4th enlarged ed., Edward Arnold, London, ISBN 0820603104, 1271 p.
- Bjerrum, N. 1936. Inorganic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 13, 7, DOI: 10.1021/ed013p349.2, p. 349.
- Bowen, H. J. M. 1979. Hodnocení těžkých kovů v odpadech a průmyslově vyráběných kompostech. Konference ČSVTS Kompostování odpadů a životné prostředí. Praha, 83-94.
- Cejpek, K. 2000. Chémia bežného života a životné prostredie. Metodické centrum Banská Bystrica, ISBN 80-8041-307X, 117 p.
- Čurlík, J. 2003. Pôdna reakcia a jej úprava. Bratislava, Jaroslav Suchoň Publ., ISBN 80-967696-1-8, 249 p.
- Davranchea, M. – Bollingera, J. C. – Bril, H. 2003. Effect of reductive conditions on metal mobility from wasteland solids: an example from the Mortagne-du-Nord site (France). *Applied Geochemistry*, 18, ISSN 0883-2927, 383-394.
- Dixit, S. – Hering, J. G. 2003. Sorption of Fe(II) and As(III) on goethite in single-and dual-sorbate systems. *Chemical Geology*, 228, ISSN 0009-2541, 6-15.
- Duffus, J. H. 2002. „Heavy metal“ – a meaningless term? *Pure and Applied Chemistry*, 74, ISSN 2231-3443, 793–807.
- Ducsay, L. – Toman, R. – Kočík, K. 2000. Ťažké kovy v pôdach a rastlinách. In: Kovacik, J.: Rizikové faktory potravného reťazca. Nitra : SPU, ISBN 80-7137-796-1, 7-30.
- Ďurža, O. – Khun, M. 2002. Environmentálna geochémia niektorých ťažkých kovov. Bratislava, Univerzita Komenského, 61-70, ISBN 978-80-89343-72-0, p. 33.
- Ďurža, O. 2003. Využitie pôdnej magnetometrie v environmentálnej geochémii ťažkých kovov, *Acta geologicauniversitatiscomeniana*. Bratislava. Univerzita Komenského v Bratislave, 58, ISSN 1338-6034, 29-55.
- Fergusson, J. E. 1990. The heavy metals, chemistry. *Environmental impact and health effect*. Pergamon Press, New Zealand, ISBN 3-936028-05-2, 614 p.
- Förster, U. – Salomons, W. 2004. Elements and compounds in sediments. In: Merian, E., Anke, M., Ihnat, M., Stoeppler, M. (Eds.): *Elements and their compounds in the environment*. Wiley-VCH Verlag GmbH–Co.KG&A, Weinheim, ISBN 978-3-527-30459-2, 149-162.
- Hale, W. G. – Margham, J. P. 1988. Collins Dictionary of Biology, Collins, Glasgow, ISBN 978-0007207343, 528 p.
- Halmo, F. 1995. Súčasný trendy analýzy chemického znečistenia pôdy. *Cudzorodé látky v poľnohospodárstve*, NR VŠP v NR. http://www.google.sk/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiUtue_3KfQAhXMLsAKHeo1DrsQFggZMAA&url=http%3A%2F%2Fcrzp.uniag.sk%2FPrace%2F2011%2FG%2F6C0634A7EACE44DBBF1658FA3C3626



- E1.doc&usg=AFQjCNHKWZ2-epAF_O6uCOSDSACnXIGGm
A&sig2=G-W7D0No5wdVigEzuGDKRQ
- Housecroft, C. E. – Sharpe, A. G. 2008. Inorganic chemistry. Prentice Hall, ISBN-13: 978-0273742753, 1256 p.
- Hunt, A. 1999. Dictionary of Chemistry, Fitzroy Dearborn, London, ISBN 1579581404, 657 p.
- Jain, A. – Loeppert, R. H. 2000. Effect of competing anions on the adsorption of arsenate and arsenite by ferrihydrite. *Journal of Environmental Quality*, 29, ISSN 0047-2425, 1422-1430.
- Kabata-Pendias, A. – Pendias, H. 1992. Trace elements in Soils and Plants. CRC Press, Boca Raton, FL, ISBN 0849366437, 365 p.
- Kabata-Pendias, A. 1993. Behavioural properties of trace metals in soil. *Applied Geochemistry. Suppl. Issue No. 2.* Pergamon Press. Oxford, 3-9
- Kafka, Z. – Punčochářová, J. 2002. Těžké kovy v přírodě a jejich toxicita. *Chemické listy*, 96, ISSN 1213-7103, 611-617.
- Kozáč, J. 1996. Nerastné suroviny ako sorbenty kationov ťažkých a toxických kovov a ako základná zložka čistiacich prostriedkov. *Mineralia Slovaca, Geovestník*, 28, 6, 5-7.
- Kušnierová, M. – Andráš, P. – Križáni, I. 1994. The influence of the chemical composition and the crystal structure of arsenopyrite and pyrite on the process of bacterial oxidation. *Mineralia Slovaca*, 26, 4, ISSN 0369-2086, 272 – 276.
- Lahučký, L. 1993. Pôdne vstupy ťažkých kovov do rastlín a možnosti ich minimalizácie. Dizertačná práca. Nitra : VŠP, 104 p.
- Lánczos, T. – Mejeed, S. Y. – Milička, J.. 1998. Environmentálna geochémia. PrírF Univ. Komenského Bratislava, vysokoškolské skriptá, 120 p.
- Lourie, B. 2003. Mercury in the Environment: *A Primer. Pollution Probe*, Ottawa, 84 p.
- Lyman, W. J. 1995. Transport and Transformation Processes. In: Rand, G. M., 1995. Fundamentals of Aquatic Toxicology: *Effects, Environmental Fate, and Risk Assessment*. Taylor and Francis, Washington D.C. us., 214 p.
- Lahučný, L. – Vollmannová, A. – Tomas, J. – Tóth, T. 2005. Vertical cadmium migration in some soil types. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, 51, 8, 429-435.
- Murray, K. S. – Kaufman, D. T. 2004. Heavy metals in an urban watershed in southeast Michigan. *Journal of Environmental Quality*, 33, ISSN 0047-2425, 163-172.
- Müller, U. 2007. Inorganic Structural Chemistry. John Wiley, Chichester, ISBN 9780471987567, 317 p.
- Ross, S. M. 1993. Applied environmental geochemistry. Academic Press, London, 501 p.
- Ross, S. M. 1994. Retention, transformation and mobility of toxic metals in soils. In: S.M. Ross, Editor, *Toxic metals in soil-plant systems*, John Wiley and Sons, Chichester, 63-152.
- Shaw, B. P. – Sahn, S. K. – Mishra, R. K. 2004. Heavy metal induced oxidative damage in terrestrial plants. Prasad M. N. V. ed.: *Heavy Metal Stress in Plants – From Biomolecular to Ecosystem*. Springer, Heidelberg, 84-126.
- Schwertmann U. – Cornell R. M. 2000. Iron oxides in the laboratory. Wiley-VCH, Weinheim, 67-73.
- Schwesig, D. – Krebs, O. 2003. The role of ground vegetation in the uptake of mercury and methylmercury in a forest ecosystem. *Plant and Soil*, 253, 445-455
- Streit, B. 1994. Lexikon der Okotoxikologie, VCH, Weinheim, ISBN 3527300538, 924 p.
- Štátny geologický ústav Dionýza Štúra: [Dostupné na internete] https://www.google.sk/search?q=Obsah+As+v+podzemnej+vode&biw=1600&bih=754&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwic_L2rsqrQAhUKsxQKHTFxDmMQ_AUIBigB#imgcr=T_ivralAEbZZoM%3A
- Tamás, L. 2006. štruktúrne a funkčné aspekty vplyvu kadmia na rastliny. Online. 2011. cit. 2011-04-02. [Dostupné na internete] <<http://ibot.sav.sk/fprev.htm>>.
- Thornton, I. 1983. Geochemistry applied to agriculture. In: Thornton, I. (ed.), *Applied Environmental Geochemistry*. Chapter 8, Academic Press Geology Series, London, 231-264
- Thornton, I. 1995. Metals in the Global Environment – Facts and Misconceptions, ICME, Ottawa, 105 p.
- Tomáš, J. 2000. Stopové prvky životnom prostredí. In: Cudzorodé látky v životnom prostredí. Nitra : SPU Nitra , ISBN 80-7137-745-7, 10-18.
- Tóth, T. – Pospíšil, R. – Pariláková, K. – Musilová, J. – Bystrická, J. 2005. Distribúcia ťažkých kovov v pôdach aplikáciou substrátu po výrobe biokalu. In: *ChemZi*, 1, 1, 108-109.
- Venugopal, B. – Luckey, T. D. 1975. Toxicology of nonradio-active heavy metals and their salts, in heavy metal toxicity, Safety and Hormology, T. D. Luckey, B. Venugopal, D. Hutcheson (Eds.), George Thieme, Stuttgart, 48
- Vollmannová A., – Tóth, T. – Tomáš, J. – Timoracká, M. – Melicháčová, S. 2009. Obsah bioaktívnych zložiek vo vybraných odrodách čučoriedky chocholíkatej (*Vaccinium corymbosum*, L.) *Acta fytotechnica et zootechnica*, 12, ISSN 1336-9245, 695-700.
- Yong, R. N. – Mohamed, A. M. O. – Warkentin, B. P. 1992. Principles of contaminant transport in soils, Elsevier, 411 p.
- Zaujec, A. 1999. Cudzorodé látky a hygiena pôd. SPU Nitra. VES Nitra, ISBN 80-7137-567-5, 103 p.
- Zobrist J. – Dowdle, P. R. – Davis, J. A. – Oremland, J. S. 2000. Mobilization of arsenite by dissimatory reduction of adsorbed arsenate. *Environmental Science – Technology*, 34, ISSN 0013-936X, 4747-4753.



Zornoza, P. – Millán, R. – Sierra, M.J. – Seco, A. – Esteban, E. 2010. Efficiency of white lupin in the removal of mercury from contaminated soils: Soil and hydroponic experiments. *Journal of Environmental Sciences*, 22, 421-427.

ADRESY AUTOROV

prof. RNDr. Peter ANDRÁŠ, PhD.

Univerzita Mateja Bella, Fakulta prírodných vied
Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika
e-mail: peter.andras@umb.sk

doc. RNDr. Jana DADOVÁ, PhD.

Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky
Tajovského 28B, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika
e-mail: jana.dadova@sopsr.sk

Ing. Jiří KUPKA, Ph.D.

VŠB-Technická Univerzita v Ostrave
17. listopadu, 15/2172, 708 33 Ostrava – Poruba, Česká republika
e-mail: jiri.kupka@vsb.cz

prof. Ing. Vojtech DIRNER, CSc.

VŠB-Technická Univerzita v Ostrave
17. listopadu, 15/2172, 708 33 Ostrava – Poruba, Česká republika
e-mail: vojtech.dirner@vsb.cz

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.