

Rozsah zatížení dnových sedimentů řeky Jihlavy geogenními prvky

Extent of the Jihlava River sediments load by geogenic elements

KRISTINA MAJOROŠOVÁ¹ – PAVEL KAŠPERÁK¹ – MILAN GERŠL² – EVA GERŠLOVÁ¹

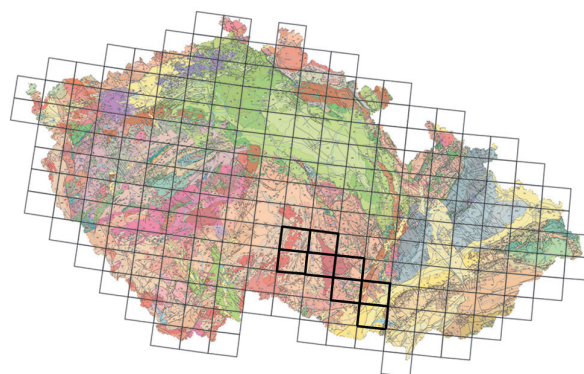
¹ Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 2, 611 37 Brno; gerslova.eva@gmail.com

² Ústav zemědělské, potravinářské a environmentální techniky, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně; Zemědělská 1, 613 00 Brno; milan.gersl@mendelu.cz

Please cite this article as: Majorošová, K. – Kašperák, P. – Geršl, M. – Geršlová, E. (2018): Extent of the Jihlava River sediments load by geogenic elements. – Geoscience Research Reports, 51, 2, 181–183. (in Czech)

Key words: heavy metals, durbachite, Jihlava River

Summary: The aim of the study was to determine the extent of the Jihlava River sediments load by geogenic elements and to evaluate the possibility to trace the weathering products from the Třebíč durbachite. The Třebíč pluton is typical of high potassium and magnesium contents (more than 3 wt.%), and also high contents of Cr, Ni, Rb, Cs, Ba, Th and U. Seven samples of stream sediments were collected from the Jihlava River. The heavy metal contents of As, Cr, Ni, Cu, Zn, Pb, and also selected elements such as U, Ta, Nb, Rb, Sr in all samples were determined using the ICP MS method. In order to evaluate the relation to the adjacent types of basement rocks, the results were compared to the published data (Kotková et al. 2010) of the local characteristic rocks. The contents of elements (As, Cu, Zn and Pb) evaluated in terms of potential contamination are low in the Jihlava River sediments and according to Igeo coefficient, they reach a maximum of 3. Higher contents



(23-41 Třešť, 23-23 Jihlava, 23-24 Polná, 23-42 Třebíč, 24-31 Velké Meziříčí, 24-33 Moravský Krumlov, 24-34 Ivančice, 34-12 Pohořelice)

were found for Cr and Ni, and no decrease in the flow direction was found (Table 1). It was considered whether the increased contents of Cr and Ni are due to anthropogenic load or related to the local geology and bedrock. Stream sediments were therefore assessed from the viewpoint of the intensity of weathering using the CIA (Chemical Index of Alteration) and WIP (Weathering Index of Parker) (Fig. 1) indices, and the specific ratios (Fig. 2) such as Nb/Ta (Fig. 2) U/Th, K/Rb and Sr/Rb. The previously mentioned ratios used to characterize the Třebíč pluton were found to be stable throughout the river flow and are not significantly changed by the Oslava River tributary. Considering that the Cr and Ni ratios are stable throughout the river flow and correspond to the ratios of these elements in the Třebíč massif, it can be stated that the increased contents of Cr and Ni are due to the weathering of source rocks (durbachites), and do not indicate anthropogenic contamination.

Řeka Jihlava pramení na Českomoravské vrchovině poblíž obce Jihlávka, protéká městy Jihlavou a Třebíčí a vlévá se do vodního díla Nové Mlýny. V Ivančicích se do Jihlavy vlévají její dva největší přítoky – Oslava (zleva) a Rokytná (zprava). Celková délka toku je 180,8 km, plocha povodí 3117 km². Pod vodní nádrží Dalešice protéká tělesem třebíčského durbachitu. Třebíčský pluton vytváří na povrchu mezi řekami Jihlavou a Oslavou trojúhelníkovitý obrazec. Pluton je rozdělen regionálními zlomy do pěti segmentů lišících se minerálním složením, tektonickou stavbou, ale i magnetickou susceptibilitou, radioaktivitou, množstvím aplitových žil i podílem pegmatitů (Bouček et al. 1988). Durbachity třebíčského masivu jsou typické vysokým obsahem draslíku a hořčíku, kdy obsahy K₂O a MgO jsou vyšší než 3 hmot. %. Horniny vykazují vysoké obsahy Cr, Ni, Rb, Cs, Ba, Th a U, společně s charakteristickou křiv-

kou REE (Foley et al. 1987, Škoda – Novák 2007). Vysoká radioaktivita třebíčského plutonu je způsobena přítomností minerálů s obsahy U a Th, především zirkonu, thoritu, thorianitu, monazitu-(Ce), cheralitu, allanitu-(Ce), parisitu, xenotimu-(Y) a „hydrozirkonu“. Durbachity se vyznačují stabilním poměrem K/Rb, v průměru 139,9 ± 5,2. Bývají ochuzené o Ba, Nb, Sr, Ti, Tl, Pb a Eu a obohacené o Cr, Ni, U, Th a Cs (Sulovský 2000).

Metodika

Celkem bylo odebráno sedm vzorků říčních sedimentů z řeky Jihlavy. Vzorky byly homogenizovány, vysušeny při teplotě 105 °C a byla připravena frakce pod 0,063 mm. U vzorků byl stanoven obsah prvků metodou ICP-MS

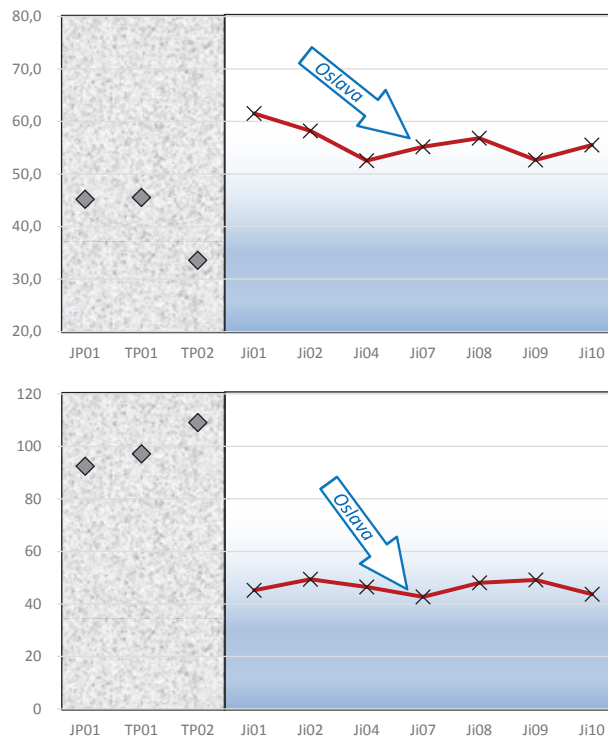
(laboratoře ACME). Posouzení zatížení říčních sedimentů bylo provedeno pomocí třídy Igeo, odvozené z indexu geoakumulace a nabývající hodnot 0–6 (Müller 1969, 1979). Index geoakumulace (Igeo) byl definován jako logaritmus při základu 2 podílu koncentrace daného prvku ve vzorku (Cn) a 1,5násobku požadové hodnoty, resp. klarku daného prvku. Pro výpočet byly použity hodnoty klarku podle Wedepohla (1995). Hodnoty Igeo jsou následně převedeny na třídy Igeo (tab. 1) se slovním vyjádřením kvality sedimentu.

Míra chemického zvětrávání byla posuzována na základě indexu CIA (Chemical Index of Alteration), který indikuje intenzitu zvětrávání při vzniku klastických sedimentů, uvažuje především vznik jílových minerálů a degradaci živců a WIP (Weathering Index of Parker); je založen na posouzení obsahu alkalických zemin a kovů alkalických zemin, představujících nejmobilnější prvky ze všech hlavních prvků. Index WIP bere v potaz individuální mobilitu jednotlivých prvků. Čím má nižší hodnotu, tím je míra zvětrání větší.

Výsledky a diskuse

V říčních sedimentech Jihlavy byly zjištěny nízké koncentrace Pb (9–55 ppm), Zn (55–266 ppm), As (3–24 ppm), Cu (15–55 ppm), které podle hodnocení Igeo (tab. 1) řadíme do tříd 0–3 pro Pb a Zn a do tříd 1–5 pro prvky As, Cu. Nejvyšších koncentrací dosahují Cr (198–595 ppm) a Ni (58–267 ppm), které je po přepočtu na index Igeo řadí do třídy 3–5.

Všechny říční sedimenty hodnoceného úseku řeky Jihlavy dosahují hodnot CIA (obr. 1) v úzkém rozpětí 52,6–61,5, které je řadí do kategorie nezávětralých hornin. Změny obsahu nejmobilnějších prvků alkalických zemin a kovů alkalických zemin (sodíku, draslíku, hořčíku a vápníku) vyjádřené tzv. Parkerovým indexem (WIP) dokládají postupné zvětrávání říčních sedimentů. Tento index se jeví jako citlivější parametr, protože dochází k jeho nárůstu po přítoku řeky Oslavy, která přináší více zachovalý hor-



Obr. 1. Změny v indexu CIA (nahore) a WIP (dole) podél toku řeky Jihlavy (zleva doprava) s vyznačením místa přítoku řeky Oslavy. Body ♦ reprezentují hodnoty geologického podloží převzaté z Kotkové et al. (2010).

Fig. 1. Changes in the CIA index (above) and WIP (below) along the Jihlava River (from left to right) with an indication of the Oslava River inflow. Samples ♦ represent the values of geological bedrock taken from Kotková et al. (2010).

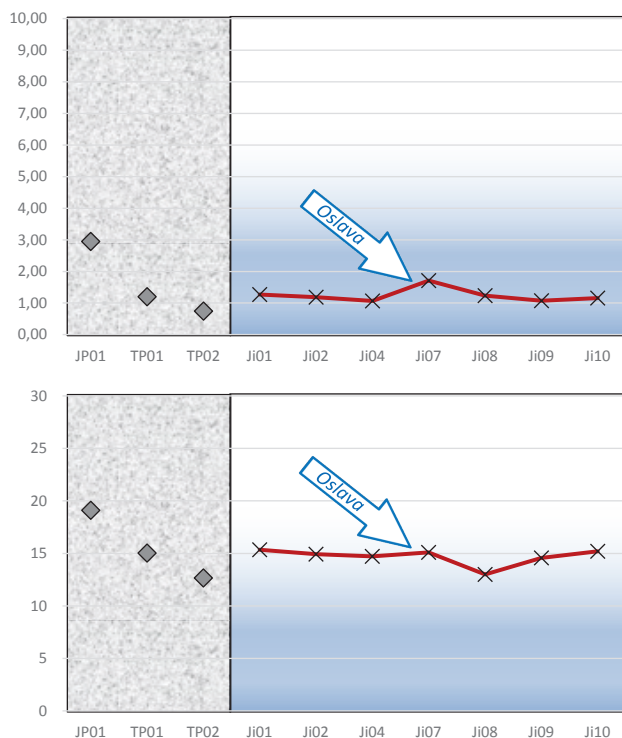
ninový materiál (obr. 1). Pro posouzení vztahu říčních sedimentů k podložním horninám byly cíleně vybrány prvky, u nichž se nepředpokládá významný antropogenní zdroj. Druhým požadavkem je také jejich charakteristický poměr v hornině, v tomto případě třebském masivu. Jako takové se ukázaly poměry Nb/Ta, U/Th, K/Rb a Sr/Rb. Tyto prvky

Tabulka 1. Zatížení říčních sedimentů řeky Jihlavy sledovanými prvky vyjádřené pomocí třídy Igeo
Table 1. The elements load of the Jihlava River sediments expressed as Igeo class

		As	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Ji01	Vladislav	3	4	3	4	3	3
Ji02	Mohelno	5	5	3	5	3	3
Ji04	Biskoupky	2	4	3	4	1	3
Ji07	Ivančice, Réna	3	4	1	3	1	3
Ji08	Pravlov	3	5	1	5	2	3
Ji09	Medlov	2	5	1	5	0	1
Ji10	Přibice	2	4	1	4	1	2

Klasifikace tříd: 0 – prakticky nezatížený, 1 – nezatížený až mírně zatížený, 2 – mírně zatížený, 3 – mírně až silně zatížený, 4 – silně zatížený, 5 – silně až nadměrně zatížený, 6 – nadměrně zatížený (není dosaženo).

Individual classes: 0 – unaffected, 1 – unloaded to moderate load, 2 – moderate load, 3 – moderate and heavy load, 4 – heavy load, 5 – severe to excess load, 6 – overload (not reached).



Obr. 2. Změny v poměru Cr/Ni (nahore) a Nb/Ta (dole) v říčních sedimentech řeky Jihlavy s vyznačením místa přítoku řeky Oslavy. Body \blacklozenge reprezentují hodnoty v hornině geologického podloží převzaté z Kotkové et al. (2010).

Fig. 2. Changes in the ratio of Cr/Ni (above) and Nb/Ta (below) in the Jihlava River sediments with the indication of the Oslava River inflow. Samples \blacklozenge represent values in the rock of geological taken from Kotková et al. (2010).

studovala řada autorů a jejich hodnoty byly přejaty z literatury (Holub 1997, Kotková et al. 2010, Sulovský 2000).

Třebíčský pluton je podle Holuba (1997) charakterizován poměrem Nb/Ta 8,3–17,3. V analyzovaných říčních sedimentech byl zjištěn poměr Nb/Ta v intervalu 13,0–15,3 (obr. 2). Poměr Nb/Ta je stabilní po celé délce říčního toku a není výrazně změněn ani přítokem řeky Oslavy.

Podle Holuba (1997) je poměr K/Rb hornin třebíčského plutonu v úzkém rozpětí 133–171. Srovnatelné hodnoty poměru K/Rb (136–218) byly zjištěny v říčních sedimentech. Rostoucí poměr K/Rb je dán úbytkem mobilního Rb při transportu říčním korytem a postupným růstem chemického zvětrávání, jak je doloženo WIP indexem (obr. 1). Pro durbachity třebíčského masivu je rovněž podstatný vysoký poměr Rb/Sr, který je v říčních sedimentech Jihlavy v intervalu 0,49–1,39. Poměr Th/U postupně po směru toku řeky Jihlavy narůstá, což ukazuje na postupný rychlejší odnos mobilnějšího uranu. Tento systém je narušen přítokem řeky Oslavy, která způsobuje opětovné obohacení uranu, resp. snížení poměru Th/U.

Závěr

Obsahy prvků (As, Cu, Zn a Pb) hodnocených z pohledu ochrany životního prostředí mají v řece Jihlavě nízké hodnoty a podle hodnocení Igeo dosahují maximálně stupně 3. Vyšší obsahy byly zjištěny u Cr a Ni a směrem po toku nedochází k jejich úbytku. V rámci práce bylo hodnoceno, zda jde o antropogenní zatížení, nebo jsou zvýšené obsahy uvedených prvků způsobené jejich přítomností v geologickém podloží. Říční sedimenty tedy byly posuzovány z pohledu intenzity zvětrávání pomocí indexů CIA a WIP a ty se po toku výrazně nemění. Dále bylo hodnoceno zastoupení specifických prvků jako je poměr Nb/Ta, který odpovídá charakteristickému poměru zjištěnému v durbachitových masivech. Zdrojovou horninou pro dnové sedimenty řeky Jihlavy jsou durbachity lokalizované v horním toku řeky. Vzhledem k tomu, že poměry Cr a Ni jsou v celé délce toku stále a odpovídají poměrům těchto prvků v třebíčském masivu, lze konstatovat, že zvýšené obsahy Cr a Ni jsou dány zvětráváním zdrojových hornin, tedy durbachitů, a neindikují antropogenní kontaminaci.

Poděkování. Autoři děkují recenzentům za připomínky, které přispěly ke zlepšení srozumitelnosti článku.

Literatura

- FOLEY, S. F. – VENTURELLI, G. – GREEN, D. H. – TOSCANI, L. (1987): The ultrapotassic rocks: characteristics, classification, and constraints for petrographic models. – *Earth-Sci. Rev.* 24, 81–134.
- HOLUB, F. V. (1997): Ultrapotassic plutonic rocks of the durbachite series in the Bohemian Massif: Petrology, geochemistry and petrogenetic interpretation. – *Sbor. geol. Věd, ložisk. Geol. Mineral.* 31, 5–26.
- KOTKOVÁ, J. – SCHALTEGGER, U. – LEICHMANN, J. (2010): Two types of ultrapotassic plutonic rocks in the Bohemian Massif: coeval intrusions at different crustal levels. – *Lithos* 115, 163–176.
- MÜLLER, G. (1969): Index of geo-accumulation in sediments of the Rhine River. – *Geol. J.* 2 (3), 108–118.
- MÜLLER, G. (1979): Heavy metals in the sediment of the Rhine – Changes Seity. – *Umsch. Wiss. Tech.* 79, 778–783.
- SULOVSKÝ, P. (2000): Srovnání chemismu třebíčského durbachitu a jiných durbachitů. – *Geol. Výzk. Mor. Slez. v Roce 1999*, 135–140.
- ŠKODA, R. – NOVÁK, M. (2007): Y, REE, Nb, Ta, Ti-oxide (AB₂O₆) minerals from REL-REE euxenite-subtype pegmatites of the Třebíč Pluton, Czech Republic: substitutions and fractionation trends. – *Lithos* 95, 43–57.
- WEDEPHOHL, K. H. (1995): The composition of the continental crust. – *Geochim. Cosmochim. Acta* 59, 7, 1217–1232.