

# Vek diaftorizovaných hornín z Považského Inovca: Rb-Sr a $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ údaje (Západné Karpaty)

Ján Král<sup>1</sup>, Jozef Hók<sup>2</sup>, Robert Bachliński<sup>3</sup> & Ján Ivanička<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Štátny geologický ústav Dionýza Štúra (Geological Survey of Slovak republic), Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava, Slovakia; jan.kral.ba@gmail.com

<sup>2</sup>Department Geology and Paleontology, Faculty of Natural Sciences, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, Slovakia; hok@fns.uniba.sk

<sup>3</sup>Instytut Nauk Geologicznych PAN, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa, Poland

## AGEOS Age of diaphthoritic rocks from the Považský Inovec Mts.: Rb-Sr and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ mineral data (Western Carpathians)

**Abstract:** Minerals separated from diaphthoritic rocks of the Selec block of the Považský Inovec crystalline complex were dated by  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  method (coarse-grained muscovites), and accessory apatites, coarse-grained muscovites and whole rocks were also analyzed by Rb-Sr method. Obtained  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  muscovite plateau ages and calculated Rb-Sr ages for two point accessory apatite – coarse-grained muscovite pairs are identical (307–310 Ma) and are considered as age of diaphthoresis in the Považský Inovec Mts. crystalline complex. Both isotopic systems in minerals registered no metamorphic Alpine overprint. But in whole rocks, increasing of Rb/Sr ratio is documented that can be explained by loss of ordinary strontium from acid plagioclases during low temperature alteration under significant Alpine tectonics influence.

**Key words:** Western Carpathians, Považský Inovec, crystalline basement diaphthoresis,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ , Rb-Sr mineral dating

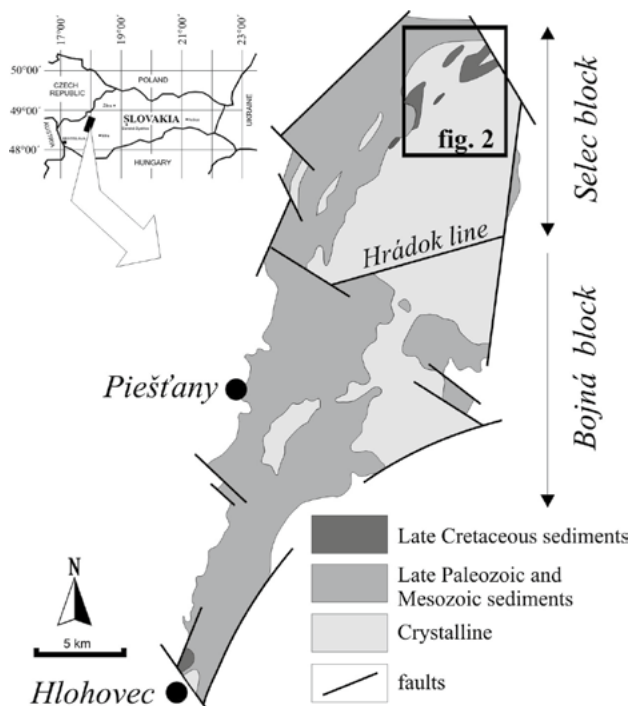
### 1. ÚVOD

Považský Inovec patrí medzi jadrové pohoria Západných Karpát. Základná koncepcia geologickej stavby Považského Inovca je vyjadrená na geologickej mape v mierke 1:50 000 (Ivanička et al., 2007) a vysvetlivkách ku geologickej mape (Ivanička et al., 2011). Kamenický in Mahel' et al. (1967) rozlišovali v stavbe Považského Inovca dva bloky kontrastne sa líšiace litologickou náplňou kryštalinika, prítomnosťou resp. chýbaním sedimentov mladšieho paleozoika a faciálnym vývojom sedimentov mezozoika. Deliacim elementom blokov je tzv. „hrádocká línia“ (Obr. 1). Severne od tejto línie je vyčlenený selecký blok, južnejšie bojníansky blok. Mahel' (1986) na juhu pohoria v oblasti Hlohovca vyčlenil aj hlohovecký blok. Nedefinoval však jeho ohraničenie ani vnútornú náplň.

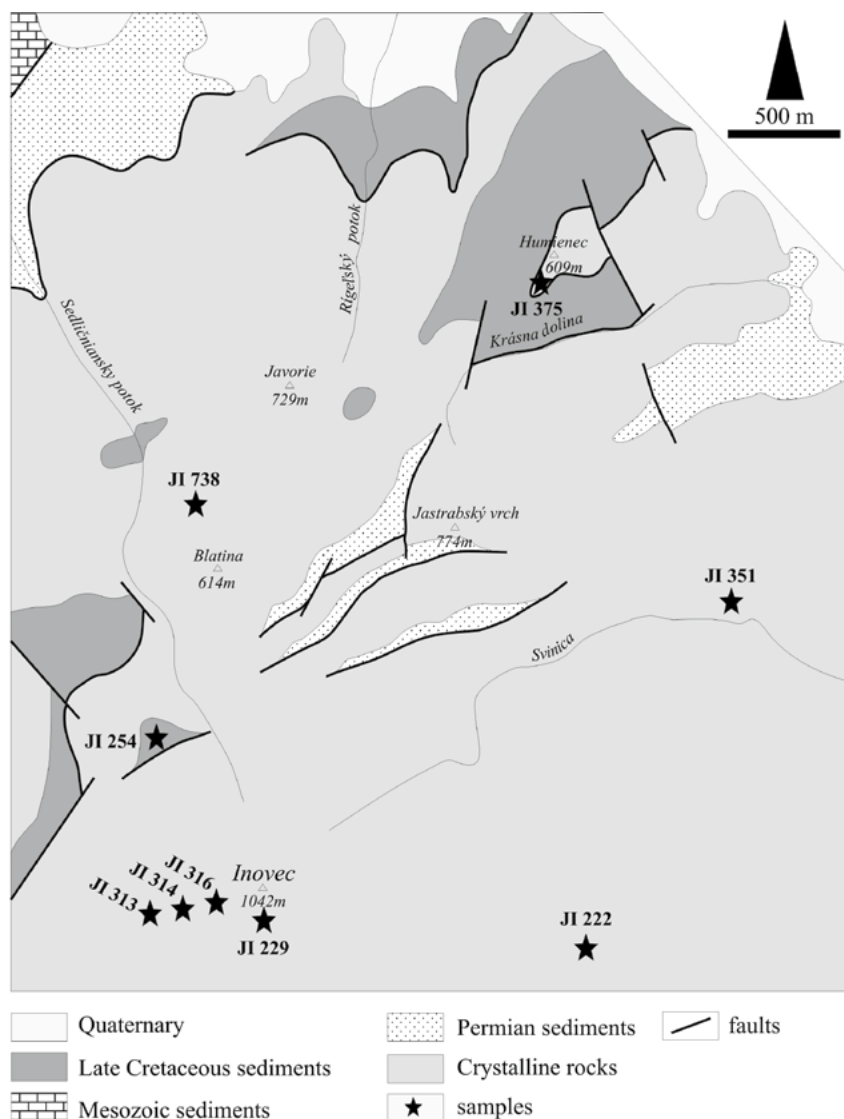
Selecký blok, do ktorého patrí študované územie, sa vyznačuje prevahou diaftorizovaných hornín kryštalinika, prítomnosťou sedimentov mladšieho paleozoika a mezozoických sedimentov vrchnej kriedy (Obr. 2). Pozícia sedimentov vrchnej kriedy, ktoré sú tektonicky prekryté horninami kryštalinika je v rámci Západných Karpát unikátna (c.f. Plašienka et al., 1994; Rakús in Ivanička et al., 2005).

K významným znakom seleckého bloku patrí vystupovanie diaftorizovaných hornín kryštalinika v obliakovom materiáli karbónskych zlepcov, čo je podľa Kamenického (1967) dôkazom hercýnskej diaftorézy. Kamenický (1956) predpokladal v kryštaliniku tri etapy metamorfózy – „predžulový“, hercýnsky metamorfizmus, granitizačno-metasomatický metamorfizmus a alpínsko-karpatský dislokačný a diaftoritický metamorfizmus.

Po náleze diaftoritov v karbónskych zlepcoch bola prvá vysokoteplotná metamorfóza považovaná za proterozoickú (Cambel et al. 1961; Kamenický, 1967). Kryštalinikom Považského



Obr. 1. Zjednodušená geologická mapa Považského Inovca.  
Fig. 1. Simplified geological map of the Považský Inovec Mts.



Obr. 2. Geologická schéma vzorkovanej oblasti kryštalinika seleckého bloku Považského Inovca s miestami odberu vzoriek.

Fig. 2. Geological sketch of the Selec block with sample location.

Inovca sa v sérii prác zaoberal Putiš (1980, 1981, 1982, 1983, 1991; Putiš et al., 2006). Putiš (1983) rozdeľuje polymetamorfované horniny kryštalinika do dvoch skupín a predpokladá, že mladšia metamorfóza sa odohrala v spodnom paleozoiku a staršia pravdepodobne v prekambriu.

Geochronologické údaje z kryštalinika Považského Inovca publikoval Cambel et al. (1986) – tri K-Ar analýzy muskovitov z diaforizovaných rúl majú značnú vekovú variabilitu – 188, 303, 317 Ma. Analýzy nie sú lokalizované, pravdepodobne pochádzajú zo seleckého bloku. K-Ar vek 320 Ma zo sludy z hornín južného bloku publikoval Kantor (1961). Putiš (1991) uvádza K-Ar veku zo sericitu-muskovitu a K-živca medzi 93–53 Ma, resp.  $77 \pm 3$  Ma (Putiš et al., 2006) z novoutvorenej svetlej sludy. Autor ich interpretuje ako vek tektonickej konverencie severného a južného bloku Považského Inovca. Putiš et al. (2009) z predmetného územia publikovali  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  veku z hrubozrnných a jemnozrnných svetlých slúd v rozpätí 296–302 Ma resp. 138–48 Ma.

Mladým miocénnym výzdvihom, datovaným na základe FT údajov na apatite sa z rôznych aspektov zaoberali Kováč et al. (1994) a Danišík et al. (2004).

Cieľom práce je izotopové datovanie hornín a minerálov kryštalinika seleckého bloku dvoma nezávislými geochronometrami – Rb/Sr a  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ . Pokúsili sme sa zodpovedať otázku veku minerálnej asociácie v metamorfovaných horninách a zároveň zistiť, či a do akej miery bola tektono-metamorfná alpínska záťaž horninového komplexu registrovaná v dvoch geochemicky rozdielnych radiačných systémoch.

## 2. LOKALIZÁCIA VZORIEK

Vzorky boli odobraté z hornín, ktoré budujú hlavne hrebeňovú časť a západné svahy pohoria (Tab. 1). Najrozšírenejším horninovým typom sú muskovitické až chloriticko-muskovitické svory s polohami svorových pararúl. Podľa Kamenického (in Cambel et al. 1961) sú tieto horniny diaforitického pôvodu a vznikli z biotitických pararúl a synkinematických migmatitov. Podľa Ivanička et al. (2011) tvoria hrubý metasedimentárny komplex zaberajúci najmä východnú časť pohoria severne od hrádockej línie. V prípade svorov ide o stredno-, prevažne však hrubozrnné

sivozelenkavé horniny, ktoré sú metamorfne usmernené, nezriedka intenzívne tektonodeformačne prepracované. Dominujúca štruktúra hornín je lepidogranoblastická, ale býva následne deformovaná. Pomerné modálne zastúpenie horninotvorných minerálov možno vo väčšine prípadov vyjadriť takto: kremeň >> plagioklas > muskovit > chlorit alebo kremeň > muskovit > plagioklas > chlorit. Zriedkavo sa objavujú zrná granátu a relikty andaluzitu. Z akcesorických minerálov boli identifikované titanit, apatit, zirkón, monazit, zriedkavý epidot a z rudných minerálov ilmenit a magnetit.

Zo skorších zberov Dr. J. Határa, CSc. sme analyzovali aj vzorky muskovitu z pegmatitov hlohoveckého bloku, len pre porovnanie výsledkov, ktoré sú uvedené v tab. 2 a 3.

### 3. METODIKA

Odobrané vzorky muskovitických svorov a svorových rúl o hmotnosti 5–7 kg boli podrvené na čelúškovom drviči a bol odobratý celohorninový kvart o hmotnosti 100 g, ktorý bol pulverizovaný v achátovom mlyne. Podrvený zvyšok hornín bol sitovaný na frakciu medzi 0,4–0,2 mm (separovaný muskovit) a 0,2–0,063 mm (separovaný apatit). Muskovity boli ďalej separované na elektrostatickom separátore, a potom dočisťované ručne pod binokulárnou lupou. Časť vzoriek muskovitu určená na Rb-Sr analýzu bola ešte dočisťovaná v achátovej miske jemným trením v xyléne a následne ultrazvukom, aby sa odstránili

inklúzie drobných akcesórií, ktoré by prípadne mohli obsahovať Sr (apatit). Tento proces sa s dekantovaním opakoval 5–7 krát. Akcesorický apatit bol separovaný v ťažkých kvapalinách (bromoform), potom elektromagneticky, a na maximálnu čistotu ručne pod binokulárnou lupou bolo vybratých cca 100–150 zrn s kryštalickým tvarom a dĺžkou cca 100–200 µm.

Na Rb-Sr analýzu boli rozpustené potrebné množstvá celkovej horniny (70 mg), muskovitu (10 mg) v zmesi koncentrovanej HF a HNO<sub>3</sub> v pomere 3:1. Vyše 50 zrn apatitu po prečistení povrchu metanolom a vodou UHQ (18,3 MΩ) bolo rozpustených v 6 M HCl. Po rozpustení vzoriek a po centrifugovaní sa pipetou oddelil roztok od prípadného objemovo bezvýznamného nerozpustného zvyšku a dal sa odpariť. Odparok po horninách a muskovitoch sa zalial 5 ml 6 M HCl a bol znovu odparený. Separácia čistého stroncia bola urobená na kremenných kolónach (o objeme cca 10 cm<sup>3</sup>), vyplnených živicom Dowex BioRad 50X8 o zrnitosti 200–400 mesh. Ako eluent bol použitý 2,5 M roztok HCl. Frakcia s čistým stronciom bola odparená a pripravená na izotopové analýzy prírodného stroncia. Všetky použité kyseliny boli triedy Suprapure® (Merck), riedené vodou UHQ (18.3 MΩ).

Izotopové pomery <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr boli merané na hmotnostnom spektrometri VG 54E v ING PAN vo Varšave. Vzorky čistého stroncia (0,5–1 µg) boli ionizované na Ta filamenta a analyzované v dynamickom multikolektorovom režime. Presnosť meraní bola lepšia ako 0,003 % (dvojnásobok štandardnej chyby priemeru, 2xS.E.). Merania pomeru <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr boli korigované na pomer <sup>86</sup>Sr/<sup>88</sup>Sr = 0,1194. Spolu so vzorkami bol aj 3x meraný štandard

Tab. 1: Lokalizácia odobraných vzoriek

Tab. 1. Location of samples.

Vzorka Sample	Lokalizácia Location	Súradnice Coordinates
Jl-222	dolina potoka Inovec, Vaškova chata, svor Inovec valley, Vaškova cottage, mica schist	E18°04'10.0"; N48°46'11.1"; 560 m
Jl-229	kóta Inovec (1042 m n.m.), svorové ruly Inovec elevation point (1042 m asl.), diaphORIZED gneiss	E18°02'28.5"; N48°46'29.6"; 1042 m
Jl-254	Hranty, brekcie svorov v belickej sukcesii Hranty, breccia of mica schists in the Belice succession	E18°02'01.5"; N48°46'54.0"; 775 m
Jl-313	jz. od kóty Inovec, svory až svorové ruly SW of Inovec quote, mica schist to diaphORIZED gneiss	E18°02'01.9"; N48°46'25.1"; 775 m
Jl-314	jz. od kóty Inovec, svory až svorové ruly SW of Inovec elevation point, mica schist to diaphORIZED gneiss	E18°02'10.9"; N48°46'25.7"; 870 m
Jl-316	jz. od kóty Inovec, svory až svorové ruly SW of Inovec elevation point, mica schist to diaphORIZED gneiss	E18°02'19.0"; N48°46'27.1"; 970 m
Jl-351	dol. Svinica, svory až svorové ruly Svinica valley, mica schist to diaphORIZED gneiss	E18°05'06.0"; N48°47'23.9"; 470 m
Jl-375	Humienec, svor Humienec, mica schist	E18°03'56.9"; N48°48'37.2"; 609 m
Jl-738	1 km z. od k. Jarabský vrch, svor 1 km west of Jarabský vrch, mica schist	E18°02'38.1"; N48°47'41.5"; 540 m

Tab. 2. Rb/Sr údaje zo svorov a svorových rúl a separovaného akcesorického apatitu a hrubozrnného muskovitu zo seleckého bloku kryštalinika Považského Inovca. Základné analytické údaje. Ms-muskovit, Ap-apatit, WR-celková hornina, n.d. - neurčované hodnoty. Koncentrácie Rb a Sr v muskovitoch boli určené izotopovým riedením, v celkových horninách XRF analýzou (presnosť Rb/Sr pomerov je lepšia ako 1,2 %). Analytická neistota určenia pomeru  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (priemer zo 60–100 meraní) vyjadrená ako dvojnásobok štandardnej chyby priemeru ( $2 \times \text{S.E.}$ ) je lepšia ako 0,003 %.

Tab. 2. Rb/Sr data from mica schists and gneisses, accessory apatites, and coarse muscovites from Selec crystalline block. Basic analytical data. Ms-muscovite, Ap-apatite, WR-whole rock, n.d. - not determined. Concentrations of Rb and Sr in muscovites were determined by isotope dilution, the total rock by XRF analysis (accuracy Rb/Sr ratios are better than 1.2 %). Analytical uncertainty determination of  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios (average of 60–100 measurements) expressed as 2 standard error of the mean ( $2 \times \text{S.E.}$ ) is better than 0.003 %.

Vzorka Sample	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
JI-222Ms	261,99	69,03	11,012	0,776446
JI-222Ap	n.d.	n.d.	-	0,728930
JI-222WR	47	48	2,841	0,735932
JI-229Ms	249,07	67,89	10,694	0,783631
JI-229Ap	n.d.	n.d.	-	0,737370
JI-229WR	38	11	10,062	0,776378
JI-254Ms	247,70	110,15	6,538	0,758173
JI-254Ap	n.d.	n.d.	-	0,720091
JI-254WR	51	25	5,928	0,751858
JI-313Ms	270,18	93,56	8,397	0,759132
JI-313Ap	n.d.	n.d.	-	0,721974
JI-313WR	83	109	2,207	0,726465
JI-314Ms	245,02	148,61	4,785	0,738870
JI-314Ap	n.d.	n.d.	-	0,717768
JI-314WR	54	70	2,236	0,724638
JI-316Ms	258,45	96,53	7,787	0,760709
JI-316Ap	n.d.	n.d.	-	0,726521
JI-316WR	84	25	9,769	0,757613
JI-351Ms	267,05	146,23	5,303	0,745819
JI-351Ap	n.d.	n.d.	-	0,722788
JI-351WR	112	124	2,619	0,730754
JI-375Ms	262,86	181,25	4,209	0,739003
JI-375Ap	n.d.	n.d.	-	0,722902
JI-375WR	58	22	7,664	0,756680
JI-738Ms	251,03	77,02	9,490	0,772574
JI-738Ap	n.d.	n.d.	-	0,731652
JI-738WR	61	37	4,786	0,741611
<b>Hlohovecký blok</b>				
<b>Hlohovec block</b>				
PG-H/d9a(Ms)	269,1	12,4	63,6	1,05446
PIH-37(Ms)	406,8	7,2	172,9	1,57852
PIH-8(Ms)	1213,4	4,9	1171,9	7,56973

NIST 987, s priemernou hodnotou  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,710256 \pm 12$ , ktorého prijatý izotopový pomer  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  bol 0,710248. Všetky namerané údaje boli adjustované na túto hodnotu.

Koncentrácie Rb a Sr v celkových horninách boli určené XRF analýzou z 5 g navážky. V muskovitoch boli koncentrácie Rb a Sr analyzované metódou izotopového riedenia. Presnosť oboch stanovení, dokumentovaná opakovanými meraniami, bola lepšia ako 1,2 %. Koncentrácie Rb a Sr v akcesorickom apatite neboli stanovené.

<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar analýzy muskovitov boli urobené v laboratóriu CEAL, Geologický ústav SAV Bratislava. Vzorky muskovitov na <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar datovanie (cca 10 mg navážky), zatavené do kremenných kapsúl boli ožiarené rýchlymi neutrónmi v Ústave jadrového výskumu v Řeži pri Prahe (Česká republika). Po ožiarení boli vzorky prespané do tantalových kapsúl a pripravené na izotopovú analýzu Ar. Odplyňovanie vzoriek muskovitov a čistenie Ar bolo urobené vo vysoko vákuovanej automatizovanej aparátúre v 8–12 krokoch, pri zvyšujúcej sa teplote od 630 °C po úplné roztavenie vzorky pri 1250 °C. Analytické údaje boli korigované na hodnoty pozadia v hmotnostnom spektrometri a na interferencie špecifických izotopov, vznikajúcich v priebehu ožiarenia vzoriek v reaktore.

Všetky vekové údaje sú prepočítané na základe akceptovaných konštánt rádioaktívneho rozpadu <sup>40</sup>K a <sup>87</sup>Rb (Steiger & Jäger, 1977).

#### 4. VÝSLEDKY

<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar spektrá zdanlivých vekov vo všetkých analyzovaných muskovitoch (príklady na Obr. 3a–d) predstavujú jednoduché, nekomplikované ploché spektrá. Iba v nízko-teplotnej časti spektrier zdanlivých vekov, ktorá reprezentuje menej ako 30% celko-vo odplyného <sup>39</sup>Ar sa prejavuje väčšia variabilita zdanlivých vekov. Tento fakt hodnotíme ako prejav prítomnosti externého argónu inkorporovaného z okolia a ľahko viazaného iba na okrajoch zrn. Interpretácie významné veky, „plateau ages“, sú pre každú vzorku vypočítané z viac než zo 70 % odplyného <sup>39</sup>Ar v priebehu analýzy (Tab. 3, Obr. 3a–d).

Výsledky Rb-Sr analýz apatitu (Ap), muskovitu (Ms) celkových hornín (WR), sú uvedené v tab. 2. Pozoruhodné sú vysoké koncentrácie Sr v muskovitoch (Obr. 4). V bežných muskovitoch plutonických a metamorfovaných hornín sa pohybujú medzi 10–40 ppm, v muskovitoch uvedených v tab. 2 sú tieto hodnoty prakticky až 4 krát vyššie. Preto pomery Rb/Sr v muskovitoch sú nízke a kolíšu medzi hodnotami 1,45 až 3,78. Tak nízke Rb/Sr pomery v muskovitoch metamorfovaných hornín nie sú bežné. Tento kontrast potvrdzujú aj Rb/Sr analýzy muskovitov z pegmatitov z hlohoveckého bloku (vzorky PG, PIH) uvedené v tab. 2, v ktorých koncentrácie stroncia sú veľmi nízke a koncentrácie rubídiu vysoké (Rb/Sr pomer 21,7–247,5).

Izotopový pomer  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  v analyzovaných apatitoch (Tab. 2) má značný rozptyl a vysoké hodnoty pomeru (0,7178–0,7317). Koncentrácie Rb a Sr v apatitoch (Tab. 2) neboli určené. Pomer Rb/Sr v akcesorickom apatite, ako vyplýva z množstva publikovaných údajov je veľmi nízky (pod 0,008, najčastejšie 0,001–0,002, Creaser & Gray, 1992; Faure, 2001), pričom koncentrácie Rb dosahujú iba jednotky ppm a koncentrácie stroncia

Tab. 3. Porovnanie výsledkov datovaní vzoriek muskovitov zo svorov a svorových rúl z kryštalinika Považského Inovca <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar metódou a Rb-Sr dvojbodových apatit (Ap) – muskovitových (Ms) vekov. Chyba Rb-Sr meraní vyjadruje konzervatívny odhad určenia presnosti Rb/Sr pomeru na muskovitoch. AM – priemer, \*<sup>1</sup> – vek z dvoch vzoriek muskovitu z pegmatitu hlohoveckého bloku. \*\* – údaje vylúčené z výpočtu priemerného Rb-Sr veku.

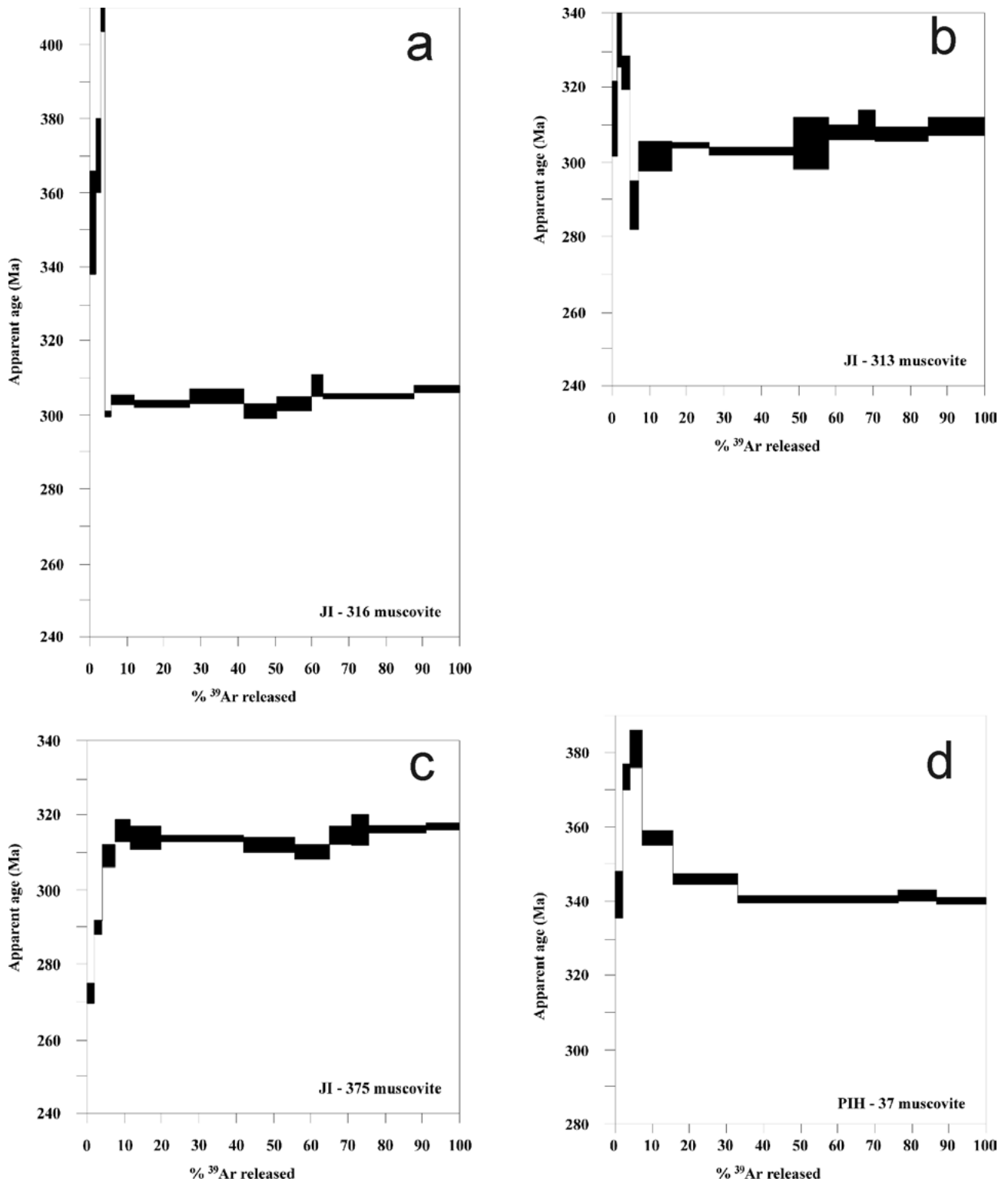
Tab. 3. Comparison of age results on coarse-grained muscovites from mica schists and gneisses (Považský Inovec Mts. crystalline core) analyzed by <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar method and two-point Rb-Sr apatite (Ap) – muscovite (Ms) dating. Uncertainty of Rb-Sr measurements reflects a conservative estimate of the precision of the Rb/Sr ratio for muscovite. AM – arithmetic mean, \*<sup>1</sup> – age of the two samples of muscovite from pegmatite of Hlohovec block. \*\* – data excluded from the calculation of the average Rb-Sr age.

Vzorka Sample	Rb/Sr vek age [Ma]	<sup>40</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar vek age [Ma]
Jl-222	303±5	311,6±3,3
Jl-229	304±5	308,5±3,6
Jl-254	409±8**	310,4±2,8
Jl-313	311±5	306,0±4,2
Jl-314	310±5	313,3±4,3
Jl-316	309±5	304,6±3,0
Jl-351	305±5	n.d.
Jl-375	269±4**	314,5±3,3
Jl-738	303±5	314,3±3,5
AM=	307±5	310,1±3,5
PG-H/d9a	336,5* <sup>1</sup>	n.d.
PIH-37	336,5* <sup>1</sup>	340,6±2,9
PIH-23		330,6±3,0

desiatky až stovky ppm v granitoidných horninách (Belousova et al., 2001) a tisícky ppm v metamorfovaných horninách (Faure, 2001), aj keď to nemusí byť pravidlo.

Na obr. 5a–c sú na grafe  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  znázornené pozície jednotlivých analytických bodov apatitu (Ap), celkovej horniny (WR) a muskovitu (Ms). Rb-Sr analýzy apatitu (Ap), muskovitu (Ms) a celkových hornín (WR) netvorí lineárnu (izochrónovú) závislosť. Celohorninové vzorky ležia systematicky pod spojnicou bodov Ap-Ms. Uhol spojnice bodov apatit (Ap) – celková hornina (WR) je vždy nižší (až na jednu výnimku, Jl/254), ako uhol spojnice Ap-Ms. Z uvedeného vyplýva, že analýzy celkových hornín, sú v pomere ku sklonu Ap-Ms dvojbodovej línie posunuté k vyšším Rb/Sr pomerom.

Analýzy celkových hornín na Rb-Sr izochrónovom grafe taktiež nevytvárajú lineárnu závislosť (Obr. 6). Burchart (1968) a Bagdasarjan et al. (1983) publikovali izotopové údaje z metamorfovaných hornín Tatier a Malých Karpát v ktorých  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  kolísal v hraniciach 0,4–4,37, s najpočetnejšími údajmi medzi hodnotami 1–2. V porovnaní s týmito publikovanými údajmi, časť nami analyzovaných vzoriek má tieto pomery omnoho vyššie.

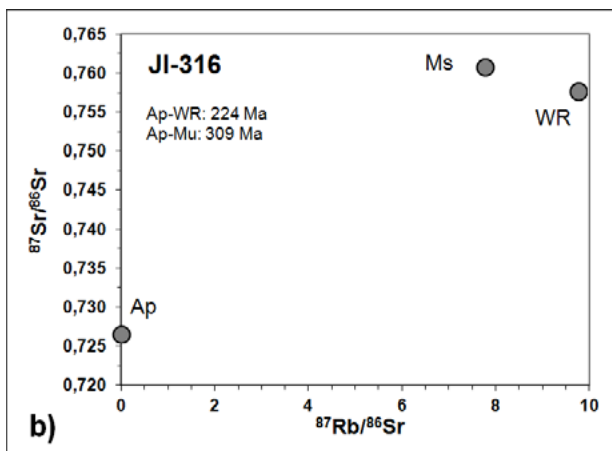
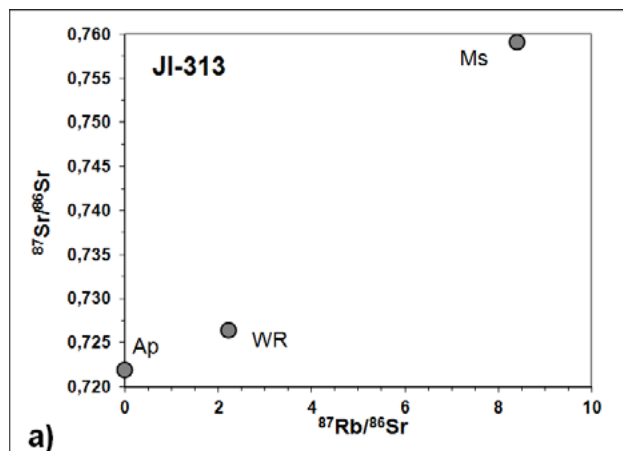
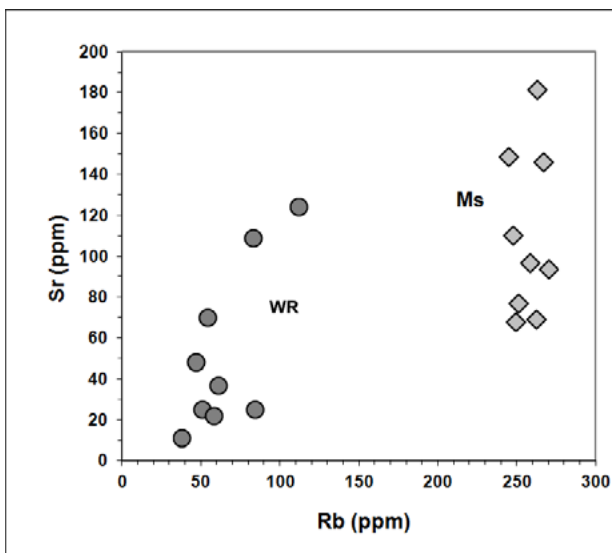


Obr. 3. Príklady spektier zdanlivých vekov získané  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  analýzou hrubozrnného muskovitu. Vyššia variabilita zdanlivých vekov na obr. 3a,b,c, je viazaná iba na nízko teplotnú časť spektra analyzovaných vzoriek. Pre porovnanie, obr.4d dokumentuje analýzu muskovitu z pegmatitu hlohoveckého bloku (južná časť Považského Inovca) bez prejavov diafporézy.

Fig. 3. Examples of apparent  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages spectra obtained from coarse-grained muscovites. Higher variability of apparent ages in Fig. 3a, b, c, is constrained only to the low temperature steps. For comparison, Fig. 4d documented analysis of muscovite from pegmatite of Hlohovec block (southern part of Považský Inovec Mts.) without signs of diaphoresis.

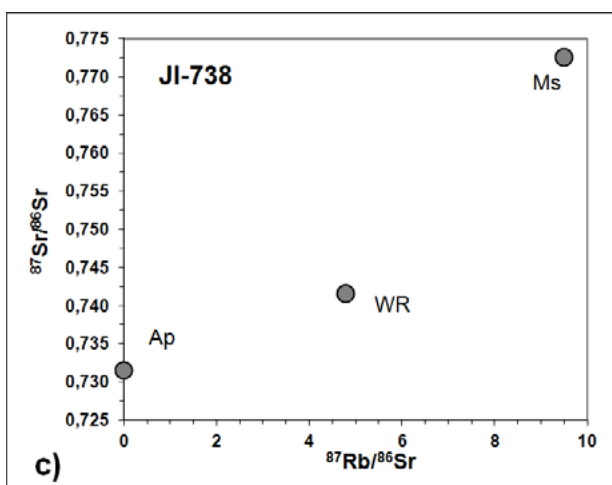
Obr. 4. Koncentrácie Rb a Sr (ppm) v celkových horninách (WR) - svoroch a svorových rulách zo seleckého bloku kryštalinika Považského Inovca (plné krúžky) a v separovaných hrubozrnných muskovitoch (Ms, kosoštvorce).

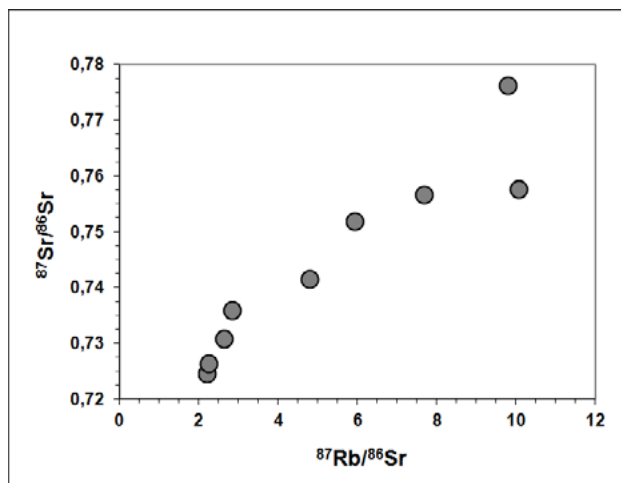
Fig. 4: Rb and Sr concentrations (ppm) in the whole rock (WR) - schists and mica gneisses, Selec crystalline block (filled circles) and the separated coarse-grained muscovite (Ms, diamonds).



Obr. 5. Rb/Sr údaje z apatitu (Ap), celkovej horniny (WR) a muskovitu (Ms) na grafe  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ . Jednotlivé body neležia na jednej priamke - izochróne. Pozícia celkových hornín (WR) v grafoch a, b, c, je kontrolovaná variabilitou modálneho obsahu jedinej minerálnej fázy bohatej na Rb v analyzovaných horninách - muskovitom (Ms).

Fig. 5. Rb/Sr data of apatite (Ap), the whole rock (WR) and muscovite (Ms) in the isochron plot  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ . The points are not collinear. Position of the whole rock (WR) in graphs a, b, c, is controlled only by variability in modal content the only mineral Rb rich phase in analyzed rocks - muscovite (Ms).





Obr. 6. Pozícia celkových hornín na grafe  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ . Body nevytvárajú lineárnu závislosť a teda ich nemožno použiť na konštrukciu izochróny z celkových hornín. Zdanlivo výrazná korelácia bodov s pomerom  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  medzi hodnotami 2-3 vedie k nereálnym hodnotám iniciálneho pomeru  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  v celkových horninách a k nereálnemu Rb/Sr veku.

Fig. 6. Position of the total rock analyses on the  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  diagram. Points do not produce linear relationship and thus can not be used for the construction of the whole rock isochron. Seemingly strong correlation points between the values 2-3 in  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  ratio lead to unrealistic values of initial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratio and unrealistic the whole rock Rb/Sr age.

Na izochrónovom grafe  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  (Obr. 7) zostavenom z Ap-Ms analýz spojnice dvoch bodov vytvárajú sériu paralelných priamok s rozdielnym pomerom  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  v apatite. Sklon týchto priamok zodpovedá vekom 303–311 Ma. V tab. 3 sú porovnané vekové údaje z dvojbodových Ap-Ms, Rb-Sr datovaní a  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  údajov z muskovitu (plateau veku z minimálne 70 % odplyneného  $^{39}\text{Ar}$ ). Rb-Sr výsledky (až na dve výnimky) a  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  údaje (vzorky označené ako JI zo seleckého bloku) sú v rámci odhadnutých analytických chýb prakticky zhodné. Tri vzorky z oblasti hlohoveckého bloku (mimo oblasti diaforizovaných hornín a analyzované pre porovnanie údajov) sú výrazne staršie, v priemere o 25 Ma.

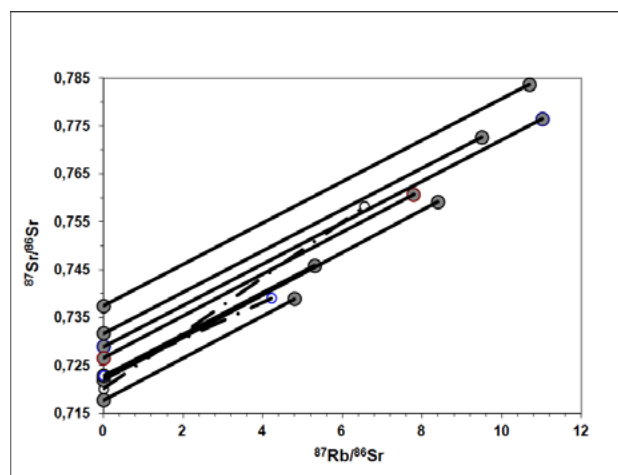
Odklon celohorninových vzoriek od modelovej izochrónovej linearitu (Obr. 5,6) vyjadruje veľký rozptyl sklonov dvojbodových Ap-WR línií, ktoré zodpovedajú zdanlivým vekom v rozpätí 376–143 Ma. Graf evolúcie pomeru  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  v celohorninových vzorkách je uvedený na obr. 8. Priesečníky evolučných línií  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  jednotlivých celohorninových vzoriek s hodnotou  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  v príslušných vzorkách apatitov sú ekvivalentné ich Ap-WR zdanlivému veku. Iba v jednom prípade Ap-WR vek je identický s preukázaným minerálnym Ap-Ms vekom. Ak vek 310 Ma prijmeme ako referenčný, potom vypočítaná zmena pomeru  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  v niektorých vzorkách dosahuje takmer 60 % (Obr. 9).

## 5. DISKUSIA

Analýzované metamorfované horniny sú považované za hercýnske diafority a vek ich prvej, pôvodnej metamorfozy kládol Kamenický (1967) až do proterozoika. O príslušnosti tohto typu hornín ku prekambriu uvažoval aj Putiš (1981). Diaforizované kryštalinikum sa nachádza v podobe obliakov v karbónskych (Kamenický in Cambel et al. 1961), v permských sedimentoch (Putiš, 1980), ale aj v sedimentoch jury až vrchnej kriedy (Plašienka et al., 1994).

V pôvodných metamorfotoch Považského Inovca Korikowski & Putiš (1986) rozlíšili staurolitovú (500–530 °C, 350–400 MPa) a sillimanit-biotit-muskovitovú zónu (540–580 °C bez

zmeny tlaku). Typickými produktami tejto prvej progresívnej metamorfozy sú biotit-muskovitické a granát-biotit-muskovitové plagioklasové ruly považované autormi za hercýnske. Následná masívna diaforéza hornín sa prejavila muskovitizáciou, chloritizáciou, albitizáciou a sericitizáciou pôvodných hornín a mala tri teplotné stupne rekrystalizácie pôvodnej minerálnej asociácie: vývoj muskovitických bridlic (cca 500 °C),



Obr. 7. Apatit (Ap) – muskovitové (Ms) dvojbodové Rb-Sr línie. Veky vypočítané z ich sklonu (7 vzoriek z 9) kolíšu medzi 311 – 303 Ma, okrem dvoch vzoriek JI-254 (409 Ma) a JI-375 (269 Ma) - čiarkované línie. Vzorka JI-254 (obliak v kriedových sedimentoch) je silne mechanicky (chemicky) rozložená. Izotopové zloženie  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  v akcesorickom apatite v jednotlivých vzorkách je značne variabilné. Porovnanie získaných rádiometrických vekov dvoma rozdielnymi geochronometrami je uvedené v Tab. 3.

Fig. 7. Apatite (Ap) - muscovite (Ms) two-point Rb-Sr dating. Ages calculated from the slope of lines (7 samples out of 9) vary between 311 to 303 Ma, but two samples of JI-254 (409 Ma) and JI-375 (269 Ma) - dashed lines. Sample JI-254 (pebble in Late Cretaceous sediments) is mechanically (chemical) significantly disturbed.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  isotopic composition in accessory apatite in the samples is significantly variable. Comparison of radiometric ages obtained by two different isotope systems is shown in Tab. 3.



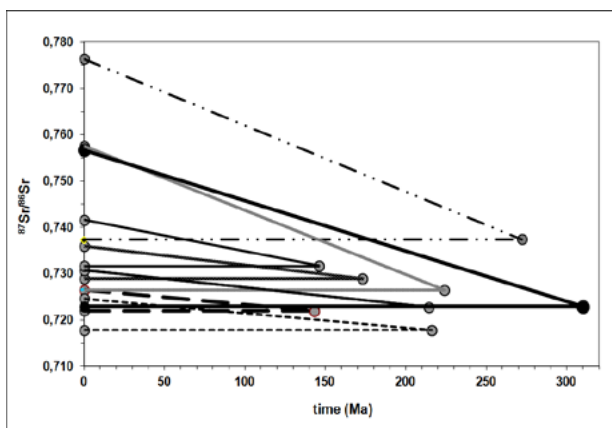
muskovit-chloritických bridlíc a blastomylonitov (400–450 °C) a nakoniec pri teplote rekryštalizácie 300–400 °C vznikli sericit-chloritické blastomylonity. Autori predpokladajú, že posledná minerálna asociácia mohla vzniknúť aj v čase alpínskej tektonogenézy. Vývoj diaktorizovaných hornín v študovanej oblasti je podľa citovaných autorov viazaný na silný prítok hlbinných fluid s hydrotermálnym charakterom retrográdnych reakcií.

Aj keď sa uvažuje o prítomnosti prekambriického segmentu v tejto oblasti rôznymi autormi (viď citácie vyššie), dosiaľ neboli publikované údaje, ktoré by riešili túto otázku, okrem nálezu spór silúrsko-devónskeho veku v týchto horninách (Čorná & Kamenický, 1976). Ani použitie Rb-Sr a  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  metódy v danej geologickej oblasti neumožňuje riešiť tento problém, nielen kvôli nízkym blokujúcim teplotám minerálov v oboch radiačných systémoch, ale i pre komplikovaný vývoj a možné zmeny Rb/Sr pomerov v horninách, ako to bolo diskutované v predchádzajúcom texte.

Podľa publikovaných údajov a úvah, možno navrhnúť scenár pre vývoj kryštalického segmentu v tejto oblasti:

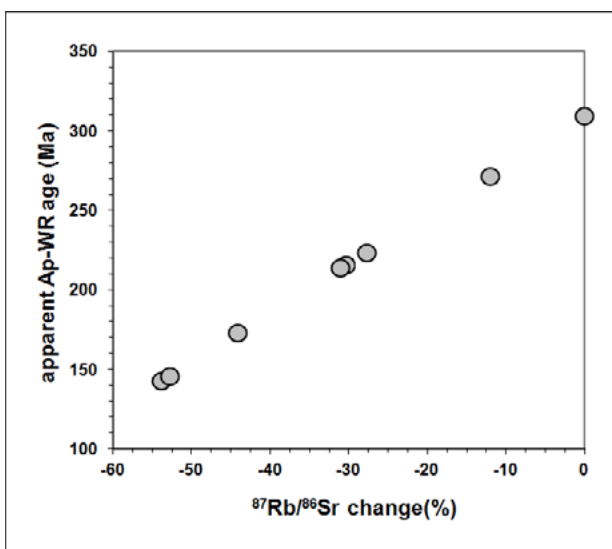
- ▶ sedimentácia pôvodných hornín, prekambriická (?), resp. paleozoická (nález silúr-devónskych spór v analyzovaných metamorfitoch);
- ▶ prvá metamorfóza sedimentárneho komplexu, prekambriická (?), resp. paleozoická;
- ▶ druhá metamorfóza (diaforéza), paleozoická, nálezy diaktorizovaných hornín v karbónskych, permských a v kriedových sedimentoch Považského Inovca.
- ▶ silné alpínske deformácie zahrňujúce aj študovanú časť kryštalinika.

Pri splnení modelových predpokladov by Rb-Sr analýzy apatitu, celkovej horniny a muskovitu jednotlivých vzoriek mali ležať na izochróne. Ap-Ms Rb-Sr údaje vytvárajú sériu prakticky rovnobežných priamok, ktorých sklon zodpovedá vekom medzi 303–311 Ma (Obr. 7) a vekové údaje sú až na dve výnimky zhodné s údajmi získanými  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  analýzou muskovitov. Ako vyplýva z teórie blokujúcich teplôt (Dodson, 1973), teplota uzavretia radiačných systémov v mineráloch je daná nielen difúznymi vlastnosťami dcérskeho prvku, ale aj veľkosťou a geometriou zrn. Pre Rb-Sr systém v muskovitoch sa odhaduje na 400–450 °C (napr. van Breemen & Dallmeyer, 1984) resp. až cca 500 °C, (Jäger, 1979) a pre K-Ar systém na 350–400 °C. Experimentálne získané hodnoty difúzných konštánt Sr v apatite priniesli rozdielne hodnoty (Farver & Giletti, 1989; Cherniak & Ryerson, 1991). Aj keď sa pôvodný izotopový signál za určitých podmienok môže zachovať aj hydrotermálnych podmienkach (Creaser & Gray, 1992), pri rýchlosti chladnutia pod 100 °C/Ma je blokujúca teplota v apatitových zrnách (250–350 μm) zhruba 400–475 °C resp. 600–650 °C. Domnievame sa preto, že vzhľadom k určeným teplotným podmienkam diaforézy, nami získané minerálne veky možno interpretovať ako veky identické, resp. veľmi blízke rekryštalizácii pôvodnej minerálnej asociácie, t.j. veku diaforézy. Zhoda Rb-Sr Ap-Ms vekov a  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  datovanie muskovitov dokumentuje, že oba radiačné systémy v apatite a muskovite od času diaforézy možno v prevažnej väčšine vzoriek pokladať za uzavreté. Možno tiež predpokladať, že systém Ap-Mu-WR v objeme individuálnych vzoriek bol v danom čase izotopovo homogenizovaný.



Obr. 8. Graf evolúcie pomeru  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  v analyzovaných horninových vzorkách. Priesečník vývoja  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  pomeru s horizontálnymi líniami (izotopový pomer  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  v akcesorickom apatite) zodpovedá vekom dvojbodového Ap-WR datovania.

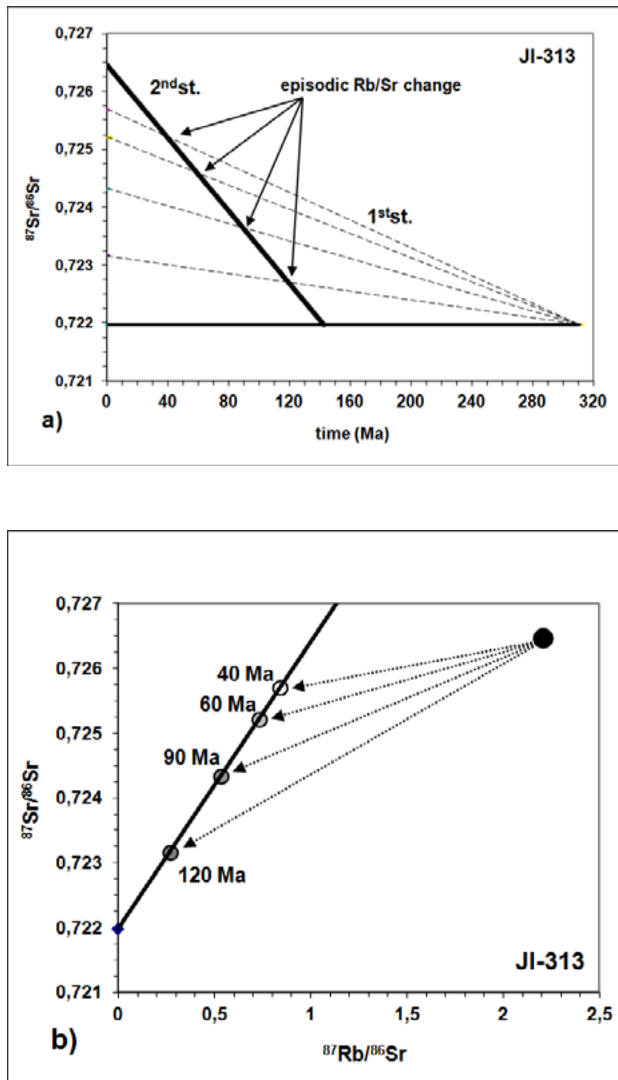
Fig. 9.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  evolution diagram in rock samples analyzed on the basis of measured Ap-WR data. Position of  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  intercept with horizontal lines ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  in accessory apatite) corresponds to an apparent age of two-point Ap-WR dating.



Obr. 9. Odhad percentuálnej zmeny pomeru  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  v celkovej hornine. Variabilita „veku“ apatit (Ap) – celková hornina (WR) je dôsledkom rozdielnej zmeny  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  v celkových horninách (predpokladaná strata „obyčajného“ stroncia z kyslých plagioklasov). Odhad bol vypočítaný za predpokladu izotopovej homogenizácie Sr medzi minerálmi a celkovou horninou v čase 310 Ma.

Fig. 8. Estimation of  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  change in whole rocks (%). Variability of apparent apatite (Ap) - whole rock (WR) age is due to different changes of  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  in whole rocks (estimated loss of „ordinary“ strontium from acid plagioclases). Estimation was calculated on the assumption of isotopic Sr homogenization between minerals and the total rock in time 310 Ma.

Izotopový pomer  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  v analyzovaných apatitoch (Tab. 2) má značný rozptyl a vysoké hodnoty pomeru (0,7178–0,7317).



Obr. 10. a) Graf evolúcie Sr izotopov (jednostupňový a dvojestupňový model) v celohorninovej vzorke JI-313WR, ktorá z celého súboru analyzovaných vzoriek má najnižší zdanlivý „vek“ (dvojbodový apatit-WR, 143 Ma). Šípky označujú vek modelovej zmeny, epizodického zvýšenia pomeru Rb/Sr v hornine v čase 40, 60, 90, 120 Ma. Horizontálna čiara - izotopový pomer  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  v akcesorickom apatite. Plná čiara - rekonštrukcia pomeru  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  z nameraných údajov. Prerušované čiary -  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  v hornine pre jednostupňový model a znázorňujú evolúciu Rb/Sr systému vo vzorke za predpokladu jednostupňového vývoja, ak by systém nebol ovplyvnený zmenou Rb/Sr pomeru (epizodická strata obyčajného Sr). Pôvodné údaje sú prepočítané na vek izotopovej homogenizácie systému minerál - celková hornina pri 310 Ma. b) Pôvodné analytické údaje (čierny krúžok) a modelové  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  a  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  údaje vypočítané pre dvojestupňový model (krátka epizodická zmena Rb/Sr pomeru). Pozícia vypočítaných bodov (označených šípkami) sa v závislosti od času Rb/Sr zmeny posúva po definovanej minerálnej izochrone (310 Ma). Zvyšovaním veku Rb/Sr epizodickej zmeny vo vzorkách sa znižuje ich modelový  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  a  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  pomer.

Fig. 10. a) Sr isotope evolution graph (one- and two-stage model) for the sample JI-313WR having lowest apparent age from whole set of samples analyzed (two-point Ap-WR value, 143 Ma). Arrows indicate moment of the change of episodic increase in the Rb/Sr ratio in the rock at the time 40, 60, 90, 120 Ma. Horizontal line - isotope ratio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  in accessory apatite. Full line -  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  evolution line of the measured data. Dashed lines - evolution of  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  in whole rock for the one-stage model also show the evolution of the Rb/Sr system in the sample provided the system is not affected by changing Rb/Sr ratio (Sr ordinary loss) by episodic event (two-stage evolution) at the time. Conversion of original data is done for the age of homogenization of Sr total-rock minerals at 310 Ma. b) The original analytical data (black circle) and model  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  data calculated for the two-stage model (short episodic change Rb/Sr ratio). Position of calculated points (indicated by arrows), depending on the time of Rb/Sr brings changes for a defined mineral isochrones (310 Ma). Increasing age of Rb/Sr episodic changes in the samples decreases their model  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratio.

Takéto rozdiely nemôžu byť spôsobené napr. prítomnosťou zvýšených koncentrácií Rb v apatite, ani nekompletnou homogenizáciou Sr izotopov v priebehu metamorfizmu, resp. postmetamorfnými vplyvmi (Carl et al., 1989; Creaser & Gray, 1992; Dempster, 1986; Hanson et al., 1969; Jäger, 1979). Pomer  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  v apatite 0,2, 0,5, 1,0 (pre apatit extrémne hodnoty) by za 300 Ma zodpovedal zmene pomeru  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  iba o 0,0009, 0,0022, 0,0044. Z argumentov uvedených v predchádzajúcom texte môžeme preto uzavrieť, že získané hodnoty z apatitov reprezentujú rozdiely v pomeroch  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  v celkových horninách v čase 310 Ma, t.j. možno ich považovať za iníciaľné ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ). Otázkou ostáva, či tento pomer je výsledkom prírastku  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  v priebehu jej predchádzajúceho vývoja, resp. či horninový systém bol izotopicky otvorený a ovplyvnený fluidami, ako uvažujú Korikovski & Putiš (1986). Paleozoické metamorfity, pôvodne sedimenty s depozičnými vekmi mladšie prekambrium až silúr, s bežnými Rb/Sr pomermi môžu produkovať pre čas 310 Ma takéto  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  pomery (napr. Gebauer & Grünenfelder, 1974; Köhler & Müller-Sohnius, 1980; Bickle et al., 1988; Peucat et al., 1988). Variabilita  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  pomeru, ako je zistená v akcesorickom apatite analyzovaných hornín, môže svedčiť o značných

rozdieloch v pomeroch Rb/Sr v celkových horninách pred diaforézou. Z analyzovaného materiálu však jednoznačne vyplýva, že prípadný vplyv fluid v procese diaforézy nehomogenizoval pomer  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  v horninách celej vzorkovanej oblasti.

Pozície Rb-Sr analýz celohorninových vzoriek z predmetného územia na grafoch  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  však dokumentujú odklon od modelovej linearitý nielen v prípade izochrón Ap-Ms-WR v jednotlivých vzorkách (Obr. 5), ale aj v prípade celohorninových vzoriek (Obr. 6). Možno uvažovať o dvoch hlavných príčinách tohto stavu.

Možnosť datovať metamorfné udalosti analýzou celkových hornín je založená na podmienke dosiahnutia izotopovej homogenity  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  v priebehu metamorfózy v celom vzorkovanom areále. Informácie týkajúce sa tohto problému sú však do značnej miery kontroverzné. Pidgeon & Compston (1965) popísali difúznú migráciu Sr rádo vo na kilometrové vzdialenosti. Naproti tomu Krogh & Davis (1973) preukázali len veľmi limitovanú difúznú schopnosť (nie viac ako 3 cm) v tých istých teplotných podmienkach. Van Breemen & Dallmeyer (1984) dokázali izotopovú difúziu Sr v škále 10–25 cm v priebehu 30 Ma po kulminácii vysokoteplotného metamorfizmu

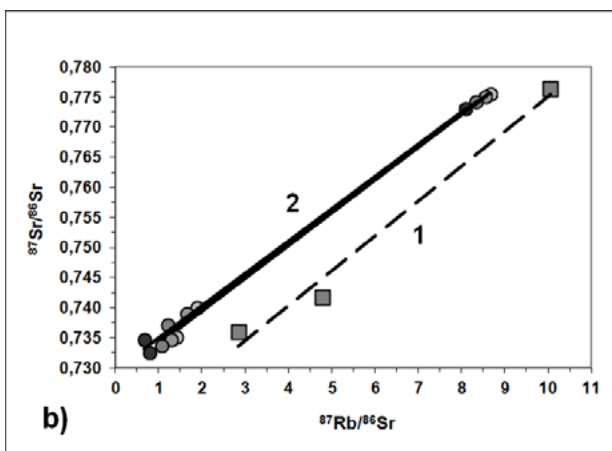
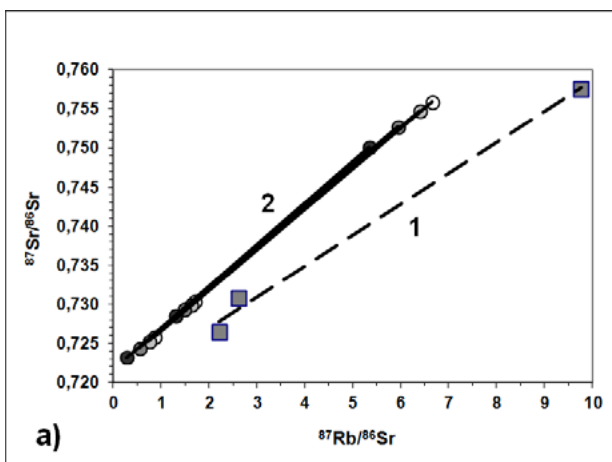
a výšku blokujúcej teploty pre celohorninový systém odhadli na cca 600 °C. Ako uvádzajú Shieh & Schwarcz (1974), rozhodujúcim činiteľom, ktorý môže výrazne regulovať rozsah izotopovej ekvibrácie je prítomnosť fluidnej fázy a objemová difúzia. Takto, areálna nehomogenita  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  v jednotlivých celohorninových vzorkách v čase prvej metamorfozy hornín by mohla byť primárnou príčinou nemožnosti zostavenia celohorninovej izochróny. V takom prípade, ak je hornina ako celok považovaná za uzavretý radiačný systém, bolo by možné pre každú vzorku konštruovať trojbodové izochróny (Ap-Ms-WR), s rozdielnymi iniciálnymi pomermi ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ). Ako sme však prezentovali v predchádzajúcom texte (viď Obr. 5), nie je to prípad analyzovaných vzoriek. Naopak, v kontraste k Ap-Ms dvojbodovým vekovým údajom a ich zhode s  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  datovaniami muskovitov, sklony dvojbodových Ap-WR línií majú veľký rozptyl, zodpovedajúci zdanlivým „vekom“ 376–143 Ma.

Preto druhou a reálnou možnosťou na vysvetlenie získaných údajov je predpoklad, že mohlo dôjsť k otvoreniu radiačného systému v hornine, napr. prínosom alebo odnosom Rb, stratou rádiogénneho resp. „obyčajného“ stroncia, čo má rozdielne efekty (Hradeczký & Lippolt, 1993). K tomu môže dochádzať už pri bežnom zvetrávaní hornín (Bottino & Fullagar, 1968). Analyzované diaktorizované horniny zo seleckého bloku sú mineralogicky monotónne, zložené z kremeňa, v rôznom stupni

sericitizovaného kyslého plagioklasu, muskovitu, chloritu (v rôznych modálnych pomeroch) a akcesorických minerálov. Muskovit v analyzovaných horninách je jediným nosičom Rb a podľa získaných údajov ho pokladáme za izotopicky uzavretý systém (Obr. 7). Potom dokumentovaný posun celohorninových vzoriek k vyšším hodnotám  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  voči referenčným hodnotám 310 Ma, mohol byť spôsobený iba postmetamorfnými zmenami plagioklasu a to hlavne stratou „obyčajného stroncia“. Plagioklasy majú nízke obsahy Rb a vysoké obsahy Sr, takže  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  pomery v plagioklasoch sú nízke, často blízko k nulovej hodnote na izochrónovom grafe (Faure, 1986). Jeden z reálnych procesov, ktorý mohol spôsobiť otvorenie radiačného systému v hornine, t.j. zmenu pomeru Rb/Sr, je vplyv fluid, v princípe chemické zvetrávanie kyslého plagioklasu (Eggleton et al., 1987; Su & Fullagar, 1995; Clow et al., 1997; Brantley et al., 1998). Strata obyčajného, nerádiogénneho stroncia z plagioklasu spôsobuje nárast  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  pomeru, t.j. posun celohorninovej vzorky na izochrónovom grafe horizontálne doprava, k vyšším hodnotám, s efektom znižovania modelového veku. Pretože zmena pomeru  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  k referenčnej hodnote 310 Ma nie je v každej vzorke rovnaká (Obr. 8,9), výsledkom je strata lineárnej závislosti na izochrónovom grafe (Obr. 6). Najnižší zdanlivý vek vzorky JI-313 (143 Ma) je maximálnym vekom zmeny (nárastu) Rb/Sr pomeru v horninách (Faure, 1986).

Obr. 11. a)  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  graf meraných a rekonštruovaných údajov z troch celohorninových vzoriek Považského Inovca (JI-313, 316, 351). Merané údaje (plné štvorce) z troch vybraných vzoriek (1) majú zdanlivý „vek“ 278 Ma, iniciálny pomer ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ )<sub>i</sub> = 0,7190 a korelačný koeficient 0,997. Prepočítané údaje na dvojstupňový model (2) s vekom epizodickej straty obyčajného Sr (40,60,90,120 Ma) majú rekonštruovaný izochrónový vek 364–373 Ma, iniciálny ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ )<sub>i</sub> 0,7214–0,7217, s korelačným koeficientom 1,000. b)  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  graf meraných a rekonštruovaných údajov z troch celohorninových vzoriek Považského Inovca (JI-222, 229, 738). Merané údaje (plné štvorce) z troch vybraných vzoriek (1) majú zdanlivý „vek“ 408 Ma, iniciálny pomer ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ )<sub>i</sub> = 0,7171 a korelačný koeficient 0,917. Prepočítané údaje na dvojstupňový model (2) s vekom epizodickej straty obyčajného Sr (40,60,90,120 Ma) majú rekonštruovaný izochrónový vek 377–382 Ma, iniciálny ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ )<sub>i</sub> 0,7286–0,7296, s korelačným koeficientom 0,998–0,999.

Fig. 11. a)  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  plot of measured and reconstructed data from three whole rock samples (JI-313, 316, 351). Measured data (filled squares) of three selected samples (1) have apparent „age“ 278 Ma with an initial ratio ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ )<sub>i</sub> = 0.7190 and the correlation coefficient 0.997. Reconstructed data on two-stage model (2) with a calculated age of episodic loss of common Sr (40,60,90,120 Ma) have reconstructed isochron age 364–373 Ma with an initial ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ )<sub>i</sub> from 0.7214 to 0.7217, with a correlation coefficient of 1.000. b)  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  plot of measured and reconstructed data from three whole rock samples (JI-222, 229, 738). Measured data (filled squares) of three selected samples (1) have apparent „age“ 408 Ma with an initial ratio ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ )<sub>i</sub> = 0.7171 and the correlation coefficient 0.917. Revised data on two-stage model (2) with a calculated loss of common Sr (40, 60, 90, 120 Ma) have reconstructed isochron age 377–382 Ma with an initial ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ )<sub>i</sub> from 0.7286 to 0.7296, with a correlation coefficient of 0.998 to 0.999.



### 5.1. Modelová rekonštrukcia zmeny pomeru $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ v horninách

Ak prijmemo predstavu o epizodickej strate Sr z plagioklasu (bez významnej zmeny pomeru  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  v celkovej hornine), možno sa pokúsiť o rekonštrukciu pôvodného izotopového  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  v horninách a tým aj rekonštrukcie ich  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  pomeru (Obr. 10a,b). Ich izotopový vývoj v čase možno rozdeliť na dve časti, prvú etapu pred diaforézou s nižším Rb/Sr pomerom a na druhú etapu s vyšším Rb/Sr pomerom. Modelovo sme vplyv tejto epizodickej zmeny  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  pomeru prepočítali na jej rôznych vek – 40, 60, 90 a 120 Ma (Obr. 10a). Výsledkom tejto rekonštrukcie, dvojstupňového modelu evolúcie  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  pomeru, je posun analyzovaných bodov na referenčnej Rb-Sr izochróne 310 Ma. Čím je vek epizodickej straty Sr vyšší, tým je rekonštruovaný pomer  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  nižší (Obr. 10b). Prirodzene reálne Rb/Sr pomery vo vzorkách celkových hornín limitujú modelovú interpretáciu. Z takto rekonštruovaných údajov boli zostavené trojbodové „izochróny“ pre rôzne časy epizodickej straty obyčajného stroncia z hornín – plagioklasu (Obr. 11a,b). Dve z hľadiska Rb/Sr pomeru rozdielne skupiny vzoriek, s výrazne rozdielnymi parametrami sklonu a nízkym korelačným koeficientom poskytli po rekonštrukcii meraných údajov omnoho lepšie „izochrónové“ parametre a aj reálne vekové údaje (Príloha 1, 2). Ak by sme akceptovali východiská dvoj etapového modelu vývoja Rb-Sr systému v diaforizovaných horninách Považského Inovca, potom prvá metamorfóza týchto hornín pred diaforézou bola generálne paleozoická (380–364 Ma), pred intrúziou granitoidných hornín, tak ako napr. v kryštaliniku Malých Karpát (Bagdasarjan et al., 1983) a tiež v mnohých oblastiach hercýnskej Európy. Ak by sme prijali výsledky tohto jednoduchého hypotetického modelu, k epizodickej strate obyčajného stroncia mohlo reálne dôjsť v geologicky doložených alpínskych tektonických procesoch mladších ako cca 90 Ma, na čo poukazujú aj údaje z jemných svetlých slúd analyzovaných z tejto oblasti (Putiš et al., 2009).

## 6. ZÁVER

Izotopové a geochronologické štúdium diaforizovaných hornín a ich minerálov (apatitu a muskovitu) zo seleckého bloku Považského Inovca na základe dvoch nezávislých Rb-Sr a  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  technik umožňuje urobiť nasledovné uzávery:

Rb-Sr vekové údaje na základe dvojbodových datovaní muskovitov a apatitov (priemer  $307 \pm 5$  Ma) sú v rámci odhadnutej analytickej chyby zhodné s  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  datovaním muskovitov (priemer  $310,1 \pm 3,5$  Ma). Vzhľadom k predpokladaným teplotám diaforézy a výške blokujúcich teplôt v použitých radiačných systémoch v analyzovaných mineráloch, interpretujeme získané údaje ako veku identické, resp. veľmi blízke k veku diaforézy. Po tomto procese akcesorický apatit a hrubozrnný muskovit zo svorov a svorových rúl sú izotopicky uzavreté pre oba radiačné systémy. Radiometrické veku analyzovaných minerálov zaraďujú vznik diaforitov do karbónu (stredný Pensylvanian, resp. Moscovian), s vekovým rozpätím 307,2–311,7 Ma, pričom hranica karbónu a permu je určená na  $299,0 \pm 0,8$  Ma (Ogg et al., 2008). Od procesu diaforézy po eróziu hornín uplynul (ako

vyplýva z geologických argumentov) časový úsek nie dlhší ako 10 Ma. Horniny boli zdrojom detritu už pre sedimenty karbónu (Kamenický, 1958), permu (Putiš, 1986), ale aj vrchnej kriedy (Plašienka et al., 1994), t.j. v rozpätí cca 200 Ma.

Rb-Sr analýzy celkových hornín poukazujú, že jednoduchý jednostupňový model vývoja Rb-Sr systému v celkových horninách od diaforézy po súčasnosť nie je prijateľný. Zvýšenie Rb/Sr pomeru v horninách možno interpretovať ako prejav straty obyčajného Sr z plagioklasov. K epizodickej strate obyčajného stroncia došlo pri procesoch výraznej alpínskej tektoniky. Podľa dvojstupňového modelu evolúcie izotopov Sr v horninách je reálne, že pôvodná metamorfóza hornín sa mohla odohrať v čase 364–380 Ma.

Vekové údaje z južnej časti Považského Inovca, z hlohoveckého bloku predbežne indikujú, že táto oblasť kryštalinika je z hľadiska získaných geochronologických údajov odlišná od severnej diaforizovanej časti, má inú dobu chladnutia – medzi 330 až 340 Ma, ako je to bežné v jadrových pohoriach Západných Karpát.

Výsledky práce poukazujú, že izotopový výskum orientovaný na akcesorický apatit a chemicky odolný muskovit môže viesť k relevantným geochronologickým údajom. Z tohto pohľadu sú izotopové údaje získané z apatitu veľmi cenné, pretože aj v sekundárne výrazne zmenených horninách (spolu s muskovitom) môže zachovávať svoj pôvodný  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotopový signál.  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  údaje z celkových hornín takú informáciu nezaručujú.

**PodĎakovanie:** Vzorky na tento výskum boli odobrané a spracované na základe predbežných výsledkov geologického mapovania Považského Inovca v rámci úlohy Geologická mapa regiónu Považský Inovec a jv. časť Trenčianskej kotliny v mierke 1:50 000. RNDr. J. Határovi CSc. ďakujeme za poskytnutie vzoriek muskovitov z kryštalinika hlohoveckého bloku. Pán D. Zaťovič urobil separáciu čistých minerálnych frakcií muskovitov a akcesorického apatitu, pani Mgr. E. Harčová sa podieľala na chemickej separácii čistých frakcií Sr na izotopové štúdium. Koncentrácie Rb a Sr v celkových horninách stanovil Ing. A. Majchrák (ŠGÚDŠ, GAL, Spišská Nová Ves). Izotopové pomery  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vo všetkých vzorkách, koncentrácie Rb a Sr izotopovým riedením v muskovitoch boli analyzované v laboratóriu ING PAN vo Varšave,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  analýzy boli urobené v laboratóriu CEAL, GIÚ SAV v Bratislave. J.K. ďakuje Prof. Dr. hab. J. Burchartovi (ING PAN, Varšava) a Univ. Prof. Dr. W. Frankovi (GÚ SAV, Bratislava) za všestrannú podporu počas analytických prác. RNDr. I. Petříkovi, DrSc. a Prof. M. Putišovi, DrSc. autori ďakujú za posudky, ktoré pomohli vylepšiť originálny rukopis práce. Projekt VEGA č. 1/0587/11 „Tektonická interakcia kryštalinika a sedimentov obalu tatrika Západných Karpát“ umožnil finalizáciu článku.

## Literatúra

- Bagdasarjan G.P., Gukasjan R.Ch., Cambel B. & Veselský J., 1983: Rezultaty Rb-Sr opredelenija vozrasta metamorfičeských porod kristalličeskogo kompleksa Malých Karpát. *Geologický Zborník Geologica Carpathica*, 32, 6, 679–705. (in Russian)
- Belousova E.A., Walters S., Griffin W.L. & O'Reilly S.Y., 2001: Trace-element signatures of apatites in granitoids from the Mt. Isa Inlier, northwestern Queensland. *Australian Journal of Earth Sciences*, 48, 4, 603–619.
- Bickle M.J., Wickham S.M., Chapman H.J. & Taylor Jr. H.P., 1988: A strontium, neodymium and oxygen isotope study of hydrothermal metamorphism and crustal anatexis in the Trois Seigneurs Massif, Pyrenees, France. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 100, 4, 399–417.

- Bottino M.L. & Fullagar P.D., 1968: The effects of weathering on whole-rock Rb-Sr ages of granitic rocks. *American Journal of Science*, 266, 8, 661–670.
- Brantley S.L., Chesley J.T. & Stillings L.L., 1998: Isotopic ratios and release rates of strontium measured from weathering feldspars. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 62, 1493–1500.
- Burchart J., 1968: Rubidium-strontium isochron ages of the crystalline core of the Tatra mountains, Poland. *American Journal of Science*, 266, 10, 895–907.
- Cambel B., Kamenický J. & Krist E., 1961: Poznámky ku geológii kryštalinika Malých Karpát, Považského Inovca, Trábeča a západnej časti Vepora. Zjazdový sprievodca XIII. zjazdu Čs. spoločnosti pre mineralógiu a geológiu, slovenský výbor, Bratislava, 5–169.
- Cambel B., Korikovski S.P., Krasivskaya I.S. & Arakelians M.M., 1986: Opredeľenie veku retrogradno metamorfizmu v Západných Karpatoch K-Ar metódou po muskovitách. (in Russian). *Geologický Zborník Geologica Carpathica*, 37, 3, 375–386.
- Carl C., Wendt I. & Wendt J.I., 1989: U/Pb whole-rock and mineral dating of the Falkenberg granite in northeast Bavaria. *Earth Planetary Science Letters*, 94, 3–4, 236–244.
- Clow D.W., Mast M.A., Bullen T.D. & Turk J.T., 1997: Strontium 87/strontium 86 as a tracer of mineral weathering reactions and calcium sources in an alpine/subalpine watershed, Loch Vale, Colorado. *Water Resources Research*, 33, 6, 1335–1351.
- Creaser R.A. & Gray C.M., 1992: Preserved initial <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr in apatite from altered felsic igneous rocks: A case study from the Middle Proterozoic of South Australia. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 56, 7, 2789–2795.
- Čorná O. & Kamenický L., 1976: Ein Beitrag zur Stratigraphie des Kristallinikums der Westkarpaten auf Grund der Palynologie. *Geologický Zborník Geologica Carpathica*, 27, 1, 117–132.
- Danišík M., Dunkl I., Putiš M., Frisch W. & Král J., 2004: Tertiary burial and exhumation history of basement highs along the NW margin of the Pannonian Basin: an apatite fission track study. *Austrian Journal of Earth Sciences*, 95/96, 60–70.
- Dempster T.J., 1986: Isotope systematics in minerals: biotite rejuvenation and exchange during Alpine metamorphism. *Earth Planetary Science Letters*, 78, 355–367.
- Dodson M.M., 1973: Closure temperature in cooling geochronological and petrological systems. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 40, 3, 259–274.
- Eggleton R.A., Foundoulis Ch. & Varkevissier D., 1987: Weathering of basalts: changes in rock chemistry and mineralogy. *Clays and Clay Minerals*, 35, 3, 161–169.
- Farver J.R. & Giletti B.J., 1989: Oxygen and strontium diffusion kinetics in apatite and potential applications to thermal history determinations. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53, 7, 1621–1632.
- Faure G., 1986: Principles of Isotope Geology. Second edition, John Wiley & Sons, New York, 589 p.
- Faure G., 2001: Origin of Igneous Rocks. The Isotopic Evidence. Springer-Verlag, Heidelberg, 496 p.
- Gebauer D. & Grünenfelder M., 1974: Rb-Sr whole-rock dating of late diagenetic to anchimetamorphic, palaeozoic sediments in southern France (Montagne Noire). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 47, 2, 113–130.
- Hanson G.N., Grünenfelder M. & Soptrayanova G., 1969: The geochronology of a recrystallized tectonite in Switzerland – the roffina gneiss. *Earth and Planetary Science Letters*, 5, 413–422.
- Harrison T.M. & Watson E.B., 1984: The behavior of apatite during crustal anatexis: Equilibrium and kinetic considerations. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 7, 1467–1477.
- Hart S.R., 1964: The petrology and isotopic-mineral age relations of a contact zone in the Front Range, Colorado. *Journal of Geology*, 72, 5, 493–525.
- Hradetzky H. & Lippolt H.J., 1993: Generation and distortion of Rb/Sr whole-rock isochrons; effects of metamorphism and alteration. *European Journal of Mineralogy*, 5, 6, 1175–1193.
- Cherniak D.J. & Ryerson F.J., 1991: Diffusion of Sr and Sm in apatite. *EOS*, 72, 309 p.
- Ivanička J., Olšovský M., Hók J., Bezák V., Polák M., Rakús M., Havrila M., Pristaš J., Elečko M., Kováčik M., Demko R., Šimon L., Konečný P., Boorová D. & Vaněková H., 2005: Vysvetlivky ku geologickým mapám 1: 25000, listy: 35–142 Beckov (časť) a 35–231 Trenčianska Turná (časť). Manuskript, archív Geofondu, Bratislava.
- Ivanička J., Kohút M. (Eds.), Havrila M., Olšovský M., Hók J., Kováčik M., Madarás J., Polák M., Rakús M., Filo I., Elečko M., Fordinál K., Maglay J., Pristaš J., Buček S., Šimon L., Kubeš P., Scherer S., Zuberec J., Dananj I., & Klukanová A., 2011: Vysvetlivky ku geologickej mape Považského Inovca a jv. časti Trenčianskej kotliny. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 389 p.
- Ivanička J., Havrila M., Kohút M., Kováčik M., Madarás J., Olšovský M., Hók J., Polák M., Filo I., Elečko M., Fordinál K., Maglay J., Pristaš J., Buček S. & Šimon L., 2007: Geologická mapa Považského Inovca a JV časti Trenčianskej kotliny, Bratislava, ŠGÚDŠ.
- Jäger E., 1970: Rb-Sr systems in different degrees of metamorphism. *Eclogae Geologicae Helveticae*, 63, 1, 163–172.
- Jäger E., 1979: The Rb-Sr Method. In: Jäger E. & Hunziker J.C. (Eds.): Lectures in Isotope Geology, Springer, 13–26.
- Kamenický J., 1956: Zpráva o geologickom výskume a mapovaní severnej časti Považského Inovca. Geologické Práce, Zprávy, 8, 110–118.
- Kamenický J., 1967: Považský Inovec. Krystalinikum. In: Maheľ M. (Ed.): Regionálna geológia ČSSR, Díl II – Západní Karpaty, svazek I. Academia, Praha, 113–118.
- Kantor J., 1961: Beitrag zur Geochronologie der Magmatite und Metamorphite des Westkarpatischen Kristallins. Geologické Práce, Zošit 60, 303–318.
- Köhler H. & Müller-Sohnius D., 1980: Rb-Sr systematics on paragneiss series from the Bavarian Moldanubicum, Germany. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 71, 4, 387–392.
- Korikovski S.P. & Putiš M., 1986: Metamorphic zonation and diaphoresis in Považský Inovec Mts. crystalline basement. *Geologický Zborník Geologica Carpathica*, 37, 2, 115–136. (in Russian)
- Kováč M., Král J., Márton E., Plašienka D. & Uher P., 1994: Alpine uplift history of the Central Western Carpathians: geochronological, paleomagnetic, sedimentary and structural data. *Geologica Carpathica*, 45, 2, 83–96.
- Krogh T.E. & Davis G.L., 1973: The effect of regional metamorphism on U-Pb systems in zircons and a comparison with Rb-Sr systems in the same whole rock and its constituent minerals. *Carnegie Institution Yearbook*, Washington, 72, 601–610.
- Maheľ M., 1986: Geologická stavba československých Karpát. 1. Palealpínske jednotky. Veda, Bratislava, 503 p.
- Ogg J.G., Ogg G. & Gradstein F.M., 2008: The Concise Geologic Time Scale. Cambridge University Press, 177 p.
- Peucat J.J., Jegouzo P., Vidal P. & Bernard-Griffiths J., 1988: Continental crust formation seen through the Sr and Nd isotope systematics of S-type granites in the Hercynian belt of western Europe. *Earth and Planetary Science Letters*, 88, 1–2, 60–68
- Pidgeon R.T. & Compston W., 1965: The age and origin of the Cooma granite and its associated metamorphic zones, New South Wales. *Journal of Petrology*, 6, 2, 193–222.

- Plašienka D., Marschalko R., Soták J., Peterčáková M. & Uher P., 1994: Pôvod a štruktúrna pozícia vrchnokriedových sedimentov v severnej časti Považského Inovca. Prvá časť: Litostratigrafia a sedimentológia. *Mineralia Slovaca*, 26, 5, 311–334.
- Putiš M., 1980: Succession of tectonic structures in the crystalline and envelope Paleozoic of the Považský Inovec Mts. *Geologický Zborník Geologica Carpathica*, 31, 4, 619–626.
- Putiš M., 1981: Metamorfózy v kryštaliniku a obalovom paleozoiku Považského Inovca. In: Zborník referátov "Metamorfne procesy v Západných Karpatoch", GÚDŠ, Bratislava, 39–43.
- Putiš M., 1982: Bemerkungen zu dem Kristallin in dem Bereich des Považský Inovec, Suchý und Králova Hola Mts. *Geologický Zborník Geologica Carpathica*, 33, 2, 191–196.
- Putiš M., 1983: Outline of geological-structural development of the crystalline complex and envelope Paleozoic of the Považský Inovec Mts. *Geologický Zborník Geologica Carpathica*, 34, 4, 457–482.
- Putiš M., 1991: Geology and petrotectonics of some shear zones in the Western Carpathian crystalline complexes. *Mineralia Slovaca*, 23, 5–6, 459–473.
- Putiš M., Sulák M. Gawlick H.-J. & Bojar A.-V., 2006: Infratatrikum Považského Inovca (Západné Karpaty) – geodynamická evolúcia kontinentálneho svahu v susedstve oceánskeho penninika. *Mineralia Slovaca*, 38, 1, 7–28.
- Putiš M., Frank W., Plašienka D., Siman P., Sulák M. & Biroň A., 2009: Progradation of the Alpidic Central Western Carpathians orogenic wedge related to two subduction: constrained by  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages of white mica. *Geodinamica Acta*, 22, 1–3, 31–56.
- Shieh Y. & Schwarcz H.P., 1974: Oxygen isotope studies of granite and migmatite, Grenville Province of Ontario, Canada. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 38, 1, 21–45.
- Steiger R.H. & Jäger E., 1977: Subcommission on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. *Earth and Planetary Science Letters*, 36, 359–362.
- Su Q. & Fullagar P.D., 1995: Rb-Sr and Sm-Nd isotopic systematics during greenschist facies metamorphism and deformation: examples from the Southern Appalachian Blue Ridge. *Journal of Geology*, 103, 4, 423–436.
- van Breemen O. & Dallmeyer R.D., 1984: The scale of Sr isotopic diffusion during post-metamorphic cooling of gneisses in the Inner Piedmont of Georgia, southern Appalachians. *Earth and Planetary Science Letters*, 68, 1, 141–150.
- Watson E.B. & Capobianco C.J., 1981: Phosphorus and the rare earth elements in felsic magmas: an assessment of the role of apatite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45, 12, 2349–2358.

**Summary:** The main aim of this work was the dating of separated mineral fractions of accessory apatite (Ap) and coarse-grained muscovites (Ms) and whole rocks from diaphrotitic metamorphic rocks of the Selec block of the Považský Inovec Mts. crystalline complex (Fig. 1,2). Rb-Sr and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronometers (Tab. 2,3) were used to answer questions about the age of mineral associations in metamorphic rocks under study. Also find out whether and to what extent these rocks were able to register the Alpine tecto-metamorphic effect in these two geochemically different parent-daughter systems.

Whole rock samples were taken from diaphrotitic rocks that build up mainly the ridge and the western slopes of the mountain. The majority of sampled rock types are muscovite to muscovite-chlorite schists with plagioclase and quartz, with different stages of weathering. Accessory apatite, coarse-grained muscovite, and whole rocks were analyzed by Rb-Sr method, the  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  method was used for coarse-grained muscovite.

According to data by Korikovski & Putiš (1986), massive diaphrotitic process of the original metamorphic rocks in the Považský Inovec Mts. was manifested by muscovitisation, chloritization, albitization, and sericitization of original metamorphic rocks. These rocks were considered to be pre-Hercynian (Proterozoic?; Kamenický, 1967) and were identified in the pebbles of Carboniferous sedimentary pile (Kamenický in Cambel et al., 1961), Permian deposits (Putiš, 1980), and also in the Upper Cretaceous sediments (Plašienka et al., 1994). Diaphoresis had three stages of recrystallization temperature of the original metamorphic mineral association: (i) development of muscovite schists (500 °C); (ii) muscovite-chlorite schists and their mylonites (400–450 °C); and finally (iii) recrystallization of sericite mylonites at 300–400 °C. The authors suggest that the last mineral association could also arise during the Alpine tectogenesis. Development of the diaphrotitic rocks in the study area according to published data (see above) are bound to a strong inflow of deep hydrothermal fluids. Rb/Sr whole rock analysis (with large scatter  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  ratio between 2 to 10) do not create linear relationship on  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  isochron graph, so no whole rock isochron exists. Isotopic composition of the Sr in apatite has also considerable variability with the  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratio of 0,718 to 0,737. We considered this value as a result of Sr isotopic reequilibration and recrystallized mineral phases (Ap, Ms). Age data from the seven Rb/Sr, Ap-Mu two point dating (average  $307 \pm 5$  Ma) are generally consistent with muscovite  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  plateau ages ( $310,1 \pm 3,5$  Ma). The whole rock apparent model "ages" (apatite – whole rock pairs, 376–143 Ma) are results of loss ordinary strontium from acid plagioclase caused by chemical weathering of the mineral during the Alpine tectono-metamorphic cycle.

Príloha 1. Tabuľka meraných <sup>87</sup>Rb/<sup>86</sup>Sr a <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr hodnôt (**bold**) a rekonštruovaných (*italika*) údajov pre dvojstupňový model evolúcie Rb/Sr izotopového systému spôsobeného epizodickou stratou obyčajného stroncia z celohorninových vzoriek JI-313, JI-316, JI-351. Údaje sú rekonštruované pre čas 40, 60, 90, 120 Ma. Slope- sklon, A. age – zdanlivý vek, C. age- vypočítaný vek, corel- korelačný koeficient.

Appendix 1. Table of measured <sup>87</sup>Rb/<sup>86</sup>Sr and <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr values (**bold**) and reconstructed (*italics*) data for two-stage evolution model of Rb/Sr isotopic system caused by episodic loss of common strontium from whole rock samples JI-313, JI-316, JI-351. Data are computed for the time 40, 60, 90, 120 Ma. A. age – apparent age, C. age- computed age, corel- correlation coefficient.

No.		<sup>87</sup> Rb/ <sup>86</sup> Sr	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr
JI-313WR		<b>2,21</b>	<b>0,726465</b>
JI-316WR		<b>9,77</b>	<b>0,757613</b>
JI-351WR		<b>2,62</b>	<b>0,730754</b>
	<b>slope</b>	<b>(<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr)<sub>i</sub></b>	<b>A. age (Ma)</b>
	<b>0,003958</b>	<b>0,7190</b>	<b>278</b>
			<b>corel</b>
			<b>0,997</b>
			<sup>87</sup> Rb/ <sup>86</sup> Sr
313	40Ma	0,84	0,725692
316	40Ma	6,65	0,755855
351	40Ma	1,69	0,730228
	<i>slope</i>	<i>(<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr)<sub>i</sub></i>	<i>C. age (Ma)</i>
40 Ma	0,005184	0,7214	364
			<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr
313	60Ma	0,73	0,725212
316	60Ma	6,40	0,754762
351	60Ma	1,61	0,729901
	<i>slope</i>	<i>(<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr)<sub>i</sub></i>	<i>C. age (Ma)</i>
60 Ma	0,005206	0,7214	366
			<sup>87</sup> Rb/ <sup>86</sup> Sr
313	90Ma	0,53	0,724327
316	90Ma	5,94	0,752746
351	90Ma	1,48	0,729298
	<i>slope</i>	<i>(<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr)<sub>i</sub></i>	<i>C. age (Ma)</i>
90 Ma	0,005250	0,7215	369
			<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr
313	120Ma	0,27	0,723161
316	120Ma	5,34	0,750087
351	120Ma	1,30	0,728502
	<i>slope</i>	<i>(<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr)<sub>i</sub></i>	<i>C. age (Ma)</i>
120 Ma	0,005315	0,7217	373
			1,000

Príloha 2. Tabuľka meraných  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  a  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  hodnôt (**bold**) a rekonštruovaných (*italika*) údajov pre dvojstupňový model evolúcie Rb/Sr izotopového systému spôsobeného epizodickou stratou obyčajného stroncia z celohorninových vzoriek JI-222, JI-229, JI-738. Údaje sú rekonštruované pre čas 40, 60, 90, 120 Ma. Slope- sklon, A. age – zdanlivý vek, C. age- vypočítaný vek, corel- korelačný koeficient.

Appendix 2. Table of measured  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  values (**bold**) and reconstructed (*italics*) data for two-stage evolution model of Rb/Sr isotopic system caused by episodic loss of common strontium from whole rock samples JI-222, JI-229, JI-738. Data are computed for the time 40, 60, 90, 120 Ma. A. age – apparent age, C. age- computed age, corel- correlation coefficient.

No.		$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
JI-222WR		<b>2,84</b>	<b>0,735932</b>
JI-229WR		<b>10,06</b>	<b>0,776378</b>
JI-738WR		<b>4,79</b>	<b>0,741611</b>
	<b>slope</b>	<b>(<math>^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}</math>)<sub>i</sub></b>	<b>A. age (Ma)</b>
	<b>0,005809</b>	<b>0,7171</b>	<b>408</b>
		$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
222	40Ma	1,40	0,735118
229	40Ma	8,67	0,775604
738	40Ma	1,88	0,739967
	<i>slope</i>	<i>(<math>^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}</math>)<sub>i</sub></i>	<i>C. age (Ma)</i>
40 Ma	0,005436	0,7286	382
		$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
222	60Ma	1,29	0,734612
229	60Ma	8,56	0,775121
738	60Ma	1,65	0,738946
	<i>slope</i>	<i>(<math>^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}</math>)<sub>i</sub></i>	<i>C. age (Ma)</i>
60 Ma	0,005423	0,7288	381
		$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
222	90Ma	1,08	0,733680
229	90Ma	8,35	0,774228
738	90Ma	1,23	0,737064
	<i>slope</i>	<i>(<math>^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}</math>)<sub>i</sub></i>	<i>C. age (Ma)</i>
90 Ma	0,005400	0,7291	379
		$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
222	120Ma	0,80	0,732452
229	120Ma	8,09	0,773047
738	120Ma	0,67	0,734586
	<i>slope</i>	<i>(<math>^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}</math>)<sub>i</sub></i>	<i>C. age (Ma)</i>
120 Ma	0,005369	0,7296	377