

ZÁŤAŽ KRAJINNÝCH ZLOŽIEK LOKALITY MALACHOV ORTUŤOU

LOAD OF COUNTRY COMPONENTS IN MALACHOV AREA BY MERCURY

Jana DADOVÁ

ABSTRAKT

Oblasť Malachov pri Banskej Bystrici, je známa predovšetkým ťažbou ortutnatej rudy. Vplyvom ťažby došlo ku kontaminácii zložiek životného prostredia ťažkými kovmi, predovšetkým ortuťou. Prítomnosť ortute v zložkách životného prostredia predstavuje zdravotné riziko pre obyvateľstvo. Príspevok prináša prehľad výsledkov analýz kontaminácie pôdy, podzemnej a povrchovej vody i obsah ortute v potravinových komoditách (hubách, rybách) a v rastlinách.

Kľúčové slová: záťaž, banícka krajina, ortuť, kontaminácia

ABSTRACT

Malachov area in Banska Bystrica, primarily known for mercuric ore mining. The components of environment were contaminated by heavy metals, especially mercury due to mining. The presence of mercury in an environment is health risk to the population. This contribution brings the results of an overview analysis of soil, groundwater and surface water and mercury content in the food commodities (mushrooms, fish) and plants.

Keywords: load, mining country, mercury, contamination

ÚVOD

Obec Malachov a jej blízke okolie bolo zamerané na ťažbu ortutnatej rudy (rumelky). Malachovská oblasť patrila k známym banským lokalitám. Najznámejším ložiskom bola Veľká studňa a jej historickú banskú oblasť zahŕňala aj lokalita Pri jazere, ktorá sa nachádzala na úpätí Malachovského ortútneho vrchu. Známy bol aj výskyt rumelky na pravom brehu Mútneho potoka. Vďaka intenzívnej baníckej činnosti sa do okolia obce v minulosti dostalo veľké množstvo horninového materiálu zo stabilného prostredia zeme na povrch, kde je vystavený vplyvu zmenených podmienok. Pôsobia naň vonkajšie činitele, ktoré zapríčiňujú rozpad hornín, z ktorých sa postupom času uvoľňujú jednotlivé prvky a ťažké kovy, ktoré prechádzajú do zložiek životného prostredia (voda, pôda, biota). Tieto prvky sa v zložkách životného prostredia hromadia a následne prenikajú do potravinového reťazca. Pre človeka môže byť príjem niektorých prvkov s vyššou koncentráciou určitým zdravotným rizikom. Jedným z takýchto prvkov je aj ortuť. Za posledných pár rokov sa v oblasti realizovalo niekoľko výskumov na zistenie reálneho stavu zložiek životného prostredia.

CHARAKTERISTIKA OBLASTI

Malachovská ortuťovo-arzénohá mineralizácia sa nachádza na východnom okraji Kremnických vrchov, západne od Banskej Bystrice. Tunajšie Hg-rudy sú známe od roku 1390 a dobývali sa prerušovane do konca 18. storočia. Prvé písomné zmienky o ortuťových baniach západne od Malachova pochádzajú z rokov 1390 – 1391 (Bergfest, 1955, 1956). Považujú sa svojím rozsahom za druhé najväčšie dobývané ložisko Hg v Európe. Naposledy, od roku 1980 do roku 1990, sa Hg-ruda ťažila z ložiska Veľká Studňa (Ivančík a Mitáček, 1986). Dobývali sa aj impregnačno-žilnikové rudy, miestami s charakterom hniezdovitých akumulácií zrudnenia, s obsahom Hg a As okolo 0,5-1,0 %. Mineralizácia sa viaže na zlomy a poklesy a vystupuje v paleogénnych zlepencoch a pieskovcoch a v karbonátoch mezozoika v podloží paleogénnych súvrství, zriedka aj v miocénnych vulkanitoch (Ivančík a Mitáček, 1986).

Z vyťaženej rudy sa ortuť získavala destiláciou v hlinených nádobách (retortách). Odhaduje sa, že vcelku sa na ložisku vyťažilo asi 5 700 kg Hg. Po zastavení ťažby roku 1580 sa táto obnovila roku 1785, avšak bez výraznejšieho úspechu a v priebehu prvej polovice 19. storočia celkom ustala (Ivančík a Mitáček, 1986). Poslednou aktívnou lokalitou bola Veľká studňa. Ťažba tu prebiehala v rozmedzí rokov 1985 až 1990 (Bernáth a Badík, 1967).

ORTUŤ V ŽIVOTNOM PROSTREDÍ

V prírode sa Hg vyskytuje predovšetkým vo forme sulfidu HgS – cinabaritu. Mnoho Hg sa do životného prostredia uvoľňuje aj cez ventiláciu banských priestorov (Polański a Smulikowski, 1978). Významné sú aj koncentrácie Hg v blízkosti tektonických línií v zemskej kôre (Andráš, 2008; Ferrara et al., 2001). Obsahy Hg v pôdach kolíšu od 0,02 do 0,2 mg.kg⁻¹ (Beneš a Pabianová, 1987) a prednostne závisia od materskej horniny, na ktorej pôdy vznikli (Kolář, 1988). Priemerný obsah je 0,098 mg.kg⁻¹ (Kabata-Pendias, 1993, 2000). Väčšina Hg má schopnosť akumulovať sa z vodného prostredia do sedimentov a živých organizmov a vstupovať do potravinového reťazca.

Ortuť sa v hypergénnych podmienkach vyznačuje len obmedzenými migračnými schopnosťami. Akumuluje sa predovšetkým vo vodných sedimentoch vo forme Hg⁰ (prchavá s nízkou vodorozpustnosťou) alebo ako Hg²⁺, ktorá tvorí CH₃ a H⁺ zlúčeniny a vo forme kationov, ktoré sú ľahko sorbované pôdou. Hg²⁺ sa viaže na organickú hmotu ako aj na anorganické súčasti, na ílové minerály na hydratované oxidy Fe a Mn (Andráš, 2008). Hg sa z pôdy uvoľňuje hlavne sublimáciou, z atmosféry sa potom často môže dostať späť do pôdy zrážaním (Kolář, 1988). Jej pohyblivosť ovplyvňuje typ sedimentov, najmä veľkosť ich častíc a fyzikálno-chemické parametre ako pH a Eh. Oxidácia kovovej ortuti nastáva približne pri Eh >390 mV a to postupne na Hg₂²⁺ a Hg²⁺ ión (Greenwood a Earnshaw, 1990).

Zvýšené obsahy Hg v pôde spôsobujú chlorózu listov, obmedzenie rastu koreňov, spomalený rast rastlín a defoliačný účinok. Metanogénne baktérie majú schopnosť takto naviazanú ortuť transformovať na jednu z najrozpuštnějších a najtoxickějších zlúčenín Hg – metylortuť CH₃Hg⁺ (Virčíková a Pálffy, 1997; Kafka a Punčochářová, 2002). Metylortuť ľahko preniká do vodných systémov, intoxikuje vodné organizmy a ich prostredníctvom následne celý okolitý ekosystém (Gray, 2001). Podľa Baileya et al. (2001) dochádza pri degradácii metylortuti mikróbmi k vzniku Hg₂²⁺ a CH₄, kým pri oxidačnej degradácii dochádza k produkcii CO₂, CH₄ a Hg²⁺.

Vodné živočíchy predstavujú významnú zložku potravy, môžu však byť aj významnými koncentrátormi toxických prvkov, medzi ktorými je na poprednom mieste mimoriadne toxická forma metylortuť (Budtz-Jørgensen et al., 2007). Najvyššie koncentrácie ortuti obsahujú (ako konečný článok potravinového reťazca) ryby, mäkkýše a kôrovce. Poradie jednotlivých zložiek podľa obsahu ortuti je nasledujúce: voda, zooplanktón, zoobentos, ryby, pričom najviac ortuti sa akumuluje v obličkách a pečeni živočíchov (Andráš, 2008). Mechanizmus toxického pôsobenia Hg na ryby a ostatné vodné živočíchy, spočíva prevažne vo väzbe ortuti na aminokyseliny a SH-skupiny bielkovín. Hg pôsobí ako enzýmový jed. Výsledky kontaminácie vodných živočíchov ortuťou v Česku uvádza napríklad Velíšek (2002).

Kontamináciou rýb ortuťou z viacerých slovenských lokalít sa zaoberal Stráňai a Andreji (2005). Weisbrod et al. (2007) rozlišuje vo vodných organizmoch biokoncentráciu a bioakumuláciu Hg. V prípade Hg ide v zmysle vyššie uvedených definícií o bioakumuláciu, pretože Hg preniká do organizmu rýb prostredníctvom niektorých mikroorganizmov a planktónu. Kyslé dažde zvyšujú koncentráciu ortuti v jedlých tkanivách rýb (Space et al., 1995; Egyudová a Šturdík, 2004).

Ortuť poškodzuje rôzne enzýmové systémy a tkanivá. Pri otrave možno pozorovať bolesti hlavy, závraty, zápal ďasien a vypadávanie vlasov. Psychické a emočné poruchy sú charakterizované stratou vedomia, bojáznivosťou, poruchami koncentrácie, podráždenosťou. Neskôr dochádza k nejasnej kóktavej reči, k poruchám videnia, počutia, nervozite a nakoniec môže dôjsť až k úplnému ochrnutiu (Melicherčík a Melicherčíková, 1997). Ortuť sa v krvi viaže na albumín a hemoglobín (Kafka a Punčochářová, 2002), spôsobuje rozpad bielych krviniek a oslabenie imunitného systému (Melicherčík a Melicherčíková, 1997).

Elementárna Hg je po požití často vylúčená z organizmu bez toxického účinku. Pary ortuti sú po vdýchnutí rýchlo absorbované do krvného obehu. Anorganické zlúčeniny ortuti sú mierne toxické, pričom ortutnaté zlúčeniny Hg₂²⁺ sú škodlivejšie než zlúčeniny Hg⁺, pretože tieto sú vo vode i v kyselinách rozpustnejšie (Kafka a Punčochářová, 2002). Hg sa ukladá prednostne v obličkách, nervovom systéme a mozgu. Koncentrácia Hg býva v krvi novorodencov často vyššia ako v tele matky (Melicherčík a Melicherčíková, 1997). Hromadí sa aj vo vlasoch a nechtoch. Ortuť sa viaže na Se za vzniku komplexu selenidu ortuti s bielkovinou, čím sa ortuť detoxikuje. Interakcie medzi Se a Hg a ich molárne pomery sú významným faktorom pri odhade rizika spojeného s expozíciou Hg a hodnotenie obsahu Hg samostatne je neadekvátne (Kaneko a Ralson 2007; Velíšek, 2002). Ako uvádzajú Kafka a Punčochářová (2002), zvlášť citlivé na Hg sú deti. Intoxikácia detí Hg môže viesť k vzniku „ružovej choroby“, ktorá spôsobuje zvýšenú sekréciu potných žliaz, svetloplachosť a vznik charakteristickej ružovej vyrážky, zdurení lymfatických uzlín a odlupovanie vrchných vrstiev pokožky.

STAV ZLOŽIEK ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA V OBLASTI MALACHOV

Miesta dávneho hutníckeho spracovania rúd na ložisku Malachov sú stále výrazne kontaminované ortuťou. Obsahy Hg, As a Sb v pôde na miestach dávneho hutníckeho spracovania Hg-rúd a v pôde v povodí Malachovského potoka kolíšu od 0,001 do 0,411 mg.kg⁻¹. Podľa Ruskovej (2009) možno predpokladať, že Hg je vo vzorkách sorbovaná na humusovú zložku pôdy, prípadne na uhlík a síru, pričom najvýraznejšiu sorpciu možno podľa Babčana a Ševca (1994) očakávať pri pH 4 – 5. Vzorky riečnych sedimentov Malachovského potoka obsahujú voči vzorkám pôdy omnoho vyššie koncentrácie Hg (o 2 rády), As a Sb (o 4 rády).

O obsahu ortuti a ďalších ťažkých kovov v pôde si možno urobiť predstavu aj prostredníctvom analýzy rastlín a húb (Ďurečková, 2003; Matúš, 2004), ktoré ich kumulujú. Obsah ťažkých kovov v hubách často prevyšuje ich koncentráciu v pôde. Sú preto vhodným indikátorom znečistenia (Demirba, 2000, Carvalho et al., 2005).

Väčšina analýz vzoriek podzemnej vody z miestnych prameňov ukázala, že vzorky obsahujú 0,0002 – 0,0008 mg.l⁻¹ Hg a teda spĺňajú kritériá pre vody určené na ľudskú spotrebu (Nariadenie vlády SR č. 354/2006 Z.z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu; Rusková, 2009).

V povrchových vodách sú odporúčané hodnoty pre Hg v niektorých prípadoch prekročené (v zmysle Nariadenia vlády SR č. 296/2005 Z.z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na kvalitu a kvalitatívne ciele povrchových vôd a limitné hodnoty ukazovateľov znečistenia odpadových a osobitných vôd; Rusková, 2009). Riečne sedimenty s prevahou bahna a organických súčastí mávajú v porovnaní s piesčitými a štrkovými sedimentmi vyššie obsahy Hg. Možno teda vysloviť predpoklad, že prevažne štrkové a balvanmi pokryté dno potokov v oblasti Malachova je preto dobre usporobeným k zníženiu rizika obsahov Hg (Rusková, 2009).

Ryby, ako konečný článok potravinového reťazca vo vodnom prostredí, obsahujú najvyššie koncentrácie ortuti. Stupeň kumulácie Hg v tkanivách rýb závisí od ich koncentrácie v prostredí. Vplýva naň najmä teplota vody a koncentrácia kyslíka rozpusteného vo vode, v menšej miere aj pH. Pri vyšších teplotách vody intenzita kumulácie Hg v rybách narastá (Kol., 1994). Analýzy rýb publikované Bukovým (1991) a Matúšom (2004) indikujú prekračovanie povoleného limitu pre Hg.

Degradácia metylortuti vo vodnom prostredí sa uskutočňuje vďaka mikrobiologickej aktivite a oxidačnými pochodmi. Pri degradácii metylortuti mikróbmi dochádza k produkcii Hg²⁺ a CH₄, kým pri oxidačnej degradácii k vzniku konečných produktov CO₂, CH₄ a Hg²⁺ (Bailey et al., 2001).

Potravinové komodity (ovocie a zelenina) z hľadiska obsahov Hg spĺňajú požiadavky na výšku prípustných koncentrácií v zmysle Výnosu MP SR a MZ SR č. 608/3/2004–100, ktorým sa vydáva hlava Potravinového kódexu SR upravujúca kontaminanty v potravinách a Výnosu MP SR a MZ SR č. 14300/2007-OL. Naopak, časť húb vykazuje prekročené prípustné limity koncentrácie Hg, pričom klobúčiky húb bývajú často viac kontaminované ako hlúbiky (Ďurečková, 2003; Grofčík, 2009; Rusková, 2009).

Koncentrácie Hg vo vzorkách borovice lesnej (*Pinus sylvestris*), vrby lámavej (*Salix fragilis*) a sitiny článkovanej (*Juncus articulatus*) odobraté z miest dávneho spracovania rumelky, sa pohybovali v rozmedzí 0,21 – 22,0 mg.kg⁻¹, kontaminácia Hg klesala v postupnosti koreň – konár – ihličie resp. lístie.

ZÁVER

Príspevok predstavuje výsledky výskumu stavu vybraných prírodných zložiek zaťažených starými banskými aktivitami v oblasti Malachov. Hlavným rizikovým faktorom je kontaminácia sedimentov (predovšetkým potočných sedimentov) ortuťou a vysoké akumulácie Hg v niektorých požívatinách (huby a ryby). V rámci remediačných opatrení doporučujeme monitorovať vodné zdroje v oblasti a súčasne sledovať prítomnosť ortute v úžitkových rastlinách, ale hlavne v hubách, rybách a ostaných vodných živočíchoch naviazaných na potravinový reťazec. Súčasťou ďalšieho výskumu by mohlo byť štúdium mikrobiologickej aktivity, aby sa zistilo, či sú vo vodnom prostredí v okolí obce Malachov vytvorené vhodné podmienky na odbúravanie metylortuti ako najtoxickerej formy Hg v životnom prostredí. Huby v katastri obce nie je vhodné zbierať a konzumovať, pretože sa v nich nachádzajú vysoké množstvá ortute. Na túto skutočnosť boli miestni obyvatelia upozornení.

Monitoring kontaminácie krajiny ortuťou na historickej banskej lokalite Malachov umožnil vytvoriť si predstavu o stupni záťaže jednotlivých krajinných zložiek (technogénne sedimenty, pôda, podzemná voda, povrchová voda, banská drenážna voda, rastlinstvo). Tieto výsledky prírodovedného štúdia poskytujú primerané podklady pre vypracovanie manažmentu remediácie starých záťaží s prihliadnutím na špecifické črty lokality.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] ANDRÁŠ, P., 2008: Geochémia pre environmentalistov. Vysokoškolské skriptá. FPV UMB Banská Bystrica, 103 s.
- [2] BAILEY, E. A., GRAY, J. E. & HINES, M. E., 2001: Mercury transformations in soils near mercury mines in Alaska, USA. RMZ-Materials and geoenvironment. Vol. 48, No. 1, Ljubljana, 212-218
- [3] BENEŠ, S., PABIANOVÁ, J., 1987: Pôrodné obsahy distribúcie prvků v pôdach. VŠZ Praha, 123-149
- [4] BERGFEST, A. 1955. Malachov Hg. (msc.), ŠÚBA, Banská Štiavnica, 128 p.
- [5] BERGFEST, A. 1956. Tajov – Malachov. Ložiská Hg a výskyt tetraedritu. (msc.), ŠÚBA, Banská Štiavnica
- [6] BERNÁTH, J., A., BADÍK, M., 1967: Archívny výskum o Hg-ložiskách v oblasti Malachova. (msc.), Depon. J. Knésl, 34 p.
- [7] BUDTZ-JØRGENSEN, E., GRANDJEAN, P., WEIHE, P., 2007: Separation of risks and benefits of seafood intake. Environmental Health Perspectives, 115, 3, 323-326
- [8] BUKOVÝ, M., 1991: Malachovský potok bude zdravší. In Poľovníctvo a rybárstvo, roč. 43, č. 11, s. 31.
- [9] CARVALHO, L. M., PIMENTEL, A. C., FERNANDES, B., 2005: Study of Heavy Metals in Wild Edible Mushrooms under Different Pollution Conditions by X-Ray Fluorescence Spectrometry. Analytical Sciences, 2, 7, p. 747
- [10] DEMIRBA, A., 2000: Accumulation of heavy metals in some edible mushrooms from Turkey. Food Chemistry, 68, 4, 415-419
- [11] ĎUREČKOVÁ, M., 2003. Zaťaženie krajinných zložiek lokality Malachov – Ortúty historickou exploataciou ložiska ortútskej rudy : Diplomová práca. Banská Bystrica : Katedra ekológie a environmentálnej výchovy FPV UMB, 76 s.
- [12] EGYUDOVÁ, I., ŠTURDÍK, E., 2004: Ťažké kovy a pesticídy v potravinách. Nova Biotechnologica. [online]. Available on – URL: http://old.ucm.sk/FPV/katedry/biotechnolog/journal_nova_biotechnologica/revue_nova_biotechnologica_4_1/11_Egyudova.pdf
- [13] FERRARA, R., MASERTI, B. E., CECCARINI, C., LANZILLOTTA, E., 2001: Atmospheric mercury concentrations and emissions in mining regions. RMZ-Materials and geoenvironment. Vol. 48, No. 1, Ljubljana, 18-22
- [14] GRAY, J. E., 2001: An overview of mercury transport, cycling, and environmental effects of mercury mining. RMZ-Materials and geoenvironment. Vol. 48, No. 1, Ljubljana, 2-7
- [15] GREENWOOD, N. N., EARNSHAW, A., 1990: Chemie der Elemente. Würzburg, 1707 p.
- [16] GROFČÍK, 2009: Ortuť vo vybraných zložkách životného prostredia v Malachovskom rudnom revíre. Diplomová práca. Fakulta ekológie a environmentalistiky, Technická univerzita vo Zvolene, 76 p.
- [17] IVANČÍK, Ľ., MITÁČEK, J., 1986: Nové poznatky o ložiskovo-geologických pomeroch Hg ložiska Zlatá studňa. (msc.), archív GÚ SAV, Banská Bystrica, 15 p.
- [18] KABATA-PENDIAS, A. 1993: Behavioural properties of trace metals in soil. Applied Geochemistry. Suppl. Issue No. 2. Pergamon Press. Oxford, 3-9
- [19] KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 2000: Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press. Boca Raton, Florida, EEUU. 432 p.
- [20] KAFKA, Z., PUNČOCHÁŘOVÁ, J., 2002: Ťažké kovy v prírode a jejich toxicita. Chemické listy 96, 611-617
- [21] KANEKO, J. J., RALSON, N. C., 2007 : Selenium and mercury in pelagic fish in the central north Pacific near Hawaii. Biol Trace Elem Res., 119, 242-254
- [22] KOLÁŘ, L., 1988: Cesty k omezení vstupu těžkých kovů do zemědělské produkce. Seminář CSVTS „Cizorodé látky v půdě a v rostlině.“ Tábor, 44-49
- [23] KOL. AUTOROV: Environmentálny manažment na zníženie kontaminácie potravinového reťazca ťažkými kovmi na strednom Spiši. Výcvikový program pripravený Organizačným centrom UVSZOPK v Košiciach a Koordinačným výborom SZOPK v Spišskej Novej Vsi a Vysokou školou poľnohospodárskou DP – PEF v Košiciach. Košice – Spišská Nová Ves, 12. – 14. 5. 1994, 98 p.
- [24] MATÚŠ, R., 2004: Migrácia stopových prvků Hg, As a Sb v malachovskom rudnom poli. Diplomová práca, Katedra hydrogeológie, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Bratislava, 75 p.
- [25] MELICHERČÍK, M., MELICHERČÍKOVÁ, D., 1997: Bioanorganická chémia – chemické prvky a ľudský organizmus. Príroda, Bratislava, 188 p.
- [26] NARIADENIE VLÁDY SR Č. 296/2005 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na kvalitu a kvalitatívne ciele povrchových vôd a limitné hodnoty ukazovateľov znečistenia odpadových a osobitných vôd.
- [27] POLAŇSKI, A., SMULIKOWSKI, K., 1978: Geochémia. Slovenské pedagog. nakladateľstvo, Bratislava, 607 p.

- [28] RUSKOVÁ, J., 2009: Uplatnenie environmentálnej politiky pri remediácii banských záťaží vo vybraných lokalitách okolia Banskej Bystrice (Špania Dolina, Malachov, Ľubietová) : Dizertačná práca. Banská Bystrica : Katedra environmentálneho manažérstva, FPV UMB BB, 158 s.
- [29] SPACIE, A., MC CARTY, L. S., RAND, G. M., 1995: Bioaccumulation and bioavailability in multiple systems. Fundamentals of Aquatic Toxicology, Washington, Taylor & Francis, 493-521
- [30] STRÁŇAI, I., ANDREJI, J., 2005: Obsah niektorých ťažkých kovov v svalovine rýb z Kurzweillovho jazera (okr. Nové Zámky). In: Zborník vedeckých prác z 5. medzinár. konferencie „Rizikové faktory potravinového reťazca“. Nitra SPU, 290 – 293, ISBN 80-8069-594-6
- [31] VELÍŠEK, J., 2002: Chemie potravín 2. OSSIS, Tábor, 320 p. ISBN – 80-86659-01-1
- [32] VIRČÍKOVÁ, E., PÁLFY, P., 1997: Prehľad technológií zneškodňovania nebezpečných odpadov s obsahom arzénu, kadmia a ortuti. Aktuálne ekologické otázky E 97, Nebezpečné odpady. BIJO Slovensko, Košice 25.3.1997, 87-103
- [33] WEISBROD, A. V., BURKHARD, L. P., ARNOT, J., MEKENYAN, O., HOWARD, P. H., RUSSOM, C., BOETHLING, R., SAKURATANI, Y., TRAAS, T., BRIDGES, T., LUTZ, C., BONNEL, M., WOODBRUN, K., PARKERTON, T., 2007: Workgroup Report: Review of fish bioaccumulation databases used to identify persistent, bioaccumulative, toxic substances. Environmental Health Perspectives, 115, 2, 25-261

ADRESA AUTORA

Jana DADOVÁ, RNDr, PhD., Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika, e-mail: jana.ruskova@umb.sk

RECENZENT

Peter ANDRÁŠ, prof. RNDr., CSc., Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, Tajovského 52, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika, e-mail: peter.andras@umb.sk ; Geologický ústav SAV, Ďumbierska 1, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika; e-mail: andras@savbb.sk