

Muskovitický pegmatit s obsahom minerálov vzácnych prvkov pri Moravanoch nad Váhom (Považský Inovec)

PAVEL UHER, IGOR BROSKA

Geologický ústav CGV SAV, Dúbravská cesta 9, 814 73 Bratislava

(Doručené 6. 6. 1988, revidovaná verzia doručená 3. 7. 1988)

Muscovite pegmatite with minerals of the rare-elements from Moravany nad Váhom (Považský Inovec Mts., Western Slovakia)

An interesting association of garnet — gahnite — columbite — tantalite has been found in a pegmatite body near Moravany nad Váhom village. Beside the questionable aplitoid zone of pegmatite, further zones as the zone of graphic pegmatite, block microcline, block quartz, zone of feldspar-quartz-mica, quartz-mica and that of albite have been identified in the body. The pegmatite originated in four stages of evolution (magmatic, stage of feldspar hydrolysis, Na-metasomatic and hydrothermal stage). The pegmatite body is lense-shaped with 100—150 m length and 20 m thickness on the surface. According to trace element contents and mineral parageneses the body belongs to the muscovite-rare-element pegmatite type.

Úvod

Počas výskumu akcesorických minerálov granitoidných hornín Považského Inovca (Broska, Uher, 1988) sme v kryštaliniku Považského Inovca v moravianskom telese bojníanskeho bloku zaznamenali zaujímavú granátovo-gahnitovo-kolumbitovú paragenézu. Geograficky lokalita patrí do katastra obce Moravany nad Váhom a je vzdialená 3 km VJV od centra obce na lesnom hrebeni Striebornice pri križovatke turistických značiek.

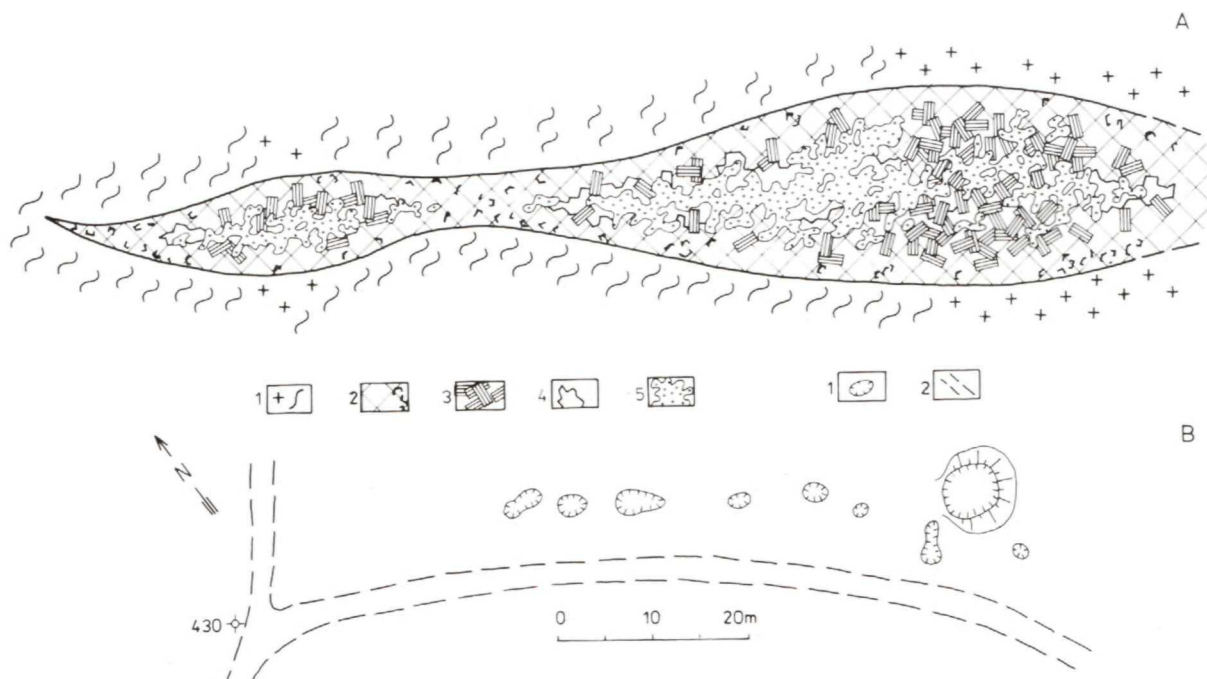
Pegmatit je umiestnený v dvojsľudových granodioritoch až granitoch, lokálne prechádzajúcich do leukokratných pegmatiticko-aplitoidných variet, kým hlavne jeho severná časť je založená v biotitických pararulách metamorfného plášťa (obr. 1, tab. 1).

Pretože samotné teleso pegmatitu nie je odkryté, detailnejšiu vzácno-prvkovú mineralizáciu sme študovali prostredníctvom starých pín, pričom sa nám podarilo identifikovať aplitoidnú zónu (?), zónu grafického pegmatitu, zónu blokového mikroklinu, zónu blokového kremeňa, kremeňovo-živcovo-sľudovú zónu, kremeňovo-sľudovú zónu (bez štruktúry vejárovitého muskovitu) a albitovú zónu. V blízkom okolí (200—500 m) sa v sutine našli aj úlomky pegmatitu s typickou štruktúrou vejárovitého muskovitu a aplitické horniny. V oblasti Moravian nad Váhom možno teda zaznamenať všetkých 7 štruktúrno-textúrnych paragenetických zón západokarpatských pegmatitov (Dávidová, 1978).

Na základe horninovej náplne pín nepredpokladáme výraznejšiu symetrickú zonálnosť pegmatitu, i keď sa javí, že na okrajových častiach telesa prevláda pegmatit nejasne grafickej štruktúry pozvoľne prechádzajúci do blokovej mikroklinovo-perthitovej štruktúry. Centrálnu časť pegmatitu tvorí nesúvislé kremenné jadro a albitizovaná kremeňovo-živcovo-sľudová a kremeňovo-sľudová zóna. Predpokladáme, že teleso pegmatitu má šošovkovitý tvar, dĺžku v plošnom rozmere cca 100—150 m a šírku do 20 m, čím sa radí k jedným z najväčších pegmatitových telies na Slovensku (obr. 1).

Pegmatit, ako sa nám podarilo zistiť, bol už v minulosti predmetom dobývky muskovitu ako prísady do omietok, čo predstavuje jedno z mála špecializovaných využití pegmatitu v Západných Karpatoch. Ťažba, i keď samozrejme mala obmedzený rozsah, bola komerčne úspešná, pretože muskovit bol čistý a dostatočne veľký. Keď predpokladáme, že muskovitu vhodného na spracovanie mohlo byť okolo 3 % objemu horniny, potom sa ho muselo vyťažiť okolo 10 t. Očiti svedkovia ťažby spomínajú dve ťažobné jamy. Hlbšia mala 16 m a mala výdrevu obdĺžnikového pôdorysu s rozmermi cca 2 × 3 m. Nad šachticou bolo umiestnené jednoduché zariadenie na vyťahovanie vyťaženého materiálu. Dobývky sa údajne zúčastňovali 3—4 ľudia. Ťažilo sa nepravidelne, a to v rokoch 1936—1944.

Staré banské práce sú dodnes dobre viditeľné v teréne. Tvorí ich sústava 8 pín a nápadnej.



Obr. 1. Schematický náčrt moravianskeho pegmatitu zostavený na základe štúdia horninového materiálu píng (A) a pozícia píng v teréne (B). 1 — okolité horniny (granodiority — granity, pegmatoidné granity, pararuly), 2 — nejasne grafický pegmatit prechádzajúci do blokového mikroklinového pegmatitu (grafická zóna, zóna blokového mikroklinu), 3 — zóny rekryštalizovaného pegmatitu s veľkolupeňovitým muskovitom (živcovo-kremeňovo-sľudová zóna a kremeňovo-sľudová zóna), 4 — zóna blokového kremeňa (kremenné jadro), 5 — zóny s metasomatickým cukrovitým albitom (albitová zóna), 1b — píngy, 2b — turistické chodníky.

Fig. 1. Schematic sketch of the Moravany pegmatite body compiled from rock fragments in ditches (A) and situation of ditches in the field (B). 1 — enclosing rock (granodiorite to granite, pegmatitoid granite and paragneiss), 2 — weakly expressed graphic pegmatite passing into microcline block pegmatite (graphic zone and zone of block microcline), 3 — zone of recrystallized pegmatite with large flakes of muscovite (felspar-quartz-mica and quartz-mica zones, respectively), 4 — zone of block quartz (quartz nucleus), 5 — zone of metasomatic sugar-like albite (albite zone), 1b — ditch, 2b — turistic path.

TAB. 1

Chemické analýzy moravianskeho pegmatitu a okolitých hornín (v %)
Chemical composition of the Moravany pegmatite and surrounding rocks (in weight %)

	Pegmatit				Biotit, pararula
	PI-15/86	PI-13/86	PI-14/86	PI-16/86	PI-12/86
SiO ₂	78,86	71,77	69,66	69,23	72,08
TiO ₂	0,02	0,18	0,24	0,23	0,55
Al ₂ O ₃	11,78	14,51	15,86	14,63	14,50
Fe ₂ O ₃	0,37	1,29	1,18	0,23	3,74
FeO	0,63	1,01	1,44	3,01	—
MnO	0,16	0,05	0,05	0,05	0,07
MgO	0,29	0,69	0,80	0,80	1,69
CaO	1,04	2,67	2,30	2,18	0,31
Na ₂ O	2,63	3,81	3,53	3,32	0,70
K ₂ O	2,10	2,31	3,00	2,74	4,43
P ₂ O ₅	0,16	0,21	0,22	0,18	nest.
H ₂ O ⁺	1,86	1,16	1,28	2,52	1,79
H ₂ O ⁻	0,32	0,32	0,34	0,84	0,25
Spolu	100,03	99,98	99,90	99,96	100,11

Vzorky PI-13, 14, 15, 16/86 analyzované klasickou silikátovou analýzou (GÚ CGV SAV, Walzel), vzorka PI-12/86 rtg-fluorescenčnou metódou (GÚ CGV SAV, Toman). Vzorka pegmatitu má síce nižší obsah Na₂O ako okolité granodiority, ale pomer Na₂O/CaO, a tým aj Ab/An, je napriek tomu v pegmatite najvyšší.

Lokalizácia vzoriek:

PI-12/86 — muskoviticko-kvarcitická pararula Moravany nad Váhom. Zárez červeno značkováného chodníka asi 500 m JZ od križovatky zeleno- a červeno značkováných turistických chodníkov, 32°/400 m od kóty Zlatý vrch (480 m n. m.).

PI-13/86 — muskoviticko-biotitický granodiorit Moravany nad Váhom. Dolina Striebornica, asi 10 m dlhý skalný odkryv pri lesnom chodníku naproti ústi nepomenovaného ľavostranného prítoku do Čierneho potoka, Z od oblasti Lovica, 237°/1 880 m od kóty Kostolný vrch (569 m n. m.).

PI-14/86 — muskoviticko-biotitický granodiorit Moravany nad Váhom. Dolina Striebornica, asi 2 m dlhý skalný odkryv pri lesnom chodníku v údolí nepomenovaného potôčika, ktorý o 230 m S ústi do Skaličného potoka, 317°/1 710 m od kóty Krahulčie vrchy (566 m n. m.).

PI-15/86 — pegmatit Moravany nad Váhom. Halda zasypanej kutacej šachtice pri križovatke červeno- a zeleno značkováného turistického chodníka, 43°/1 050 m od kóty Zlatý vrch (480 m n. m.).

PI-16/86 — muskoviticko-biotitický granodiorit Radošina. Údolie Radošinky, asi 30 m dlhý súvislý zárez zeleno značkováného turistického chodníka v oblasti Malá Spúš, 102°/1 080 m od kóty Zlatý vrch (480 m n. m.).

PI-15A/87 — muskoviticko-biotitický granodiorit. Lokalizácia deto PI-15/86 (odobraná z bezprostredného kontaktu s pegmatitom).

PI-24/87 — leukokratný muskoviticko-apliticko-pegmatitický granit Moravany nad Váhom. Zárez lesného chodníka cca 200 m SSV od pegmatitu. PI-15/86.

častočne zasypanej ťažobnej jamy s haldou, na ktorú sa sústreďovala dobývka muskovitu, o čom svedčia veľké kryštály sfudy priamo na halde. O kúsok ďalej na Z — JZ je tromi pingami a ryhou zachytený ďalší, snád žilný ťah, kde sme však zistili len kremeň s nepatrnou prímiesou muskovitu a živca.

Je zaujímavé, že o tejto exploatacii niet v geologickej literatúre zmienky. Lokalitu spomína len Polák (1971), pričom vyslovuje názor, že mohlo ísť o kutacie práce na zlato, čo by potvrdzoval aj názov blízkej kóty Zlatý vrch (480 m n. m.). Nepatrný obsah Au, konštatovaný v citovanej práci a potvrdený aj teraz ($Au < 0,05$ ppm), ako i jednoznačne doložený typ horniny — pegmatit — však vylučujú možnosť úspešnej ťažby zlata na lokalite. Nádejnejší môže byť neďaleký žilný ťah predstavujúci azda vysokotemperatúrne kremenné žily.

Horninotvorné minerály pegmatitu

Oligoklas. Zrná bieleho hypidiomorfného oligoklasu majú v priemere 1—3 mm. Plagioklasy oligoklasového zloženia sú bežné najmä v okolitých muskovitických (pegmatoidných) granitoch, ktoré chápeme ako prechodný člen medzi pegmatitom s. s. a dvojsľudovými granitmi — granodioritmi. V samotnom pegmatitovom telese možno lokálne pozorovať prechody týchto hornín najmä do rekryštalizovaného živcovo-kremeňovo-sľudového pegmatitu.

Mikroklín-perthit. Je hlavný minerál nejasne grafického pegmatitu, z ktorého môže pozvoľne prechádzať až do blokového, pričom veľkosť mikroklínových blokov sa pohybuje aj v desiatkach cm. Na čerstvom reze je mikroklín-perthit svetlosivý, častokrát s viditeľnými kričkovitými až sieťovitými odmiešavinami albitu. Na základe orientačného štúdia rtg difrakcie dvoch vzoriek patrí k intermediárnemu mikroklínu ($\Delta r = 0,34 - 0,51$, $\Delta z = 0,68 - 0,81$ klasifikácie podľa Afoninovej et al., 1979), pričom v polarizovanom svetle nemá typickú mriežkovú štruktúru.

Mikroklín-perthit viazaný na okrajové časti lokálne vytvára s kremeňom I a muskovitom I agregáty. Niekedy býva prerázaný žilkami cukrovitého albitu, zriedkavo doštičkovitého cleavelanditu.

Kremeň. Vyskytuje sa vo všetkých častiach pegmatitu. V okrajových častiach pegmatitu je časté grafické zrastanie mikroklínu-perthitu so sivým kremeňom I, pričom zväčša výrazne prevláda mikroklín-perthit. Ako kremeň II možno označiť jeho alotriomorfne sivé zrná a agregáty (veľkosť priemerne 1—3 cm), ktoré sa vyskytujú spolu s veľkotabuľkovitým muskovitom I a vytvárajú kremeňovo-muskovitový komplex, zatlačujúci K-živec. V centrálnych častiach pegmatitu sa dajú nájsť do 30 cm veľké kusy čistého svetlosivého — mliečneho kremeňa III, tvoriaceho kremenné jadro. Veľkosť alotriomorfne obmedzených zrn je rádovo do 1 cm.

Muskovit. Patrí k veľmi hojne zastúpeným minerálom.

TAB. 2

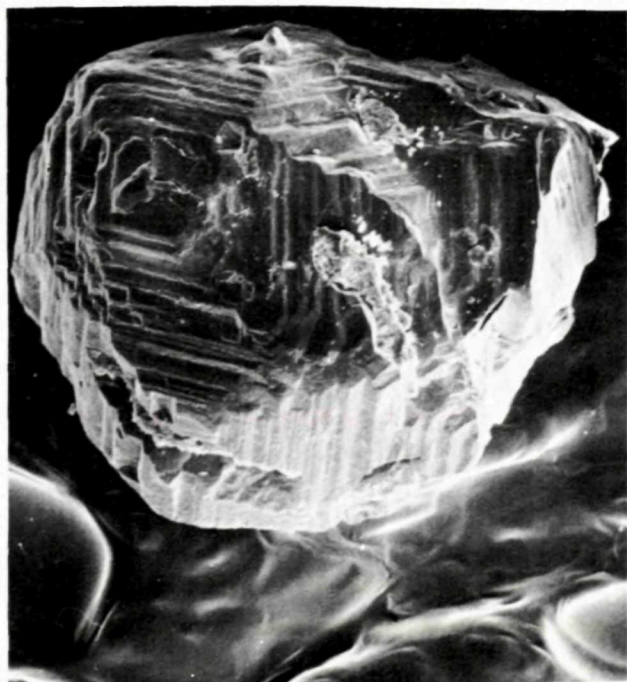
Zastúpenie akcesorických minerálov v moravianskom pegmatite a okolitých horninách (v g . t⁻¹)
Contents of accessory minerals in the Moravany pegmatite and surrounding rocks (in g . t⁻¹)

	Pegmatit	Aplit— granit	Granodiority		Biotitická pararula
	PI-15/86	PI-24/87	PI-15A/87	PI-16/87	PI-12/86
zirkón	13	40	240	280	43
apatit	1	150	135	200	180
allanit	—	—	—	<1	—
monazit	<1	10	80	40	—
xenotím	—	—	<1	5	—
rutil	—	—	<1	—	<1
ilmenit	—	—	<1	<1	<1
magnetit	—	—	—	<1	—
titanit	—	—	—	—	140
granát	17 000	1 300	85	100	6
kolumbit—tantalit	50	—	—	—	—
gahnit	140	—	—	—	—
staurolit	—	—	—	—	46
sillimanit	—	—	—	—	<1
turmalín	<1	—	—	—	160
galenit	—	<1	<1	—	—
sfalerit	<1	<1	—	—	—
pyrit	<1	<1	<1	<1	<1
epidot—zoisit	—	—	—	<1	3
limonit—goethit	<1	5	—	<1	3
leukoxén	—	—	<1	<1	<1

Zirkón bol kvantifikovaný z celohorninových obsahov Zr;

Z priemernej kvartovanej vzorky pegmatitu z viac-menej slabšie albitizovaných partií živcovo-kremeňovo-sľudovej zóny s pôvodnou hmotnosťou cca 10 kg sa robili jednak silikátové analýzy (tab. 1) a jednak analýzy stopových prvkov (tab. 3). Kvantitatívne stanovenie Ta a Zn je v dobrej zhode s kvantitatívnym stanovením kolumbitu a gahnitu (tab. 3 a 2). Obsah 41 ppm Be umožňuje predpokladať prítomnosť Be minerálov, hoci sa zatiaľ neidentifikovali. V súlade so zákonitostami prejavov stopových prvkov v procese magmatickej diferenciácie granitoidov v Západných Karpatoch má pegmatit znížený obsah Sr, Ba a prvkov vzácnych zemín, ale zvýšený obsah Rb (tab. 3). Podľa kvantitatívneho pomeru Rb, Li a Cs, v zmysle Salje a Glebovického (1976), patrí pegmatit medzi muskovitovo-vzácnoprvkové pegmatity. Kvantitatívne vzťahy medzi prvkami stanovenými viacerými analytickými metódami názorne ukazuje obr. 2.

Granát. V pegmatitovom telese miestami dosahuje množstvo až horninotvorného minerálu (niekoľko %). Začiatok jeho tvorby treba klásť až do štádia muskovitizácie horniny, no jeho maximálna koncentrácia je v cukrovitom albite. Zrná s priemernou veľkosťou 0,3–0,5 mm (max. 1,5 mm) majú zväčša nerovnomerný parketovitý vývoj (obr. 3), inokedy sú kryštály sploštené. Len zriedka možno pozorovať dokonale vyvinuté kryštály granátu v podobe spojok (211) a (110). Všetky opísané javy nepravidelného a atypického vývoja granátu svedčia o metasomatických podmienkach vzniku (Nikitin, 1972 a i.).



Obr. 3. Nepravidelný kryštál granátu. Zv. 122 ×.

Fig. 3. Irregular crystal of garnet. Magn. x122.

TAB. 3

Hodnoty stopových prvkov z centrálnej časti pegmatitu v Moravanoch nad Váhom (albitizovaný živcovo-kremeňovo-muskovitový pegmatit)

Contents of trace elements in the central part of the Moravany pegmatite (albitized feldspar-quartz-muskovite pegmatite)

Li = 70	La < 1	U = 0,9	Co = 6,14
Rb = 403	Ce < 3	Th = 1,7	Ni = 3,6
Cs = 33	Sm < 1	Zr ~ 6	Zn = 40
Be = 41	Eu < 0,1	Hf = 1,09	Pb = 6,2
Sr ~ 23	Tb < 1	Ta = 16,5	Sb < 1
Ba = 151	Yb = 2,72	Sn = 41	Cu ~ 1,8
B = 13,2	Lu < 0,2	V < 3	Ag ~ 0,57
Sc = 1,55	Y ~ 7	Cr < 1	Au < 0,05

Jednotlivé prvky boli stanovené: a) instrumentálnou neutrónovou aktivačnou analýzou (INAA): Rb, Cs, Sc, La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Co, Sb, Au (analyzované v n. p. Geoindustria, závod Černošice); b) optickou emisnou spektrografiou: Be, Sr, Ba, B, Y, Zr, Sn, V, Cr, Ni, Pb, Cu, Ag (GÚ CGV SAV, Medved); c) atómovou absorpčnou spektrografiou (AAS): Li, Zn (GÚ CGV SAV, Martiny); d) gamaspektrometriou: U, Th (GÚ CGV SAV, Kátlovský). Hodnoty sú udané v ppm.

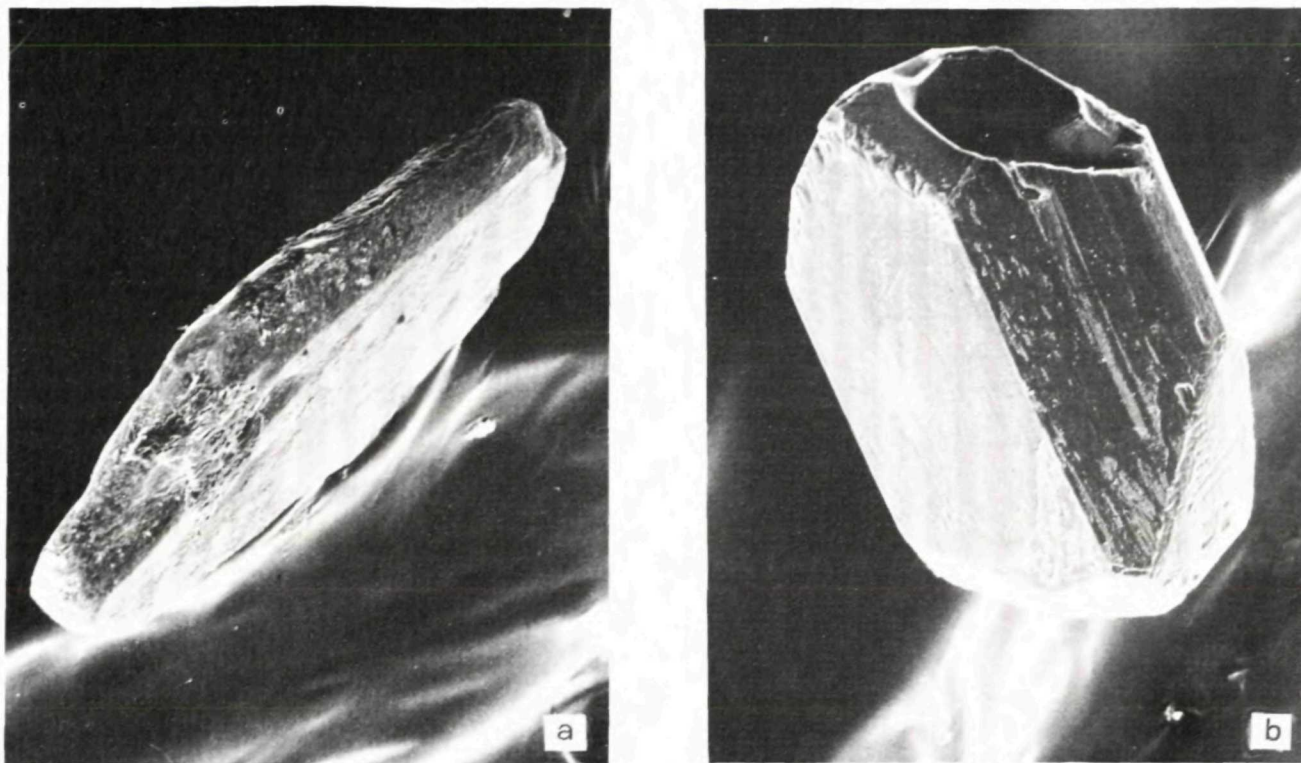
TAB. 4

Rtg difrakčný práškový záznam kolumbitu z pegmatitu pri Moravanoch nad Váhom

Powder diffraction record of columbite from the Moravany pegmatite

d_{mer}	I_{mer}	d_{tab}	I/I_{tab}	hkl
7,197	20	7,13	12	020
		5,30	4	110
3,663	70	3,66	50	130, 111
		3,57	10	040
2,969	100	2,96	100	131
1,867	20	2,86	10	200
2,543	10	2,53	6	002
2,502	30	2,49	12	201
2,386	20	2,38	12	060
		2,279	2	151
2,243	5	2,236	4	032
2,217	5	2,207	4	231
2,094	20	2,084	6	132
2,045	5	2,043	4	241
1,907	10	1,898	6	202
1,831	10	1,831	10	260
1,801	5	1,796	4	152, 171
1,775	40	1,772	14	330
1,737	30	1,735	12	062
1,722	40	1,721	20	261
		1,672	2	331
		1,608	2	—
1,540	20	1,534	8	133
		1,516	2	190
1,486	5	1,484	4	262
1,461	30	1,465	14	203
1,457	25	1,454	12	191, 332
		1,432	2	300
		1,393	2	—
1,381	5	1,380	2	401

Tabelované údaje sú zo Selected powder diffraction data for minerals. Hodnoty d sú v 10^{-10} m. Podmienky: $2^\circ/\text{min}$, 40 kV, 20 mA, goniometer PW 1050/25. Analytik Toman (GÚ CGV SAV).



Obr. 4. Morfológia kolumbit-tantalitu v moravianskom pegmatite. a — Tenkotabulkovitý kryštál kolumbit-tantalitu. Zv. 166 × b — Idiomorfný hrubotabulkovitý kryštál kolumbit-tantalitu. Zv. 202 ×.

Fig. 4. Morphology of columbite-tantalite crystals from the Moravany pegmatite. a — Thin tabular crystal. Magn. x166. b — Idiomorphic thick tabular crystal. Magn. x202.

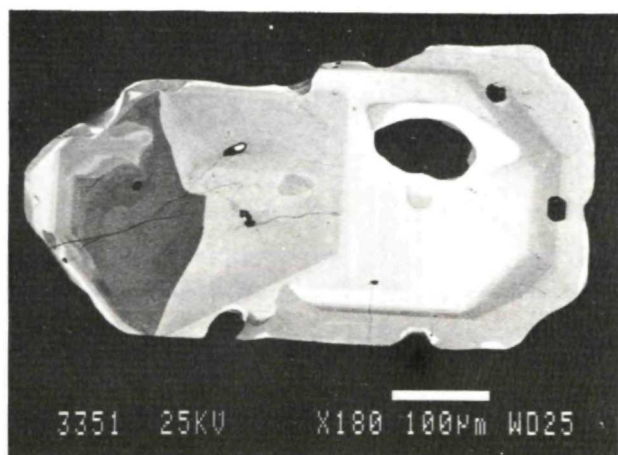
Kolumbit-tantalit (obr. 4, tab. 4). Vytvára tenko- až hrubotabulkovité kryštály podľa (010) čiernej farby s polokovovým leskom (obr. 4). Býva idiomorfný, častejšie však s nejasne vyvinutými hranami. Dĺžka tabuliek je okolo 0,3–0,4 mm (max. 2,5 mm). Kolumbit-tantalit sa často prerastá s cukrovitým albitom.

vzáčne i s granátom. Niekedy sa objavuje na hranici zŕn kremeňa III a cleavelanditu. Chemicky je kolumbit-tantalit z Moravian nad Váhom veľmi variabilný. Na základe uvedených analýz (tab. 5) ide o Fe, Ta-kolumbit, v priemere je pomer Nb/Ta = 3 a pomer Fe/Mn = 3. Niekedy sa však objavujú aj

TAB. 5
Analýzy kolumbitu z Moravian nad Váhom PI-15/86 (EDAX)
Chemical composition of columbite from the Moravany pegmatite PI-15/86 (EDAX)

	1. kryštál		2. kryštál		3. kryštál	
	stred	okraj	stred	okraj	stred	okraj
Nb ₂ O ₅	55,19	58,83	47,73	48,20	60,44	60,53
Ta ₂ O ₅	28,06	23,94	36,08	35,27	21,89	21,67
TiO ₂	1,00	1,12	0,81	0,68	0,99	1,26
FeO	12,00	11,99	12,24	12,44	12,53	12,63
MnO	3,75	4,12	3,14	3,41	4,14	3,91
Σ	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00
Nb	1,557	1,629	1,398	1,409	1,662	1,659
Ta	0,476	0,399	0,636	0,620	0,362	0,357
Ti	0,047	0,052	0,039	0,033	0,045	0,058
Fe ^{2+,3+}	0,626	0,614	0,664	0,673	0,637	0,640
Mn	0,198	0,214	0,173	0,187	0,213	0,201

Prepočet na 6 kyslíkov. Analytik Krištín (GÚDŠ).



Obr. 5. Rez kryštálom kolumbitu-tantalitu podľa (010). Minerál je nepravidelne zonálny s výrazným tantalitovým jadrom (čím jasnejšia farba v reze, tým je vyšší obsah Ta v danom mieste).

Fig. 5. Section across a columbite-tantalite crystal along (010) plane. The mineral is irregularly zoned with well expressed tantalite nucleus (brighter colour indicating higher Ta content).

Nb-tantalit s $Ta > Nb$, ktoré môžu byť aj v jadrách kolumbitovo-tantalitových kryštálov (obr. 5). Na základe mikrofotografií rezov kryštálov na SEM možno v niektorých prípadoch uvažovať o viacetapovitom raste kryštálov kolumbitu-tantalitu (obr. 5). Celkove však v Moravanoch nemožno jednoznačne potvrdiť pravidelný evolučný trend zmeny zloženia od kolumbitov k tantalitom, ako pre pegmatity uvádza Černý et al. (1985), ani opačný trend (tantalit → kolumbit; Fersman, 1940).

V kolumbitoch sú časté inklúzie kremeňa II, III (?) a albitu. V jednom prípade bol na mikrosonde zaznamenaný bližšie neurčený U-minerál. Zvýšený obsah Nb bol určený aj v akcesorických rutiloch okolitých dvojsľudových granodioritov (tab. 2), čo môže svedčiť o genetickej spätosti pegmatitu s granodioritmi.

Gahnit (obr. 6, tab. 6). Tiež sa viaže na komplex cukrovitého albitu, kde tvorí priemerne 0,1–0,4 mm (max. 1 mm) veľké oktaedrické zrná, niekedy otupené (110), pričom podobne ako granát má často stupňovité plochy (111). Čerstvé kryštály sú dokonale priehľadné, s diamantovým leskom a sýtou zelenou až modrozelenou farbou. Obyčajne sa však vplyvom oxidácie izomorfne viazaného železa ($Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$) stáva nepriehľadným a stráca lesk. Niektoré kryštály sú po obvode obklopené muskovitom II (podobný jav uvádza Baženova, 1955). Na základe bodových analýz na energodisperznom analyzátore sa preukázalo, že ide o Fe-gahnit, pričom časť gahnitov, ako poukazuje Tulloch (1981), vykazuje slabé zonálne zloženie s minimom Fe v okrajových častiach kryštálov.

TAB. 6

Rtg difrakčný práškový záznam gahnitu z pegmatitu pri Moravanoch nad Váhom

X-ray powder diffraction record of gahnite from the Moravany pegmatite

d_{mer}	I_{mer}	d_{tab}	I/I_{tab}	hkl
2,864	85	2,861	84	220
2,443	100	2,438	100	311
2,025	5	2,021	8	400
1,860	5	1,855	10	331
1,654	20	1,650	24	422
1,559	40	1,556	40	511
1,431	45	1,429	43	440
1,266	5	1,278	6	620
1,236	15	1,233	9	533
1,136	5	1,1322	1	711
1,084	10	1,0803	9	642
1,055	10	1,052	12	731
1,013	5	1,0104	4	800
0,955	5	0,9527	5	822
0,936	5	0,9334	9	751

$a_0 = 8,0975 \cdot 10^{-10}$ m (Å).

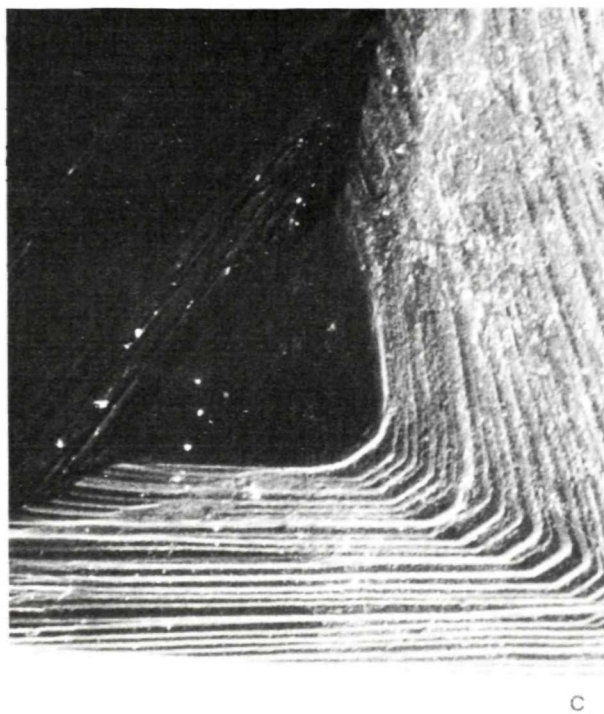
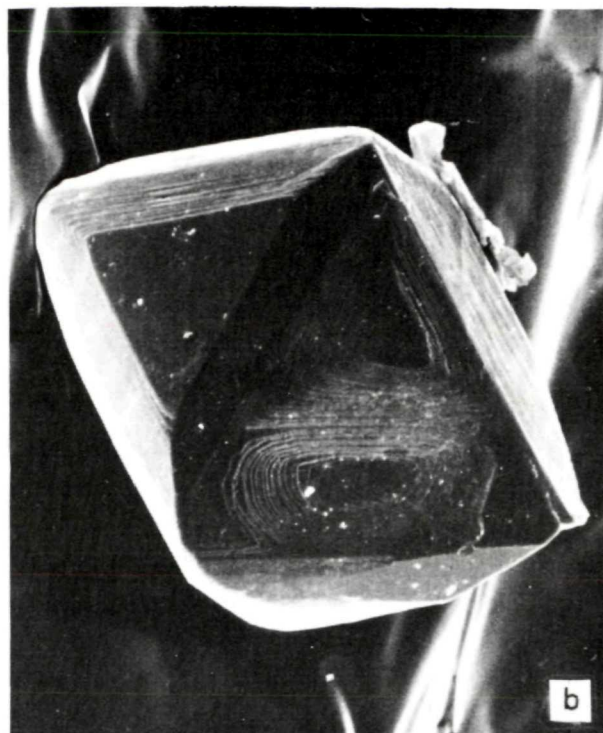
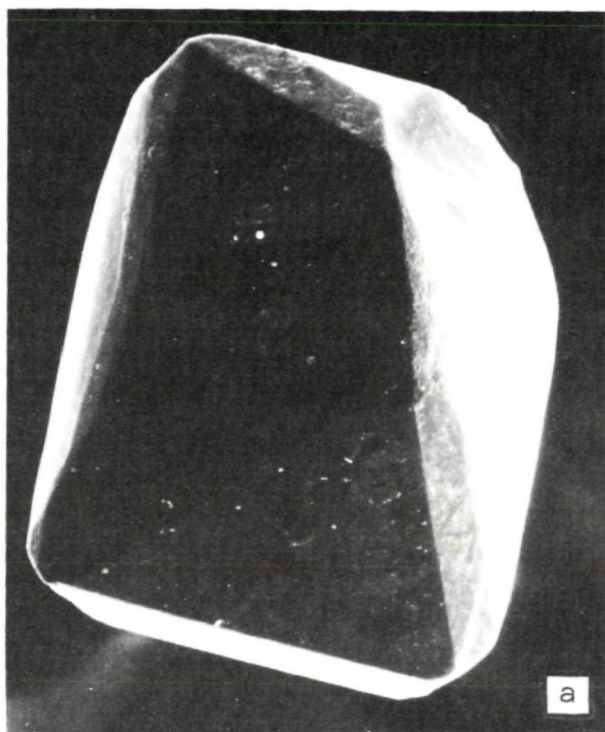
Tabelované údaje sú zo Selected powder diffraction data for minerals. Hodnoty d sú v 10^{-10} m. Podmienky: $2^\circ/\text{min}$, 40 kV, 20 mA, goniometer PW 1050/25. Analytik Toman.

Apatit. Vyskytuje sa len zriedkavo v podobe cca 0,2 mm čírych stĺpčiekov (predĺženie 3–4 : 1). Vyskytol sa i apatit celý sfarbený na hnedo, tzv. pleochroický apatit, indikujúci kontamináciu pegmatitového materiálu okolitými kryštalickými bridlicami (Ljachovič, 1979 a i.).

Monazit. Je číry až slabo žltý, veľmi drobný (okolo 0,1 mm), temer izometrický s relatívne vysokým skelným leskom. Bol identifikovaný pomocou EDAX-u. Nepatrné uplatnenie sa prvkov TR v moravianskom telese (tab. 3) ukazuje ich zostupný trend, rovnaký ako inde v Západných Karpatoch, kde prvky TR vypadávajú už na začiatku magmatického procesu v relatívne bázičných taveninách (hlavne v podobe allanitu), v menšej miere sú zastúpené v leukokratnejších granitoidoch (v podobe monazitu a xenotímu; tab. 2), až sa napokon v priebehu frakcionácie magmy úplne spotrebujú a aplity a pegmatity ich už temer neobsahujú. Tento trend je charakteristický pre granitoidy Západných Karpát (Petrik, Broska, 1985; Broska, 1986).

Zirkón. Vystupuje v dvoch generáciách. Zriedkavejší zirkón I je číry, drobný (často $< 0,1$ mm), dlhoprizmatický (predĺženie 4 : 1), podľa klasifikácie Pupina (1980) patrí k podtypom L_1 – L_3 . Spájame ho s počiatočnými štádiami evolúcie pegmatitu.

Zirkón II je oveľa väčší (0,2–0,5 mm), vždy nepriehľadný — metamiktný, s drsným povrchom a výrazne prevláda nad zirkónom I. Vystupuje najmä v podobe podtypu G_1 – G_2 (obr. 7), niekedy i typu A, ktorý je charakteristický pre albitizované, príp. alka-



Obr. 6. Morfológia kryštálov gahnitu v moravianskom pegmatite. a — Kryštál gahnitu s hladkými plochami. Zv. 462×. b — Kryštál gahnitu s výraznými prírastkovými plochami. Zv. 317×. c — Detail kryštálu gahnitu s prírastkovými zónami. Zv. 1144×.

Fig. 6. Morphology of gahnite crystals from the Moravian pegmatite body. a — Gahnite crystal with smooth surfaces. Magn. x462. b — The same with well developed growth surfaces. Magn. x317. c — Detail of gahnite crystal with growth zones. Magn. x1144.

lické granitoidné horniny (Pupin, 1980; Ljachovič, 1979).

Turmalín. Odroda skoryl sa vyskytla len v niekoľkých zrnách (0,2—0,4 mm). Granitoidné horniny a pegmatity Považského Inovca sa vyznačujú jeho neprítomnosťou, prípadne nepatrným zastúpením (Broska, Uher, 1988), podobne je tomu i v prípade moravianskeho pegmatitu. Ojedinelý skoryl vznikol pravdepodobne pri rekryštalizácii pegmatitu (2. štádium), keď sa bór (dovtedy zrejme viazaný na K-živce) pri hydrolýze uvoľňuje a je schopný tvoriť vlastný minerál.

Beryl, resp. Be minerály sú pomerne bežné minerály v pegmatitoch s metasomatickým albitom a tantaloniobátmi (Beus, 1960; Fersman, 1940; Bernard a kol. 1981 a i.). Hoci Be minerál sme v pegmatite nezistili, zvýšený obsah Be v pegmatite (41 ppm) poukazuje na možnú prítomnosť Be minerálu (Beus, 1960). Okrem toho spektrochemické analýzy muskovitu I, albitu a K-živca naznačujú, že v muskovite a oboch živcoch je izomorfne viazaná len malá časť celkového množstva Be obsiahnutého v pegmatite (tab. 7).

Evolučné štádiá vzniku pegmatitu pri Moravanoch nad Váhom (obr. 8)

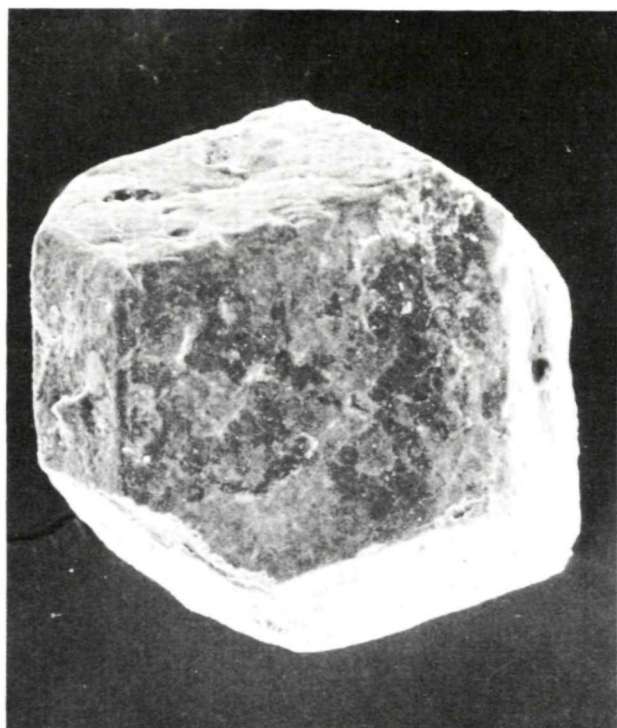
1. Magmatické štádium charakterizuje kryštalizácia oligoklasu, mikroklínu-perthitu, kremeňa I a niektorých akcesórií v závere magmatického procesu v tektonicky oslabených partiách granitoidných

TAB. 7

Kvantitatívna spektrochemická analýza stopových prvkov v muskovite I, II, K-živci a v albite
 Quantitative spectrochemical data on trace elements in muscovite I and II, K-felspar and albit

Ozn. vz.	Ba	Be	B	Pb	Sn	V	Cu	Ni	Zr	Co	Y	Sc	Cr	Sr	Li*
muskovit I	186	19,3	14,1	3	132	8	4,4	9,6	14	5,5	36,5	3,5	3,6	7	263
muskovit II	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	112
K-živec	123	6,7	9,2	6,3	1,9	3	33	3	10	3	10	1	6,5	9	N
cukr. albit	135	4,8	3,7	4,9	3,8	3	40	3	10	3	10	1	4,8	12	11

Analýzy sú vyhodnotené podľa „granitových štandardov“. N — nestanovené, * — analýza Li atómovou absorpčnou spektrometriou (SPA — analytik Medveď, AAS — analytik Martiny).



Obr. 7. Zirkón. Podtyp G₁—G₂ Pupinovej typologickej klasifikácie. Zv. 176x.

Fig. 7. Zircon crystal of the G₁—G₂ subtype, according to Pupin's typological classification. Magn. x176.

hornín a rúl. Zvyšková tavenina mohla mať zloženie blízke sa eutektickej zmesi (nejasne grafická štruktúra). Tvorí sa jednoduchý kremeňovo-živcový pegmatit, ku koncu s blokovou štruktúrou K-živca.

2. V štádiu hydrolyzy živcov nastáva rekryštalizácia kremeňovo-živcového pegmatitu pôsobením fluid — tzv. proces kyslého vylúhovania živcov — tvorí sa hrubozrnný kremeňovo-muskovitový komplex (kremeň II, muskovit I, relikt oligoklasu a mikroklin-perthitu). Tento proces stotožňujeme s tzv. muskovitovým stupňom retrográdnych premien v kryštalíniku Považského Inovca (Korikovskij, Putiš, 1986). V centre pegmatitu kremeň III uzatvára dutiny (kremenné jadro).

3. Štádium Na-metasomatózy sa prejavuje intenzívnou albitizáciou existujúceho pegmatitu snáď pozdĺž novotvorených porúch (tektonická príprava) a kryštalizáciou cukrovitého albitu, cleavelanditu, vzácnoprvkovej mineralizácie podstatnej časti granátu a muskovitu II.

4. Slabo vyvinuté hydrotermálne štádium zahŕňa čiastočnú alteráciu granátu a gahnitu (sericitizácia, vznik nátekov Mn-Fe oxidov), lokálne sericitizáciu albitu a vznik zriedkavých sulfidov (pyrit, sfalerit).

	EVOLUČNÉ ŠTÁDIA VZNIKU PEGMATITU			
	I.	II.	III.	IV.
OLIGOKLAS	■			
MIKROKLÍN-PERTHIT	■			
KREMEŇ	■	■	■	---
MUSKOVIT		■	■	
APATIT		■		
MONAZIT		■		
ZIRKÓN	■		■	
TURMALÍN		■		
ALBIT		---	■	---
GRANÁT	---	---	■	
BERYL (?)		---	■	
KOLUMBIT-TANTALIT			■	
GAHNIT			■	
SERICIT				■
PYRIT				■
SFALERIT				■
Mn, Fe - OXIDY				■

Obr. 8. Schéma evolučných štádií vzniku moravianskeho pegmatitu.
 Fig. 8. Scheme of development stages of the Moravany nad Váhom pegmatite.

Záver

V moravianskom telese bojníanskeho bloku Považského Inovca bol v úlomkoch na pingách zistený pegmatit s identifikovateľnou zónou grafického pegmatitu, zónou blokového mikroklinu, zónou blokovej

ho kremeňa, živcovo-kremeňovo-sľudovou zónou, kremeňovo-sľudovou zónou a albitovou zónou. Samostatnú aplitovú zónu ťažko definovať, našli sa len rôzne prechodné horniny typu aplitoidných granitov s nejasným vzťahom k ostatným paragenetickým zónam pegmatitu. Predpokladáme, že pegmatit sa vyvíjal v štyroch evolučných štádiách vzniku, a to v magmatickom štádiu, v štádiu hydrolyzy živcov, Na-metasomatózy a v hydrotermálnom štádiu. Mineralogicky je v ňom obsiahnutá dosiaľ v pegmatitoch kryštalinika tatrika a veporika zriedkavá minerálna paragenéza, pravdepodobne vyvinutá v štádiu Na-metasomatózy, v ktorej dominuje granát, gahnit a kolumbit-tantalit. Štúdaný pegmatit má črty šošovkovitého telesa dĺžky cca 100–150 m a šírky do 20 m, čím sa radí k jedným z najväčších pegmatitových telies na Slovensku. Z „moravianskeho“ pegmatitu sa údajne v minulosti v obmedzenej miere dobýval muskovit.

Keďže pegmatity Západných Karpát sa po mineralogickej stránke považovali za málo zaujímavé, predpokladáme, že naše nálezy, ako i nálezy gahnitov v pegmatitoch Malých Karpát (Gbelský, Krištín, 1985) spolu s nedávnym nálezom berylu v pegmatite na Prašivej (Pitoňák, Janák, 1983), minerály Nb, Ta v pegmatitoch tiež v oblasti západnej časti Ľubietsejskeho pásma (Határ, 1979) i starší nález pyrochlóru (?) v pegmatitoch Malých Karpát (Valach, 1954) budú podnetom pre ďalší výskum západokarpatských pegmatitov.

Literatúra

- Afonina, G. G., Makagon, V. M., Šmakín, B. M. 1979: Diagramma strukturnogo sostojanija ščeločnych polevyh špatov v rentgenometrickich koordinatach i ekspressnaja metodika jeho opredelenija. *Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. Geol. (Moskva)*, 5, 73–82.
- Baženova, L. N. 1955: O ganite iz pegmatitov Zapadnogo Priazovja. *Miner. Sbor. (Lvov)*, 9, 330–334.
- Bernard, J. H. a kol. 1981: Mineralogie Československa. 2. vyd. Praha. Academia, 645 s.
- Beus, A. A. 1960: Geochimija berillija i genetičeskije typy berillijevych mestoroždenij. Moskva, Izd. Akad. Nauk SSR, 332 s.
- Broska, I. 1986: Tipomorfnýje akcesornýje minerály granitoidov kristallinikuma Maloj Fatry. *Geol. Zbor. Geol. carpath.*, 37, 6, 693–707.
- Broska, I., Uher, P. 1988: Accessory minerals of granitoids rocks of Bojná and Hlohovec blocks. Považský Inovec Mts. *Geol. Zbor. Geol. carpath.*, 39, 4, 505–520.
- Černý, P., Meintzer, R. E., Anderson, A. J. 1985: Extreme fractionation in rare-element granitic pegmatites: selected examples of data and mechanisms. *Canad. Mineralogist (Ottawa)*, 23, 381–421.
- Dávidová, Š. 1978: Mineralógia a petrografia pegmatitov kryštalinika tatrik. *Miner. slov.*, 7, 53–59.
- Fersman, A. E. 1940: Pegmatity. Moskva—Leningrad. Izd. Akad. Nauk SSSR, 712 s.
- Gbelský J., Krištín, J. 1985: Gahnit v pegmatitoch Malých Karpát — príspevok k topografickej mineralógii Slovenska. In: *Akcesorické minerály, ich petrogenetický a metalogenetický význam*. Bratislava, GÚDŠ, 65–70.
- Határ, J. 1979: Akcesorické minerály niektorých hornín kryštalinika západnej časti Ľubietsejskeho pásma Nízkych Tatier. [Kand. dizert. práca.] *Manuskript — Bratislava*, 191 s.
- Korikovskij, S. P., Putiš, M. 1986: Metamorfická zónaťnosť i diaforez v kristallinikume Považského Inovca. *Geol. Zbor. Geol. carpath.*, 37, 2, 115–136.
- Ljachovič, V. V. 1979: Akcesornýje minerály gorných porod. Moskva, Izd. Nedra, 296 s.
- Nikitin, V. D. 1972: Osobennosti processov formirovanija mineralov pri metasomatičeských javlenijach. In: *Pegmatity (mineralogija, genezis i promyšlennaja ocenka)*. Leningrad, 249–265.
- Pitoňák, P., Janák, M. 1983: Beryl — nový minerál nízkotatranských pegmatitov. *Miner. slov.*, 15, 231–232.
- Petrik, I., Broska, I. 1985: Akcesorický allanit a monazit: význam pre interpretáciu zloženia granitoidných hornín: In: *Akcesorické minerály a ich význam*. Košice, BF VŠT, 31–39.
- Polák, S. 1971: Príspevok k metalogenéze Považského Inovca. *Miner. slov.*, 11, 237–242.
- Pupin, J. P. 1980: Zircon and granite petrology. *Contr. Mineral. Petrol. (Berlin — Heidelberg — New York)*, 73, 207–230.
- Ryck, J. J. 1972: K voprosu ob uslovijach formirovanija sľudonosnych pegmatitov. In: *Pegmatity (mineralogija, genezis i promyšlennaja ocenka)*. Leningrad, 30–35.
- Salje, M. E., Glebovickij, V. A. 1976: Metallogeničeskaja specializacija pegmatitov Vostočnoj časti Baltijskogo ščita. *Leningrad. Nauka*, 188 s.
- Tulloch, A. J. 1981: Gahnite and columbite in alkali-feldspar granite from New Zealand. *Mineral. Mag. (London)*, 44, 335, 275–278.
- Valach, J. 1954: Žulové pegmatity Malých Karpát. *Geol. Sbor. SAV*, 5, 1, 26–58.
- Veselský, J., Žabka, M. 1976: Poznatky pri použití metódy ťažkých frakcií z drvenej horniny pri štúdiu akcesorických minerálov granitoidov Malých Karpát. *Acta geol. geogr. Univ. Comen., Geol. (Bratislava)*, 28, 155–170.

Muscovite pegmatite with minerals of the rare-elements from Moravany nad Váhom (Považský Inovec Mts., Western Slovakia)

An interesting association of garnet — gahnite — columbite — tantalite has been found in a pegmatite body near Moravany nad Váhom (Považský Inovec Mts.) representing a rare mineral assemblage of West Carpathian pegmatites.

The Moravany pegmatite is emplaced into two-mica granodiorite to granite passing in places into leucocratic pegmatite to aplite varieties. The northern part of the

pegmatite body occurs in biotite paragneiss of the mantle of intrusive. Ditches exploring the pegmatite body probably for its muscovite content in past allow to assume that the body is lense-shaped, 100–150 m long and up to 20 m broad on the surface. This means that the body is one of the largest pegmatite bodies in the West Carpathians.

Due to the lack of natural outcrops in the pegmatite body, the assemblage of minerals containing REE has been

investigated from the ditched material. Nevertheless, it allowed to identify the aplite zone (?), zone of graphic pegmatite, that of block microcline, of block quartz, the quartz-felspar-mica zone and quartz-mica (without fan-shaped muscovite) as well as the albite zone.

Geochemical and mineralogical analyses allowed to presume that the pegmatite generation occurred in four stages: magmatic, stage of felspar hydrolysis, stage of intensive Na-metasomatism and hydrothermal stage. The interesting association of garnet — gahnite — columbite

— tantalite originated probably in subsolidus state during the Na-metasomatism of pegmatite.

In accordance with the known behaviour of trace elements in the course of magmatic differentiation of granitoids, the Moravian pegmatite contains extremely low amounts of Sr, Ba, Zr and REE but contents of Rb are higher. According to the quantitative ratio of Rb, Li and Cs (Salje, Glebovitzkyi, 1976) this pegmatite is of muscovite-rare-element type.

INFORMÁCIE

Významné zdroje nerastných surovín vo svete

Medzi najbohatšie krajiny sveta v zásobách nerastných surovín sa v súčasnosti zaraďuje aj Brazília. V niektorých rudách a v ťažbe zaujíma vo svete popredné miesto. Z najvýznamnejších surovín uvedieme nasledujúce údaje spracované podľa článkov autorov Filla, Mareschiho a Maceda (1988) v časopise *Episodes* číslo 3.

Zásoby hlavných druhov nerastných surovín a ich podiel na svetových zásobách v roku 1986

Surovina	Zásoby v mil. t	% podiel na svetových zásobách
niób (kov)	5,9	91,2
baryt	135,0	23,1
grafit	25,2	16,8
mastec	174,0	12,9
hliník — ruda	2 511,0	10,8
kaolín	1 237,8	9,6
vermikulit	16,0	9,0
železná ruda	17 600,0	8,4
magnezit (kov)	180,0	7,0
cín (kov)	0,2	5,8
nikel (kov)	5,4	5,3
azbest (vlákno)	3,5	3,3
mangán — ruda	210,0	3,3

Suroviny nióbu sa nachádzajú v brazílskych komplexoch alkalických karbonatitov, pričom sa využívajú ložiská vzniknuté zvetrávaním týchto hornín. Ťažená ruda obsahuje 1—2,8 % Nb₂O₅, pričom obsahuje ešte apatit, titanit, vermikulit. Ložiská sa nachádzajú najmä v štáte Minas Gerais. Najväčšie ťažené ložisko Arexá má okolo 70 % všetkej svetovej zásoby nióbu.

Ložiská železných rúd sú klasické ložiská itabiritov, tzv. železitej formácie proterozoika. 90 % všetkých zásob a 91,5 % ťažby Brazílie sú sústredené v štáte Minas Gerais v oblasti Quadrilátero Ferrífero v revíre Itabira. Obohatené hematity obsahujú okolo 65 % Fe, nezmenené itabirity okolo 40 % Fe.

Ložiská niklu tvoria z 97 % klasické laterity, známe sú i ložiská sulfidov (napr. Americana de Brasil, Fortaleza de Minas), ale sa nedobývajú. Ložiská vznikli lateritizáciou serpentizovaných hornín nachádzajúcich sa v archaiku až kenozoiku. 77 % zásob a 80 % ťažby sa nachádza na ložiskách v centrálnych oblastiach Brazílie v revíroch Niquelandia, Barro Celto a Santa Fé. Rudy obsahujú 1—2 % Ni. Prevažujú silikátové typy s minimom limonitického materiálu. Zvetrávacie procesy prebehli v treťohorách.

Rudy mangánu. Sú sedimentárne, oxidické, zásoby činia okolo 210 mil. t, hlavné ložiská sa nachádzajú v oblasti Carajás.

Rudy hliníka. Brazília je na treťom mieste na svete vo výške ťažby bauxitov. Hlavné ložiská z hľadiska výšky zásob (80 %) i z hľadiska výšky ťažby (75 %) sa nachádzajú v oblasti Amazonian — ložiská Almeirín, Trombetas, Paragominos, Faro. Priemerný obsah Al₂O₃ je 45 %, obsah SiO₂ je nízky, obsah Fe₂O₃ sa mení. Hlavný rudný minerál je gibbsit. Pôvodné horniny sú ílovité prachovce, zvetrávacie procesy prebehli v treťohorách. Okolo 20 % zásob

Ťažba (výroba) hlavných druhov nerastných surovín a jej podiel na svetovej ťažbe

Surovina	Výroba v t	% podiel na svetovej ťažbe
niób (kov)	17,2 tis.	87,8
tantal (kov)	33	15,7
cín (kov)	26,4 tis.	15,3
železná ruda	128,8 mil.	15,0
mangánová ruda	2,4 mil.	10,2
hliník (ruda)	6,5 mil.	8,3
mastec	586,0 tis.	7,0
grafit	34,0 tis.	5,3
magnezit (kov)	185,0 tis.	5,2
azbest (vlákno)	204,0 tis.	5,0
chróm (Cr ₂ O ₃)	135,0 tis.	3,1
nikel (kov)	21,4	3,0