

SPRÁVA

Vzácné zeminy v kyslých a bázičných magmatických horninách — Rochovce (vrt KV-3)

MIROSLAV IVANOV

Geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

(5 tab. v texte)

Doručené 20. 5. 1983

Редкие земли в кислых и основных магматических породах-Роховце (скважина KB-3)

Автор занимается распространением редких земель и с ними ассоциирующих элементов в альпийских биотитовых гранитах и их аплитах и также в амфиболитовых габро-горнблендитах. Альпийские биотитовые граниты принадлежат в Центральных Западных Карпатах к породам, в которых повышена концентрация редких земель. Особое генетическое положение имеют амфиболитовые габра и горнблендиты где получается инверсивное обогащение редких земель. Их материнская магма наверно происходит из разграничения земной коры и ее плаща.

REE contents in acid and basic magmatic rocks of the Rochovce (KV-3) borehole, Spišsko-gemerské rudohorie Mts., Eastern Slovakia

The paper introduces data on the distribution of REE contents and of associating elements in biotite granite and aplite of Alpine age as well as in amphibole gabbro to hornblendite. Biotite granite of Alpine age represents rock variety of Central West Carpathians accumulating, in an increased degree, rare earth elements. To the contrary, aplite samples are depleted in REEs. A peculiar genetic position reveal the amphibole gabbro to hornblendite varieties where an inverse enrichment of rare earths has been stated. The parent magma of these rocks obviously generated along the boundary of the crust and upper mantle.

V rámci hodnotenia vrtu KV-3 pri Rochovciach (západná časť Spišsko-gemerského rudohoria) sme zamerali pozornosť aj na akumulácie vzácných zemín v magmatických horninách.

Vo vrte KV-3 boli z magmatických hornín navrátené aj alpínske biotitické granity

(od 700 m až do ukončenia vrtu — 1560 m). Ide o leukokratné granity tzv. malých hĺbok. Vrt zachytil apikálne časti grani-toidnej intrúzie silne ovplyvnenej hydro-termálnopneumatolytickými procesmi.

Na granity sa geneticky viažu početné aplitické žily vystupujúce v granitoch, ako

aj v nadložných metasedimentárnych a magmatických komplexoch.

Druhým typom magmatických hornín, ktorý vrt KV-3 prevítal v úseku 605 až 700 m, sú amfibolické gabrá až hornblendity. Ide o hypoabysálnu intrúziu, ktorá intrudovala do staropaleozoického komplexu biotiticko-chloritických filitov (svorov) typu Hladomornej doliny najpravdepodobnejšie v karbone.

Štúdiom vzácnych zemín v magmatických horninách sledujeme ich celkovú distribúciu a ich obsah porovnávame s kyslími a bázickými magmatitmi v centrálnych Západných Karpatoch (pokiaľ už boli spracované).

Pri aplitoch sledujeme distribúciu TR v žilách prerážajúcich materské biotitické granity, ako aj v žilách pretínajúcich amfibolické gabrá až hornblendity a napokon v žilách nachádzajúcich sa vo vrte v najvyššom komplexe (0—605 m) v biotiticko-chloritických fylitoch (svoroch) typu Hladomornej doliny.

Okrem prvkov vzácnych zemín sledujeme aj koncentrácie prvkov parageneticky vystupujúcich spolu s TR. Je to Ti, Sc, Zr, Hf, Nb, Ta a Th.

Prvky vzácnych zemín a Sc, Hf, Ta, Th sa analyzovali neutrónovou aktivačnou analýzou v chemických laboratóriách Ústavu pre výskum rúd v Kutnej Hore, Zr, Nb a Y v chemických laboratóriách Geologického prieskumu v Spišskej Novej Vsi rtg fluorescenčnou metódou a TiO_2 klasickou vázkovou metódou.

Skupina prvkov vzácnych zemín je v zemskej kôre značne rozšírená, ale v geologických procesoch TR prevažne vystupujú len v malých koncentráciách. Prvky vzácnych zemín sa v zemskej kôre spravidla vyskytujú spoločne. Delia sa na tzv. Ce-skupinu — ľahšie lantanoidy (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu) a Yb-skupinu — ťažšie lantanoidy (Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tu, Yb, Lu). Aj keď ytrium medzi lantanoidy ne-

patri, asociuje s nimi (príbuzné chemické vlastnosti).

V magmatických procesoch sa TR koncentrujú vo zvýšenej miere v leukokratických granitoidných magmách a ich pegmatitoch, ako aj v pegmatitoch bázických magiem. Ale na vzácne zeminy sú najbohatšie horniny alkalického radu (najmä nefelinické syenity).

Formy vystupovania vzácnych zemín v magmatických horninách sú veľmi rozmanité. TR majú veľkú afinitu k fosforu a fluóru. V magme môžu tvoriť početné samostatné akcesorické minerály (monazit, xenotím, samarskit, euxinit a rad ďalších), ale vchádzajú aj do štruktúrnej mriežky titanitov, apatitov, zirkónov, toritov, ortitov, granátov a pod., no TR sú schopné vstupovať aj do štruktúrnej mriežky Fe-Ca-Al silikátov — jednoklonných pyroxénov, amfibolov a minerálov epidoto-vo-zoisitovej skupiny, v malej miere aj do plagioklasov. Izomorfne zastupujú hlavne Ca (Sr) a alkálie — približne zhodné polymery iónov (Rankama — Sahama, 1950; Balašov, 1976).

Vzhľadom na takéto široké spektrum možností vystupovania TR v magmatických horninách je ich genetická interpretácia dosť sťažená. Ani zákonitosti distribúcie vzácnych zemín platné pre jednu magmatickú provinciu, resp. magmatický diferenciálny cyklus, nemusia platiť pre druhý (Balašov, 1976).

V tab. 1—5 sú výsledky chemických analýz vzácnych zemín a s nimi asociujúcich prvkov z magmatických hornín z vrtu KV-3 (Rochovce; výsledky sú v ppm, pri TiO_2 v percentách).

Zhodnotenie analytických výsledkov

Alpínske biotitické granity

V centrálnych Západných Karpatoch patria medzi typy magmatických hornín,

Alpínske biotitické granity
REE contents in biotite granite of Alpine age

Tab. 1

Metráž vrtu	TiO ₂	Sc	Zr	Hf	Nb	Ta	Th	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Tu	Yb	Lu	Y	ΣTR + Y
701,3 m	0,34	7,3	114	3,6	40	1,65	25	64	116	60	8,2	1,44	0,74	0,36	2,2	0,39	20	273,3
715,4 m	0,30	9,5	70	4,1	60	1,13	26	59	123	58	9,7	1,62	1,0	0,50	3,4	0,51	30	286,7
721,5 m	0,40	6,9	90	4,5	50	1,32	32	56	116	55	9,3	1,52	1,0	0,40	2,4	0,40	29	271,0
840,1 m	0,43	7,5	64	4,7	48	1,77	26	61	135	59	10,0	1,55	1,0	0,60	3,0	0,45	27	298,6
850,1 m	0,31	6,5	64	3,9	41	1,13	28	47	105	56	10,2	1,55	0,94	0,37	2,3	0,35	26	286,6
863,1 m	0,30	6,4	48	4,3	36	1,26	22	51	110	51	10,1	1,60	0,81	0,42	2,6	0,78	26	254,3
893,3 m	0,33	7,3	56	3,9	51	1,29	32	76	162	69	11,0	1,65	0,87	0,44	2,5	0,60	30	354,0
898,2 m	0,36	7,7	66	4,3	51	1,39	21	61	127	59	13,4	1,72	1,1	0,50	2,9	0,61	32	299,0
1271,4 m	0,33	7,1	54	5,4	48	1,35	62	65	143	74	12,2	1,71	1,1	0,46	2,6	0,80	29	329,6
1351,4 m	0,37	8,4	74	4,3	54	1,28	29	93	167	68	12,3	1,67	1,0	0,33	2,5	0,48	27	373,2
1366,4 m	0,57	12,3	78	7,4	78	2,10	48	82	181	100	17	2,2	1,5	0,72	4,3	0,66	44	433,4
Ø	0,36	7,6	70,7	4,5	50,6	1,42	31,9	65	135	64,4	11,2	1,65	1,0	0,46	2,8	0,53	29,0	314,5

Aplitické žily v biotiticko-chloritických fylitoch (svoroch) typu Hladomorná dolina
REE contents in aplite veins and biotite-chlorite phyllite (mica-schist) of the Hladomorná dolina type

Tab. 2

Metráž vrtu	TiO ₂	Sc	Zr	Hf	Nb	Ta	Th	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Tu	Yb	Lu	Y	ΣTR + Y
553,1 m	0,08	2,7	30	1,5	15	0,55	2,2	5	19	13	1,8	0,44	0,26	0,10	1,0	0,14	11	59,7
558,8 m	0,09	3,7	44	2,5	36	3,3	3,3	11	30	18	3,9	0,42	0,58	0,46	3,8	0,50	28	96,6
559,3 m	0,07	3,1	22	2,0	16	0,97	1,7	7	24	16	2,4	0,73	0,56	0,26	1,4	0,11	14	98,4
560,8 m	0,08	2,4	31	2,3	17	0,69	1,3	10	28	18	2,1	0,57	0,32	0,20	0,8	0,18	9	96,1
Ø	0,08	2,9	31,7	2,1	21	1,37	2,6	8,2	25,2	16,2	2,5	0,54	0,43	0,25	1,7	0,25	15,5	87,7

Aplitické žily v amfibolických gabrách až hornblenditoch
REE contents in amphibole gabbro to hornblendite

Tab. 3

Metráž vrtu	TiO ₂	Sc	Zr	Hf	Nb	Ta	Th	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Tu	Yb	Lu	Y	ΣTR + Y
655,2 m	0,22	1,4	86	4,0	38	1,55	82	3	14	10	5,1	0,90	0,60	0,55	2,0	0,32	18	54,4
660,0 m	0,57	5,0	112	6,2	58	2,1	23	4	21	25	4,4	0,86	0,72	0,48	2,6	0,21	20	79,2
662,8 m	0,51	3,9	120	6,0	75	2,3	22	6	25	27	5,3	1,33	0,74	0,59	2,1	0,46	24	92,5
670,1 m	0,17	5,8	56	3,2	50	1,71	61	20	50	24	5,6	0,75	0,82	0,46	2,6	0,56	30	134,7
672,2 m	0,21	6,6	46	3,5	42	1,26	38	42	92	42	6,7	0,92	0,63	0,47	2,1	0,34	20	207,1
675,2 m	0,27	7,2	60	1,7	102	0,36	37	11	26	12	2,8	1,23	0,38	0,33	1,3	0,39	19	74,4
Ø	0,32	5,0	80	4,2	60,8	1,54	44	14,3	38	23,3	5,0	1,0	0,64	0,48	2,1	0,38	22	107,1

Aplitické žily v alpínskych biotitických granitoch
REE contents in biotite granite of Alpine age

Tab. 4

Metráž vrtu	TiO ₂	Sc	Zr	Hf	Nb	Ta	Th	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Tu	Yb	Lu	Y	ΣTR + Y
717,2 m	0,13	9,4	54	3,4	80	9,1	62	18	62	43	4,8	0,39	0,90	0,31	5,9	1,00	32	168,8
718,4 m	0,11	7,4	64	4,8	70	4,9	38	13	46	22	4,1	0,35	0,50	0,65	5,2	1,10	30	122,9
909,3 m	0,18	4,9	34	3,7	24	0,99	18,5	18	42	20	5,1	1,10	0,59	0,27	1,8	0,30	17	106,1
1072,8 m	0,10	3,2	58	4,3	34	1,78	33	16	45	21	1,2	0,18	0,30	0,28	2,3	0,55	10	64,7
1089,7 m	0,07	2,6	52	3,5	3,5	0,95	31	15	39	15	1,4	0,26	0,25	0,13	1,3	0,51	6	78,8
1091,3 m	0,09	2,2	40	2,4	2,4	1,12	19,1	11	30	13	0,5	0,24	0,20	0,13	1,3	0,26	9	65,6
1122,5 m	0,14	2,7	52	2,9	20	1,12	29	10	30	18	3,1	0,53	0,40	0,22	1,4	0,25	13	76,8
1152,3 m	0,11	3,7	36	2,3	20	1,61	31	28	45	24	1,2	0,25	0,35	0,21	2,5	0,33	11	102,8
1155,5 m	0,11	3,1	60	3,7	32	1,42	42	18	47	23	1,9	0,21	0,32	0,20	1,7	0,42	10	102,7
1161,7 m	0,13	1,1	32	2,1	26	0,88	31	12	30	12	3,0	0,57	0,30	0,19	1,9	0,29	10	70,2
1217,7 m	0,09	3,9	44	3,3	34	2,3	42	11	33	15	2,5	0,26	0,41	0,33	2,7	0,56	14	79,7
Ø	0,11	4,0	47,8	3,3	34,4	2,37	34,2	15,5	40,8	20,5	2,6	0,37	0,41	0,31	2,5	0,50	14,7	94,5

Amfibolické gabrá až hornblendity (karbón)
Amphibole gabbro to hornblendite

Tab. 5

Metráž vrtu	TiO ₂	Sc	Zr	Hf	Nb	Ta	Th	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Tu	Yb	Lu	Y	ΣTR + Y
611,0 m	0,86	31	100	3,2	68	0,27	8,2	53	143	97	12,6	3,5	1,0	0,24	1,5	0,19	19	331,0
629,3 m	0,83	30	114	3,3	76	0,29	8,9	62	157	97	15	3,4	1,0	0,35		0,26	18	354,0
650,0 m	0,97	45	112	3,4	90	0,28	8,6	61	161	104	14,3	4,1	1,5	0,32	2,2	0,26	22	370,6
684,5 m	0,92	36	108	3,3	94	0,27	10,1	57	161	97	16,4	4,0	1,0	0,32	1,8	0,21	20	358,7
699,0 m	0,97	53	132	2,9	100	0,24	10,9	64	148	74	13	3,7	1,0	0,28	1,8	0,28	18	324,0
Ø	0,91	39	113,2	3,2	85,6	0,27	9,3	59,4	154	94	14,2	3,7	1,1	0,30	1,4	0,24	19,4	347,6

v ktorých sa akumulujú vo zvýšenej miere prvky vzácnych zemín.

Z tab. 1 vidieť, že ide najmä o prvky Ce-skupiny. Zvýšený obsah Th svedčí o tom, že hlavnou formou vystupovania TR v týchto granitoch sú minerály vzácnych zemín a akcesorické minerály so stálou prítomnosťou TR. (S nimi sa totiž spravidla viaže aj isté množstvo Th.)

Š. Davidová — K. Siegl (1979) petrografickým výskumom biotitických granitov z vrtu KV-3 zistili v akcesóriách pomerne hodne titanitu a ortitu a z ďalších minerálov monazit, xenotím, zirkón, apatit a fluorit.

V ostatnom čase publikovali D. Hovorka — J. Spišiak (1983) výsledky štúdia TR z rozličných typov hercýnskych granitoidov centrálnych Západných Karpát. Z porovnania ich výsledkov s našimi vychodí, že alpínske granity z vrtu KV-3 majú až dvojnásobne vyššiu koncentráciu prvkov vzácnych zemín (suma TR), čo zrejme súvisí s ich leukokratnejším charakterom.

Druhou pozoruhodnosťou alpínskych granitov z vrtu KV-3 je, že obsah vzácnych zemín v nich s hĺbkou narastá (pozri tab. 1), čo je v istom protirečení s poznatkom, že apikálne časti granitoidných intrúzií, kde býva najviac alkálií, sú na TR bohatšie.

Zulové aplity

Z porovnania obsahu prvkov vzácnych zemín v aplitoch s obsahom TR v materských biotitických granitoch vidieť vo všetkých troch súboroch ich deficit, a to ako pri ľahkých, tak aj pri ťažkých lantanoidoch. Zo sprievodných stopových prvkov má podobne nízky obsah Sc. Vysvetľujeme to tak, že sa hlavná časť TR viažúcich sa na akcesorické minerály sústredila hlavne v granitoch. Pri sprievodných prvkoch sa to prejavilo nedostatkom Th, Zr, Hf a Nb.

Porovnanie s ostatnými aplitmi v centrálnych Západných Karpatoch pre nedostatok údajov nateraz nemožno vykonať. Ale medzi sledovanými tromi skupinami aplitov badáme isté rozdiely.

Pozitívne sa vymykajú najmä aplity prerážajúce amfibolické gabrá až hornblendity. Zo vzácnych zemín v nich zaznamenávame čiastočne zvýšený obsah samária a euróbia a zo sprievodných prvkov zvýšené koncentrácie Th, Zr (Hf) a Nb. (Pri niobe by bolo možno predpokladať jeho asimiláciu z okolných bázik.)

Naopak najväčší deficit týchto prvkov zaznamenávame v aplitických žilách pretínajúcich fylity (svory) typu Hladomornej doliny.

Vysvetlíť tieto javy bude možno až po podrobnom mineralogicko-geochemickom výskume za pomoci elektrónového mikroanalýzátora.

Amfibolické gabrá až hornblendity

Z hľadiska obsahu prvkov vzácnych zemín sú amfibolické gabrá až hornblendity v porovnaní s bázickými horninami tatroveporika, ktoré uvádza B. Cambel — L. Kamenický (1982), a bázikami spracovanými B. Cambelom — J. Spišiakom (1979) veľmi pozoruhodné. Koncentrácia TR + Y dosahuje také vysoké hodnoty (Σ 347,6 ppm), aké z bázických hornín v centrálnych Západných Karpatoch doteraz nepoznáme. Veľkú koncentráciu má najmä Ce, Nd, Sm, Eu, teda ľahké lantanoidy.

Podľa mikroskopického výskumu a štúdia preparátov na elektrónovom mikroanalýzátore sme dospeli k záveru, že časť TR sa môže v týchto horninách viazať na prítomný akcesorický zirkón (hodnoty Zr sú v Σ 113,2 ppm) a na akcesorický apatit. Ale tieto hodnoty sa z priemerných koncentrácií zirkónia v bázických horninách nevymykajú.

Vzhľadom na to, že sa nám na mikroanalýzátore nepodarilo zistiť nijaké ďalšie minerály so zvýšenou koncentráciou Ce, usudzujeme, že hlavnou formou vystupovania vzácnych zemín v amfibolických gabrách až hornblenditoch je ich viazanie sa na Ca-Fe-Al silikáty — hlavne obyčajné amfiboly.

Amfibolické gabrá až hornblendity z vrtnu KV-3 Rochovce zrejme majú v centrálnych Západných Karpatoch osobitné genetické postavenie, čo sa odráža nielen v ich niklonosnosti, ale aj v akumulácii prvkov vzácnych zemín. V zmysle prác J. A. Balašova (1976) by sme tieto horniny mohli zaradiť medzi silikátové taveniny, v ktorých nastáva inverzné obohatenie o vzácne zeminy.

Z ostatných stopových prvkov možno medzi týmito bázickými horninami pozorovať čiastočné zvýšenie obsahu Sc, a najmä Nb. Koncentrácie Sc preyšujú priemerné koncentrácie skandia v bázických magmatických horninách iba čiastočne.

Na porovnanie zvýšenej koncentrácie nióbu v amfibolických gabrách až hornblenditoch uvádzame výsledky štúdia B. G. Lutza (1975), ktorý pri sledovaní chemického zloženia hornín plášťa a zemskej kôry prišiel k záveru, že sa pri selektívnom tavení plášťa akumuluje ľahko tavitelný niób (Nb_2O_5) oproti tantalu v špecificky ľahších nadložných magmatických produktoch.

Kontamináciou ľahších hmôt plášťa s ťažšími (bázickejšími) hmotami, ktoré vznikajú pri anatexii hornín zemskej kôry, mohlo nastať práve takéto obohatenie magmy o i, Co, TR a Nb. V prípade amfibolických gabier — hornblenditov materská magma pochádzala približne z rozhrania zemskeho plášťa a kôry.

Recenzoval D. Hovorka

LITERATÚRA

- Balašov, J. A. 1976: Geochimija redko-zemeľnych elementov. Moskva, Nauka. 226. s.
- Cambel, B. — Spišiak, J. 1979: Geochemistry of rare earths elements in metabasites of the West Carpathians. *Geol. zbor. Geologica Carpath. (Bratislava)*, 30, pp. 414—431 s.
- Cambel, B. — Kamenický, L. 1982: Geochemia metamorfovaných bázičských hornín tatráveporidov centrálnych Západných Karpát. *Bratislava, Veda*. 514 s.
- Dávidová, Š. — Siegl, K. 1979: Správa o petrografickom štúdiu biotitických granitov z vrtu KV-3. *Manuskript — GÚDŠ Bratislava*.
- Hovorka, D. — Spišiak, J. 1983: The Geochemistry and Genesis of Variscan Granites of Western Carpathians. *Mineralia slov.*, 15.
- Lutz, B. G. 1975: Chimičeskij sostav kontinentalnoj kory i verchnej mantii zemli. Moskva, Nauka. 166 s.
- Rankama, K. — Sahama, Th. G. 1950: Geochemistry. *Chicago*, pp. 508—531.

REE contents in acid and basic magmatic rocks of the Rochovce (KV — 3) borehole, Spišsko-gemerské rudohorie Mts., Eastern Slovakia

MIROSLAV IVANOV

In the course of evaluation of the KV-3 drill-hole data (Rochovce village, the Spišsko-gemerské rudohorie Mts.), attention was paid to the concentrations of REEs in magmatic rocks.

Considerable depth interval of the drill-hole (700 — final 1560 m depth) pierced biotite granite of Alpine age. The rock variety is leucocratic granite originated in shallow depths and the drilling pierced apical parts of this granitoid intrusion affected strongly by hydrothermal to pneumatolithic processes. This biotite granite accumulates, in an increased degree, rare earth elements (mostly light lanthanides). The REE content of granite increases depthwards. To the contrary, aplitic veins genetically related to the granite reveal deficit of REEs. There are some differences between REE contents of single aplite

veins cutting various rock complexes. The highest REE concentrations reveal the aplite veins within amphibole gabbro to hornblende country rock.

In comparison with the acidic rocks, basic magmatites reveal deficits of rare earths. Conspicuously, the amphibole gabbro to hornblende from the Rochovce drill-hole contains more REEs than the granite. This anomaly is explained by inverse enrichment of rare earth elements through a process known in liquation systems.

From genetic viewpoint, the higher Nb content in these rocks is the most interesting. These nickeliferous basic rocks obviously originated at the boundary between the crust and upper mantle.

Preložil I. Varga