Literatura

AIGNER, T. (1982): Calcareous tempestites: storm-dominated stratification in Upper Muschelkalk Limestones (Middle Trias, SW Germany). In: EINSELE, G. – SEILACHER, A. (Eds): Cyclic and event stratification. 180–188. – Springer. Berlin – Heidelberg – New York.

BURNETT, J. A. (1998): Upper Cretaceous. In: BOWN, P. R. (Ed.): Calcareous nannofossil biostratigraphy. 132–199. – Cambridge Univ. Press, Cambridge.

DUNHAM, R. J. (1962): Classification of carbonate rocks according to a depositional texture. – Amer. Asoc. Petrol. Geol., Mem. 1, 108–121.

HARMS, J. C. (1975): Stratification and sequence in prograding shoreline deposits. – Soc. Econ. Paleont. Mineral. Short Course, 2, 81–102.

HAŠLAR, O. et al. (1973): Závěrečná zpráva Kutnohorsko II. – MS Čes. geol. služba – Geofond. Praha.

HRADECKÁ, L. (2007): Výsledky mikropaleontologických analýz (Foraminifera) svrchnokřídových sedimentů na listu 13-324 Kutná Hora. – MS Čes. geol. služba. Praha.

KLEIN,V. (1961): Litologie a stratigrafie cenomanských organodetritických vápenců v západním okolí Kutné Hory. – Sbor. Ústř. Úst. geol., Geol., 27, 385–407.

KRUTSKÝ, N. (1960): Zpráva o průzkumu cenomanských vápenců v Mezholezích na Kutnohorsku. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 1958, 80–82.

KUKAL, Z. (1986): Základy sedimentologie. – Academia. Praha.

MACÁK, F. – HOLUB, V. – KLEIN, V. (1967): The Platform Cover of the Bohemian Massif. In: Guide to Excursion 12 AC, International Geological Congress, 23 Session, 1–31. – Ústř. úst. geol. Praha.

PÁŠA, J. – PLCH, M. (1995): Doplněk závěrečné zprávy Kutnohorsko II. Surovina: vápence zemědělské. – MS Geomin. Jihlava.

SCHMIDT, K. (1961): Závěrečná zpráva Kutnohorsko. – MS Geol. průzk. Praha.

ŠREIN, V. – ŠŤASTNÝ, M. – ŠREINOVÁ, B. – KRÁLOVÁ, J. (2007): Spodnoturonské písčité vápence v Kutné Hoře a Miskovicích. – Bull. mineral.-petrol. Odd. Nár. Muz., 14–15, 170–176. Praha.

ŠTĚDRÁ, V. et al. (2008): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČR 1 : 25 000, list 13-324 Kutná Hora. – MS Čes. geol. služba. Praha.

ŠVÁBENICKÁ, L. (2007): Výsledky mikropaleontologických analýz (nanofosilie) svrchnokřídových sedimentů na listu 13-324 Kutná Hora. – MS Čes. geol. služba. Praha.

ZELENKA, P. (1996): Křídové sedimenty na Kolínsku, Kutnohorsku a v okolí Uhlířských Janovic. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 1995, 182–183.

ZELENKA, P. (2003): Křídové sedimenty na území listu 13-322 Kolín. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2002, 46–47.

Žilné roje ultradraselných melasyenitových až melagranitových porfyrů ze středočeského plutonického komplexu a šumavského moldanubika

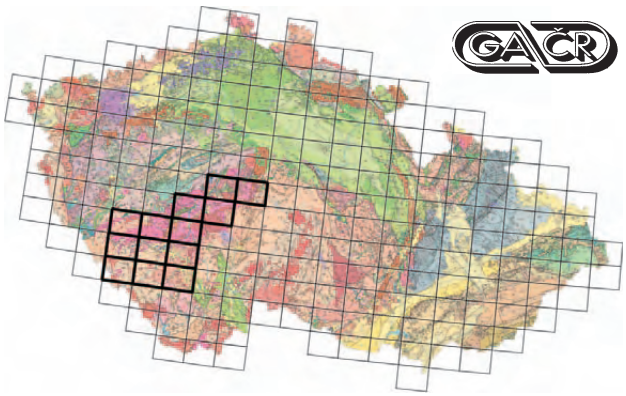
Dyke swarms of ultrapotassic melasyenite to melagranite porphyries from the Central Bohemian Plutonic Complex and the Šumava part of the Moldanubicum

FRANTIŠEK V. HOLUB [1] – KRYŠTOF VERNER [1, 2] – MARTINA STUDENÁ [1] – LUCIE ORSÁGOVÁ [1]

[1] *Ústav petrologie a strukturní geologie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova v Praze, Albertov 6, 128 43 Praha 2; frholub@natur.cuni.cz*

[2] *Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1*

(12-44 Týnec nad Sázavou, 13-33 Benešov, 22-21 Příbram, 22-22 Sedlčany, 22-13 Nepomuk, 22-14 Blatná, 22-23 Mirovice, 22-31 Sušice, 22-32 Strakonice, 22-33 Kašperské Hory, 22-34 Vimperk, 22-41 Písek, 22-43 Vodňany)



Key words: dykes, melagranite porphyry, quartz melasyenite porphyry, ultrapotassic rocks, minette, geochemistry, Central Bohemian Pluton, Moldanubian Zone

Abstract: Numerous dykes of melasyenite, quartz melasyenite and melagranite porphyries sometimes accompanied by minettes are typical for prevailing parts of the Central Bohemian Plutonic Complex (CBPC) of Variscan age and for a large part of the Šumava Moldanubicum S of CBPC. Their chemistry, contrasting with common granitoids, corresponds to ultrapotassic silica-saturated plutonic rocks cropping out in E part of CBPC. All these rocks are rich in MgO (> 3 wt%), Cr (commonly > 200 ppm), K_2O (6 to 7 wt%) and many mantle-incompatible elements, namely Cs, Rb, Pb, Th, U. Their parental mafic magmas originated within anomalous domains of lithospheric mantle metasomatized with upper-crustal material. Melagranite porphyries are chemically identical with durbachitic melagranites, i.e. the "light facies" of the Čertovo břemeno type, and show petrographic features of hybrid rocks originated by magma mixing. The quartz melasyenite porphyries are very similar to the most SiO_2-rich varieties of the Tábor syenitoids and lack any unequivocal petrographic criteria for their hybrid origin.

Středočeský plutonický komplex (SPK) protíná enormní množství horninových žil velmi variabilního složení – různých typů lamprofyrů, žilných porfyrů granitového až gabrového složení, diabasů, leukogranitů až aplitů. Z pravých žilných hornin, majících porfyrické struktury a znaky rychlého tuhnutí, jsou zdaleka nejrozšířenější dvě horninové skupiny – minety a křemenné melasyenitové až melagranitové porfyry (někdy souhrnně označované „lamproidní žilné porfyry" – Holub 1990). V literatuře byly tyto horniny označovány různě – granitové či žulové porfyry, granodioritové

porfyrity, syenitové porfyry, monzonitové, syenodioritové nebo dokonce i dioritové porfyrity (např. Žežulková 1982). V poslední době se nám podařilo upřesnit vymezení oblasti jejich výskytů, sledovat petrologické vztahy v zonálních žílách a shromáždit značné množství geochemických dat pro jejich látkovou charakteristiku. Zároveň byla na vybraných lokalitách zkoumána vnitřní stavba žil a směry magmatického toku (viz Verner et al. 2009).

Geologie

Žíly mají směry Z-V až lokálně (zejména v sv. části SPK) SZ-JV a jsou zhruba vertikální nebo příkře ukloněné k J (JZ). Jejich mocnosti se pohybují nejčastěji v rozpětí 5–30 m na rozdíl od minet, které mají typické mocnosti výrazně menší (obvykle 0,X–3 m) v souvislosti s nižší viskozitou jejich magmat. Žíly diskordantně pronikají rozmanitými plutonity území, nebyly však nikdy zjištěny v durbachitických plutonitech typu Čertovo břemeno nebo v syenitoidech táborského tělesa, ani v říčanském a sedlčanském granitu. Při j. straně SPK areál hojného výskytu těchto porfyrů zasahuje do šumavské části moldanubika zhruba v prostoru mezi Pískem, Bavorovem, Vimperkem, Kašperskými Horami a Klatovy. Na V výskyty těchto porfyrů končí zónou těles durbachitických plutonitů typu Čertovo břemeno. Místy, např. v okolí Zvíkova nebo Bavorova, se oblasti výskytů obou horninových skupin mírně překrývají. Celkový areál výskytu těchto žil má zhruba trojúhelníkovitý tvar protažený na délku ca 115 km ve směru SV-JZ (Čerčany až j. okolí Kašperských Hor) a v jz. části se rozšiřující až na 50 km ve směru SZ-JV.

Tabulka 1. Reprezentativní analýzy melasyenitových porfyrů s tence tabulkovitým K-živcem (1, 2) a táborského křemenného melasyenitu (3, 4)

lokalita	1 Malčice	2 Mačkov	3 Tábor	4 Slapy
SiO_2	60,49	60,92	59,88	61,15
TiO_2	0,849	0,85	0,89	0,87
Al_2O_3	13,91	14,41	13,97	14,69
Fe_2O_3	5,37	5,15	5,67	5,11
MnO	0,097	0,082	0,096	0,084
MgO	5,63	4,30	5,46	4,63
CaO	3,01	3,23	4,14	3,73
Na_2O	1,85	2,18	2,18	2,33
K_2O	6,75	6,45	6,22	6,38
P_2O_5	0,64	0,58	0,69	0,63
ztráta žíháním	1,14	1,40	0,44	0,50
suma	99,71	99,55	99,61	100,11
mg	67,5	62,3	65,6	64,2
Cr	340	194	364	277
Rb	363	392	364	414
Sr	387	367	468	493
Ba	1609	1420	1970	2160
Zr	365	330	409	371

hlavní oxidy jsou v hmot. %, stopové prvky v ppm;
mg = 100 Mg/(Mg + Fe) v atomových proporcích; analýzy ICP a ICP MS provedly Activation Laboratories, Ltd., Ancaster (Ontario, Kanada)

Petrografický charakter

Mezi studovanými porfyry lze vyčlenit dvě základní, obvykle už makroskopicky odlišitelné skupiny. Případy, které se nehodí do jednoho ani druhého typu, jsou velmi vzácné.

Typ s nápadně tence tabulkovitým vývojem K-živce, který tvoří fenokrysty jako jediný světlý minerál. Tyto porfyry mohou být různě tmavé, nejtmavší variety s drobnými vyrostlicemi se makroskopicky mohou podobat až minetě. Mafické fenokrysty zahrnují vedle Mg-biotitu (flogopitu) i pyroxeny, některé žíly jsou bohaté ortopyroxenem (Žežulková 1982). Častější jsou však případy, kdy primární mafity nahrazují uralitické pseudomorfózy, z nichž se mohou vyvíjet rekrystalované shluky aktinolitu. Běžně jsou přítomny také pilitické pseudomorfózy patrně po olivínu, tvořené agregátem jehličkovitého aktinolitu s lemem obsahujícím také flogopit. Základní hmota mívá tendenci k trachytickému vývoji, ve světlejších varietách je mikrogranitická. Tyto horniny mají složení melasyenitového až křemenného melasyenitového porfyru, nejtmavší variety představují přechodné složení mezi minetou a drobně porfyrickým melasyenitovým porfyrem. Němec (1988) tyto porfyry označoval „syenitové porfyry typu I“.

Typická lokalita těchto hornin, příležitostně odkrytá stavbou rychlostní silnice, leží jv. od obce Malčice. V základní geologické mapě (Žežulková et al. 1985) je zde vyznačena z.-v. žíla syenitového porfyru doprovázená paralelní žílou minety, která se překládá ze severního kontaktu porfyru v západním segmentu žíly směrem k V na jeho jižní kontakt s blatenským granodioritem. Nový zářez v této východní části však ukázal zcela symetrický vývoj biotit-ortopyroxenického melasyenitového porfyru, který má u obou kontaktů vzhled až minety s ojedinělými zvětšenými lištami K-živce, směrem do středu pak rychle přechází do hustě drobně porfyrického melasyenitového až křemenného melasyenitového porfyru. S odsazením několika metrů k S je tato zonální žíla o mocnosti 21 m sledována ještě odžilkem obdobného složení. Chemické složení hlavní žíly a další příklad melasyenitových porfyrů tohoto typu dokumentuje tabulka 1.

Typ obvykle hrubě porfyrický s normálně tabulkovitým vývojem vyrostlic K-živce, který má habitus podobný jako v durbachitických plutonitech a dosahuje délky 10–25 mm. V těchto porfyrech jsou běžné i v průměru menší fenokrysty plagioklasu, v nejsvětlejších varietách někdy navíc i menší množství křemene. Z mafitů zde tvoří vyrostlice Mg-biotit (flogopit), někdy klinopyroxen nebo častěji amfibolové pseudomorfózy po pyroxenu, obvykle také řídce

Tabulka 2. Reprezentativní složení hrubě porfyrických melagranitových porfyrů ze širšího okolí Kašperských Hor (1), okolí Bavorova a Volyně (2) a durbachitického melasyenitu typu Čertovo břemeno (3, 4)

lokalita	1 Kašperské Hory	2 Bavorov a Volyně	3 Vepice	4 Níkovice
n	4	3	3	1
SiO_2	64,62	64,13	64,02	63,20
TiO_2	0,747	0,708	0,742	0,787
Al_2O_3	13,47	13,24	13,34	13,28
Fe_2O_3	4,21	4,13	4,28	4,40
MnO	0,08	0,07	0,07	0,069
MgO	4,23	4,15	4,34	4,32
CaO	2,65	2,52	2,98	2,95
Na_2O	2,39	2,61	2,47	2,34
K_2O	6,38	6,32	6,19	6,43
P_2O_5	0,65	0,56	0,60	0,64
ztráta žíháním	1,09	0,49	0,90	1,00
suma	100,51	98,92	99,94	99,41
mg	66,60	66,60	66,70	66,0
Cr	255	224	248	228
Rb	395	386	384	339
Sr	336	341	331	333
Ba	1390	1410	1265	1340
Zr	367	348	319	310

hlavní oxidy jsou v hmot. %, stopové prvky v ppm;
mg = 100 Mg/(Mg + Fe) v atomových proporcích; analýzy ICP a ICP MS provedly Activation Laboratories, Ltd., Ancaster (Ontario, Kanada)

roztroušené pilitické pseudomorfózy po olivínu. Přestože silně hořečnaté amfiboly se složením aktinolitu až Al-chudého magneziohornblendu vznikly většinou postmagmaticky a pseudomorfují primární mafity, některé žíly obsahují Al-chudý magneziohornblend v podobě automorfních fenokrystů, které evidentně krystalovaly přímo z taveniny (např. lokality Nihošovice, Zvíkov). Základní hmota je mikrogranitická a místy i mikrografická. Horniny tohoto charakteru svým celkovým složením mohou odpovídat křemennému melasyenitovému až (častěji) melagranitovému porfyru, případně úbytkem mafitů přechází do granitového porfyru. Němec (1988) je označoval „syenitové porfyry typu II“.

Hrubě porfyrické porfyry na řadě lokalit (např. Horosedly, Nihošovice) obsahují enklávy tmavších jemnozrnných hornin petrograficky odpovídajících křemenným minetám nebo přechodním varietám mezi minetou a porfyrem (obr. 1). Vzácné jsou případy, kdy okrajové partie žíly mají povahu minety, která směrem do centra přechází do křemenného melasyenitového až granitového porfyru. Dnes již klasickým případem je lokalita Poříčí nad Sázavou – Čerčany, popsaná Jelínkem (1932). Němec (1988) na tuto zhruba 3 m mocnou silně zonální žílu aplikoval hypotézu magmatického mísení mezi minetovým a granitovým magmatem a z tohoto procesu odvozoval složení „syenitových porfyrů typu II“.

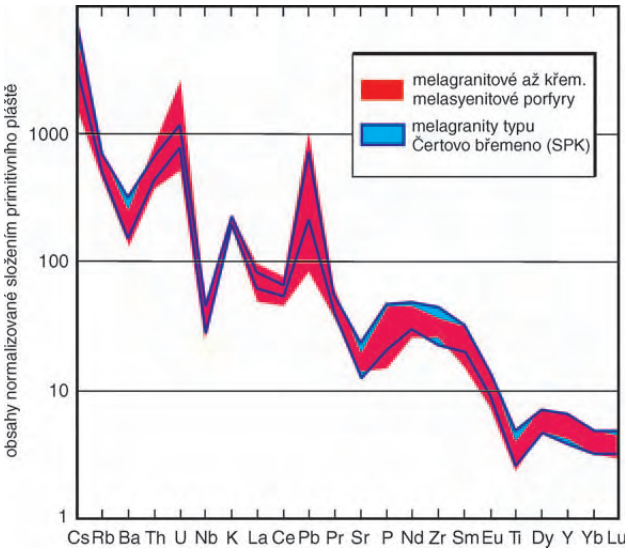
Obr. 1. Enkláva o složení minety v hrubě porfyrickém amfibol-biotitickém křemenném melasyenitovém až melagranitovém porfyru z lomu jz. od Nihošovic na Volyňsku. *Foto F. V. Holub.*

Chemické složení a srovnání s ultradraselnými plutonity

Látková anomalita celé skupiny melasyenitových až melagranitových porfyrů ve srovnání s běžnými granitoidními horninami je velmi nápadná. Soubor 38 analýz má průměrný obsah 63 % SiO_2 a 6,37 % K_2O (5,3–7 %), přitom však 4,1 % MgO, průměrnou *mg*-hodnotu 64,2 a obsah Cr 218 ppm. Dalšími specifickými rysy mikrochemismu jsou nápadně vysoké obsahy Rb (250–436 ppm), Cs (15 až 50 ppm), Th, (27–50 ppm, vzácně do 66 ppm), U (běžně 15–23 ppm, ojediněle až kolem 55 ppm). Přirozená radioaktivita je proto výrazně zvýšená proti okolním horninám.

Až na vzácné výjimky nejsvětlejších variet porfyrů jde o horniny ultradraselné, tzn. mající obsahy MgO i K_2O větší než 3 hmot. % a poměry $K_2O/Na_2O > 2$ (Foley et al. 1987).

Chemické parametry žil velmi dobře zapadají mezi středně tmavé až světlé variety ultradraselných plutonitů z východních částí SPK, a to jak durbachitických hornin typu Čertovo břemeno, tak i táborského typu. Porfyry jako celek však mají větší variabilitu. Tabulka 2 dokumentuje naprostou shodu chemického složení mezi většinou analýz hrubě porfyrických variet studovaných porfyrů a durbachitickým melagranitem, představujícím relativně světlejší (podle starší literatury „normální“) facii typu Čertovo břemeno. Křemenné melasyenitové porfyry s tence tabulkovitým vývojem K-živce včetně těch variet, které obsahují vyrostlice ortopyroxenu, jsou sice melagranitům Čertova břemene rovněž velmi podobné, ale ještě bližší jsou světlejším varietám biotit-pyroxenických syenitoidů táborského typu; s těmito syenitoidy je sbližují např. časté obsahy



Obr. 2. Multielementový normalizační diagram (spidergram) obsahů vybraných inkompatibilních prvků ve skupině melagranitových až křemenných melasyenitových porfyrů ze SPK a šumavského moldanubika (celkem 27 analýz) a durbachitických melagranitů typu Čertovo břemeno ze SPK (8 analýz). Normalizační hodnoty pro primitivní plášť jsou podle práce Sun a McDonough (1989).

SiO_2 kolem 60 hmot. % a MgO kolem 5 hmot. % (tab. 1), což jsou obsahy v melagranitech Čertova břemene velmi málo frekventované. Celkově však nelze jen na základě chemismu pro velké vzájemné překryvy jednoznačně odlišit ani obě variety porfyrů, ani durbachitické melagranity Čertova břemene a táborského typu.

Těsnou geochemickou podobnost a pro řadu vzorků prakticky identické složení mezi skupinou studovaných porfyrů a durbachitickými melagranity typu Čertovo břemeno ze SPK, a to i v obsazích pro plášť inkompatibilních stopových prvků, ukazuje multielementový diagram normalizovaných obsahů (spidergram) na obr. 2.

Všechny zde uváděné horniny mají jednak charakteristické rysy magmat odvozených z pláště (vysokou hořečnatost, vysoké obsahy Cr a Ni) a zároveň jsou velmi bohaté pro plášť inkompatibilními prvky, charakteristickými pro svrchní kontinentální kůru (např. Cs, Rb, K, Pb, Th a U). Základní procesy vzniku výchozích mafických magmat v anomálních doménách svrchního pláště, metasomatizovaného korovým materiálem (Holub 1990, 1997), musely být stejné jak pro durbachitické plutonity, tak i pro obě skupiny ultradraselných porfyrů. Hrubě porfyrické křemenné melasyenitové až melagranitové porfyry mají řadu znaků hybridních magmat (Němec 1988, Holub 1990, Studená 2007) stejně jako křemenné melasyenity až melagranity Čertova břemene (Holub 1990, 1997), v žilných ekvivalentech melagranitů kromě geochemických příznaků mixingu můžeme pozorovat snáze i petrografické důkazy (neekvilibrované asociace mafických fenokrystů, Studená 2007). V melasyenitových až křemenných melasyenitových porfyrech s tence tabulkovitým vývojem K-živců petrografické doklady mixingu nebyly prokázány, přestože chemické složení je s evidentně hybridními horninami extrémně sblížené až totožné. To předkládá zajímavý problém pro další výzkum.

Poděkování. Tento výzkum byl finančně podpořen Grantovou agenturou Univerzity Karlovy (grant 267/2006 B GEO), zčásti též Grantovou agenturou České republiky (granty 205/07/0992 a 205/09/0630) a dále Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy (výzkumný záměr MŠM0021620855).

Literatura

FOLEY, S. F. – VENTURELLI, G. – GREEN, D. H. – TOSCANI, L. (1987): The ultrapotassic rocks: characteristics, classification, and constraints for petrogenetic models. – Earth Sci. Rev., 2, 81–134.

HOLUB, F. V. (1990): Petrogenetická interpretace chemismu kaliových lamproidů evropských hercynid na příkladu centrální a jižní části Českého masívu. Kandidát. disert. práce, 265 str. – MS Přírodověd. fak. Univ. Karl. v Praze.

HOLUB, F. V. (1997): Ultrapotassic plutonic rocks of the durbachite series in the Bohemian Massif: Petrology, geochemistry and petrogenetic interpretation. – Sbor. geol. Věd, ložisk. Geol. Mineral., 31, 5–24.

JELÍNEK, J. (1932): Smíšená žíla od Poříčí n. Sázavou u Čerčan. – Čas. Nár. Muz., 106, 139–144.

NĚMEC, D. (1988): Origin of syenite porphyries in the Central Bohemian Pluton by magma mixing. – Neu. Jb. Mineral. Abh., 159, 59–71.

STUDENÁ, M. (2007): Petrologický a strukturní vývoj vybraných typů žilných hornin, středočeský plutonický komplex. Diplom. práce, 80 str. – MS Přírodověd. fak. Univ. Karl. v Praze.

SUN, S-S. – MCDONOUGH, W.F. (1989): Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. In: SAUNDERS, A. D. – NORRY, M. J., Eds: Magmatism in the Ocean Basins. – Geol. Soc. [London] Spec. Publ. 42, 313–345.

VERNER, K. – HOLUB, F. V. – ORSÁGOVÁ, L. – STUDENÁ, M. (2009): Stavby a mechanismy vmístění vybraných žilných těles ve středočeském plutonickém komplexu. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2008, 51–53.

ŽEŽULKOVÁ, V. (1982): Žilné horniny jižní části středočeského plutonu. – Sbor. geol. Věd, Geol., 37, 71–102.

ŽEŽULKOVÁ, V. et al. (1985): Základní geologická mapa ČSSR 1 : 25 000, list 22-233 Mirotice. – Ústř. úst. geol. Praha.