

Gamaspektrometrická charakteristika hlavních horninových typů v lomu Utín u Příbyslavi (moldanubikum)

Gamma-ray spectrometry of main types of rocks in the Utín quarry near Příbyslav (Moldanubicum)

TEREZA DOLEŽELOVÁ¹, ZDENĚK DOLNÍČEK¹

¹Katedra geologie PřF UP Olomouc, 17 listopadu 12, CZ-771 46 Olomouc; email: dolezel.tereza@seznam.cz

Abstract: The quarry near Utín lies in the Moldanubian Zone of the Bohemian Massif. Laboratory gamma-ray spectrometry was applied to fresh migmatites, altered migmatites adjacent to ore veins, porphyritic granite, pegmatites, and lamprophyres. The most variable contents of eU (<1.5 ppm; 15.9 ppm) and K (1.2 %; 4.6 %) were measured in pegmatite. The highest contents of eTh (64.9 ppm) were measured in lamprophyre and the lowest contents of eTh (below the detection limit) in altered migmatites and pegmatites. The positive correlation of eTh and eU is indicated in migmatite and the positive correlation of K and eTh is indicated in porphyritic granite. The ratios of radioactive elements may be an indicator of mobility of K, U and Th under hydrothermal conditions. Altered migmatites have lower eTh/eU ratios (average 0.55) and eTh/K ratios (average 0.6) than fresh migmatites (average eTh/eU = 0.73 and average eTh/K = 0.9), which suggests gains of K and eU during hydrothermal alterations.

Key words: Moldanubicum, Utín quarry, gamma-ray spectrometry, lamprophyres, migmatites, pegmatites, granite, hydrothermal alteration

ÚVOD

Lom Utín je částečně zatopený, opuštěný tříetážový lom, v němž jsou odkryty horniny pestré skupiny moldanubika. Lom se nachází v oblasti tzv. havlíčkobrodského rudního revíru, v němž bylo v minulosti těženo žilné polymetalické Zn-Pb-Ag zrudnění kutnohorského typu (Dobeš et Malý 2001).

Z petrografického hlediska je utínský lom poměrně dobře prostudován. Kudělášková et al. (1961) provedla geologické mapování utínského ultrabazického tělesa v prostoru mezi obcemi Stříbrné Hory, Dlouhá Ves a Utín. Ultrabazické těleso je protaženo rovnoběžně se směrem foliace migmatitů, ve kterých je uloženo. Petrograficky nejednotné těleso je tvořeno hadcem, kolem kterého je vyvinut různě mocný lem eklogitů, amfibolitů a pyroxenitů. V severní části lomu je hadcové těleso proráženo žilou porfyrického granitu, která pokračuje sz. směrem do komplexu rul a migmatitů (Kudělášková et al. 1961). Cempírek et al. (2008) v lomu popsali desilikovaný pegmatit, který se makroskopicky vyznačuje zelenočernou barvou a jsou v něm přítomny červeně zbarvené prizmatické krystaly apatitu-(CaF). Hornina obsahuje značné množství minerálů ze skupiny chloritu, které zatlačují většinu pegmatitové hmoty. Doleželová (2013) uskutečnila revizi lokality spojenou s dokumentací jednotlivých horninových typů v prostoru lomu. Převažujícími horninami jsou biotiticko-sillimanitické migmatity, na jejichž složení se podílí křemen, živce, biotit a sillimanit. Z akcesorických minerálů jsou zastoupena zrna chloritu, muskovitu, zirkonu, apatitu, granátu a rutilu. Tělesa migmatitů jsou hojně prostoupena křemennými a křemen-sulfidickými žilkami, okolo nichž

je hornina hydrotermálně alterována (Doleželová 2013). Dosah alterace je různý, například u žilek do mocnosti 15 cm je viditelná do vzdálenosti 1 m (Dobeš et Malý 2001). Hydrotermálně alterovaný migmatit je tvořen křemenem, sericitem a vtrošeninami rudních minerálů. Z vedlejších minerálů je přítomen sillimanit a z akcesorií titanit, biotit, zirkon a apatit. Dalšími významně zastoupenými horninami v prostoru 1.–2. etáže jsou porfyrické žilné granity. Porfyrické vyrostlice tvoří křemen, biotit a živce. K-živce a plagioklasy jsou od sebe téměř nerozlišitelné. Zrna jsou silně postižená kaolinizací a sericitizací, z původních zrn zůstávají pouze relikty. V základní hmotě horniny jsou přítomny tytéž minerály, společně s chloritem, muskovitem, karbonátem a „limonitem“. Na první etáži byla dále nalezena žila lamprofyru a uralitizované eklogity. Lamprofyry jsou hnědošedé barvy, struktura horniny je porfyrická s holokrystalickou strukturou základní hmoty. Vyrostlice jsou tvořeny biotitem a pseudomorfózami po neznámém minerálu. Tytéž minerály se podílí na složení základní hmoty horniny společně s chloritem, křemenem, K-živcem, rudními minerály a „limonitem“. Z akcesorických minerálů jsou přítomna zrna apatitu a zirkonu. V hornině jsou přítomny i mandle druhotně vyplněné chloritem, křemenem či rudními minerály. Vzhledem k převaze biotitu a přítomnosti K-živce v základní hmotě lamprofyru lze usuzovat, že se pravděpodobně jedná o minetu. Třetí etáž je budována hadcem tmavozelené barvy, který je hojně prostoupen chryzotilovými žilkami. Z původních minerálů jsou přítomna zrna pyroxenu a olivínu, jež jsou silně zatlačovaná minerály serpentínové skupiny. Z dalších minerálů je přítomen zejména chromit a mastek (Doleželová 2013).

Mineralogicky je tento lom poměrně málo prozkoumán. Bylo zde zjištěno 10 tektonických poruch v migmatitech s projevy hydrotermální mineralizace. Mezi rudní minerály tvořící žíly patří pyrit, sfalerit, pyrhotin, chalkopyrit, markazit a arzenopyrit (Dobeš et Malý 2001). Z hlušinových minerálů byl zjištěn křemen a karbonát (rodochrozit, Mn-bohatý dolomit a Mg-bohatý kutnohorit).

Výzkumů zaměřených na přirozenou radioaktivitu u jednotlivých litotypů není v moldanubiku příliš mnoho. Přirozená radioaktivita hornin byla studována v lomu Bory u Velkého Meziříčí, založeném v granulitových a rulových horninách. Laboratorně byly zjišťovány obsahy radioaktivních prvků v jednotlivých horninách (granulity, pegmatity, pyroxenity, hadce a erlany). Nejvyšší obsahy K (8,2 %), eU (36,1 ppm) a eTh (25,4 ppm) byly naměřeny u pegmatitů. Nejnižší obsahy K, eU a eTh byly pod mezí stanovitelnosti u hadců, pyroxenitů, granulitů, pegmatitů a erlanů. Obsahy eU a K se u jednotlivých typů granulitů lišily minimálně, pouze obsahy eTh byly vyšší u tmavých granulitů (max. 15,9 ppm) než u světlých granulitů (max. 6,6 ppm) (Fuksová 2010, Fiala et al. 1987). Přirozená radioaktivita hornin byla studována i v lomu Pohled založeném v komplexu rul a granitů s uzavřeninami amfibolitů, erlanů a pyroxenitů. Gamaspektrometricky byly zjišťovány obsahy radioaktivních prvků u rul, granitů, amfibolitů, erlanů, pyroxenitů a pegmatitů. Laboratorně byly naměřeny nejvyšší obsahy K (5,5 %) a eU (9,2 ppm) u pegmatitů, nejvyšší obsahy eTh (13,8 ppm) byly zjištěny u granitů. Nejnižší obsahy byly pod mezí stanovitelnosti u rul, amfibolitů a serpentinitů (Mastíková 2009). U hydrotermálně alterovaných granitů docházelo buď k zvýšení obsahů všech tří radioaktivních prvků, nebo k zvýšení obsahů K a snížení obsahů Th, přičemž obsahy U zůstávají neměnné (Mastíková et Dolníček 2011). V Horách u Předína byly laboratorně zjišťovány obsahy radioaktivních prvků v pozůstatcích po těžbě primární Au-mineralizace v kvarcitech a rulách. Na vybraných lokalitách (Zákopy a Štůlně) jsou obsahy K, eTh a eU odlišné. Na lokalitě Štůlně byly naměřeny vyšší obsahy K (1,9–2,5 %) než na Zákopech (1,5–1,9 %). Obsahy eU se pohybovaly na lokalitě Zákopy v rozmezí 2,8–3,3 ppm a obsahy eTh mezi 6,3 a 7,5 ppm. Na lokalitě Štůlně byly naměřeny vyšší obsahy eU (2,6–4,0 ppm) a vyšší obsahy eTh (9,4–13,1 ppm) (Potočková 2009, Potočková et al. 2012). Další výzkum radioaktivity byl zaměřen na lom Vícenice u Náměště nad Oslavou (Malý 2012). Laboratorní gamaspektrometrií byly naměřeny nízké obsahy u amfibolitů postupně přecházejících do rulového komplexu, vykazujícího vyšší obsahy. Nejnižší hodnoty u amfibolitů byly u všech prvků pod mezí stanovitelnosti, nejvyšší hodnoty dosahovaly u K 0,43 %, eU 1,65 ppm a eTh 1,57 ppm. U rul byly naměřeny obsahy v rozmezí: K = 4,25–6,92 %, eU = 1,43–6,91 ppm, eTh = 11,14–67,56 ppm (Malý 2012). Přirozená radioaktivita hornin byla laboratorně zkoumána i v okolí Budišova, tvořeném amfibol-biotitickými durbachity s vyššími hodnotami přirozené radioaktivity: K = 1,9–5,1 %, eU = 4,1–8,6 ppm, eTh = 14,8–36,6 ppm (Matolín 2004).

METODIKA

V terénní etapě nejprve proběhl odběr jednotlivých litotypů pro následující laboratorní studium (čerstvé migmatity, alterované migmatity, žilné granity, pegmatity a lamprofyry).

Laboratorní fáze zahrnovala tvorbu výbrusů z jednotlivých hornin, které byly následně zkoumány pod polarizačním mikroskopem Olympus BX 50 na PřF UP v Olomouci. Dále zahrnovala gamaspektrometrické měření obsahu radioaktivních prvků - K, Th, U. Na rozdíl od draslíku byly obsahy U a Th stanoveny nepřímou (tj. na základě aktivity členů jejich rozpadových řad), proto jsou jejich obsahy při uvádění výsledků analýz označovány jako eTh a eU. Pro měření byly odebrány vzorky hornin o hmotnosti zhruba 1 kg. V laboratoři byly následně vzorky rozdrceny a vloženy do plastových krabiček o objemu 250 ml a ponechány uzavřené po dobu 20 dní pro ustavení radioaktivní rovnováhy. Do plastových krabiček se vešlo kolem 250 g vzorku. Poté byly tyto vzorky měřeny na laboratorním gamaspektrometru SG-1000 LAB s NaI(Tl) detektorem o objemu 0,35 dm³ (průměr 76 mm, délka 76 mm) na katedře geologie PřF UP v Olomouci. Měření každého vzorku trvalo 1800 sekund. Detekční limity jsou pro K 0,5 %, pro eU a eTh 1,5 ppm.

VÝSLEDKY

Gamaspektrometrickou metodou byly změřeny obsahy radioaktivních prvků ve 39 vzorcích čtyř horninových typů (migmatit, žilný granit, lamprofyr a pegmatit). Pro posouzení role alteračních procesů byly změřeny jak nealterované, tak i alterované migmatity. V tab. 1 jsou uvedeny výsledky laboratorního měření a vypočítaných poměrů eU/K, eTh/eU a eTh/K.

Největší a zároveň nejmenší obsahy K (1,2 %; 4,8 %) i eU (<1,5 ppm; 15,9 ppm) byly zjištěny u pegmatitu. Většina obsahů eTh u alterovaných migmatitů a pegmatitů byla pod hranicí stanovitelnosti (<1,5 ppm). Lamprofyry vykazovaly největší obsahy eTh (až 65,2 ppm), ale i poměrně vysoké obsahy eU (až 15,1 ppm). Nealterované migmatity měly nižší obsahy K i eTh než alterované migmatity, u eU to bylo naopak. U žilných granitů byly obsahy eTh vyšší než obsahy eU (tab. 1).

Z naměřených dat byly vypočítány i hmotnostní poměry eTh/eU, eTh/K a eU/K (tab. 1). U poměrů eTh/eU a eTh/K byla největší hodnota u lamprofyru (7,5 ppm/ppm, resp. 26,1 ppm/%) a nejmenší hodnota byla u alterovaného migmatitu (0,4 ppm/ppm, resp. 1,4 ppm/%). U pegmatitu nemohly být poměry spočítány vzhledem k hodnotám pod mezí stanovitelnosti. U poměrů eU/K byla vypočtena nejmenší hodnota u pegmatitu (0,5 ppm/%) a největší u lamprofyru (6,0 ppm/%) (tab. 1).

Tab. 1. Výsledky stanovení K, U, Th v horninách z lomu Utín, zjištěné laboratorní gamaspektrometrií a vypočítané hmotnostní poměry U/K, Th/U a Th/K.

Tab. 1. Results of laboratory gamma-ray spectrometry of K, U, Th in rocks from the Utín quarry and calculated U/K, Th/U, and Th/K mass ratios.

Vzorek	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	eU/K (ppm/%)	eTh/eU (ppm/ ppm)	eTh/K (ppm/%)
Žilný granit 1	3,6	5,3	13,0	1,5	2,5	3,6
Žilný granit 2	3,9	3,7	15,7	0,9	4,2	4,0
Žilný granit 3	3,7	4,5	14,2	1,2	3,2	3,8
Žilný granit 4	3,1	5,4	14,7	1,7	2,7	4,7
Žilný granit 5	3,2	4,6	12,1	1,4	2,6	3,8
Žilný granit 6	3,2	5,3	10,8	1,7	2,0	3,4
Žilný granit 7	3,5	3,5	15,1	1,0	4,3	4,3
Žilný granit 8	3,8	3,6	13,6	0,9	3,8	3,6
Migmatit 1	3,9	5,1	3,9	1,3	0,8	1,0
Migmatit 2	4,0	5,9	4,0	1,5	0,7	1,0
Migmatit 3	3,8	3,9	3,0	1,0	0,8	0,8
Migmatit 4	4,2	3,5	2,5	0,8	0,7	0,6
Migmatit 5	3,8	4,7	4,1	1,2	0,9	1,1
Migmatit 6	3,8	4,1	3,1	1,1	0,8	0,8
Migmatit 7	3,4	4,5	3,6	1,3	0,8	1,1
Migmatit 8	3,8	5,1	2,6	1,3	0,5	0,7
Alterovaný migmatit 1	4,0	6,2	3,9	1,6	0,6	1,0
Alterovaný migmatit 2	4,5	4,3	< 1,5	1,0	< 0,3	< 0,3
Alterovaný migmatit 3	3,7	8,2	< 1,5	2,2	< 0,2	< 0,4
Alterovaný migmatit 4	4,1	7,0	< 1,5	1,7	< 0,2	< 0,4
Alterovaný migmatit 5	3,9	5,0	< 1,5	1,3	< 0,3	< 0,4
Alterovaný migmatit 6	4,5	3,3	5,8	0,7	1,8	1,3
Alterovaný migmatit 7	3,9	3,8	1,7	1,0	0,4	0,4
Lamprofyr 1	2,6	8,6	64,9	3,3	7,5	25,0
Lamprofyr 2	2,8	10,7	61,7	3,8	5,8	22,0
Lamprofyr 3	2,5	15,1	65,2	6,0	4,3	26,1
Lamprofyr 4	2,5	10,3	59,5	4,1	5,8	23,8
Lamprofyr 5	2,7	11,5	59,1	4,3	5,1	21,9
Lamprofyr 6	2,5	13,8	60,9	5,5	4,4	24,4
Lamprofyr 7	3,2	8,8	60,9	2,8	6,9	19,0
Pegmatit 1	3,8	7,5	< 1,5	2,0	< 0,2	< 0,4
Pegmatit 2	2,0	3,5	< 1,5	1,8	< 0,4	< 0,8
Pegmatit 3	4,2	1,9	< 1,5	0,5	< 0,8	< 0,4
Pegmatit 4	4,8	< 1,5	< 1,5			< 0,3
Pegmatit 5	2,0	15,9	< 1,5	8,0	< 0,1	< 0,8
Pegmatit 6	1,2	3,8	< 1,5	3,2	< 0,4	< 0,3
Pegmatit 7	4,6	5,7	< 1,5	1,2	< 0,3	< 0,3
Pegmatit 8	3,1	14,4	< 1,5	4,6	< 0,1	< 0,5
Pegmatit 9	3,7	4,4	4,7	1,2	1,1	1,3

DISKUZE

Byla ověřována vzájemná korelace mezi jednotlivými radioaktivními prvky. Z výsledků je zřetelných několik trendů.

Positivní korelace K/eU není patrná ani u jedné horniny (obr. 1). U žilného granitu je patrný trend negativní korelace, kde s rostoucími obsahy eU se snižují obsahy K, pohybující se v hodnotách 3–4 %. Trend negativní závislosti lze pozorovat i u čerstvého migmatitu, u nealterovaného není žádný trend patrný. Nepřímo úměrná závislost K a eU je naznačena ($R^2=0,32$) i u lamprofyru, kdy na úkor

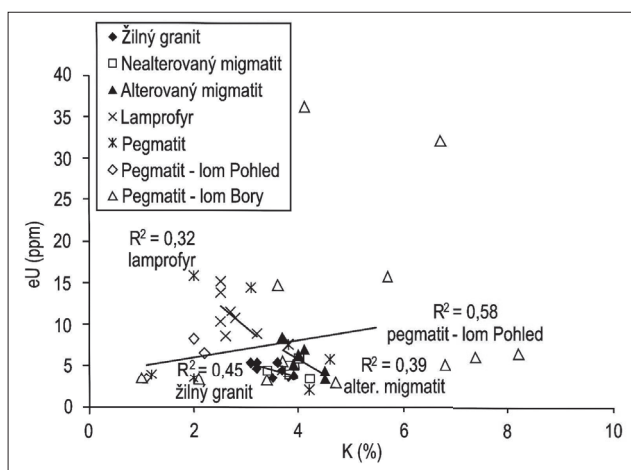
vzrůstajících obsahů eU mírně klesají obsahy K. Největších a zároveň nejmenších hodnot eU a K dosahovaly pegmatity, u kterých není patrná žádná korelace ($R^2=0,04$). Uvedený jev může souviset i s reprezentativností měřených vzorků – u pegmatitů jakožto velkozrnných hornin lze předpokládat značnou nehomogenitu v minerálním složení odebraných relativně malých vzorků. V porovnání s publikovanými daty z moldanubika vykazovaly stejné chování i pegmatity z lomu Bory ($R^2=0,03$) (Fuksová 2010). Naopak v lomu Pohled (Mastíková 2009) vykazovaly obsahy K a eTh u pegmatitů pozitivní závislost ($R^2=0,58$).

Pozitivní závislost K a eTh je naznačena ($R^2=0,26$) pouze u žilného granitu (obr. 2). U lamprofyru není patrná žádná korelace. U čerstvého migmatitu také není žádný trend patrný ($R^2=0,06$) stejně jako u alterovaného migmatitu ($R^2=0,16$). U pegmatitu nelze zjistit žádnou závislost z důvodu malého množství dat, stejně jako u pegmatitů z lomu Pohled (Mastíková 2009). V lomu Bory byla u pegmatitů zjištěna negativní závislost ($R^2=0,66$) (Fuksová 2010).

Nejvýznamnější pozitivní závislost eU a eTh lze konstatovat u nealterovaného migmatitu, kde s rostoucím obsahem eU roste i obsah eTh ($R^2=0,38$). Naopak u alterovaného migmatitu je naznačena negativní korelace eTh a eU ($R^2=0,22$), stejně jako u žilného granitu ($R^2=0,30$). Obsahy eTh a eU u lamprofyru nevykazují žádný trend (obr. 3). U pegmatitu nelze zjistit žádnou závislost z důvodu malého množství dat, stejně jako v lomu Pohled (Mastíková 2009). Pegmatity z lomu Bory nevykazují žádnou patrnou závislost ($R^2=0,16$) (Fuksová 2010).

Pozitivní trend mezi obsahy eU a eTh u migmatitu značí, že tyto radioaktivní prvky jsou na sobě přímo závislé. Mikroskopicky byla z možných nositelů eU a eTh u čerstvého migmatitu identifikována přítomnost pouze zirkonu a apatitu (Doleželová 2013). Přímou úměrnou závislost eTh/K u žilného granitu může naznačovat, že obsah minerálů obsahujících Th koreluje s množstvím K-živců a slíd (biotit, muskovit) bohatých na draslík.

Poměry jednotlivých radioaktivních prvků mohou být ukazateli mobility Th, K a U v hydrotermálních podmínkách. Alterované migmatity mají nižší poměry eTh/K (průměr 0,6 ppm/%) a eTh/eU (průměr 0,55 ppm/ppm) než okolní nealterované migmatity (průměr eTh/eU 0,73 ppm/ppm a průměr eTh/K 0,9 ppm/%), což může ukazovat na přínos K a U a odnos Th během hydrotermální alterace.

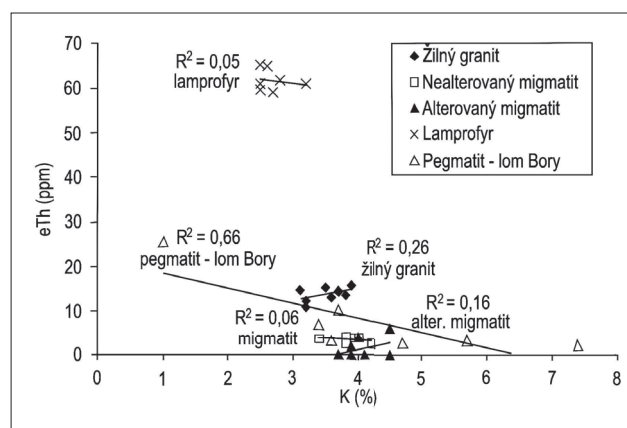


Obr. 1. Vzájemná korelace K a U u horninových vzorků z Utína. Srovnávací data z lomů Bory a Pohled pocházejí z práce Fuksové (2010) a Mastíkové (2009). Regresní přímky při hodnotách R^2 pod 0,05 nejsou v grafu zobrazeny.

Fig. 1. Correlation between K and U in rock samples from the Utín quarry. The regression lines are not visualized for R^2 below 0.05.

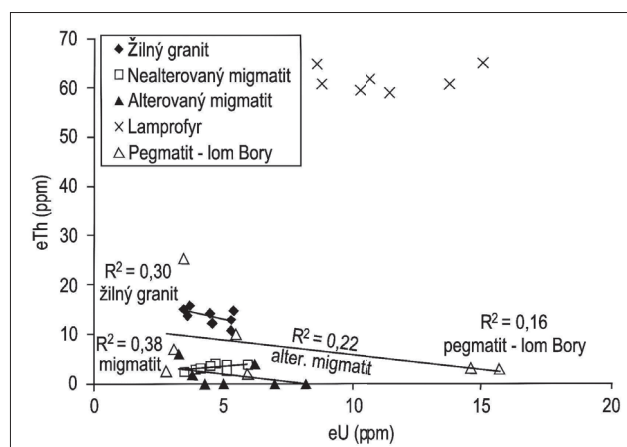
Pegmatity z lomu Utín vykazují podobné průměrné obsahy radioaktivních prvků (K 3,3 %, eTh <1,5 ppm, eU 6,4 ppm) jako pegmatity na lokalitě Pohled (K 2,7 %, eTh <1,5 ppm, eU 6,9 ppm) (Mastíková 2009). Podobné hodnoty na obou lokalitách mohou značit stejný mechanismus vzniku pegmatitové taveniny, avšak další doklady, jež by tuto hypotézu podpořily, zatím chybějí. Na lokalitě Bory jsou průměrné obsahy radioaktivních prvků v pegmatitech podstatně vyšší (K 4,8 %, eTh 9,0 ppm, eU 7,6 ppm) (Fuksová 2010). V lomu Bory byly pegmatity minimálně zčásti generovány při anatexi okolních metamorfítů (Fiala et al. 1987).

V porovnání s publikovanými údaji z moldanubické oblasti lze horniny v lomu Utín řadit k vysoce (lamprofyry), středně (migmatity, pegmatity, žilné granity) a nízkou radioaktivním (hadce) horninám.



Obr. 2. Vzájemná korelace K a Th u horninových vzorků z Utína. Srovnávací data z lomu Bory pocházejí z práce Fuksové (2010).

Fig. 2. Correlation between K and Th in the rock samples from the Utín quarry. Comparative data from Bory quarry are from Fuksová (2010).



Obr. 3. Vzájemná korelace U a Th u horninových vzorků z Utína. Srovnávací data z lomu Bory pocházejí z práce Fuksové (2010). Regresní přímky při hodnotách R^2 pod 0,05 nejsou v grafu zobrazeny.

Fig. 3. Correlation between U and Th in rock samples from the Utín quarry. Comparative data from Bory quarry are from Fuksová (2010). The regression lines are not visualized for R^2 below 0.05.

ZÁVĚR

Z výsledků laboratorní gamaspektrometrie vykazují nejvíce rozkolísané obsahy eU a K pegmatity, což zřejmě souvisí s jejich hrubozrnností. Lamprofyry vykazovaly vysoké obsahy eTh (až 65,2 ppm), nejnižší obsahy eTh byly naměřeny pod mezí stanovitelnosti u alterovaného migmatitu a pegmatitu. Mírná pozitivní závislost mezi K a eTh u žilného granitu může naznačovat korelaci mezi minerály obsahující Th s množstvím K-živců a slíd. Vyšší obsahy K u alterovaných migmatitů ukazují na jeho přínos během hydrotermální alterace (např. díky sericitizaci plagioklasů). Naopak nižší obsahy eTh indikují odnos tohoto radioaktivního prvku během alterace (např. díky rozkladu minerálů obsahujících Th - zirkon, apatit, monazit). Obsahy uranu se příliš nemění, během hydrotermální alterace zřejmě nedocházelo k odnosu či přínosu tohoto prvku z/do horniny.

PODĚKOVÁNÍ

Autoři děkují doc. J. Zimákovi za pomoc při měření s laboratorním gamaspektrometrem na PrF UP Olomouc. Studium bylo podpořeno projekty IGA PrF_2011_010 a PrF_2014019. Přípomínky anonymních recenzentů významně přispěly k vylepšení rukopisu.

LITERATURA

- CEMPÍREK J., STRUNGA V., ŠKODA R. (2008): Desilikovaný pegmatit s OH-bohatým fluorapatitem a niobovým rutilem z Utína u Havlíčkova Brodu. – *Acta Mus. Moraviae, Sci. Geol.*, 93: 81–89.
- DOBEŠ P. et MALÝ K. (2001): Mineralogie polymetalických rudních výskytnů ve střední části havlíčkobrodského revíru. – *Vlast. sbor. Vysočiny, sect. Natur.*, 15: 51–85.
- DOLEŽELOVÁ T. (2013): Petrografická charakteristika lomu Utín u Přibyslavi (moldanubikum). – Ms. [Bakalářská práce, depon. in: Univerzita Palackého Olomouc].
- FIALA J., MATĚJOVSKÁ O., VAŇKOVÁ V. (1987): Moldanubian granulites and related rocks: petrology, geochemistry and radioactivity. – *Rozpr. ČSAV, Ř. mat.-přír. věd.*, 97: 1, 3–102.
- FUKSOVÁ A. (2010): Geologická dokumentace lomu Bory u Velkého Meziříčí (moldanubikum). – Ms. [Bakalářská práce, depon. in: Univerzita Palackého Olomouc].
- KUDĚLÁSKOVÁ M., KUDĚLÁSEK V., POLICKÝ J. (1961): Geologické mapování utínského ultrabazického tělesa na Havlíčkobrodsku. – *Sbor. Věd. Prací Vys. Šk. baň., Ř. horn.-geol.*, 7: 4–5, 399–412.
- MALÝ D. (2012): Gamaspektrometrická charakteristika migmatitu v lomu Vicenice. – Ms. [Bakalářská práce, depon. in: Masarykova univerzita, Brno].
- MASTÍKOVÁ E. (2009): Geologická dokumentace lomu Pohled (moldanubikum). – Ms. [Bakalářská práce, depon. in: Univerzita Palackého Olomouc].
- MASTÍKOVÁ E. et DOLNÍČEK Z. (2011): Přirozená radioaktivita čerstvých a hydrotermálně alterovaných hornin na lokalitě Pohled (moldanubikum). – *Acta Rer. Natural.*, 11: 65–71.
- MATOLÍN M. (2004): Radioaktivita přírodního prostředí v oblastech Budišov a Kruceburk – extrémy v České republice. – *Zpr. Geol. Výzk. v roce 2003*, 12: 133–137.
- POTOČKOVÁ T. (2009): Mineralogie křemenných žil se zlatonosným zrudněním v Horách u Předína (západní Morava). – Ms. [Bakalářská práce, depon. in: Univerzita Palackého Olomouc].
- POTOČKOVÁ T., DOLNÍČEK Z., HOUZAR S. (2012): Gamaspektrometrická charakteristika lokalit primární zlatonosné mineralizace v Horách u Předína (západní Morava). – *Geol. Výzk. Mor. Slez.*, 18: 143–147.

