

VLIV TĚŽBY URANU NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ – RADIOAKTIVITA FLUVIÁLNÍCH SEDIMENTŮ A HALDOVÉHO MATERIÁLU V PROSTORU LOŽISKA ZÁLESÍ V RYCHLEBSKÝCH HORÁCH

Influence of uranium mining on the environment – radioactivity of stream sediments and dump material in the area around the deposit Zálesí in the Rychlebské hory Mts.

Jiří Zimák

Katedra geologie PřF UP, tř. 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc; e-mail: zimak@prfnw.upol.cz

(14-21 Travná)

Key words: gamma-spectrometry, natural radioactive elements, uranium, stream sediments, dump material

Abstract

Contents of potassium, uranium and thorium were measured in sixteen samples of stream sediments and in ten samples of dump material from the area around a small uranium deposit Zálesí near the town of Javorník using a laboratory gamma-ray spectrometer. All studied stream sediments show a low or moderately increased radioactivity (only $345 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ as a maximum). In harmony with expectation the studied samples of dump material have increased radioactivity ($970 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ on average) due to high uranium contents (55 to 99 ppm eU).

Úvod

V letech 1959–1968 byly na ložisku Zálesí u Javorníka hornickým způsobem těženy uranové rudy (např. Janata – Zachař 2007, Kolektiv 2003). Jedním z pozůstatků po těžbě a úpravě rud jsou haldy, jejichž materiál lokálně vykazuje poměrně vysokou radioaktivitu.

Cílem provedeného výzkumu bylo (1) zhodnocení vlivu těžby a úpravy uranových rud na radioaktivitu fluviálních sedimentů v prostoru ložiska a (2) zjištění radioaktivity odpadu z radiometrické třídičky rudy, který je srážkovými vodami a též díky svahovým pohybům neustále přemisťován do Obecního potoka.

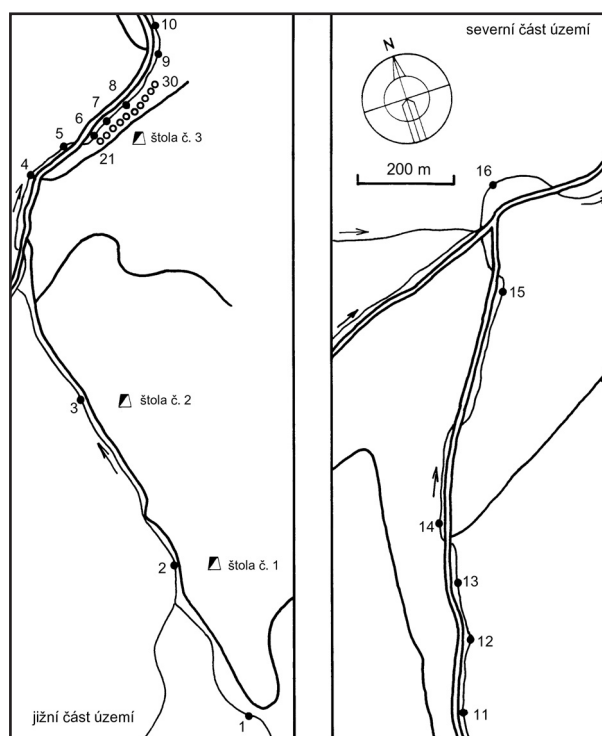
Vzorky a metody

K laboratornímu měření přirozené radioaktivity bylo v prostoru ložiska Zálesí odebráno 16 vzorků fluviálních sedimentů (vzorky č. 1 až 16) a 10 vzorků haldového materiálu (vzorky č. 21 až 30). Místa odběru jednotlivých vzorků jsou zřejmá z obr. 1.

Fluviální sedimenty byly odebrány v korytě bezejmenného pravostranného přítoku Obecního potoka (vzorky č. 1 až 3), dále v korytě Obecního potoka (č. 4 až 15) a Javornického potoka (č. 16). Vzorek č. 1 reprezentuje sedimenty neovlivněné těžbou nebo úpravou uranových rud (a nutno poznamenat, že ve zdrojové oblasti materiálu tohoto vzorku není uranové zrudnění známo). Radioaktivita všech zbývajících 15 vzorků může být do jisté míry ovlivněna přítomností materiálu pocházejícího z hald nebo i z vytékajících důlních vod.

Vzorky fluviálních sedimentů byly odebrány jen z povrchové vrstvy (do hloubky max. 15 cm) a již při odběru byly síťovány pomocí stavebního síta s velikostí ok 4 mm. V nadsítné frakci dominují klasty hornin známých ze zdrojové oblasti (ruly, méně amfibolity a také svory),

přítomny jsou i úlomky žilného křemene a v některých vzorcích odebraných v korytě Obecního potoka byly zjištěny i četné úlomky stavebních materiálů. K dalšímu výzkumu byla použita pouze podsítná frakce o objemu cca 3,5 litru, z níž byl po vysušení odebrán vzorek o hmotnosti cca 400 gramů k laboratornímu gamaspektrometrickému stanovení obsahu draslíku, uranu a thoria, zbytek pak byl rozdělen síťováním za sucha na tři frakce: A (pod 0,25 mm), B (0,25–0,5 mm) a C (0,5–4 mm).



Obr. 1: Místa odběru vzorků.

Fig. 1: Localization of sampling sites.

V období těžby na ložisku Zálesí byly bohaté uranové rudy vytrženy ručně. K třídění chudších rud byla využívána radiometrická třídička, která z materiálu na dopravním pásu oddělovala radioaktivnější partie. Odpad z této třídičky, v němž mohly zůstat velmi drobné úlomky i bohatých uranových rud, je deponován na haldě pod štolou č. 3. Z této haldy byly odebrány vzorky č. 21 až 30. Tyto vzorky však nejsou reprezentativní, neboť představují pouze materiál o velikosti úlomků pod cca 30 mm (úlomky nad uvedenou velikostí byly z odebíraných vzorků odstraňovány, jejich podíl na celkovém složení haldového materiálu lze odhadnout na 50 až 70 % – jde převážně o fragmenty rul a amfibolitů, často s hydrotermální mineralizací, i o úlomky křemenné nebo křemen-karbonátové žiloviny s makroskopicky nápadným hematitem, chalkopyritem, sekundárními Cu-minerály a výjimečně i s arsenidy. Po vysušení bylo z každého vzorku odebráno cca 400 gramů materiálu na gamaspektrometrické měření a zbytek vzorku (o hmotnosti 5 až 7 kg) byl síťováním za sucha rozdělen na čtyři frakce: A (pod 0,25 mm), B (0,25–0,50 mm), C (0,5–2,0 mm) a D (2,0–30 mm).

V takto připravených vzorcích fluvialních sedimentů a haldového materiálu byly na PřF UP v Olomouci za použití spektrometru SG – 1000 LAB s NaI(Tl) detektorem o objemu 0,35 dm³ (průměr 76 mm, délka 76 mm) stanoveny obsahy draslíku (přímo na základě koncentrace ⁴⁰K) a obsahy uranu a thoria (nepřímo na základě koncentrací dceřiných produktů, a proto jsou obsahy těchto prvků při uvádění výsledků analýz označovány jako eU a eTh). Přírozená radioaktivita vzorků je hodnocena i na základě hmotnostní aktivity ekvivalentu ²²⁶Ra (a_m), která byla z výsledků gamaspektrometrických analýz vypočtena podle vztahu $a_m = 12,35U + (1,43 \times 4,06Th) + (0,077 \times 313K)$, do kterého jsou obsahy U a Th dosazovány v ppm, obsahy K v hm. %.

Výsledky a jejich zhodnocení

Výsledky provedených gamaspektrometrických měření jsou sumarizovány v tab. 1 až 3. Ze získaných dat plynou tyto závěry:

1. Přírozená radioaktivita fluvialních sedimentů v korytě bezejmenného pravostranného přítoku Obecního potoka není ani v prostoru ovlivněném těžbou uranových

rud nijak výrazně zvýšená. Gamaspektrometricky stanovené obsahy draslíku a thoria ve fluvialních sedimentech (a platí to pro všechny vzorky, tedy č. 1 až 16) zhruba odpovídají obvyklým obsahům obou prvků v dominantních typech hornin ve snosné oblasti (svory strošské skupiny,

vzorek	K hm. %	eU ppm	eTh ppm	am Bq·kg ⁻¹
1	3,5	1,9	4,7	135
2	2,9	4,1	4,5	147
3	2,9	3,5	5,5	145
4	2,6	4,1	5,8	147
5	2,3	4,2	6,1	143
6	2,6	5,4	5,3	160
7	2,7	16,6	6,2	306
8	2,7	12,7	5,0	251
9	2,7	12,7	6,3	258
10	2,8	20,2	4,9	345
11	2,7	14,9	5,5	281
12	2,5	10,9	4,6	222
13	2,9	11,2	6,7	247
14	2,4	9,1	5,5	202
15	2,9	9,0	7,8	226
16	2,4	6,6	6,6	178

Tab. 1: Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, eU, eTh) ve fluvialních sedimentech a vypočtené hodnoty hmotnostní aktivity (a_m).

Tab. 1: Natural radioactive element (K, eU, eTh) contents in stream sediments and calculated mass activity (a_m).

vzorek	frakce	podíl hm. %	K hm. %	eU ppm	eTh ppm	am Bq·kg ⁻¹
7/A	pod 0,25 mm	51	2,5	17,9	6,9	321
7/B	0,25–0,5 mm	21	3,7	19,0	5,4	355
7/C	nad 0,5 mm	28	3,7	14,7	4,1	295
10/A	pod 0,25 mm	27	2,6	23,8	5,0	386
10/B	0,25–0,5 mm	28	2,8	21,9	4,8	366
10/C	nad 0,5 mm	45	2,3	18,4	4,5	309
11/A	pod 0,25 mm	40	2,5	16,1	7,8	304
11/B	0,25–0,5 mm	39	2,9	15,0	4,9	284
11/C	nad 0,5 mm	21	3,6	15,2	7,0	315

Tab. 2: Zrnitostní složení fluvialních sedimentů (vzorky č. 7, 10 a 11) a přírozená radioaktivita zrnitostních frakcí.

Tab. 2: Grain composition of stream sediments (Samples Nos. 7, 10 and 11) and natural radioactivity of grain size fractions.

vzorek	frakce								celý vzorek		
	pod 0,25 mm		0,25–0,5 mm		0,5–2 mm		nad 2 mm		měř.	vyp.	vyp.
	%	eU	%	eU	%	eU	%	eU	eU	eU	a_m
21	15	148	7	121	18	74	60	32	80	63	875
22	20	145	8	126	22	69	52	21	57	65	899
23	14	137	8	145	22	81	56	90	404	99	1319
24	8	216	4	152	15	95	73	24	59	55	776
25	15	177	7	145	23	93	55	24	90	72	986
26	20	133	8	102	22	84	50	29	48	68	936
27	22	137	7	122	20	88	51	23	141	68	936
28	24	131	8	119	18	72	50	19	54	63	875
29	10	209	9	161	18	124	63	28	62	76	1035
30	20	192	7	130	18	84	55	28	290	78	1060

Tab. 3: Zrnitostní složení haldového materiálu (v hm. %), obsah uranu (eU, ppm) a vypočtená hmotnostní aktivity (a_m , Bq·kg⁻¹).

Tab. 3: Grain composition of a dump material (in wt %), uranium content (eU, ppm) and calculated mass activity (a_m , Bq·kg⁻¹).

ruly sněžnické skupiny). Ve vzorku č. 1, reprezentujícím fluviaální sediment nijak neovlivněný uranovou mineralizační ložiska Zálesí, bylo stanoveno 1,9 ppm eU. Ve vzorcích č. 2 až 6 jsou obsahy uranu zhruba dvojnásobné (3,5 až 5,4 ppm eU, viz tab. 1) – tyto vzorky jsou již z území ovlivněného těžbou, haldy štol č. 1 a 2 zasahují až k potoku, přímo v korytě potoka lze najít i větší úlomky hydrotermální mineralizace, zcela mimořádně i s makroskopicky patrným uraninitem. Hmotnostní aktivita vzorků 2 až 6 je v rozpětí 143 až 160 Bq·kg⁻¹, je tedy dokonce o něco nižší než hmotnostní aktivita průměrné zemské kůry vypočtená z klarků pro draslík, uran a thorium (kolem 180 Bq·kg⁻¹).

2. Sledujeme-li obsahy uranu ve fluviaálních sedimentech Obecního potoka ve směru jeho toku, je zřejmé náhlé zvýšení z hodnoty 5,4 ppm eU ve vzorku č. 6 na 16,6 ppm eU ve vzorku č. 7 a přetrvávání relativně vysokých hodnot eU (až 20 ppm) až k soutoku s Javornickým potokem (tab. 1, obr. 1). Zvýšení obsahu uranu ve fluviaálních sedimentech Obecního potoka zcela evidentně souvisí s haldou „slabě aktivního“ materiálu z radiometrické třídičky. Při svahových pohybech se tento materiál dostává do vodního toku, jemnozrnná frakce je z haldového materiálu vyplavována a do potoka přenášena srážkovými vodami.

3. V rámci jednotlivých vzorků fluviaálních sedimentů existuje náznak vztahu mezi zrnitostí a obsahem uranu. V sedmi vzorcích s hodnotami eU nad 10 ppm bylo zjištěno, že obsahy uranu ve třech sledovaných zrnitostních frakcích nejsou příliš rozdílné a že v jemnozrnnější frakci (frakce A) jsou obsahy uranu zpravidla nejvyšší (údaje o třech vzorcích jsou v tab. 2).

4. Haldový materiál, jenž je odpadem z radiometrické třídičky uranové rudy, vykazuje podle očekávání relativně vysokou radioaktivitu. V tab. 3 jsou uvedeny obsahy uranu ve čtyřech frakcích všech deseti studovaných vzorků, a to včetně podílu dané frakce na složení vzorku

– je zcela evidentní, že s rostoucí velikostí zrna dochází k poklesu obsahu uranu. Poslední tři sloupce v tab. 3 obsahují údaje vztažené na celý vzorek. Jako měř. eU je zde uveden obsah uranu stanovený z malé (cca 400 g), a proto nereprezentativní části vzorku. Hodnoty měř. eU se pohybují ve velmi širokém intervalu a dosahují až 404 ppm. Za relativně přesné lze považovat hodnoty vyp. eU, které byly pro celý vzorek vypočteny z obsahů uranu v jednotlivých frakcích a z podílu těchto frakcí na složení celého vzorku (55 až 99 ppm eU). Pro celý vzorek byl proveden i výpočet hmotnostní aktivity podle výše uvedené rovnice, do níž byla dosazena hodnota vyp. eU. Vzhledem k tomu, že proměřované vzorky mají velmi vysoký obsah uranu, vznikaly často problémy s přesnějším stanovením obsahu thoria, přítomného v jednotkách ppm, a v menší míře také s přesným stanovením obsahu draslíku. Proto bylo při výpočtu hmotnostní aktivity u všech vzorků kalkulováno s průměrným obsahem 2,8 hm. % K a 5 ppm Th (příspěvek 2,8 hm. % K a 5 ppm Th k hmotnostní aktivitě vzorku je 97 Bq·kg⁻¹). Takto vypočtené hodnoty hmotnostní aktivity jsou v rozpětí 776 až 1 319 Bq·kg⁻¹ (průměr 970 Bq·kg⁻¹). V haldovém materiálu převažují úlomky o velikosti nad 3 cm (jejich podíl je odhadem 50 až 70 %) a vše nasvědčuje tomu, že jejich průměrná radioaktivita je výrazně nižší než radioaktivita frakce pod 3 cm. Průměrná hmotnostní aktivita materiálu pocházejícího z radiometrické třídičky uranových rud je proto pravděpodobně nižší než výše uvedených 970 Bq·kg⁻¹.

5. Z environmentálního hlediska nepředstavují zvýšené koncentrace uranu ve fluviaálních sedimentech Obecního potoka žádné riziko (max. 20,2 ppm eU, max. 345 Bq·kg⁻¹). I když haldy v prostoru ložiska Zálesí patří do kategorie „starých ekologických zátěží“, patrně není nutno je i přes zvýšené obsahy uranu považovat za rizikové.

Literatura

Janata, M. – Zachař, Z. (2007): Javornický uran. – Vydal: ing. Jan ŠKODA FORTprint, Dvůr Králové nad Labem.
Kolektiv (2003): Rudné a uranové hornictví České republiky. – Nakladatelství ANAGRAM Ostrava.