

Magnetická susceptibilita pôdy v povodí Kyjova

ONDREJ ĎURŽA a MICHAL JANKULÁR

Katedra geochémie Prírodovedeckej fakulty Komenského univerzity v Bratislave,
Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

Soil magnetic susceptibility of the watersheds of the Kyjov brook

The soil survey combined with magnetometry measurements in the environmentally stressed area along Kyjov brook and Ondava river offered valuable information about contamination of agricultural soils. Significant arsenic contamination was detected also in stream sediments of the Kyjov brook and particularly in the Ondava river (extreme As values downwards the impoundment). The same trend was observed for the changes in magnetic susceptibility values. The highest values of magnetic susceptibility were found in anthropogenic soils ($281.8 \cdot 10^{-5}$ SI u.), higher in alluvial soil of the Kyjov brook ($36.5 \cdot 10^{-5}$ SI u.) and in alluvial soil of Ondava river below the confluence with Kyjov brook ($27.0 \cdot 10^{-5}$ SI u.). The lowest ones were found in alluvial soil of Ondava river up the confluence ($19.0 \cdot 10^{-5}$ SI u.).

Key words: arsenic, magnetic susceptibility, soil, Kyjov catchment, Eastern Slovakia

Úvod

Povodie Kyjova a Ondavy je kontaminované rozličnými látkami, medzi ktorými sa zistila aj vysoká koncentrácia mnohých ťažkých kovov (napr. As, Cd, Pb a Zn). Študované územie je na obr. 1.

Geochemické práce v regióne sa zamerali najmä na povrchovú vodu a riečne sedimenty (Jurkovič et al., 2006; Slaninka et al., 2006) a výsledky potvrdzujú značné zaťaženie vodného prostredia viacerými chemickými zložkami. Hlavným kontaminantom je As. Zdrojom kontaminácie je odkalisko nad obcou Kyjov, ktorého zriaďovateľom bola a. s. Chemko Strážske. Veľmi vysoký obsah As sa zistil v povrchovej vode (namerané maximum $11\,358 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) a v riečnych sedimentoch (namerané maximum $3208 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) (Jurkovič et al., 2005; Slaninka et al., 2006). Okrem As sa v povrchovej vode Kyjova a sčasti aj Ondavy identifikovala vysoká mineralizácia NH_4^{4+} , SO_4^{2-} , NO_3^- a Cl^- (Jurkovič et al., 2006). Keďže fluvialné sedimenty Ondavy sú významným zdrojom pitnej vody, pretrvávajúce znečistenie môže negatívne ovplyvňovať aj kvalitu podzemnej vody v širšej oblasti.

Vplyv znečistenia na biotu sa v tejto lokalite hodnotil ekotoxikologickými testami, v ktorých sa používali riasy a suchozemské rastliny. V rámci testov sa sledovali predovšetkým inhibičné účinky vody a výluhu zo sedimentov na rast a tvorbu chlorofylu v sladkovodných riasach a inhibícia rastu koreňa a výhonku horčice bielej (*S. alba*), ktorá je pre tento typ testov modelovým objektom. Kým všetky vzorky z blízkosti odkaliska (KY 09) a potoka Kyjov (KY 07) preukazne inhibovali rast hypokotyly *S. alba*, koreň len vzorka vody z lokality KY 07. Pri riasach väčšina testovaných vzoriek stimulovala rast aj tvorbu chlorofylu, čo sa dá vysvetliť prítomnosťou mnohých biogénnych prvkov v testovaných vzorkách, ako aj značnou odolnosťou

rias na zvýšenú koncentráciu kovov vo vodnom prostredí (Kordík et al., 2006; Molnárová et al., 2006).

Výsledky laboratórnych extrakčných experimentov v kombinácii s geochemickým hodnotením sedimentov a povrchovej vody študovanej lokality jednoznačne potvrdzujú vysoký stupeň ohrozenia životného prostredia v povodí Kyjova a Ondavy (Jankulár a Ploszeková, 2006).

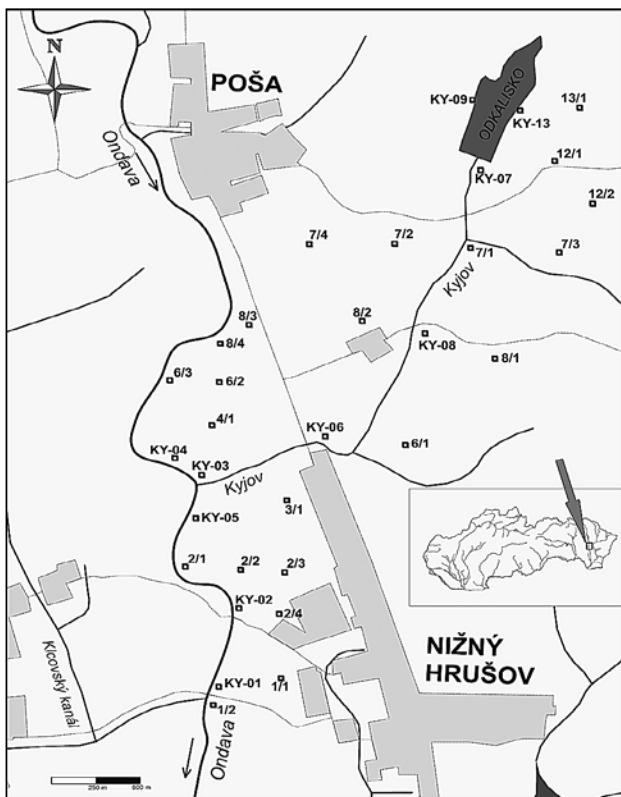
Pre podstatný rozdiel medzi požadovanými a pridelenými finančnými prostriedkami sa plánovaná priestorová distribúcia As a ostatných ťažkých kovov v pôde charakterizovala iba na základe merania pôdnej kapametrie.

Vymedzenie územia

Študované územie leží na ľavej strane nad sútokom Kyjova a Ondavy a pod ním (obr. 1). Je to oblasť fluvialných sedimentov Ondavy (hydrogeologický rajón QN-106), ktorá má význam z vodárenského hľadiska, lebo ide o územie s vysokou využiteľnou zásobou podzemnej vody v regióne. Zdrojom kontaminácie sledovaného toku Kyjov je odkalisko v závere doliny toku Kyjov pri obci Poša. Odkalisko bolo vybudované v roku 1977 a dizajnované na skládkovanie odpadu zo spalovne a zo spalovania uhlia (Pivovarciová et al., 1989).

Metodika práce

Pôdna kapametria sa zakladá na poznaní, že nameraná zvýšená magnetická susceptibilita pôdnych vzoriek v porovnaní s pozadím indikuje zvýšenú koncentráciu ťažkých kovov (Ďurža, 1999; Kapička et al., 2000). Miklajev a Žogolev (1990) odporúčajú používať pôdnu kapametriu ako predbežnú metódu na zistovanie hraníc „zvýšenej geochemickej aktivity“. Využíva sa aj na štúdium



Obr. 1. Schematická mapa študovaného územia a lokalizácie vzoriek.

Fig. 1. Schematic map of the study area and sampling sites.

povrchových sedimentov (Brandau a Urbat, 2000; Milička et al., 2002), pedologický a paleoklimatický výskum paleopôdy a spráše (Ďurža et al., 2004; Liu et al., 2004).

Magnetická susceptibilita sa meria viacerými metódami, ale na štúdium pôdy sú vhodné iba niektoré. Magnetická susceptibilita *in situ* sa merala kapametrom KT-5.

Základnou časťou prístroja je LC oscilátor s 10 kHz. Frekvencia oscilátora sa meria cievkou v určitej vzdialenosti od pôdy (tzv. meranie voľného priestoru) a potom cievkou aplikovanou na povrch pôdy. Z rozdielu frekvencií mikropočítač vyráta a zobrazí magnetickú susceptibilitu.

Na každom bode sa meria 12 miest (pamät kapametra) na ploche cca 1 m² a z nich sa vypočíta priemerná magnetická susceptibilita na danom bode. Zmeralo sa 32 bodov (alúvium, obrobená i neobrobená pôda, antropogénna pôda) v nepravidelnej sieti (obr. 1) na ploche cca 4 km². Miesta s anomálnymi hodnotami (alúvium Kyjova) sa merali opakovane.

Výsledky a diskusia

Zloženie materiálu z odkaliska študoval Hiller et al. (2008). Chemické analýzy prezradili prítomnosť oxidov Fe (možno Fe₃O₄, FeO alebo Fe₂O₃) a kovového Fe, ako aj akcesorického množstva sulfidov, ako je sfalerit (ZnS), antimonit (Sb₂S₃), Cu a Ni sulfidy. Z výsledkov vyplýva významná korelácia medzi koncentráciou As a totálneho Fe ($r^2 = 0,888$, $p < 0,001$) a totálneho Mn ($r^2 = 0,794$, $p < 0,01$). Výsledky indikujú, že oxidy a oxihydroxidy Fe a Mn majú pri zadržiavaní As v sedimentoch aj v pôde dôležitú úlohu. Príčinou je ich veľká adsorpčná kapacita (Garcia-Sanchez et al., 2003, in Hiller et al., 2008). Z toho vyplýva možnosť sledovať As a ostatné ťažké kovy meraním pôdnej kapametrie.

Priestorovú distribúciu ťažkých kovov v pôde sme charakterizovali podľa výsledkov meraní pôdnej kapametrie. Najvyššia magnetická susceptibilita pôdy sa namerala (tab. 1) na antropogénnej pôde (hrádza a pod hrádzou). Cieľom bolo zistiť vplyv znečisteného toku Kyjova na vlastnosti okolitej pôdy. Z tohto pohľadu je zaujímavá najvyššia magnetická susceptibilita (κ) v alúviu Kyjova ($36,5 \cdot 10^{-5}$ j. SI) a zvýšená v alúviu Ondavy pod sútokom s Kyjovom ($27,0 \cdot 10^{-5}$ j. SI). Najnižšia magnetická susceptibilita sa zistila v alúviu Ondavy nad sútokom s Kyjovom ($19,0 \cdot 10^{-5}$

Tab. 1

Nameraná magnetická susceptibilita (κ) pôdy v povodí Kyjova
Measured values of soil magnetic susceptibility (κ) of the watersheds of the Kyjov brook

číslo vzorky	κ (10^{-5} j. SI)	poznámka	číslo vzorky	κ (10^{-5} j. SI)	poznámka	číslo vzorky	κ (10^{-5} j. SI)	poznámka
KY-01	28	alúvium Ond.+Kyj.	KY-04/0	22	neobrobená pôda	KY-08	28	alúvium Kyjov
KY-01/0	23	neobrobená pôda	4/1	17	obrobená pôda	KY-08	31	alúvium Kyjov
1/1	28	obrobená pôda	KY-06	43	alúvium Kyjov	KY-08/0	20	neobrobená pôda
KY-02/x	26	alúvium Ond.+Kyj.	KY-06	45	alúvium Kyjov	8/1	18	neobrobená pôda
KY-02/2z	23	alúvium Ond.+Kyj.	KY-06	32	alúvium Kyjov	8/1	23	neobrobená pôda
KY-02/xz	29	alúvium Ond.+Kyj.	KY-06	40	alúvium Kyjov	8/2	24	neobrobená pôda
KY-02/0	28	neobrobená pôda	KY-06/0	25	neobrobená pôda	8/3	18	obrobená pôda
2/1	21	obrobená pôda	6/1	24	neobrobená pôda	8/4	17	alúvium Ondava
2/2	24	obrobená pôda	6/2	23	obrobená pôda	KY-12	323	antropogén. pôda
2/3	22	obrobená pôda	6/3	21	alúvium Ondava	12/1	21	neobrobená pôda
2/4	63	antropogén. pôda	KY-07	27	neobrobená pôda	12/2	27	mokraď
KY-03	29	alúvium Ond.+Kyj.	7/1	19	neobrobená pôda	KY-13	213	antropogén. pôda
KY-03/0	19	neobrobená pôda	7/2	21	neobrobená pôda	KY-13	528	antropogén. pôda
3/1	20	obrobená pôda	7/3	24	neobrobená pôda			
KY-04	19	alúvium Ondava	7/4	24	obrobená pôda			

Poznámka/Notice: Na miestach označených KY sa študovali aj riečne sedimenty (Jurkovič et al., 2006).

Tab. 2
Priemerná magnetická susceptibilita pôdy v povodí Kyjova
Mean values of soil magnetic susceptibility
of the watersheds of the Kyjov brook

typ pôdy	magnetická susceptibilita (10^{-5} j. SI)		počet meraných bodov
	priemer	min. – max.	
alúvium Ondava	19,0	14–24	3
alúvium pod sútokom			
Ondavy a Kyjova	27,0	21–34	5
alúvium Kyjov	36,5	21–51	6
neobrobená pôda	22,6	15–30	15
obrobená pôda	23,0	16–30	9
mokraď	27,2	24–30	1
antropogénna pôda	281,8	48–694	4

j. SI), a to obrábanej ($23,0 \cdot 10^{-5}$ j. SI) aj neobrábannej pôdy ($22,6 \cdot 10^{-5}$ j. SI).

Pretože nameraná zvýšená magnetická susceptibilita pôdných vzoriek v porovnaní s pozadím indikuje zvýšenú koncentráciu ťažkých kovov (Kapička et al., 2000; Chaparro et al., 2004, a i.), možno predpokladať, že najvyššia koncentrácia ťažkých kovov v pôdných vzorkách je v alúviu Kyjova a Ondavy pod sútokom s Kyjovom, čo je v súlade so závermi geochemického štúdia povrchovej vody aj riečnych sedimentov z tejto oblasti (Jurkovič et al., 2006; Slaninka et al., 2006). Keďže nameraná magnetická susceptibilita pôdných vzoriek z alúvia Ondavy nad sútokom s Kyjovom je porovnateľná s magnetickou susceptibilitou okolitej pôdy (tab. 2), obrábaná ani neobrábaná pôda nie je znečistená ťažkými kovmi. Znečistená je len pôda alúvia Kyjova a Ondavy pod sútokom s Kyjovom. Zdrojom zvýšenej koncentrácie ťažkých kovov je voda Kyjova, ktorá vyteká z odkaliska v závere doliny Kyjova pri obci Poša.

Záver

Z nameranej magnetickej susceptibility pôdných vzoriek sa dá predpokladať, že zvýšený obsah ťažkých kovov je iba v alúviu Kyjova a Ondavy pod sútokom s Kyjovom, čo korešponduje so závermi Jurkoviča et al. (2006), Slaninku et al. (2006) a Hillera et al. (2007). Obrábaná ani neobrábaná pôda na študovanom území nie je znečistená ťažkými kovmi.

Kontaminácia pôdy ťažkými kovmi je problémom všetkých priemyselných a mestských regiónov. Vo všeobecnosti sa chemické metódy používajú na monitoring znečistenia pôdy, ale výsledky merania magnetickej susceptibility sa osvedčili ako ďalšia rýchla a lacná informácia.

Podakovanie. Príspevok vznikol vďaka podpore grantovej úlohy VEGA 1/2037/05 a VEGA 1/0312/08.

Literatúra

BRANDAU, A. & URBAT, M., 2000: Rock magnetic signature of sediment near the active dead dog mound, Juan De Fuca Ridge. XXV EGS General Assembly, Geophysical Research Abstract, 2, CD Rom.

- ĎURŽA, O., 1999: Heavy metals contamination and magnetic susceptibility in soils around metallurgical plant. *Phys. Chem. Earth (A)*, 24, 6, 541–543.
- ĎURŽA, O., DLAPA, P., KLÁTIKOVÁ, K. & MILIČKA, J., 2004: Interpretation of the magnetic susceptibility record of Senec brickyard loess/paleosol sequence. *Contr. Geophys. Geodesy*, 34, 4, 381–386.
- HILLER, E., JURKOVIČ, L., JANKULÁR, M., SLANINKA, I. & KORDÍK, J., 2007: Výsledky geochemického štúdia kontaminovaných riečnych sedimentov a materiálu odkaliska (povodie Kyjov a Ondava, odkalisko Poša). In: O. Ďurža & S. Rapant (eds.): *Geochémia 2007. Bratislava, ŠGÚDŠ*, 109–112.
- HILLER, E., JURKOVIČ, L., KORDÍK, J., SLANINKA, I., JANKULÁR, M., MAJZLAN, J., GÖTTLICHER, J. & STEININGER, R., 2008: Arsenic distribution and mobility in impoundment materials from chemical manufacturing and related stream sediments from polluted As-area in Eastern Slovakia. *J. geochemical exploration* (in press).
- CHAPARRO, M. A. E., BIDEAIN, J. C., SINITO, A. M. & GOGORZA, C. S. G., 2004: Magnetic studies applied to different environments (soils and stream sediments) from a relatively polluted area in Buenos Aires Province, Argentina. *Environmental Geol.*, 45, 654–664.
- JANKULÁR, M., 2007: Mobilizácia arzenu a zinku z riečnych sedimentov a materiálu odkaliska (modelová lokalita). In: L. Jurkovič (ed.): *Cambelove dni 2007: Geochémia v súčasných geologických vedách. Bratislava, PFUK*, 91–95.
- JANKULÁR, M. & PLOSZEKOVÁ, M., 2006: Experimentálne hodnotenie biopristupnosti arzenu v povodí toku Kyjov. In: O. Ďurža & S. Rapant (eds.): *Geochémia 2006. Bratislava, ŠGÚDŠ*, 36–38.
- JURKOVIČ, L., KORDÍK, J. & SLANINKA, I., 2006: Geochemical study of arsenic mobility in secondarily influenced Kyjov brook and Ondava river (Eastern Slovakia). *Slov. geol. mag.*, 12, 1, 31–38.
- JURKOVIČ, L., SLANINKA, I. & KORDÍK, J., 2005: Geochemické štúdium arzenu a jeho mobilita sekundárne ovplyvnenom povodí potoka Kyjov. In: O. Ďurža & S. Rapant (eds.): *Geochémia 2005. Bratislava, ŠGÚDŠ*, 33–36.
- KAPIČKA, A., JORDANOVA, N., PETROVSKÝ, E. & USTJAK, S., 2000: Magnetic stability of power plant fly-ash in different soil solutions. *Phys. Chem. Earth (A)*, 25, 5, 431–436.
- KORDÍK, J., JURKOVIČ, L., SLANINKA, I., ĎURŽA, O., PASTIEROVÁ, J., FARGAŠOVÁ, A. & MAJZLAN, J., 2006: Contamination of Kyjov catchment by arsenic and its possible negative impact on biota. In: S. Rapant & K. Krčmová (eds.): *Geoenvironmental Contamination and Quality of Life – Bratislava 24.–26. 4. 2006*, 24. European Conference, Geological Survey of Slovak Republic, 8.
- LIU, Q., BANERJEE, S. K., JACKSON, M. J., CHEN, F., PAN, Y. & ZHU, R., 2004: Determining the climatic boundary between the Chinese loess and paleosol: Evidence from aeolian coarse-grained magnetite. *Geophys. J. International*, 156, 2, 267–274.
- MIKLAJEV, J. V. & ŽOGOLEV, S. L., 1990: O prostranstvennoj svyazi anomalij magnitnoj vosprijimčivosti počv s litogeochemičeskimi oreolami rudnych elementov. *Vest. Leningr. Un-ta, ser. 7 N 14*, 26–33.
- MILIČKA, J., VASS, D. & PERESZLÉNYI, M., 2002: Organická hmota v neskoromiocénnych sedimentoch Lučenskej kotliny, južné Slovensko. *Mineralia Slov.*, 34, 93–98.
- MOLNÁROVÁ, M., PASTIEROVÁ, J., ĎURŽA, O. & FARGAŠOVÁ, A., 2006: Vplyv vzoriek vôd z sedimentov z oblasti povodia potoka Kyjov na rast rias (*S. quadricauda*, *C. vulgaris*) a semenáčikov horčice (*S. alba* L.). In: *Vplyv antropogénnej činnosti na vodný režim nížinného územia. Vinianske jazero – Michalovce, Ústav hydrologie SAV Bratislava, CD ROM*, 8.
- PIVOVARČIOVÁ, J., BAČO, J., MOSEJ, J. & KAROL, J., 1989: Poša – odkalisko, inžinierskogeologický prieskum. *IGHP Žilina*.
- SLANINKA, I., JURKOVIČ, L. & KORDÍK, J., 2006: Ekologická záťaž vodného ekosystému arzénom v oblasti odkaliska Poša (východné Slovensko). *Vodní Hospodárství*, 10, 275–277.

Rukopis doručený 28. 4. 2008
Revidovaná verzia doručená 13. 6. 2008
Rukopis akceptovaný 29. 10. 2008

Soil magnetic susceptibility of the watersheds of the Kyjov brook

Basic information about magnetic susceptibility of soil in the Kyjov and Ondava catchments (Eastern Slovakia) are presented in the paper.

The interest areas of Kyjov brook and of middle and lower part of Ondava river represent an important water management area of fluvial sediments of Ondava (hydrogeological region QN-106), which belong to areas with potential utilizable supplies of groundwater in the region of Eastern Slovakia.

Based on field sampling of the natural media – ground waters (net of sampling spots regarding natural conditions), surface waters (purpose net of sampling spots regarding natural conditions), river sediments (defined sampling net), a selected biomarker (biomass of permanent overgrow) – and consequential analytical sample processing have characterized a spatial distribution of As in the natural environment of the interest area (Jurkovič et al., 2006; Slaninka et al., 2006). Significant arsenic contamination was detected in stream sediments of the Kyjov brook and particularly in the Ondava river (extreme As values downward the impoundment).

On the ground of these findings, the soil survey together with magnetometry measurements in the environmentally stressed area along Kyjov brook and Ondava river were carried out. This research offered valuable information about contamination of agricultural soils. The same trend was observed for the changes in magnetic susceptibility values like observed in stream sediments and surface water of the Kyjov brook and particularly in the Ondava river. The highest values of magnetic susceptibility were found in anthropogenic soils ($281.8 \cdot 10^{-5}$ SI u.), higher in alluvial soil of the Kyjov brook ($36.5 \cdot 10^{-5}$ SI u.) and in alluvial soil of Ondava river below the confluence with Kyjov brook ($27.0 \cdot 10^{-5}$ SI u.). The lowest ones were found in alluvial soil of Ondava river up the confluence ($19.0 \cdot 10^{-5}$ SI u.). The lowermost values are comparable with values of cultivated and uncultivated soils.

According to this study arsenic and heavy metals come from impoundment located in the upper part of the Kyjov catchment near the Poša village and, neither cultivated nor uncultivated soils is contaminated with heavy metals.