

*Peter Andráš<sup>1</sup> – Štefan Aschenbrenner<sup>2</sup> – Ján Dubiel<sup>3</sup> - Miroslav Rusko<sup>4</sup>*

## **SÚ HORNINY MALÝCH KARPÁT Z OKOLIA PEZINKA VHODNÉ NA VYUŽITIE V STAVEBNÍCTVE?**

**Are the rocks from the surrounding of Pezinok (Malé Karpaty Mts.) suitable for  
utilisation as a building material?**

### **Abstract**

Spatial radionuclides distribution in main rock types: granodiorites, gneisses, black shales and amphibolites at the investigated locality in the surrounding of Pezinok showed that the concentrations of uranium ( $^{238}\text{U}$ ), thorium ( $^{232}\text{Th}$ ) and potassium ( $^{40}\text{K}$ ) in samples were analysed by gamma-spectrometry (concentrations: uranium 0.091 – 37.800; thorium 0.534 – 13.234; potassium 0.116 – 5.162 mg kg<sup>-1</sup>). The highest average uranium concentrations were in black shales, highest average thorium concentrations in granodiorite (and granite) and highest average potassium concentrations in granodiorite (granite). Activities of uranium were found in the range of 1,092 – 48,960 Bq.kg<sup>-1</sup> (with exception of one anomalous value - 453,6 Bq.kg<sup>-1</sup>), activities of thorium vary in range of 2,189 – 54,298 Bq.kg<sup>-1</sup> and activities of potassium in range of 30,933 – 1376,499.

The source of uranium and thorium (and partially also of potassium) is in the granodiorite intrusion. The U was during the metamorphic process mobilised to the black shales.

The concentrations and consequently the total activities of uranium, thorium and potassium in investigated rock samples exceed the permitted limit for building material. It is possible to recommend their utilisation only for external purposes.

### **Úvod**

Pri stavebných a technických prácach v Malých Karpatoch sa často využívajú miestne horniny ako lacný zdroj stavebného materiálu. Keďže už dávnejšie sú známe zvýšené obsahy uránu a tória v týchto horninách, autori sa podujali zistiť, či sú vhodné z hľadiska potenciálneho environmentálneho rizika ako stavebné materiály.

Práca prináša výsledky štúdia všetkých dôležitých horninových typov pezinského okolia Malých Karpát (granitoidy, amfibolity, kryštalické bridlice - ruly a čierne bridlice).

---

<sup>1</sup> **doc. RNDr. Peter Andráš, CSc.,**

- Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, andras@savbb.sk;

- Geologický ústav SAV, Ďumbierska 1, 974 01 Banská Bystrica

<sup>2</sup> **Ing. Štefan Aschenbrenner,** Geologický ústav SAV, Ďumbierska 1, 974 01 Banská Bystrica

<sup>3</sup> **Ing. Ján Dubiel,** Geologický ústav SAV, Ďumbierska 1, 974 01 Banská Bystrica

<sup>4</sup> **RNDr. Miroslav Rusko, PhD.,** Slovenská technická univerzita v Bratislave,

Materiálovotechnologická fakulta, Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva, Botanická 49, 917 24 Trnava, Slovenská republika, e-mail: >mirorusko@centrum.sk<

## **Obsah U a Th v jednotlivých horninách**

V granodiorite a granite kolíšu obsahy uránu (izotopu  $^{238}\text{U}$ ) od 1,463 do 4,080  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  a tória (izotopu  $^{232}\text{Th}$ ) od 5,563 do 10,913  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . V rule sa pohybujú namerané obsahy uránu od 0,091 do 3,341  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  a tória od 0,534 do 9,649  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . V amfibolitoch bol stanovený obsah uránu 1,746 až 1,806  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  a tória 7,251 – 8,151  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , v čiernych bridliciach sa obsah uránu pohyboval v širokom rozpätí hodnôt od 2,29 do 37,800  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  a obsah tória od 1,524 do 13,234  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab.- 1).

Najvyššie priemerné obsahy uránu sa zistili v čiernej bridlici (14,43  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) a najnižšie v amfibolite (1,78  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). V prípade tória možno pozorovať opačný trend: najnižšie priemerné hodnoty sa namerali v čiernej bridlici (3,52  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) a najvyššie v granodiorite (7,75  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Obsah tória v granodiorite je 2 až 3-násobne vyšší ako obsah uránu. Obsah tória v biotitickej rule je (podobne ako v granodiorite) dvoj- až trojnásobne vyšší ako obsah uránu (tab.- 1).

## **Obsah $^{40}\text{K}$ v jednotlivých horninách**

Ďalším spomedzi rádioaktívnych zložiek študovaných hornín je rádioaktívny izotop draslíka  $^{40}\text{K}$ . Najvyššie hodnoty obsahov draslíka sa namerali v granodiorite (5,162 %) a v rule (2,822 %). Najnižšie obsahy boli v čiernych bridliciach (0,116 – 2,146 %). Priemerné obsahy draslíka klesajú v rade granodiorit (2,319 %) → amfibolit (1,757 %) → rula (1,7082 %) → čierna bridlica (1,463 % - tab.- 1).

## **Diskusia**

U a Th patria v zmysle klasifikácie Tölgyessyho (1998) k veľmi toxickým prvkom a preto je štúdium ich distribúcie v krajine mimoriadne dôležité. Na výskum sa použili vzorky z vrto, ktoré neboli premenené procesom zvetrávania, aby sa dosiahli čo najmenej deformované údaje o obsahoch uránu a tória v jednotlivých typoch hornín. Tieto údaje sami osebe nie sú dostatočné k tomu, aby sa dalo zaujať stanovisko aj k intenzite rádioaktívneho žiarenia.

Vzorky s najvyšším obsahom uránu – čierne bridlice sa v staviteľstve nevyužívajú a preto postačuje uvažovať s obsahmi uránu, ktoré sú v ostatných horninách (granodiorit, amfibolit, rula), t.j. maximálne do hodnoty 4,080  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , ktorá bola zistená v granodiorite. Aj najvyšší stanovený obsah tória pochádza z granodioritu 7,75  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Obsahy draslíka kolísali v rozmedzí 0,116 – 5,162 %.

Slovenská legislatíva neumožňuje zaujať k problému jednoznačné stanovisko. Jediný legislatívny údaj pre obsahy U je v nariadení vlády 296/2005 pre kvalitu povrchových vôd, kde je odporúčaná hodnota obsahu 50  $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ .

Aktivita *A rádionuklidu* je veličina, ktorá charakterizuje zdroj žiarenia. Udáva počet rozpadov rádioaktívnych jadier v materiály za 1 sekundu. Jednotkou aktivity je becquerel ( $\text{Bq} = \text{s}^{-1}$ ).

Ak prepočítame radiačný účinok na najvyššie namerané hodnoty v oblasti Pezinka (37,8  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  v čiernej bridlici), dostaneme intenzitu žiarenia, odpovedajúcu 453,6  $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  voči najčastejšie sa uplatňujúceho limitu noriem platných v EU (150  $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), vyhlášky č. 406/1992 Zb., ako aj stavebného zákona č. 50/1976 Zb (120  $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Tento prepočet sa realizoval na ojedinelú anomálnu hodnotu obsahu uránu v hornine, ktorá sa na stavebné účely nevyužíva a aj z kvantitatívneho hľadiska predstavuje len nepatrné percento v zastúpení hornín. Pokiaľ vylúčime túto extrémnu hodnotu, aktivita uránu kolíše v rozmedzí 1,092 – 48,960  $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Podobným prepočtom podľa Ramliho et al. (2005) a Yousefa et al. (2007) obsahov tória na aktivitu  $\text{Bq.kg}^{-1}$  získame pre skúmané horniny z pezinsko-perneckého kryštalinika rozpätie hodnôt 2,189 – 54,298  $\text{Bq.kg}^{-1}$ . Ak však vylúčime obsahy tória v čiernych bridliciach, ktorých je mimoriadne málo a nie sú využívané ani v stavebníctve, je aktivita tória nižšia: 2,189 – 44,743  $\text{Bq.kg}^{-1}$ .

Vysoká je len aktivita draslíka -  $^{40}\text{K}$ . Aj prepočet koncentrácií draslíka na aktivitu sa uskutočnil podľa Yousefa et al. (2007). Jej hodnoty kolíšu v rozmedzí 30,933 – 1376,499  $\text{Bq.kg}^{-1}$  (tab. 1).

Tab. 1 Prepočet koncentrácií uránu -  $^{238}\text{U}$ , tória -  $^{232}\text{Th}$  a draslíka -  $^{40}\text{K}$  na aktivitu  $\text{Bq.kg}^{-1}$

hornina	$^{238}\text{U}$ $\text{mg.kg}^{-1}$	$\text{Bq.kg}^{-1}$	$^{232}\text{Th}$ $\text{mg.kg}^{-1}$	$\text{Bq.kg}^{-1}$	$^{40}\text{K}$ %	$\text{Bq.kg}^{-1}$	$\Sigma$ $\text{Bq.kg}^{-1}$
granodiorit a granit	2,968	35,616	9,738	38,952	1,576	420,256	494,824
	4,080	48,960	9,596	39,343	5,123	1366,099	1454,402
	2,953	35,436	7,505	30,771	2,813	750,115	816,349
	2,539	30,468	8,143	33,386	5,162	1376,499	1440,353
	3,110	37,320	10,913	44,743	1,545	411,990	494,053
	2,324	27,880	5,980	24,518	1,538	410,123	462,521
	1,463	17,556	4,702	19,278	1,801	480,255	517,089
	2,147	25,764	6,543	26,826	1,562	416,523	469,113
	2,545	30,540	8,090	33,169	1,355	361,324	425,033
	1,646	19,752	8,511	34,895	1,304	347,725	402,372
2,274	27,288	5,563	22,808	1,734	462,388	512,484	
rula	2,440	29,280	7,275	29,828	2,072	552,519	611,627
	3,088	37,056	8,497	34,838	1,144	305,059	376,953
	2,831	33,972	9,649	39,561	1,557	415,190	488,723
	0,231	2,772	0,534	2,189	0,283	75,465	80,426
	0,091	1,092	0,777	3,186	0,561	149,596	153,874
	2,274	27,288	5,563	22,808	1,700	453,322	503,418
	2,097	25,164	8,690	35,629	2,822	752,514	813,307
	2,813	33,756	8,788	36,031	2,466	657,584	727,371
	3,341	40,092	7,637	31,311	1,776	473,588	544,992
2,219	26,628	8,208	33,653	2,701	720,249	780,53	
amfibolit	1,806	21,672	8,151	33,419	1,765	470,665	525,756
	1,746	20,952	7,251	29,729	1,752	467,199	517,880
čierna bridlica	2,290	27,480	10,801	44,284	2,146	566,853	638,617
	3,188	38,256	13,234	54,259	2,125	566,665	659,180
	37,800	453,600	1,524	6,248	0,116	30,933	490,781

Prírodné stavebné materiály, ako napr. stavebný kameň, kamenivo, štrk, piesok, íly, cement, vápno a popolček obsahujú vždy isté množstvo rádioaktívnych nuklidov (hlavne draslíka -  $^{40}\text{K}$ , tória -  $^{232}\text{Th}$  a radónu -  $^{226}\text{Ra}$ ), ktoré vznikajú rádioaktívnym rozpadom uránu -  $^{238}\text{U}$ . Hmotnostné aktivity tória a radónu v stavebných materiáloch sú obvykle na úrovni desiatok  $\text{Bq.kg}^{-1}$ ; v prípade draslíka  $^{40}\text{K}$  až stoviek  $\text{Bq.kg}^{-1}$ . Výskyt takýchto rádioaktívnych prvkov v stavebných materiáloch zabudovaných v budovách spôsobuje ožiarenie osôb dvojakým spôsobom: a) vonkajším ožiarением ( $\gamma$  žiarením), ktoré vzniká v dôsledku rádioaktívneho rozpadu prírodných rádionuklidov; b) vnútorným ožiarением pri vdýchnutí rádioaktívnych nuklidov, ktoré vznikajú v ovzduší z radónu, ktorý sa vytvára v stavebných materiáloch z rádia. Aktivita stavebných materiálov a surovín na ich výrobu je preto

limitovaná. Kritérium vhodnosti použitia stavebných materiálov z hľadiska obsahu prírodných rádionuklidov stanovuje Vyhláška č. 406/1992 Zb., ako aj stavebný zákon SR.

Vychádzajúc z vyššie uvedenej úvahy možno vysloviť predpoklad, že obsahy uránu (a zrejme aj tória) sú v študovaných horninách natoľko nízke, že nepredstavujú žiadne významnejšie environmentálne, resp. zdravotné riziko. Úhrnnú rádioaktivitu výrazne ovplyvňujú aktivity draslíka ( $30,933 - 1376,499 \text{ Bq.kg}^{-1}$ ), ktoré spôsobujú, že prevažná väčšina horninových vzoriek, ktoré boli podrobené výskumu, významne prevyšuje úhrnné povolené limity aktivity pre stavebné materiály ( $120 \text{ Bq.kg}^{-1}$ ); kolíšu v rozmedzí hodnôt  $80,426 - 1454,402 \text{ Bq.kg}^{-1}$ . Toto zistenie umožňuje vysloviť záporné stanovisko k ich eventuálnemu používaniu ako stavebného materiálu pre budovy. Na druhej strane, ich využitie pre cestné stavby a podobné exteriérové diela neznamená žiadne environmentálne riziko.

### Záver

Najvyššie obsahy uránu sa zistili v čiernych bridliciach a najnižšie v amfibolite. Najnižšie obsahy Th boli stanovené v čiernych bridliciach a najvyššie v granodiorite.

Zdroj uránu a tória je v granodioritovej intrúzii, urán však bol z granodioritu mobilizovaný v procese metamorfózy a akumuloval sa spolu so synsedimentárnym pyrit-pyrotitovým a hydrotermálnym Sb-zrudením v čiernych bridliciach, ktoré tvorili geochemickú bariéru, na ktorej došlo k precipitácii rúd.

Obsahy uránu a tória sú mimoriadne nízke (urán  $0,091 - 37,800$ ; tórium  $0,534 - 10,913 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). Intenzita ich žiarenia odpovedá maximálne hodnotám urán =  $37,800 \text{ Bq.kg}^{-1}$  (spravidla však  $< 3,000 \text{ Bq.kg}^{-1}$ ) a tórium =  $13,234 \text{ Bq.kg}^{-1}$ .

Možno predpokladať, že nepredstavujú pre krajinu a ľudské aktivity environmentálne riziko. Neprevyšujú ani povolené limity pre stavebné materiály ( $150 \text{ Bq.kg}^{-1}$ ;  $120 \text{ Bq.kg}^{-1}$ ). Riziko pre stavebné aktivity znamená až úhrnná aktivita uránu, tória a draslíka ( $^{40}\text{K}$ ) -  $80,426 - 1454,402 \text{ Bq.kg}^{-1}$ .

### PodĎakovanie

*Autori ďakujú za finančnú podporu v rámci projektov APVV-VVCE-0033-07 a APVV-0663-10*

## Zoznam použitej literatúry

- ANDRÁŠ, P., LUPTÁKOVÁ, J., CHOVAN, M., 2006: Pb-isotope study of stibnite mineralization from the Western Carpathians. 3<sup>rd</sup> Mineral Sciences in the Carpathians. Miskolc 9-10. March. Acta Mineralogica-Petrographica, Seged, 5, p. 5
- ANDRÁŠ, P., CHOVAN, M., 2006: Pb-isotope distribution in stibnite mineralization of folded chains and old platforms, comparison. In Mineral Deposits Study Group Annual Meeting, 4-6 január 2006, London, 44-49
- KLICPERA, J., 2003: Jak je to s uranem, bombami a životním prostředím. [http://www.humanisti.cz/php/zobrazit\\_clanek.php3?id=248](http://www.humanisti.cz/php/zobrazit_clanek.php3?id=248)
- MAHEĽ, 1961: Tektonik der zentralen Westkarpaten. Geologické práce, Správy 60, Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 11 – 50.
- MRÁKAVA, F., 1977: Popis ložiska Sb Pezinok – Cajla. *Rukopis*. Archív Rudných baní, závod Pezinok
- PHILIPPE, P. 2007. Radon. In: *International Radon Project*. Geneva, Svetová zdravotnícka organizácia, 428 p.
- PLAŠIENKA, D., MICHALÍK, J., KOVÁČ, M., GROSS, P., PUTIŠ, M. 1991: Paleotectonic evolution of the Malé Karpaty Mts. *Geologica Carpathica*. Bratislava. 42/4, 195 – 208.
- RAMLI, A. T., HUSSEIN, A. W. M. A., WOOD, A. K., 2005: Environmental <sup>238</sup>U and <sup>232</sup>Th concentration measurements in an area of high level natural background radiation at Palong, Johor, Malaysia. *Journal of Environmental, Radioactivity*. 80(3), 287-304
- ROLLINSON, H., 1998: Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Longman Singapore Publishers, ISBN 0-582-06701-4, 352 p.
- TÖLGYESSY, J., PIATRIK, M., ČIK, G. et al. 1998. *Technológia životného prostredia*. Bratislava, STU, Bratislava, 184 s.
- YOUSEF, M. I., EL-ELA, A. A., YOUSEF, H. A. 2007. Natural radioactivity levels in surface soil of Kitchener drain in the Nile delta of Egypt. In *Journal of Nuclear and Radiation Physics*, 2007, roč. 2, č. 1, s. 61 – 68.