

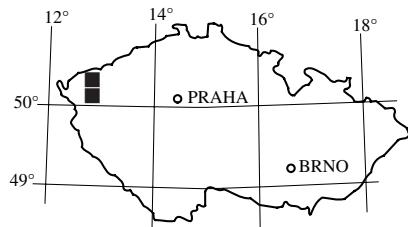
MAFICKÉ INTRUZE JAKO PREKURZORY PERALUMINICKÝCH GRANITŮ KRUŠNOHORSKÉHO BATOLITU

Mafic intrusions as precursors of peraluminous granites of the Krušné hory/Erzgebirge batholith

EMIL JELÍNEK – VÁCLAV KACHLÍK – MIROSLAV ŠTEMPROK – FRANTIŠEK V. HOLUB – PAVLA KOVÁŘÍKOVÁ

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, 128 43 Praha 2, Albertov 6

(11-21 Karlovy Vary, 11-41 Mariánské Lázně)



Key words: Krušné hory/Erzgebirge, mafic intrusions, redwitzites, granitoid geochemistry

Abstract: Small bodies of mafic intrusions occur in the Krušné hory/Erzgebirge near Plešivec and Abertamy and near Mariánské Lázně. They are comparable in mineral composition, textures and geochemistry with redwitzites from Oberpfalz in Germany. This observation points out to a broad distribution of mafic precursors (about 325 Ma old) of Late Variscan granites in the NW part of the Bohemian Massif extending to the Western pluton of the Krušné hory/Erzgebirge batholith.

Projekt GAČR (205/02/0458) si klade za cíl objasnit úlohu variského bazického magmatismu jako možného zdroje tepla pro korovou anatexi, vedoucí ke vzniku granitoidních plutonitů v z. a sz. části Českého masivu. Mezi bazickými intruzivy tvoří významnou skupinu redwitzity, popsané z Horního Falcka v Bavorsku. Jsou to intruzivní horniny dioritového (popř. gabrodioritového) nebo až granodioritového složení, obohacené draslíkem a obvykle s makro-

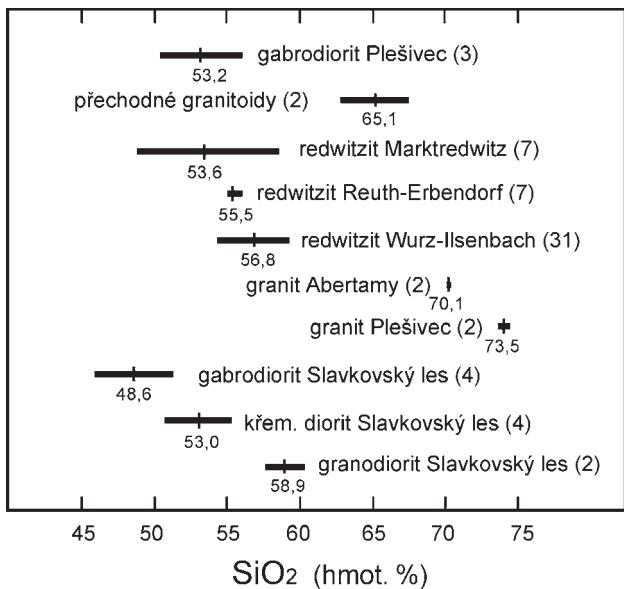
skopicky nápadným biotitem. Variské bazické a intermediární intruzivní horniny, vyskytující se na našem území při okrajích krušnohorského batolitu (Abertamy, Lázně Kynžvart), lze s redwitzity ztotožnit. To svědčí o širokém výskytu této skupiny intruziv v saxoturingiku i moldanubiku Českého masivu, kde doprovázejí variské granitové plutony.

Terénní výzkum se zaměřil na bazická tělesa u Abertam a v okolí Lázní Kynžvart, která jsou buď přímo vázána na starší variský granitový komplex, nebo na jeho plášť. Mapování v měřítku 1 : 10 000 v okolí Abertam určilo tvar dvou čoček gabrodioritů: drobnější těleso v balvanitém výchozu na ploše asi 0,5 km² leží na s. svahu Plešivce při silnici Jáchymov–Abertamy. Druhé, větší a velmi nepravidelné těleso o ploše cca 2,5 km² se vyskytuje j. od Abertam na sz. svahu Plešivce a je ve své z. části odkryto údolím potoka Bystřice. Gabrodiority jsou přítomny ve dvou texturních typech (hrubozrnném a středně/drobně zrnitém). Vzájemné přechody těchto variet jsou nepravidelné a často v řádu několika metrů. Výrazným texturním typem jsou gabrodiority s malým množstvím amfibolu a s několik centimetrů velikými šupinami biotitu, který obklopuje zrna plagioklasu. Vedle těchto bazických hornin se přímo na kontaktu gabrodioritů s granite vyskytují horniny přechodného typu, charakteristické středně zrnitou texturou a chemismem mezi granite a baziky. Během geologického mapování mezi Mariánskými Lázněmi a Lázněmi Kynžvart byla zjištěna většinou drobná protážená tělesa dosud málo studovaných biotických granodioritů až křemenných dio-

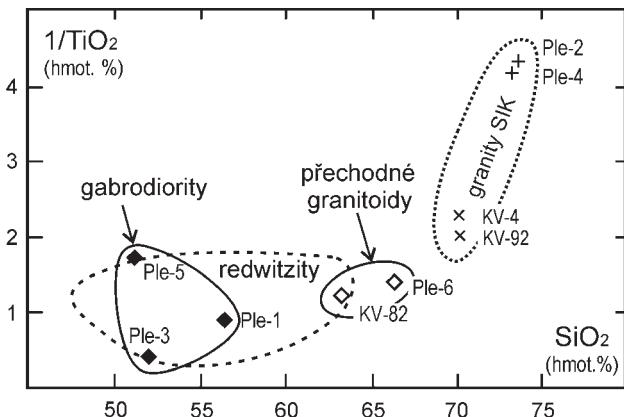
Tab.1. Přehled analyzovaných vzorků z okolí Abertam

označení vzorku	lokalizace	geologická pozice	petrografické označení	poznámky
Ple 1	Plešivec, s. svah	1. těleso	gabrodiorit	Odběr 1994
Ple 2	Plešivec, s. svah	kontakt 1. tělesa	biotitický granit SIK	Odběr 1994
Ple 3	Plešivec, s. svah	1. těleso	gabrodiorit	Odběr 1994
Ple 4	Plešivec, sz. svah	kontakt 2. tělesa	biotitický granit SIK	Odběr 1994
Ple 5	Plešivec, sz. svah	2. těleso	gabrodiorit	Odběr 1994
Ple 6	Plešivec, sz. svah	2. těleso	přechodný granitoid	Odběr 1994
KV 82	Abertamy, j. od kóty 869	granitový pluton	biotitický granit? (přechodný granitoid)	Region. geochemie (1985)
KV4	Dračí Skála, kóta 953	granitový pluton	granit	Region. geochemie (1985)
KV 92	Abertamy, Rybná	kontakt granitového plutonu	biotiticko-muskovitický granit	Region. geochemie (1985)

Poznámky: SIK označuje granite staršího intruzivního komplexu



Obr. 1. Variace obsahů SiO₂ (hmot. %) ve studovaných horninách a v německých redwitzitech. Udán je vždy aritmetický průměr $\pm 1\%$.



Obr. 2. Závislosti mezi inverzní hodnotou obsahu TiO₂ (hmot. %) a obsahem SiO₂ (hmot. %) ve studovaných horninách a redwitzitech z německých lokalit (SIEBEL 1993, TROLL 1968).

ritů, které svými mineralogickými znaky rovněž odpovídají redwitzitům. Tělesa dosahují délky od několika set metrů do dvou kilometrů. Horniny jsou většinou hrubě nebo středně zrnité, při okrajích těles výrazně usměrněné, místy přecházejí do jemnozrných facií. Makroskopicky jsou tvořeny převážně plagioklasem a biotitem, podíl křemene je menší. Biotit dosahuje velikosti přes 2 cm. Mikroskopicky lze běžně identifikovat zelený amfibol (často i uralitizovaný pyroxen). Výjimečně byly zjištěny porfyrické variety s vyrostlicemi plagioklasu a s jemnozrnější, poměrně tmavou základní hmotou. Detailním mapováním bylo zjištěno, že tyto horniny intrudují do všech jednotek na tektonickém rozhraní saxothuringika, moldanubika a tepelsko-barrandienské oblasti. Z toho vyplývá, že vznikaly v závěru variské orogeneze po vytvoření variské příkrovové stavby.

V severozápadním okolí Mariánských Lázní bylo zjištěno několik těles, která pronikají do metabazitů jednotky Kladské (často uzavírají xenolity metabazitů a erlanů). Se-

verně od Mariánských Lázní pak intrudují do reliktů hornin mariánskolázeňského komplexu nebo jsou součástí výběžku borského masivu. Z pozorování v terénu vyplývá, že jsou uzavírány hrubozrnnými porfyrickými granite, takže patří ke starším intruzivním členům tohoto plutonu. Dvě drobná tělesa byla zjištěna s. od Broumova, kde intrudují do pararul dyleňského krystalinika (saxothuringikum). Slabě usměrněné biotitické redwitzity byly ve fázi předběžného výzkumu objeveny také na s. okraji Tachova, kde jsou součástí okrajové partie borského masivu.

Petrochemická data a detailní mineralogie byla studována na šesti vzorcích z okolí Abertam (M. Štemprok 1994, analyzovaných v ČGÚ) a třech vzorcích z litogeochimické databáze ČGÚ, získaných v rámci regionální geochemie (HAKOVÁ 1985). Seznam vzorků je v tabulce 1.

Vzorky gabrodioritů od Abertam (vzorky Ple 1, 3 a 5) byly proměřeny na elektronové mikrosondě CamScan S4 – Link ISIS 300 EDX na Přírodovědecké fakultě UK. Ve všech vzorcích jsou z hlavních minerálů zastoupeny v převaze plagioklas a biotit, méně kfemen a amfibol, z akcesoriických pak apatit, ilmenit, titanit, zirkon, prehnit, allanit a monazit s vysokým obsahem thoria. V hrubozrnné texturní varietě byl nalezen klinopyroxen, ve středně zrnité vzácně také draselný živec. Plagioklasy jsou ve všech vzorkách nehomogenní, což je zřejmé i ze snímků v odražených elektronech. U hrubozrnných variet se pohybuje složení od oligoklasu k bytownitu (An_{27} – An_{75}), u středně zrnitých pouze od andezitu k labradoritu (An_{33} – An_{64}). Složení biotitu se pohybuje mezi annitem a flogopitem. Hodnoty poměru Mg/Fe v biotitech indikují zřetelnou odlišnost vzorků hrubozrnných a středně zrnitých gabrodioritů.

Chemické složení gabrodioritů, přechodných granitoidů a granitů od Abertam a Plešivce bylo porovnáno s petrochemickými daty redwitzitů od Reuth-Erbendorfu a Wurz-Ilzenbachu (SIEBEL 1993) a s gabrodiority, křemennými diority a granodiority Slavkovského lesa (FIALA 1968).

Obrázek 1 ukazuje variační šíře obsahů SiO₂, vyjádřené průměrem analýz a rozsahem $\pm 1\%$, pro jednotlivé horninové typy a dílčí oblasti výskytu. Gabrodiority od Plešivce nebo Abertam (označeny jako Plešivec) jsou obsahy SiO₂ na úrovni křemenných dioritů Slavkovského lesa a tudíž bohatší než tamní gabrodiority. Jsou dobře srovnatelné s redwitzity „klasického“ tělesa od Marktredwitzu podle TROLLA (1968). Redwitzity z oblasti Wurz-Ilzenbachu a Reuth-Erbendorfu podle Siebela (1993) jsou se srovnávaných mafických hornin SiO₂ nejbohatší. Výrazně acidnější jsou tzv. přechodné granitoidy, spadající svými obsahy SiO₂ do intervalu mezi mafickými typy a běžnými granite „staršího intruzivního komplexu“ (SIK). Obrázek 2 znázorňuje vztah mezi 1/TiO₂ a SiO₂. Redwitzity (TROLL 1968, SIEBEL 1993) se z části překrývají s polem gabrodioritů a tzv. přechodných granitoidů od Abertam, zatímco granite tvoří odlišné pole, charakterizované nízkými obsahy TiO₂.

Na obrázku 3 jsou znázorněny „spidergramy“ gabrodioritů a tzv. přechodných granitů od Plešivce v porovnání s vybranými vzorky redwitzitů z oblasti Wurz-Ilzenbachu a Reuth-Erbendorfu podle SIEBELA (1993). Všechny srovnávané typy hornin, normalizované průměrnými koncentracemi v primitivním plášti, jsou si velmi podobné a charak-

teristické vysokým obohacením LIL prvků (popř. některých HFS prvků) a typickým ochuzením kompatibilními prvky jako jsou Cr a Ni. Tento průběh je typický pro projekci hornin kontinentální kůry s jen nepatrnými negativními anomáliemi Nb, a naopak výraznými pozitivními anomáliemi Cs.

Na obrázku 4 jsou porovnány křivky na chondrity normalizovaných obsahů vzácných zemin v gabrodiortech z Plesivce s přechodnými granite a granite staršího intruzivního komplexu (SIK). Gabrodiorty ukazují zřetelné obohacení LREE podobně jako granite a granitoidy. Mají však jen slabou negativní Eu-anomálii ($\text{Eu}/\text{Eu}^* \sim 0,8$), zatímco granite jsou charakterizovány výrazně negativní europiovou anomálií ($\text{Eu}/\text{Eu}^* \sim 0,5$).

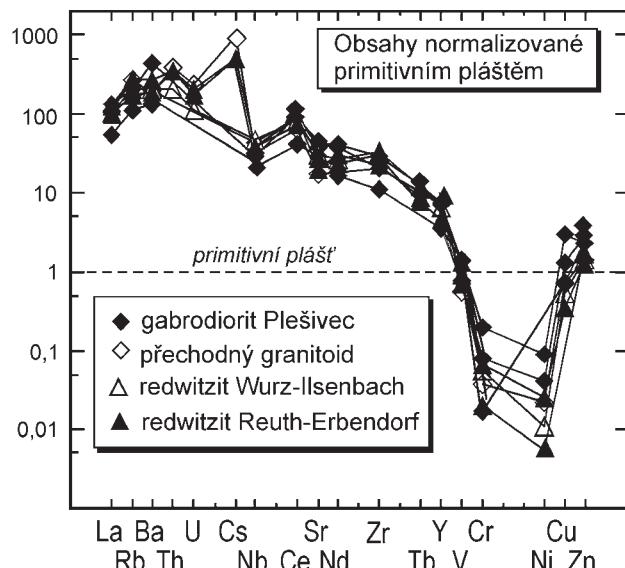
Ve srovnání s granite mají redwitzity z Horního Falcka nižší SiO_2 (53–63 hmot. %), nízký poměr A/CNK (většinou <1,05), vysoký obsah TiO_2 (0,8–1,7 hmot. %) a nízký poměr Rb/Ba (<0,18). Izotopové poměry Nd zjištěné v německých redwitzitech, indikují možný zdrojový materiál jako obohacený plášť ($\text{Nd} = +1$ až -4 a $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ pro 325Ma = 0,706–0,708, Siebel et al. 2003). Redwitzity z okolí leuchtenberského masivu mají $(\text{La/Yb})_N \sim 8$ –25 a nevýraznou negativní Eu-anomálii (SIEBEL 1993).

Naše dosavadní výsledky ukazují, že gabrodiorty a přechodné typy granitoidů od Abertam a Plesivce jsou petrochemicky srovnatelné s některými redwitzity ze západní části Českého masivu. Mají rozptyl SiO_2 mezi 51–67 hmot. % a TiO_2 mezi 0,58–2,39 hmot. %. Poměr A/CNK kolísá mezi 0,23–1,17 s průměrnou hodnotou kolem 0,8. Poměr Rb/Ba kolísá mezi 0,09 do 0,81. Tento chemismus je doprovázen místy zvýšeným obsahem Cs nebo Li, což lze vysvětlit vlivem okolních variských granitů, které ovlivňují i hodnoty poměru Rb/Ba. Chondrity normalizované křivky vzácných zemin ukazují převahu LREE nad HREE s hodnotami $(\text{La/Yb})_N = 16$ až 26, která je typická i pro některé gabrodiorty od Plesivce. Podobný průběh normalizovaných křivek, avšak s nižšími obsahy REE mají i okolní granite.

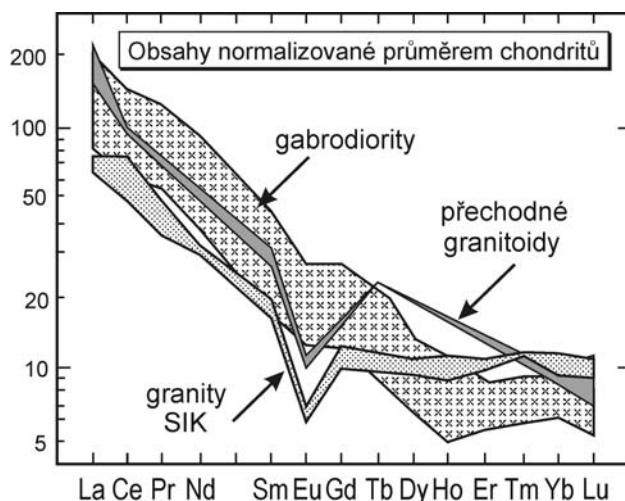
Studium výskytů redwitzitů umožní posoudit úlohu bazického magmatismu jako zdroje tepla nebo jako látkových zdrojů při vývoji granitických krbů krušnohorského batolitu a některých dalších granitických těles v západní části Českého masivu.

Literatura

- FIALA, F. (1968): Granitoids of the Slavkovský (Císařský) les Mountains. – Sbor. geol. Věd, Geol., 14, 93–160. Praha.
 HAKOVÁ, M. (1985): Regionální geochemické mapování v Krušných horách. In: Litogeochimická databáze České geologické služby. – Čes. geol. služba. Praha.
 SIEBEL, W. (1993): Der Leuchtenberger Granit und seine assoziierten magmatischen Gesteine: Zeitliche und stoffliche Entwicklungsprozesse im Verlauf der Entstehung des Nordoberpfalz-Plutons. – Inaugural Dissertation. Ruprecht Karls Univ., Heidelberg. 308 str..



Obr. 3. Obsahy stopových prvků, normalizované složením primitivního pláště (SUN a McDONOUGH 1989), ve studovaných horninách a redwitzitech podle SIEBELA (1993).



Obr. 4. Obsahy prvků skupiny vzácných zemin, normalizované průměrným zastoupením v chondritech.

- SIEBEL, W. – CHEN, F. – SATIR, M. (2003): Late Variscan magmatism revisited: new implications from Pb-evaporation zircon ages on the emplacement of redwitzites and granites in NE Bavaria. – Int. J. Earth Sci. (Geol. Rndsch.), 92 (Online First, DOI 10.1007/s00531-002-0305-8).
 SUN, S-s. – McDONOUGH, W. F. (1989): Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implication for mantle composition and processes. In: Saunders, A. D. – Norry, M. J. (eds.), Magmatism in the Ocean Basins. – Geol. Soc. Spec. Publ., 42, 313–345.
 TROLL, G. (1968): Gliederung der redwitzitischen Gesteine Bayerns nach Stoff- und Gefügemerkmalen. Teil I. Die Typikalität von Marktredwitz in Oberfranken. – Bayerische Akad. Wiss. Abh. 133, 186. München.