PŘIROZENÁ RADIOAKTIVITA PALEOZOICKÝCH KARBONÁTOVÝCH HORNIN SEVEROVÝCHODNÍ ČÁSTI ČESKÉHO MASIVU

Natural radioactivity of Palaeozoic carbonate rocks of the NE part of the Bohemian Massif

Jiří Zimák[1], Jindřich Štelcl[2]

[1]Katedra geologie PřF UP, tř. Svobody 26, 771 46 Olomouc, e-mail: zimak@prfnw.upol.cz

[2]Ústav geologických věd PřF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno, e-mail: stelcl@sci.muni.cz

(14-22 Jeseník, 14-23 Králíky, 14-24 Bělá pod Pradědem, 14-41 Šumperk, 14-43 Mohelnice, 14-44 Šternberk, 15-11 Zlaté Hory, 15-13 Vrbno pod Pradědem, 15-31 Bruntál, 24-21 Jevíčko, 24-22 Olomouc, 24-24 Prostějov, 25-12 Hranice, 25-13 Přerov, 25-14 Valašské Meziříčí)

Key words: limestones, marbles, gamma-spectrometry, natural radioactive elements

Abstract

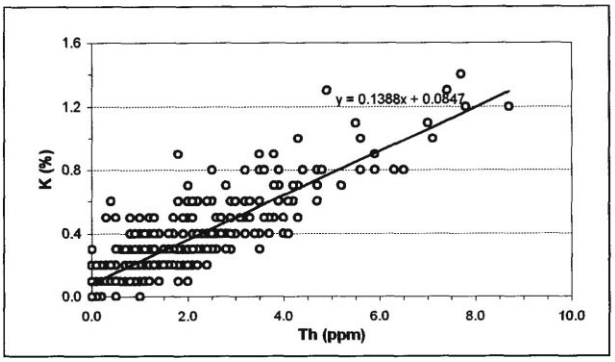
Concentrations of natural radioactive elements (K, U, Th) were determined by using a field gamma-ray spectrometer in Palaeozoic carbonate rocks (limestones, dolostones and marbles) in the NE part of the Bohemian Massif. The concentrations of these elements were converted to the mass activity of ^{226}Ra equivalent (a_m) in order to express gamma-ray activity of carbonate rocks in the individual geological units. Relatively low natural radioactivity of the studied rocks (average values of a_m under 100 Bq.kg^{-1}) is caused by low contents of K and Th; the uranium contents correspond approximately to the clark value. Slightly increased contents of uranium were found in limestones near the boundary of Macocha Fmt./Líšeň Fmt. and also in a phosphorite-rich horizon in limestones of the Líšeň Fmt. (in the Hranice Karst area).

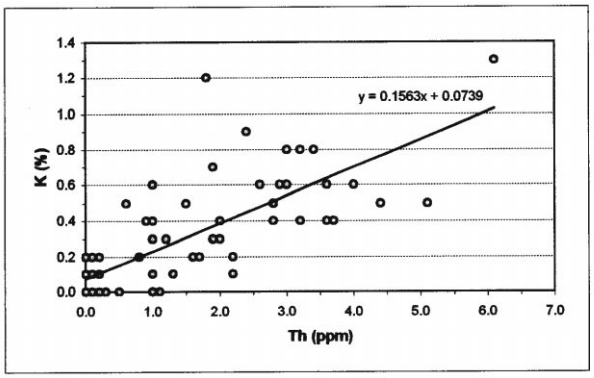
Na povrchových výchozech paleozoických karbonátových hornin (vápenců, dolomitů, kalciturbiditů a metamorfních ekvivalentů) v severovýchodní části Českého masivu bylo autory této zprávy pomocí gamaspektrometru GS-256 realizováno 1262 měření, jimiž byly stanoveny obsahy K, U a Th v uvedených typech hornin. Standardním způsobem byl pak proveden přepočet gamaspektrometricky zjištěných obsahů K, U a Th na hmotnostní aktivitu ekvivalentu ^{226}Ra (dále jen hmotnostní aktivita nebo a_m), jíž lze vyjádřit přirozenou radioaktivitu

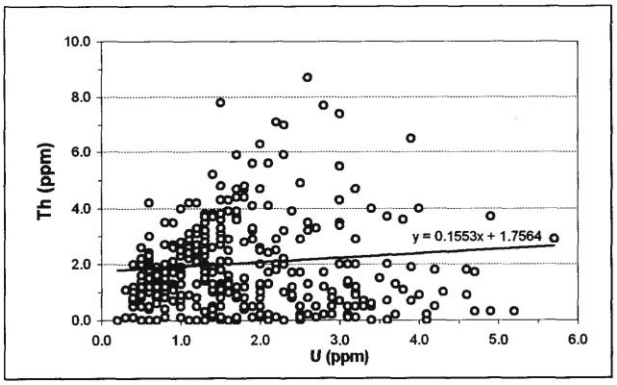
	n	K (hm. %)		U (ppm)		Th (ppm)		a_m (Bq.kg^{-1})	
		rozpětí	Č	rozpětí	Č	rozpětí	Č	rozpětí	Č
devon KMP - jesenecké váp.	28	0,1-1,1	0,5	0-2,4	0,8	0-8,0	2,3	13-74	36
devon KMP – MS	350	0-1,4	0,3	0,2-5,7	1,7	0-8,7	1,8	2-113	36
čelechovický devon	36	0,3-1,1	0,6	0,8-4,0	2,1	0,1-3,8	0,7	30-68	46
hněvotínský devon	41	0-0,5	0,2	0-2,3	0,9	0-1,8	0,7	7-44	20
přerovský devon	41	0-0,6	0,2	0-2,9	1,3	0-4,0	1	4-52	25
grygovský devon - MS	33	0-0,3	0,2	0-2,7	1,5	0-2,3	0,9	12-45	27
grygovský devon - LS	21	0,3-1,6	0,6	0,5-3,1	1,4	0,5-9,8	3,1	20-123	50
hranický devon - MS	100	0-1,3	0,2	0-8,0	2,3	0-6,1	1,1	1-129	41
hranický devon - LS	208	0,1-2,4	1	0-8,8	2,8	0-10,9	3,7	14-174	80
devon ŠHB pruhu	58	0,6-4,3	1,9	0,3-5,4	2,2	2,1-18,5	7,8	38-274	119
sovinecký devon	27	0,4-2,0	1	0-1,4	0,8	0-7,4	2,1	13-81	47
vitošovské vápence	16	0-0,8	0,3	0,5-4,0	1,7	0-3,5	1,4	10-66	37
skupina Branné	97	0-1,2	0,3	0,1-7,1	2,2	0-5,2	1,2	4-101	43
heřmanovické vápence	58	0,2-2,6	0,8	0-9,2	1,3	0-11,9	2,4	9-178	50
plášť žulovského plutonu	66	0-1,7	0,5	0-7,7	1,3	0-4,7	1,7	6-115	38
HD – hněvotínské váp.	21	0,3-0,9	0,5	0,2-3,4	1,7	0,8-5,2	2,2	25-73	45
HD – LS s fosfority	16	0,2-0,7	0,4	2,6-6,3	4	0,2-4,9	1,9	50-101	69
HD – LS bez fosforitů	14	0,2-0,7	0,4	1,6-4,6	2,6	0-3,5	1,8	30-79	51

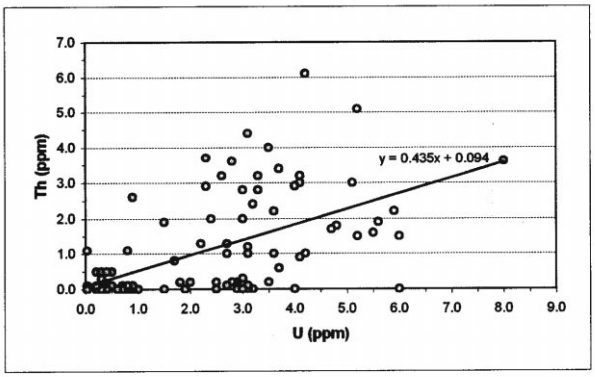
Tab.1 – Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, U, Th) v karbonátových horninách a vypočtené hodnoty hmotnostní aktivity (a_m). Vysvětlivky: KMP – konicko-mladečský pruh, MS – macošské souvrství, LS – líšeňské souvrství, ŠHB pruh – šternbersko-hornobenešovský pruh, HD – hranický devon.

Tab. 1 – Contents of natural radioactive elements (K, U, Th) in carbonate rocks and calculated mass activity (a_m). Explanations: KMP - Konice-Mladeč belt, MS – Macocha Fmt., LS – Líšeň Fmt., ŠHB pruh – Šternberk-Horní Benešov belt, HD – Hranice Devonian.









Obr. 1 – Korelace gamaspektrometricky stanovených prvků ve vápencích macošského souvrství v konicko-mladečském pruhu.
Fig. 1 – Correlation of elements determined by gamma-spectrometry in Macocha Fmt. limestones of the Konice-Mladeč belt.

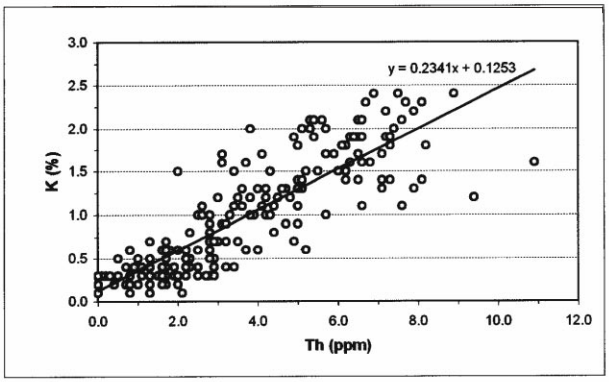
Obr. 2 – Korelace gamaspektrometricky stanovených prvků ve vápencích macošského souvrství v hranickém devonu.
Fig. 2 – Correlation of elements determined by gammaspectrometry in Macocha Fmt. limestones of the Hranice Devonian.

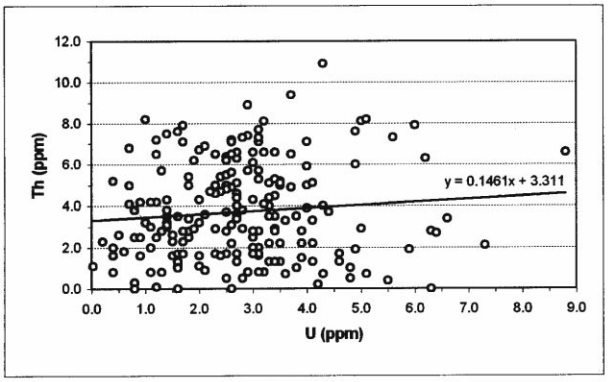
horniny ve sledovaném bodě. Podrobnější popis metodiky uvádí Zimák - Štelcl (2004).

Výsledky gamaspektrometrických měření jsou sumarizovány v tab. 1. Karbonátové horniny devonu konicko-mladečského pruhu (KMP) jsou v ní členěny na jesenecké vápence a vápence macošského souvrství (MS). V případě grygovského devonu a devonu hranického jsou samostatně uváděny horniny macošského souvrství (MS) a souvrství líšeňského (LS). V řádku „devon ŠHB pruhu" jsou shrnuty výsledky měření na karbonátových horninách až vápnitých břidlicích u Leskovce nad Moravicí, Šternberka (Chabičov, Aleš) a v prostoru tzv. sovineckého devonu. Poslední tři řádky tab. 1 se týkají hranického devonu (HD) a z hlediska přirozené radioaktivity charakterizují: a) tzv. hněvotínské vápence na jejich neostratotypové lokalitě (stěna Hranické propasti - viz Zukalová – Chlupáč 1982, Bábek – Novotný 1999) a v bezprostředním okolí, b) vápence líšeňského souvrství na jedné z lokalit u Teplic nad Bečvou (výchoz cca 400 m severně od železničního nádraží), kde byla gamaspektrometrická měření provedena na horizontu s fosfority a také na vápencích bez fosforitů (resp. s jejich malým zastoupením) v bezprostředním nadloží i podloží fosforitového horizontu.

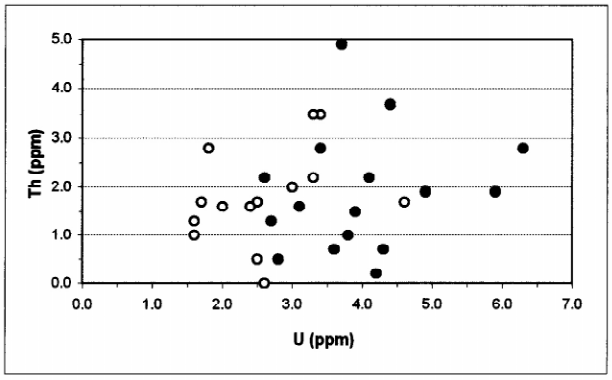
Výsledky provedených gamaspektrometrických měření umožňují formulovat tyto závěry:

1) Přirozená radioaktivita paleozoických karbonátových hornin sv. okraje Českého masivu je nízká. To souvisí hlavně s relativně nízkými, výrazně „podklarkovými" obsahy K a Th. Průměrné obsahy U v karbonátových horninách jednotlivých jednotek jsou zpravidla „podklarkové", v případě hranického devonu zhruba odpovídají klarku.
2) Vždy existuje pozitivní korelace mezi K a Th. Hodnota korelačního koeficientu je obvykle 0,7 až 0,9; v některých případech je však výrazně nižší (karbonátové horniny sovineckého devonu, MS grygovského devonu) - viz obr. 1 až 3, tab. 2. Obsahy obou prvků se zvyšují s rostoucím podílem silikátové složky v hornině, maximální jsou v kalciturbiditech, resp. jejich metamorfních ekvivalentech. Podobný trend vykazují i vápence Moravského krasu (viz tab. 2).
3) Zpravidla neexistuje výrazná korelace mezi U na straně jedné a K nebo Th na straně druhé - viz obr. 1 až 3, tab. 2. Výjimku představují karbonátové horniny (vápnité břidice) z Leskovce nad Moravicí (s max. 4,3 hm. % K a 18,5 ppm Th) s výraznou pozitivní korelací mezi U a Th (korelační koeficient = 0,86).





Obr. 3 – Korelace gamaspektrometricky stanovených prvků ve vápencích líšeňského souvrství v hranickém devonu.
Fig. 3 – Correlation of elements determined by gammaspectrometry in Líšeň Fmt. limestones of the Hranice Devonian.



Obr. 4 – Obsahy Th a U ve vápencích líšeňského souvrství u Teplic nad Bečvou (prázdné kroužky = vápence bez fosforitů nebo s jejich nepatrným zastoupením; plné kroužky = horizont s fosfority).
Fig. 4 – Contents of Th and U in Líšeň Fmt. limestones close by Teplice nad Bečvou (empty circles = limestones without phosphorites or with a slight phosphorite content, full circles = phosphorite-rich horizon).

4) Karbonátové horniny MS a LS mají v rámci jedné a téže lokality velmi podobné obsahy uranu (viz údaje o grygovském devonu a devonu hranickém v tab. 1), obdobná situace je i v prostoru Moravského krasu. Vzhledem ke značné mobilitě uranu nemusí být jeho stávající obsah v hornině odrazem jeho koncentrace ve výchozím sedimentu (k výrazným změnám v obsahu U může dojít již v průběhu diageneze a dále při epigenezi, včetně metamorfních a zvětrávacích procesů). Gamaspektrometrická měření na několika lokalitách prokázala existenci dvou zřetelných pozitivních uranových anomálií při rozhraní MS a LS (o těchto U-anomáliích se zmiňuje již Bábek et al. 2003, Štelcl - Zimák 2003). První z U-anomálií se nachází v nejvyšší části MS, v cca 1–2 m mocném horizontu, ležícím bezprostředně pod rozhraním MS a LS. Druhá anomálie je při bázi LS, cca 1 m nad rozhraním MS a LS.
5) Při gamaspektrometrickém profilování v LS v prostoru hranického devonu se jako pozitivní uranová anomálie projevuje stratigraficky významný horizont s fosfority. Ve výchozu u Teplic nad Bečvou byly v horizontu s fosfority stanoveno 2,6 až 6,3 ppm U (průměr 4,0 ppm), okolní vápence bez fosforitů nebo s jen jejich malým zastoupením obsahují pouze 1,6 až 4,6 ppm U (průměr 2,6 ppm); v obsazích Th neexistuje výrazný rozdíl mezi oběma horninovými prostředími – viz obr. 4.
6) Hněvotínské vápence v prostoru hranického devonu mají často plástevnatou či laminovanou stavbu, jejíž deformační (střižný) původ prokázal již Šteffan – Melichar (1996). Výsledky gamaspektrometrických měření na stěně Hranické propasti a na výchozech vápenců v jejím okolí dokládají vztah mezi primární

		K vs. Th	U vs. Th
konicko-mladečský pruh	macošské souvrství	0,88	0,09
	jesenecké vápence	0,75	-0,17
grygovský devon	macošské souvrství	0,24	-0,43
	líšeňské souvrství	0,92	0,36
hranický devon	macošské souvrství	0,79	0,55
	líšeňské souvrství	0,84	0,09
šternbersko-	Leskovec nad Moravicí	0,92	0,86
hornobenešovský pruh	Chabičov a Šternberk-Aleš	0,85	0,05
sovinecký devon		0,43	0,30
Moravský kras	macošské souvrství	0,92	0,34
	líšeňské souvrství	0,76	0,17

Tab. 2 – Korelační koeficienty K vs. Th a U vs. Th pro karbonátové horniny vybraných jednotek.
Tab. 2 – Correlation coefficients K vs. Th and U vs. Th for carbonate rocks of selected units.

litologií a stávající stavbou. Hněvotínské vápence s relativně vysokým podílem nekarbonátové složky (0,3 až 0,9 hm. % K) jsou zde výrazně laminované. Vpřípadě hornin s malým obsahem nekarbonátové složky (max. 0,3 hm. % K) je laminace méně výrazná a v extrémních případech může být makroskopicky nezřetelná (na některých výchozech jde zcela jistě o hněvotínské vápence, na jiných však nelze vyloučit příslušnost k macošskému souvrství).

Literatura:

Bábek, O. – Novotný, R. (1999): The Hněvotín limestone neostratotype locality revisited: a conodont biostratigraphy and carbonate microfacies approach, Moravia, Czech Republic. – Acta Univ. Palacki. Olomuc., Fac. Rer. Nat., Geologica 36, 63–68. Olomouc.

Bábek, O. – Zimák, J. – Štelcl, J. (2003): Carbonate facies, compositional variations and physical stratigraphy of Upper Devonian drowned-platform successions of the Moravo-Silesian basin, Czechia. In: Vlahovic, I. (ed.) Abstract Book, 22nd IAS Meeting of Sedimentology, Opatija 17. – 19.9.2003, s. 8.

Šteffan, M. – Melichar, R. (1996): Tzv. plástevnaté vápence a tektonika Hranického krasu. In: Tektonický vývoj orogenních pásem – termální, mechanické a sedimentární záznamy. ČGÚ Brno – Jeseník 1996, s. 48.

Štelcl, J. – Zimák, J. (2003): Radioactivity of Devonian limestones of the Moravian Karst (eastern part of the Bohemian Massif, Czech Republic). – Krystalinikum, 29, 147–154.

Zimák, J. – Štelcl, J. (2004): Přirozená radioaktivita horninového prostředí v jeskyních České republiky. Univerzita Palackého v Olomouci.

Zukalová, V. – Chlupáč, I. (1982): Stratigrafická klasifikace nemetamorfovaného devonu moravskoslezské oblasti. – Čas. min. geol., 27, 225–241. Praha.