

PŘIROZENÁ RADIOAKTIVITA METAMORFOVANÝCH A MAGMATICKÝCH HORNIN NA MAPOVÉM LISTU 14-23 KRÁLÍKY

Natural radioactivity of metamorphic and igneous rocks on the map sheet 14-23 Králíky

Jiří Zimák

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

(14-23 Králíky)

Key words: *Lugicum, Silesicum, gamma-spectrometry, natural radioactivity*

Abstract

The aim of the paper is to inform about natural radioactivity of metamorphic and igneous rocks on the map sheet 14-23 Králíky. The area covering the map sheet belongs to the Lugicum (Orlica-Šnieżník Unit, Staré Město Group, and a so-called tonalite sill) and to the Silesicum (Velké Vrbno, Keprník and Branná Groups, and small granitoid intrusions near the town of Hanušovice). Contents of potassium, uranium and thorium were measured using a laboratory gamma-ray spectrometer in 988 rock samples. Data are tabeled and discussed.

Úvod

Předložená zpráva se zabývá hodnocením přirozené radioaktivity metamorfítů a magmatitů na listu 14-23 Králíky. Území tohoto listu je geologicky značně komplikované (viz Opletal et al. 1997, 2000), stýká se na něm lugikum a silezikum. Lugikum je zde reprezentováno orlicko-sněžnickou jednotkou, zastoupenou sněžnicko-gierałtowskou skupinou, mlynowiecko-stroňskou skupinou a staroměstskou skupinou (a také skupinou Hraničné, pokud její členy nepokládáme za součást mlynowiecko-stroňské skupiny – viz Cháb et al. 2008). Staroměstskou skupinou probíhá intruze „tonalitu“. Silezikum vystupuje na listu 14-23 Králíky na jen relativně malé ploše a je zde zastoupeno velkovrbenskou skupinou, keprnickou skupinou a skupinou Branné, v níž jsou drobné intruze granitoidů.

Vzorky a metody

Na listu 14-23 Králíky bylo na více než 600 lokalitách odebráno 988 vzorků metamorfítů a magmatitů reprezentujících jak dominantní horninové typy ve všech výše zmíněných geologických jednotkách a jejich částech, tak i horniny, které jsou na ploše listu zastoupeny jen zcela lokálně. Determinace hornin byla až na ojedinělé výjimky prováděna jen makroskopicky, což působilo značné problémy zejména při rozlišování některých typů ortorul (povahy „světých“ metavulkanitů a metatufů) ve velkovrbenské skupině a staroměstské skupině. Původní určení horniny v terénu bylo v některých případech korigováno při přípravě vzorku na gamaspektrometrickou analýzu, a nutno přiznat, že někdy až na základě výsledku této analýzy. Stručnou petrografickou charakteristiku hornin studované oblasti lze najít ve vysvětlivkách k listu 14-23 Králíky (Opletal et al. 1997), v nutných případech bylo k názvu horniny v tab. 1 připojeno číslo barevné kolonky ve zmiňovaném mapovém listu; čtené údaje o petrografické povaze hornin

v jv. úseku sledovaného území jsou ve vysvětlivkách k listu 14-234 Hanušovice (Opletal et al. 2000).

K bližší determinaci mramorů z velkovrbenské skupiny byla provedena stanovení obsahů MgO a CaO v karbonátovém podílu těchto hornin (analytik P. Kadlec, PřF MU Brno), avšak pouze v případě souboru vzorků z ložiska Konstantin.

V horninových vzorcích 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), uranu a thoria (u obou prvků nepřímo na základě koncentrací dceřiných produktů, a proto jsou jejich obsahy při uvádění výsledků analýz označovány jako eU a eTh). Meze detekce: K = 0,5 hmot. %, U = 1,5 ppm, Th = 1,5 ppm. Při výpočtu hodnot a_m (viz níže) a při statistickém zpracování dat byly obsahy K pod mezí detekce nahrazeny hodnotou 0,33 hmot. %, obdobně v případě eU a eTh hodnotou 1 ppm.

Přirozená radioaktivita hornin je hodnocena 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 uranu a thoria dosazovány v ppm, obsahy draslíku v hmot. %.

Výsledky a diskuze

Výsledky provedených laboratorních gamaspektrometrických měření jsou shrnuty v tabulce 1, do níž však nebyly začleněny údaje o souboru vzorků rul sněžnicko-gierałtowské skupiny z výrazné pozitivní uranové anomálie na k. ú. Velká Morava. Ze získaných dat plynou tyto poznatky:

1. Ruly sněžnicko-gierałtowské skupiny (viz tab. 1) vykazují průměrnou hmotnostní aktivitu 164 Bq·kg⁻¹, což

Tab. 1: Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, eU, eTh) v horninách a vypočtené hodnoty hmotnostní aktivity (a_m); n = počet vzorků, x = průměr.

Tab. 1: Natural radioactive elements (K, eU, eTh) contents in rocks and calculated mass activity (a_m); n = number of samples, x = average.

geol. jednotka/ hornina	n	K (hmot. %)				eU (ppm)				eTh (ppm)				a_m (Bq·kg ⁻¹)			
		min.	max.	med.	x	min.	max.	med.	x	min.	max.	med.	x	min.	max.	med.	x
<i>orlicko-sněžnická jednotka – sněžnické a gierałtowské ortoruly, žilné horniny v ortorulách</i>																	
ortoruly	327	1,3	6,2	3,6	3,6	< 1,5	8,7	2,3	2,7	< 1,5	19,4	7,3	7,5	72	270	166	164
pegmatity	2	8,2	9,3	8,8	8,8	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	2,7	1,8	1,8	216	252	234	234
lamprofyry	3	5,0	6,1	5,2	5,4	2,9	13,1	8,5	8,2	10,5	18,8	12,6	14,0	243	360	335	313
žilné diority	3	1,9	2,6	2,6	2,4	2,4	2,8	2,8	2,7	8,2	8,9	8,3	8,5	129	145	144	139
<i>orlicko-sněžnická jednotka – mlynowiecko-stroňská skupina</i>																	
svory40	23	1,4	5,6	2,9	3,0	1,8	3,9	2,6	2,7	6,2	13,3	10,8	10,4	97	248	167	165
svory46	12	1,7	4,2	2,8	2,8	2,0	4,3	3,5	3,2	8,6	13,3	10,2	10,6	133	219	164	169
ruly	3	2,2	3,2	3,2	2,9	< 1,5	2,6	1,7	1,8	4,4	11,7	8,6	8,2	115	177	124	139
živcové kvarcity	3	1,1	3,7	3,1	2,6	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	2,5	5,9	3,6	4,0	60	136	102	99
erlany	5	1,4	3,8	3,3	3,0	1,7	2,9	2,3	2,3	9,3	11,7	9,6	10,0	123	186	161	158
mramory	12	< 0,5	0,7	< 0,5	< 0,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	1,5	< 1,5	< 1,5	< 39	< 39	< 39	< 39
<i>staroměstská skupina a skupina Hraničné</i>																	
svory, fylonity33	35	1,4	4,1	2,4	2,6	< 1,5	4,0	2,7	2,8	6,4	15,7	10,1	10,3	96	235	154	156
svory-ruly36	20	0,8	4,0	2,6	2,6	< 1,5	5,4	2,8	2,9	2,2	25,3	10,4	10,6	44	305	162	159
ruly-migmatity34	37	< 0,5	6,3	1,2	1,5	< 1,5	4,4	2,0	2,0	< 1,5	36,9	6,7	8,3	< 39	378	93	110
albitické svory37	19	1,9	4,5	3,0	3,0	1,7	8,6	3,9	4,0	8,1	19,2	14,6	14,3	132	286	204	204
ruly37	23	< 0,5	4,8	1,9	2,0	< 1,5	6,4	2,5	2,6	< 1,5	16,0	7,8	8,0	< 39	228	117	126
amfibolity38	52	< 0,5	1,1	< 0,5	< 0,5	< 1,5	2,6	< 1,5	< 1,5	< 1,5	4,5	< 1,5	< 1,5	< 39	73	< 39	< 39
ortoruly38	46	< 0,5	4,6	< 0,5	0,9	< 1,5	10,1	< 1,5	1,7	< 1,5	19,7	1,5	3,5	< 39	338	< 39	64
kvarcity39	3	< 0,5	1,1	< 0,5	0,6	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	4,3	8,5	4,6	5,8	47	70	64	60
<i>granitoidy, serpentinity a eklogity v prostoru staroměstských pásem</i>																	
granitoidy	36	0,7	3,7	2,2	2,1	< 1,5	14,3	2,3	2,6	< 1,5	15,7	8,9	8,9	55	235	140	136
serpentinity	17	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 39	< 39	< 39	< 39
eklogity	1	0,6	0,6	0,6	0,6	3,8	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9	3,9	84	84	84	84
<i>velkovrbenská skupina</i>																	
fylnity28	30	1,3	4,7	2,6	2,7	< 1,5	5,3	2,4	2,5	5,4	18,6	11,3	11,8	98	245	162	164
ruly29	13	0,6	4,2	1,2	1,6	< 1,5	3,5	2,5	2,0	< 1,5	11,3	5,3	6,0	< 39	173	102	99
amfibolity	19	< 0,5	1,6	< 0,5	0,6	< 1,5	2,2	< 1,5	< 1,5	< 1,5	7,8	1,7	2,2	< 39	80	< 39	40
světlé metatufy	8	< 0,5	4,4	2,6	2,5	< 1,5	5,6	< 1,5	2,0	< 1,5	18,7	5,6	7,4	60	287	106	127
metaryolity	5	3,2	4,1	3,9	3,7	< 1,5	2,6	< 1,5	1,6	5,9	17,7	9,1	10,8	142	214	159	172
kvarcity	5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	2,3	3,8	3,0	3,1	< 39	42	< 39	39
skarny	3	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	4,2	5,3	4,6	4,7	9,8	16,2	10,3	12,1	120	159	130	136
mramory	13	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1,5	5,6	< 1,5	1,8	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 39	83	< 39	< 39
grafitické horniny	7	1,4	4,1	2,2	2,4	3,9	18,2	10,9	10,9	< 1,5	4,9	3,6	3,2	102	333	209	211
<i>keprnická skupina a skupina Branné</i>																	
keprnické ruly	47	1,3	4,2	2,2	2,3	< 1,5	3,8	< 1,5	< 1,5	< 1,5	20,5	6,2	7,3	54	254	105	115
blastomylonity	12	0,7	5,1	2,0	2,5	< 1,5	3,2	1,6	1,6	< 1,5	37,8	7,2	9,9	69	297	132	139
leukokratické ruly	4	2,6	5,2	3,9	3,9	< 1,5	4,4	2,2	2,4	4,9	13,6	9,0	9,1	152	196	180	177
svory	25	1,7	4,3	3,0	3,0	1,6	3,4	2,4	2,4	7,8	15,4	11,8	11,8	108	229	171	172
fylnity	38	1,7	4,5	2,9	2,9	< 1,5	4,8	2,0	2,3	6,4	22,5	12,3	12,7	108	280	167	171
kvarcity	2	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 39	< 39	< 39	< 39
mramory	15	< 0,5	1,2	0,8	0,7	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	7,8	2,1	2,9	< 39	85	43	46
metabazika	2	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	5,1	5,7	5,4	5,4	50	53	52	52
živcové kvarcity	7	1,5	3,7	2,5	2,5	< 1,5	5,1	< 1,5	1,8	< 1,5	15,6	4,1	5,2	54	243	99	113
<i>hanušovický masiv</i>																	
granitoidy	37	1,0	4,5	3,0	2,9	2,2	11,4	4,4	4,9	7,8	38,0	25,5	23,7	128	404	263	268

je hodnota velmi blízká hmotnostní aktivitě vypočtené pro průměrnou zemskou kůru z klarků K, U a Th (cca 180 Bq·kg⁻¹). Opletal et al. (1980) dělí ruly této skupiny do tří stavbou odlišných typů, v citované práci označovaných

jako typy A, B a C. Toto členění respektovali autoři geologické mapy 14-23 Králíky (viz Opletal et al. 1997) a také autor této zprávy. Typ A zahrnuje drobnozrnné zrnito-šupinaté dvojslídne ruly (typické ruly gierałtowské).

Tab. 2: Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, eU, eTh) v rulách orlicko-sněžnické jednotky a vypočtené hodnoty hmotnostní aktivity (a_m); n = počet vzorků, x = průměr.

Tab. 2: Natural radioactive elements (K, eU, eTh) contents in gneisses of the Orlica-Snieznik Unit and calculated mass activity (a_m); n = number of samples, x = average.

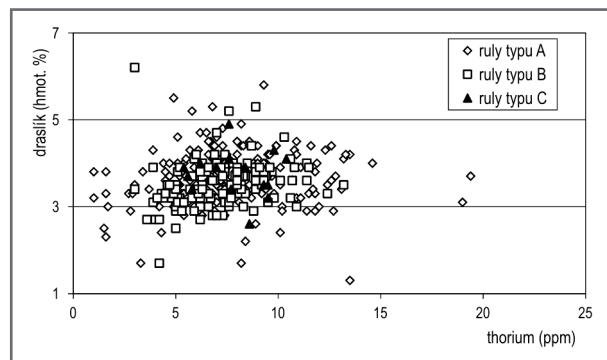
typ ruly	n	K (hmot. %)				eU (ppm)				eTh (ppm)				a_m (Bq·kg ⁻¹)			
		min.	max.	med.	x	min.	max.	med.	x	min.	max.	med.	x	min.	max.	med.	x
<i>ruly orlicko-sněžnické jednotky na mapovém listu 14-23 Králíky (n = 327)</i>																	
typ A	194	1,3	5,8	3,7	3,7	< 1,5	8,0	2,4	2,8	< 1,5	19,4	7,4	7,6	72	270	168	167
typ B	118	1,7	6,2	3,5	3,5	< 1,5	8,7	2,2	2,6	3,0	13,2	7,0	7,2	78	242	161	158
typ C	15	2,6	4,9	3,9	3,8	1,6	4,5	2,4	2,6	5,4	10,4	7,7	7,9	132	190	165	168
<i>ruly orlicko-sněžnické jednotky na mapovém listu 14-12 Deštné (n = 148)</i>																	
typ A	38	1,8	4,4	3,7	3,6	< 1,5	6,2	2,4	2,4	2,9	13,9	8,1	8,0	121	234	161	163
typ B	93	1,9	5,5	4,0	4,0	< 1,5	11,5	1,9	2,5	2,1	16,9	7,3	7,8	94	348	168	171
typ C	17	3,1	5,4	3,9	4,0	< 1,5	4,1	2,1	2,3	4,2	11,5	8,2	7,9	130	220	170	171

Do typu B jsou řazeny středně až hrubě zrnité, plástevnaté až zrnito-plástevnaté dvojslídne ruly (jde o ruly dříve zčásti řazené k rulám gierałowským, zčásti k sněžnickým). K typu C jsou zařazeny hrubě okaté dvojslídne ruly (typické ruly sněžnické). V rámci sněžnicko-gierałowské skupiny na listu 14-23 Králíky silně převažují ruly typu A, méně jsou zastoupeny ruly typu B a jen zcela lokálně zde vystupují ruly typu C (kartograficky jsou vyjádřitelné pouze v okolí kóty Výčnělek na k. ú. Heřmanice). Vztah výše uvedených typů rul a jejich geneze je dlouhodobě diskutovaným problémem (viz např. Opletal et al. 1980, 1997, Grzeškowiak 2003, Bröcker et al. 2003, Grzeškowiak et al. 2005, Buriánek et al. 2009). V tabulce 2 jsou uvedeny obsahy K, U a Th ve vyčleněných typech rul na listu 14-23 Králíky a také na listu 14-12 Deštné (získané shodnou metodikou). Korelace Th versus K a také Th versus U jsou vyjádřeny na obrázcích 1 a 2 (na základě dat z listu 14-23 Králíky). Velmi podobné průměrné obsahy K, U a Th i nepříliš rozdílná rozpětí obsahů sledovaných prvků v jednotlivých typech rul (obr. 1 a 2) by mohly ukazovat na identický protolit, například povahy granitoidu (např. Bröcker et al. 2003) nebo pelitu, resp. metapelitu (viz Buriánek et al. 1997). Mírné zvýšení obsahu draslíku v rulách typu C ve srovnání s typem A (výrazněji v souboru vzorků z listu 14-12 Deštné – tab. 2) by mohlo svědčit o vzniku živcových „ok“ v průběhu feldspatizace (podle Opletala et al. 1997 se ruly typu C vytvořily feldspatizací rul typu A a B).

2. Anomálně vysoké obsahy uranu (až 0,16 hmot. %) a také thoria (až 0,18 hmot. %) byly zjištěny v mylonitizovaných a hydrotermálně alterovaných rulách (původně patrně typu A) odebraných na montánní haldě cca 380 m vsv. od kóty 1 014,0 m na k. ú. Velká Morava. Na téže lokalitě byly zjištěny lamprofyry se zvýšenými obsahy uranu (v průměru 8,2 ppm eU).

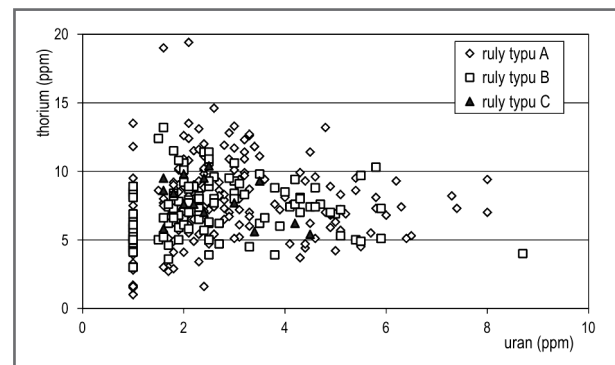
3. V souboru vzorků mlynowiecko-stroňské skupiny (tab. 1) jsou zastoupeny zejména svory, a to oběma na listu 14-23 Králíky kartograficky rozlišitelnými typy: chlorit-muskovitickými svory až albitickými svory (v legendě mapy položka č. 40) a dvojslídny albitickými svory (položka č. 46). Pokud jde o obsahy K, U a Th, neexistují mezi oběma skupinami svorů žádné zásadní rozdíly (viz tab. 1).

4. V rámci petrograficky velmi pestré staroměstské skupiny a skupiny Hraničné (viz tab. 1, k názvu horninových typů je připojeno číslo příslušné položky v legendě mapy) vykazují nejvyšší přirozenou radioaktivitu albitické svory (průměrná hmotnostní aktivita je 204 Bq·kg⁻¹), a to díky relativně vysokým obsahům všech tří sledovaných prvků. Nejnižší přirozenou radioaktivitu mají kvarcity, amfibolity a s nimi společně se vyskytující ortoruly (často jde o střídání cm až dm poloh světlých ortorul s mohutnějšími polohami amfibolitů); výjimečně však mohou mít tyto ortoruly výrazně zvýšené obsahy všech tří sledovaných prvků (viz tab. 1).



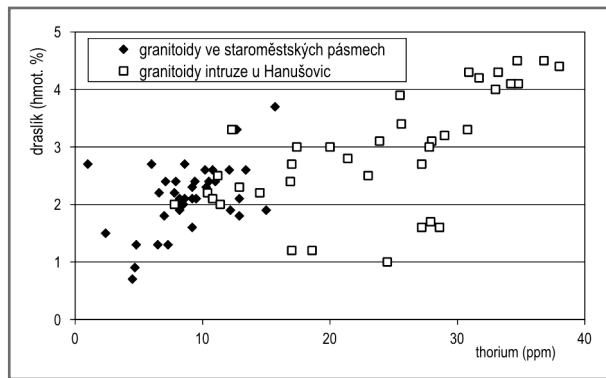
Obr. 1: Korelace thorium versus draslík v rulách orlicko-sněžnické jednotky.

Fig. 1: Thorium versus potassium correlation in gneisses of the Orlica-Snieznik Unit.



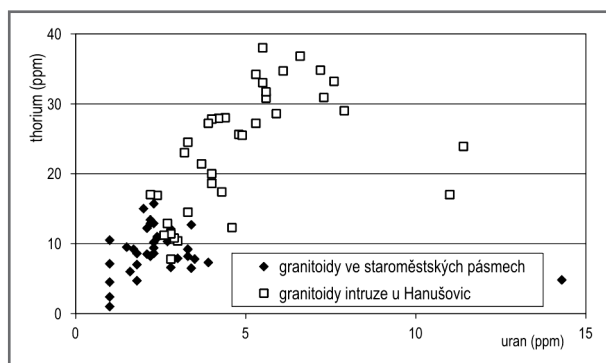
Obr. 2: Korelace uran versus thorium v rulách orlicko-sněžnické jednotky.

Fig. 2: Uranium versus thorium correlation in gneisses of the Orlica-Snieznik Unit.



Obr. 3: Korelace thorium versus draslík v granitoidech ze staroměstských pásem a v granitoidech z intruze u Hanušovic.

Fig. 3: Thorium versus potassium correlation in granitoids of the Staré Město Belt and in granitoids of an intrusion near Hanušovice.



Obr. 4: Korelace uran versus thorium v granitoidech ze staroměstských pásem a v granitoidech z intruze u Hanušovic.

Fig. 4: Uranium versus thorium correlation in granitoids of the Staré Město Belt and in granitoids of an intrusion near Hanušovice.

5. Tonalitová suita vystupující v podobě „žíly“ v amphibolitech tzv. staroměstských pásem je petrograficky pestrá – převažují granodiority až tonality, ale přítomny jsou i křemenné monzodiority a křemenné diority (viz např. René 1998). S tím souvisí vysoká variabilita obsahů všech tří sledovaných prvků (viz tab. 1, obr. 3 a 4, v nichž jsou všechny horniny tonalitové suity zjednodušeně označeny jako granitoidy).

6. V rámci velkovrbenské skupiny byly zjištěny relativně vysoké obsahy uranu ve skarnech a grafitických horninách. Železnorudné skarny z historického ložiska Malé Vrbno (Mücke et al. 2004) mají v průměru 4,7 ppm eU. V grafitických horninách bylo stanoveno 3,9 až 18,2 ppm eU (průměr 10,9 ppm eU).

7. Mramory velkovrbenské skupiny vykazují velmi nízkou přirozenou radioaktivitu (viz tab. 1). Podle publikovaných údajů (Šmůla 2007) jsou na ložisku Konstantin přítomny mramory s různými poměry CaO a MgO, odpovídajícími celé škále hornin od mramorů s výrazně dominantním kalcitem až po mramory s výraznou dominancí dolomitu. V rámci výzkumu, o němž informuje tato zpráva, bylo v osmi vzorcích (reprezentujících všechny hlavní makroskopicky rozlišitelné typy mramorů na ložisku Konstan-

tin) provedeno kromě gamaspektrometrických analýz i stanovení obsahu CaO a MgO. Na základě obsahu obou oxidů lze v souboru vzorků rozlišit kalcitické mramory (tři vzorky s 52,0–53,5 hmot. % CaO a 0,5–0,7 hmot. % MgO) a dolomitické mramory (pět vzorků s 29,9–30,4 hmot. % CaO a 18,6–21,3 hmot. % MgO). V souboru osmi studovaných vzorků jsou tedy zastoupeny pouze členy s výraznou dominancí jednoho z karbonátů (minerál dolomit má teoreticky 30,4 hmot. % CaO a 21,7 hmot. % MgO), přechodné členy v něm chybí. Z trojice sledovaných radioaktivních prvků je v případě karbonátových hornin nejzajímavější uran. Ve čtyřech vzorcích byl zjištěn v rozpětí 1,6–5,6 ppm eU, ve čtyřech zbývajících byly jeho koncentrace pod 1,5 ppm eU. Obsah uranu nekoreluje s poměrem CaO/MgO. Běžové až nažloutle zbarvené dolomitické mramory (3 vzorky) mají obsahy uranu vždy pod 1,5 ppm eU. Vyšší obsahy uranu byly zjištěny v šedě zbarvených kalcitických mramorech (3 vzorky, < 1,5 až 1,7 ppm eU), nejvyšší v středně až tmavě šedých dolomitických mramorech (2 vzorky, 5,0 a 5,6 ppm eU), v nichž je uran patrně vázán na grafitickou substanci, rozlišitelnou místy již makroskopicky.

8. Keprnické ortoruly a je provázající blastomylonity mají v průměru jen nízkou přirozenou radioaktivitu. Obě skupiny hornin vykazují poměrně široké intervaly obsahů u všech tří sledovaných prvků (tab. 1). Značná podobnost mezi oběma soubory hornin ukazuje na obdobnou povahu protolitu.

9. V rámci skupiny Branné mají nejvyšší hmotnostní aktivitu fylity a svory. Z výsledků v tab. 1 lze usuzovat na identický protolit obou typů metapelitů.

10. Vlivem často vysokých obsahů uranu a thoria vykazují zvýšenou přirozenou radioaktivitu granitoidní horniny „hanušovického masivu“ (v průměru 268 Bq·kg⁻¹). Takto jsou označovány monzogranity, přecházející do syenogranitů nebo granodioritů (Pospíšil 2012), vystupující ve dvojslídých svorech skupiny Branné v. a sv. od Hanušovic (v okolí železniční zastávky Potučník a v okolí kóty Branská) a u Pustých Žibřidovic. Zvýšené obsahy uranu a thoria vykazují zejména syenogranity. Pozitivní korelace mezi draslíkem a thoriem a též mezi thoriem a uranem je zřejmá z obr. 3 a 4. Oba obrázky současně dobře dokumentují výrazný rozdíl mezi granitoidy intruze u Hanušovic a tonalitovou suitou ve staroměstských pásmech.

Závěr

Průměrná hmotnostní aktivita jednotlivých horninových typů budujících krystalinikum na mapovém listu 14-23 Králíky až na výjimky nedosahuje hodnot vypočtených pro průměrnou zemskou kůru (kolem 180 Bq·kg⁻¹). Těmito výjimkami jsou pegmatity a zejména lamprofyry pronikající ortorulami orlicko-sněžnické jednotky, albitické svory staroměstské skupiny, grafitické horniny velkovrbenské skupiny a také granitoidy „hanušovického masivu“.

V poli přirozené radioaktivity představuje výraznou pozitivní anomálii (avšak o velmi malé ploše) ekonomicky bezvýznamný výskyt uranové mineralizace na k. ú. Velká Morava.

Literatura

- Bröcker, M. – Lange, U. – Mezger, K. – Żelaźniewicz, A. (2003): The orthogneisses of the Orlica-Śnieżnik dome (West Sudetes, Poland): Sr-Nd isotope characteristics and Rb-Sr geochronology. – *Journal of the Czech Geological Society*, 48, 1–2, 25–26.
- Buriánek, D. – Verner, K. – Hanžl, P. – Krumlová, H. (2009): Ordovician metagranites and migmatites of the Svatka and Orlice-Sněžník units, northeastern Bohemian Massif. – *Journal of Geosciences*, 54, 2, 181–200.
- Grzeškowiak, A. (2003): On the mineralogy and origin of the Śnieżnik versus Gieraltów gneisses, Międzygórze Unit, OSD, West Sudetes. – *Geolines*, 16, 36–38.
- Grzeškowiak, A. – Żelaźniewicz, A. – Fanning, M. (2005): Early Palaeozoic syntectonic migmatization preceded Variscan metamorphism in the Orlica-Śnieżnik Dome, Sudetes: U-Pb SHRIMP evidence. – *Geolines*, 19, 46–48.
- Cháb, J. – Breiter, K. – Fatka, O. – Hladil, J. – Kalvoda, J. – Šimůnek, Z. – Štorch, P. – Vašíček, Z. – Zajíc, J. – Zapletal, J. (2008): *Stručná geologie základu Českého masivu a jeho karbonského a permského pokryvu*. – Vydavatelství České geologické služby, Praha.
- Mücke, A. – Fojt, B. – Skácel, J. (2004): The Malé Vrbno magnetite occurrence of the Velké-Vrbno Unit, Czech Republic: petrology, mineralogy, geochemistry and genesis. – *Chemie der Erde*, 66, 109–127.
- Opletal, M. et al. (1980): *Geologie Orlických hor*. – Ústřední ústav geologický – Academia Praha.
- Opletal, M. – Čech, S. – Sekyra, J. (1997): *Geologie území*. – In: Müller, V. (ed.): *Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1 : 50 000, list 14-23 Králíky*, 7–15. Český geologický ústav, Praha.
- Opletal, M. – Pecina, V. – Vít, J. (2000): *Geologický vývoj a charakteristika jednotek*. – In: Opletal, M. (ed.): *Vysvětlivky k základní geologické mapě České republiky 1 : 25 000, list 14-234 Hanušovice*, 5–28. Český geologický ústav, Praha.
- Pospíšil, J. (2012): *Petrografická charakteristika granitoidů hanušovické intruze*. – MS, diplomová práce, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého Olomouc.
- René, M. (1998): Evolution of a tonalite suite in the northeastern part of the Bohemian Massif. – *Geolines*, 6, 53.
- Šmůla, R. (2007): *Karbonátové horniny z lokality Konstantin a jejich vhodnost k chemicko-technologickému zpracování a zpracování tavením*. – *Uhlí – rudy – geologický průzkum*, 14, 3, 29–35.