

Exotický balvan v Krivej — zvyšok oravskej kordiléry?

JÁN KRÁL

Geologický ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 814 73 Bratislava

(2 obr. a 1 tab. v texte)

Doručené 24. 3. 1982

Экзотическая глыба-остаток оравской кордильеры?

Аксесорический апатит из глыбы гранитового сложения, залегающего в алювиальной ниве кривского ручья был датирован методом FT на 61 ± 3 мил. лет. Возраст апатита доказывает, что источником этих пород была территория выразительно мобилизованная ларамийской фазой орогенеза.

Exotic boulder in the Krivá locality (Orava county, Northern Slovakia) as remnant of the Orava Cordillera?

Accessory apatite from a granite boulder found in alluvial beds of the Krivá brook has been dated using fission track method as 61 ± 3 m. a. The age of apatite points to pronounced mobilization in the source area of the rock during the Laramian stage.

Zlepencové fácie a fácie wildflyšu umožňujú bádať pôvodné horniny, ktoré boli zdrojom sedimentov flyšového trogu. V týchto sedimentárnych štruktúrach sa zachovali bloky hornín rozličnej veľkosti, ktoré sa do sedimentačnej panvy zrútili z útesov rýchlo sa vynárajúcich kordilér. Tento jav nebol geograficky ani časovo obmedzený: v Západných Karpatoch je známy najmä z obdobia po kriedovom orogéne, keď na krátky čas vznikali neveľké wildflyšové fácie po okraji malých interných zdrojov dodávajúcich materiál do geosynklinály (Marschalko, 1968).

V aluviálnej nive Krivského potoka, cca 2,5 km na V od Krivej (Orava), ležia dva balvany granitoidného zloženia (obr. 1). Sú v doline, ktorú buduje typický paleogénny flyš a monotónne belopotocké súvrstvia (Andrusov, 1931, in Andrusov, 1965). Podobné horniny z vrchného eocénu zakopanských vrstiev už opísal Š. Kahan (1965). Pretože sa od tatranských granodioritov odlišujú, D. Andrusov (1965) spájal ich pôvod s existenciou kordiléry, ktorú v geografickej blízkosti dokázal Marschalko a Radomski (1960).

Na riešenie otázky proveniencie týchto hornín možno použiť F-T datovanie apatitu, ktorý je v nich prítomný. Fosílny stopy v apatite sa zachovávajú pri teplote 100–140 °C (Naeser, 1980), čo znamená, že F-T vek sa vzťahuje na prechod horniny cez túto teplotnú úroveň. Schladnutie hornín pod ňu mohol spôsobiť (pri hlbinných horninách) tektonický výzdvih

a erózia pôvodného povrchu. Preto F-T vek apatitu možno spájať s takým fenoménom, ako je vertikálny výzdvih, a interpretovať ho ako vek výzdvihov (Wagner — Reimer, 1972, Burchart, 1972, Král, 1977).

Analytický postup

Vzorka je z ľavej strany balvanu (obr. 1b). Balvan je z pevnej horniny a jeho čerstvý lom je svetlosivej farby. Makroskopicky sú viditeľné výrastlice draselného živca v rozmeroch až 3×1 cm a biotit, ktorý na niektorých miestach zachováva pôvodnú metamorfnú lineáciu. Mikroskopicky je hornina identická s opisom Š. Kahana (1965). Charakteristickou črtou je neundulózny kremeň a idiomorfný sericitizovaný plagioklas, ktorý je najčastejšie prítomný ako uzavrenina v pertitizovanom draselnom živci. Zo slúd je prítomný biotit a muskovit, z akcesorických minerálov bol identifikovaný apatit, zirkón a granát. Horninu možno kvalifikovať ako porfyritický granit a má takéto chemické zloženie:

SiO₂ — 69.91, TiO₂ — 0.52, Al₂O₃ — 14.30, Fe₂O₃ + FeO — 3.43, MnO — 0.04, MgO — 1.39, CaO — 1.97, Na₂O — 3.75, K₂O — 4.34, H₂O⁺ — 0.64, H₂O⁻ — 0.09, Suma = 100.38.

Z horniny sa bežným postupom (ťažké kvapaliny, elektromagnet) vyseparoval dostatočný počet apatitových zŕn (cca 50). Zrná sa zaliali do syntetickej živice, obnažil sa ich vnútorný povrch a leštili sa na

Obr. 1. Pozícia exotických balvanov v Krivskom potoku. Ide o 2 balvany a ich predpokladaný objem je väčší ako 1.5 m³. A — vzorka pochádza z prednej časti ľavého balvanu, B — celkový pohľad zo SZ

Fig. 1. Position of exotic boulders in the Krivský potok alluvium. The volume of two boulders exceeds 1.5 m³. A — sample from the frontal part of the left boulder, B — general view from the northwest



vysoký optický lesk. Takto pripravené sa leptali fosilne stopy po spontánnom rozpade ^{238}U . Potom sa povrch zŕn prikryl externým detektorom (Makrofol firmy Bayer hrúbky $80\text{ }\mu\text{m}$) a vložili sa do reaktora. Po ožiarení tepelnými neutrónmi sa Makrofol leptal štandardným postupom (6N roztok NaOH, 60°C , 40 minút), čím sa zviditeľnili stopy po indukovanom štiepení ^{235}U . Tak sa na každom individuálnom zrne počítaním v optickom mikroskope získali základné údaje na zistenie veku — počet spontánnych a indukovaných stôp.

Štandardy: Dávka tepelných neutrónov (2.84×10^{15}) bola určená pomocou sklička NBS 963 (Carpenter, 1974). Pri výpočte celkovej dávky sa bral ako štandard sekundový tok tepelných neutrónov zistený na Cu detektore. Spolu so vzorkou bol ožiarený apatitový koncentrát z tufu Fish Canyon, ktorý možno použiť priamo na vekový štandard (Naeser — Cebula, 1978).

Vek apatitu 61 ± 3 mil. rokov bol vypočítaný z neskráteného vzorca (Wagner, 1969), pričom sa ako pomer spontánnych a indukovaných stôp z jednotlivých zŕn použil regresný koeficient vypočítaný väzenou párovou regresnou analýzou (York, 1969). Ako váhy bodov sa použili prevrátené štvorce analytických chýb odhadnutých z napočítaných trekov štatistikou Poissona. Je to v podstate aplikácia izochrónej metódy, ktorú možno použiť v tomto prípade (Burchart — Král, 1982). Na výpočet veku sa použili tieto konštanty: $\sigma_f = 580 \times 10^{-2} \cdot \text{cm}^{-2}$, $\lambda_f = 8.42 \times 10^{-17} \text{r}^{-1}$, $\lambda_a = 1.551 \times 10^{-10} \text{r}^{-1}$ I = 137.8.

Všetky získané analytické údaje sú v tab. 1. Obr. 2 predstavuje F-T izochrónový graf so všetkými získanými údajmi.

Diskusia

V podstate prichádzajú do úvahy štyri možné zdroje krivských balvanov:

1. Balvany môžu byť ľadovcového pôvodu, nepochádzajú zo Západných Karpát, ale napr. z Baltického štítu;
2. balvany pochádzajú z kryštalinika Tatier;
3. materiál pochádza z bazálneho paleogénu Oravy a je pozostatkom „oravskej kordiléry“ (Andrusov, 1965);
4. zdrojom tohto granitového materiálu súolistostrómové fácie vrchnej kriedy bradlového pásma.

1. Výskyt exotických „blúdiacich“ balvanov granitoidného zloženia, ktoré sú zvyškami po ľadovcovej činnosti, je známy z územia našej republiky zo severnej časti Moravy. Za zdroj týchto hornín sa pokladá kryštalinikum Baltického štítu. Známe F-T datovania apatitu (Koark et al., 1978, Lehtovaara, 1976) sú významne vyššie (191—980 mil. r.) ako údaj v tejto práci. Iné geochronologické poznatky (Aberg, 1978), ako aj tektonický vývoj Baltického štítu vylučujú možnosť spájať krivský granit s takýmto zdrojom. Tento náhľad je podopretý aj faktom, že v doline niet nijakých stôp po ľadovcovej činnosti.

2. Aj keď oblasť v širšom okolí Krivského potoka je z monotónneho súvrstvia belopotockých vrstiev, geografická blízkosť kryštalinika Tatier môže zvädzať k úvahám o ich možnom zdroji. Ale pri takejto úvahe sa vynárajú problémy, ktoré nemožno vysvetliť známymi paleogeografickými poznatkami. Keby krivský balvan pochádzal z kryštalinika Tatier, musel by mať podobný vek výzdvihu ako vzorky in situ v kryštaliniku Tatier. Ale tento vek je miocénny (Burchart, 1972, Král, 1977). Okrem toho paleoprúdové analýzy dokázali, že Tatry v tom čase neboli výzdvihnuté, ale naopak ponorené pod dnom paleogénneho mora (Marchalko — Radomski, 1960).

3. Podľa údajov D. Andrusova (1965)olistolity aolistostrómový zlepenec (typ šambronského zlepenca) sú vyvinuté vo

viacerých oblastiach vnútrokarpatského paleogénu. V týchto vrstvách, ktoré sú eocénneho veku sa môžu vyskytovať aj granitoidné horniny. D. Andrusov (l. c.) uvádza ako príklad lokalitu južne od Krivej. Balvany v Krivskom potoku ležia v aluviálnej nive a určiť ich pôvodnú stratigrafickú príslušnosť ani vek ich depozície nemožno. Ich zdrojom musela byť kordiléra s obnaženým kryštalinikom dodávajúca materiál do paleogénnej panvy. Podľa paleoprúdových analýz možno takýto

zdroj lokalizovať na SZ od Dolného Kubína (Marschalko — Radomski, 1960). D. Andrusov (l. c.) rozšíril jej oblasť výskytu východným smerom a nazval ju „oravskou kordilérou“. Krivský balvan od tejto kordiléry možno odvodzovať iba v prípade prijatia takéhoto interpretačného modelu: určený vek 61 mil. rokov určuje vek prechodu cez teplotnú hranicu 100 až 120 °C, čo pri priemernom geotermickom gradiente zodpovedá hĺbke 3,5–4 km. Vekový údaj presne zodpovedá laramskej

Namerané a vypočítané údaje pre izochrónový diagram p_s versus p_i zo 17 apatitových zŕn z exotického granitového balvanu z Krivského potoka (Orava)
Measured and calculated data for isochrone diagram p_s versus p_i of 17 apatite grains from the granite exotic boulder in Krivský potok alluvium (Orava county)

Tab. 1

Číslo kryštálu	N_i	$p_i \cdot 10^5, \text{cm}^{-2}$	$\sigma_{p_i} \cdot 10^5, \text{cm}^{-2}$	A_i	N_s	$p_s \cdot 10^5, \text{cm}^{-2}$	$\sigma_{p_s} \cdot 10^5, \text{cm}^{-2}$	A_s	U (ppm)
069—1	314	5.47	.308	211	260	4.53	.281	211	28
069—2	77	2.13	.242	133	62	1.71	.217	133	12
069—11	151	5.55	.451	100	132	4.85	.422	100	28
069—4	36	1.39	.232	95	30	1.16	.212	95	8
069—5	110	2.9	.285	135	98	2.67	.269	135	16
069—6	462	7.71	.359	220	425	7.10	.344	220	40
069—9	65	4.68	.581	51	52	3.75	.519	51	24
069—12	165	2.39	.186	254	106	2.24	.217	174	12
069—15	101	2.71	.269	137	87	2.33	.250	137	14
069—16	36	4.56	.760	29	29	3.67	.682	29	24
069—17	64	2.94	.367	80	52	2.39	.331	80	16
069—19	24	1.26	.257	70	22	1.15	.246	70	6
069—20	239	3.67	.238	239	207	3.18	.221	239	20
069—24	138	6.11	.520	83	93	4.12	.427	83	32
069—26	70	3.34	.399	77	60	2.86	.370	77	18
069—28	197	3.26	.232	222	171	2.83	.216	222	16
069—29	85	3.81	.413	82	67	3.00	.367	82	20

SUMA $N_i = 2334$, SUMA $N_s = 1953$, SUMA $A_i = 6.04 \cdot 10^{-3} \cdot \text{cm}^{-2}$, SUMA $A_s = 5.82 \cdot 10^{-3} \cdot \text{cm}^{-2}$, $r = 0.976$

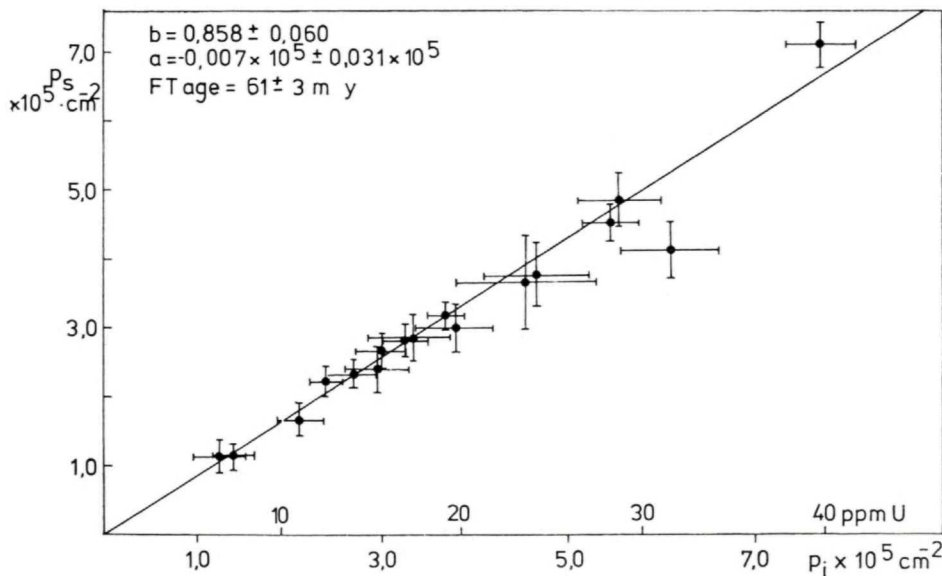
N_i — počet napočítaných indukovaných trekov z jedného zrna, p_i — počet trekov na cm^2 , σ_{p_i} — smerodajná odchýlka p_i , A_i — analyzovaná plocha vyjadrená v jednotkových poliach; rozmer jedného poľa: $2.72 \cdot 10^{-6} \cdot \text{cm}^{-2}$. N_s , p_s , σ_{p_s} , A_s — analogické údaje pre spontánne treky, U (ppm) — koncentrácia uránu v $\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$, r — korelačný koeficient

N_i — induced track number counted in a single grain, p_i — track number on cm^2 , σ_{p_i} — standard deviation, A_i — analyzed surface expressed in unit fields, unit field surface = $2.72 \cdot 10^{-6} \cdot \text{cm}^{-2}$, N_s , p_s , σ_{p_s} , A_s — analogous data for spontaneous tracks, U (ppm) — uranium concentration in $\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$, r — correlation coefficient

fáze vrásnenia. Pokiaľ sa táto hornina dostala na zemský povrch a bola denudovaná do lutétskych, resp. priabónskych vrstiev, uplynulo viac než 11 mil. rokov. Je otázka, či by pri takejto rýchlosti výzdvihu vynárajúca sa kordiléra poskytla dostatočné množstvo materiálu na vznik hornín centrálno-karpatského paleogénu v tejto oblasti.

4. posledná alternatíva uprednostňuje ako zdroj krivských balvanovolistostrómové fácie vrchnej kriedy známe z oblasti Oravy (Marschalko — Samuel, 1977, Marschalko — Haško — Samuel, 1979). V obliakoch tohto zlepenca sa vyskytujú granitoidné horniny v rozličnom stupni opracovania a iba vo výnimočných prípadoch ich možno paralelizovať s granitoidnými horninami centrálnych Západných Karpát (Krivý, 1969). Ak sa prijme táto alterna-

tíva, treba prijať model rýchleho výzdvihu, pri ktorom by prechod horniny cez teplotnú hranicu, jej erózia a depozícia boli prakticky okamžité. Takýto prípad je opísaný z oligocénu Álp. F-T vek apatitu z bergelských žúl in situ je rovnaký, ako majú oligocénné obliaky bergelských žúl z geograficky blízkej lokality (Wagner et al., 1979). K/Ar vek granitoidných obliakov z upohlavského zlepenca kolíše z rozličných lokalít od 118 do 137 mil. rokov (Rybár — Kantor, 1978), a to naznačuje, že zdrojová oblasť týchto obliakov bola tektonicky mobilná už v tom čase (za predpokladu, že získaný vek je vekom schladnutia, a nie vekom kryštalizácie týchto hornín). Ak by mal krivský balvan podobnú provenienciu, potom by veková diskordancia K/Ar a F-T vekov bola prejavom tempa schladnutia týchto hornín.



Obr. 2. Isochrónový diagram p_s versus p_i . b — vypočítaný uhol, a — vypočítaný intercept. Na osi x je okrem hustoty indukovaných stôp znázornený aj uránový obsah jednotlivých zŕn. Chyba veku je 1σ vypočítaného uhla.
Fig. 2. Isochrone diagram p_s versus p_i . b — calculated angle, a — calculated interception. Induced track density is indicated together with uranium content on the x -axis.

Záver

Štyri úvahy o zdroji asi vyčerpávajú pravdepodobné možnosti pôvodu „exotických“ blokov neďaleko Krivej. F-T datovanie dokázalo, že balvany a ich tektonická história (cca od 120 °C) sú úzko späté s laramskou fázou vrásnenia, ktorá sa v Západných Karpatoch dokázateľne a výrazne prejavila. Súvislosť jasne naznačuje spojenosť týchto hornín s existenciou kordiléry tohto veku, ktorá dodávala aj granitoidný materiál do vrchnokriedovo-paleogénneho bazénu. Ale nie je jasné, aký čas uplynul od schladnutia horniny od 120 °C až po jej denudáciu a depozíciu v sedimentačnom bazéne. Vzhľadom na objem materiálu, ktorý teraz tvorí flyšové sekvencie paleogénu, je pravdepodobnejší model, ktorý počíta s rýchlym výzdvihom a rýchlou eróziou paleoreliéfu.

Takáto interpretácia získaného veku naznačuje ďalšie možnosti F-T datovania a jeho využitia pri paleogeografických rekonštrukciách. Na základe datovania apatitu z obliakov vrchnej kriedy, resp. paleogénu z jednej lokality, stratigraficky spoľahlivo doložených, bude pravdepodobne možno získať cenné informácie o rýchlosti výzdvihov a o paleomorfológii už neexistujúcich kordilér.

Podakovanie: Dr. P. Grossovi (GÚDŠ Bratislava) som zaviazaný za upozornenie na tento problém a za pomoc pri jeho riešení.

Recenzoval: R. Marschalko

LITERATÚRA

- Åberg, G. 1978: Precambrian geochronology of south-eastern Sweden. *Geol. Fören. (Stockholm), Förh.*, 100, pp. 125—154.
- Andrusov, D. 1965: Geológia československých Karpát. Zv. 3. Bratislava, Vyd. SAV, 392 s.
- Burchart, J. 1972: Fission-track age determinations of accessory apatite from the Tatra Mts., Poland. *Earth planet. Sci. Lett. (Amsterdam)*, 15, pp. 418—422.
- Burchart, J. — Král, J. 1982: Application of the fission-track isochrons method to accessory minerals of the crystalline rocks of the West Carpathians. *Geol. zbor. Geologica carpath. (Bratislava)*, 2, pp. 141—146.
- Carpenter, B. S. 1974: National Bureau of Standards Certificate. Washington, *Standard Reference Material*, 963 p.
- Kahan, Š. 1965: Über das Vorkommen interessanter exotischer Blöcke in den Zakopané Schichten in Paläogen bei Krivá in der Orava. *Geol. zbor. Slov. akad. vied (Bratislava)*, 16, S. 143—147.
- Koark, H. J. — Märk, T. D. — Pahl, M. — Purtscheller, F. — Vartanian, R. 1978: Fission-track dating of apatites in Swedish Precambrian apatite iron ores. *Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala. (Uppsala)*, N. S., 7, pp. 103—108.
- Král, J. 1977: Fission track ages of apatites from some granitoid rocks in West Carpathians. *Geol. zbor. Geologica carpath. (Bratislava)*, 28, pp. 269—276.
- Krivý, M. 1969: Exotické valúny magmatických hornín záp. časti bradlového pásma. *Acta geol. geogr. Univ. Comen., Geol.*, 18, s. 165—197.
- Lehtovaara, J. 1976: Apatite fission track dating of Finnish Precambrian intrusives. *Am. Acad. Sci. Fennicae, ser. A*, 117, pp. 1—94.
- Marschalko, R. 1968: Facies distributions, paleocurrents and paleotectonics of the Paleogene flysch of Central West Carpathians. *Geol. zbor. Geologica carpath. (Bratislava)*, 19, pp. 69—94.
- Marschalko, R. — Haško, J. — Samuel, O. 1979: Zaskalské brekie a proces vznikuolistostrómov (Bradlové pásmo na Dolnej Orave). *Geol. práce, Spr. (Bratislava)*, 73, s. 75—88.
- Marschalko, R. — Radomski, A. 1960: Wstępne wyniki badań nad kierunkami transportu materiału w basenie fliszowym centralnych Karpát. *Rocz. Pol. Tow. geol.*, 30, s. 259—271.
- Marschalko, R. — Samuel, O. 1977: Olistostrómové fácie kriedového flyšu bradlového pásma pri Širokej a Krivej na Orave. *Geol. práce, Spr. (Bratislava)*, 67, s. 53—71.
- Naeser, C. W. 1980: The fading of fission tracks in the geologic environment — data from deep drill holes. In: *Fission Track Dating Workshop*, Pisa, G. Bigazzi ed. (abstract).

- Naeser, C. W. — Cebula, G. T. 1978: Fission-track Dating of Apatite and Zircon: an Interlaboratory Comparison. *U. S. Department of the Interior, Geological Survey, Denver, Open-File, Report*, 78—107, 12 p.
- Rybár, M. — Kantor, J. 1978: Rádio-metrické datovanie vybratých formácií Záp. Karpát. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ K veky eruptív z upohlavských zlepcov bradlového pásma (I). *Manuskript — Geofond Bratislava*.
- York, D. 1969: Least squares fitting of a straight line with correlated errors. *Earth planet. Sci. Lett. (Amsterdam)*, 5, pp. 320—324.
- Wagner, G. A. — Miller, D. S. — Jäger, E. 1979: Fission track ages on apatite of Bergell rocks from central Alps and Bergell boulders in Oligocene sediments. *Earth planet. Sci. Lett. (Amsterdam)*, 45, pp. 355—360.
- Wagner, G. A. — Reimer, G. M. 1972: Fission track tectonic: The tectonic interpretation of apatite fission track ages. *Earth planet. Sci. Lett. (Amsterdam)*, 14, pp. 263—268.

Exotic boulder in the Krivá locality (Orava county, Northern Slovakia) as remnant of the Orava Cordillera?

JÁN KRÁL

Boulders of granite composition occur in alluvial beds of the Kriváň brook (Orava county, Northern Slovakia) while wider surroundings of the site consists of monotonous sediments of the Biely Potok member. Essentially four possible sources do exist for the boulders:

a) The rocks did not originate in the Carpathians and have been carried from the Baltic shield by plateau glacier.

b) The rocks are derived from the Tatric crystalline which occurs in geographic proximity (the High Tatra Mts.).

c) The material comes from basal beds of the Orava Paleogene and represents remnants of the "Orava Cordillera" (Andrusov 1965).

d) Boulders were derived from olistostrome facies of Upper Cretaceous age in the Pieniny Klippen Belt.

The 61 ± 3 m. a. age result of accessory apatite dating by fission track method points to a close relationship between the tectonic history of granite and the Laramian phase of folding which had well expressed manifestations in the Carpathians. However, the age of deposition remains unclear therefore the age interval between the rock cooling under 120°C temperature and its denudation into the sedimentary basin may be not deduced. If one prefers the model of rapid uplift and concomitant erosion of the paleorelief then the source area of rocks may be presumed in olistostrome facies of Upper Cretaceous age participating in the Pieniny Klippen Belt.

Preložil I. Varga