

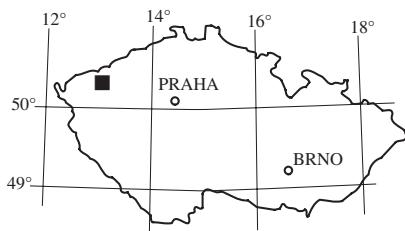
PODROBNÉ GEOFYZIKÁLNÍ MĚŘENÍ V KARLOVARSKÉM GRANITOVÉM PLUTONU NA PROFILU DOUBÍ-KARLOVY VARY

Detailed geophysical measurement in the Karlovy Vary granite pluton along the profile Doubí-Karlovy Vary

VRATISLAV BLECHA – MIROSLAV ŠTEMPROK – PETR ŠOBOTNÍK

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Albertov 6, 128 43 Praha 2

(11-21 Karlovy Vary, 11-23 Sokolov)



Key words: Krušné hory/Erzgebirge batholith, Karlovy Vary pluton, granite, density, magnetic susceptibility, gravity surveys, magnetic surveys

Abstract: The Western Krušné hory/Erzgebirge pluton is part of a large, partly hidden granite batholith within the Saxothuringian Zone of the Central European Variscides. The pluton is the source of a prominent regional gravity low. The exact cause of this anomaly is still poorly understood. The aim of this study was to decide whether various granite types differ in physical properties and should be distinguished in regional geophysical modelling. We collected a set of samples and measured densities and magnetic susceptibilities in the laboratory. In the field we studied a 3.5 km long geophysical profile using gravity and magnetic methods. The profile intersects three types of granites: OIC (older suite, in figures and table SIK), YIC (younger suite, in figures and table MIK) and a narrow body of microgranites (granite porphyries). The measurements generally confirm density homogeneity of various granites with an exception of slightly higher bulk densities of microgranites compared with OIC granites. In magnetic field we observe that the values of quiet magnetic field over YIC are higher than those measured over OIC (sharp boundary in profile measurements). The magnetic field over microgranites is probably masked by an artificial source.

V roce 2005 bylo zahájeno řešení grantu GAČR 205/05/0156 „Tíhový model karlovarského žulového plutonu“. Tento pluton je součástí krušnohorského batolitu a

je zdrojem nejintenzivnější negativní gravimetrické anomálie na území České republiky.

Krušnohorský batolit velikostí svého výchozu a předpokládaným podpovrchovým rozsahem (ca 160×70 km) ne-přesahuje rozměry většiny variských granitových těles Českého masivu. Proto se vysoká intenzita tíhové anomálie vysvětuje nejčastěji větší mocností desky granitů nebo jejich relativně sníženou hustotou. Podstatným znakem krušnohorského batolitu je výskyt geochemicky vysoce vyvinutých granitů obohacených lithiem a fluorem, značně ovlivněných autometamorfními pochody. Krušnohorský batolit se dělí na tři plutony (západní, střední a východní), z nichž západní zahrnuje velká tělesa granitů odkrytá erozí v západních Krušných horách, ve Vogtlandu a Slavkovském lese. Největší těleso vycházející na povrch je nejdecko-eibenstocký masiv ležící v hraniční oblasti mezi Českou republikou a Německem, který pokračuje na českém území přibližně ke krušnohorskému zlomu. Oblast jižně a jihovýchodně od Karlových Varů se označuje jako karlovarský masiv nebo též karlovarský pluton. Jeho výchoz byl cílem našich podrobných geofyzikálních terénních a laboratorních měření.

Petrofyzikální parametry

Rešerši geologické a geofyzikální literatury jsme provedli s důrazem na hustotní a magnetické vlastnosti granitů karlovarského plutonu. V současnosti je možné většinu těchto archivních dat dohledat v České geologické službě – Geofondu (POLANSKÝ et al. 1973, POLANSKÝ 1975, ČEJCHANOVÁ et al. 1981). Údaje o magnetických susceptibilitách karlovarských granitů jsou v literatuře nebo archivních datech ve srovnání s hustotními daty skromnější. Z výsledků rešeršních prací vyplývá, že granity karlovarského plutonu jsou z hlediska měřených petrofyzikálních parametrů po-

měrně homogenní. Petrofyzikální homogenita kontrastuje s geologickými a petrografickými daty, podle nichž jsou různé typy žul karlovarského plutonu stářím intruze, texturně i geochemicky výrazně odlišné.

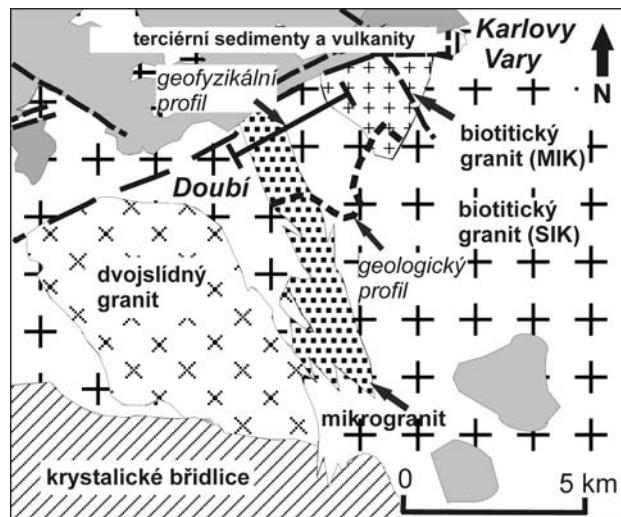
Svým modálním složením v přepočtu na trojúhelník Q-A-P (tj. bez slíd) odpovídají granity staršího intruzivního komplexu v klasifikaci IUGS monzogranitům (s průměrem ca 30 obj. % křemene, 35 % plagioklasu a 35 % alkalického živce). Průměrný obsah biotitu byl ve výpočtu použit v 10 obj. %. Vypočtená teoretická mineralogická hustota je 2657 kg/m^3 . Granite mladšího intruzivního komplexu s průměrným obsahem cca 40 obj. % křemene, 20 % plagioklasu a 40 % alkalického živce v přepočtu na trojúhelník Q-A-P patří svým složením syenogranitům (ŠTEMPROK 1993). Při odhadovaném průměrném obsahu 5 obj. % Fe-Li slídy je vypočtená teoretická mineralogická hustota 2637 kg/m^3 . Rozdíl teoretických průměrných mineralogických hustot granitů staršího a mladšího komplexu je tedy pouze 20 kg/m^3 .

Větší zastoupení plagioklasu v monzogranitech staršího intruzivního komplexu má na celkovou hustotu jen nepatrný vliv, protože je kompenzováno větším zastoupením křemene v syenogranitech mladšího intruzivního komplexu. Geochemická diference je především určena vyšším obsahem některých stopových prvků (např. Rb, Cs, F) ve slídách a alkalických živcích syenogranitů. Pro množství a rozdílnost stopových prvků jsou rozhodující některé akcesorické minerály, které se na modálním složení granitů projevují jenom minimálně. Hustotní variabilitou se vyznačují různě alterované polohy především v mladších „autometamorfovaných“ granitech, kde pórozita roste až k 8 %.

Z geologického profilu podél řeky Teplé jsme odebrali vzorky granitů pro výzkum hustot a magnetických susceptibilit a tento soubor jsme doplnili o vzorky z lomu v Doubí. Celkem jsme odebrali vzorky z 21 výchozů tří různých typů karlovarských granitů a vytvořili tak nový soubor hustotních a magnetických dat. Zjištěné průměrné hodnoty hustotních parametrů a magnetických susceptibilit jsou v tabulce 1.

Terénní měření a jeho výsledky

Petrofyzikální homogenitu karlovarského plutonu jsme se rozhodli ověřit terénním gravimetrickým a magnetickým měřením nad různými typy žul. Za oblast výzkumu jsme zvolili území západně od Karlových Varů, na kterém se stýkají granite obou hlavních typů, tj. staršího a mladšího intruzivního komplexu, a ve kterém vystupuje rovněž těleso mikrogranitů žilného tvaru – obr. 1. Interpretace gravimetrických a magnetometrických dat se opírá o geologický profil (skalní defilé) v úseku přehrada Březová – Karlovy Vary, který vede údolím řeky Teplé v délce cca 5 km. Skalní výchozy profilu byly podrobně dokumentovány fotografiemi v měřítku 1 : 47 Vladimírem Zoubkem v šedesátných letech minulého století a tento fotografický materiál jsme měli k dispozici. Území celého karlovarského masivu bylo detailně mapováno kolektivem pracovníků Ústředního ústavu geologického (ZOUBEK 1951, ZOUBEK et al. 1963,



Obr. 1. Geologická skica studovaného území s lokalizací geologického a geofyzikálního profilu (sestaveno podle geologických map 1 : 200 000, 1 : 50 000 a 1 : 25 000 České geologické služby).

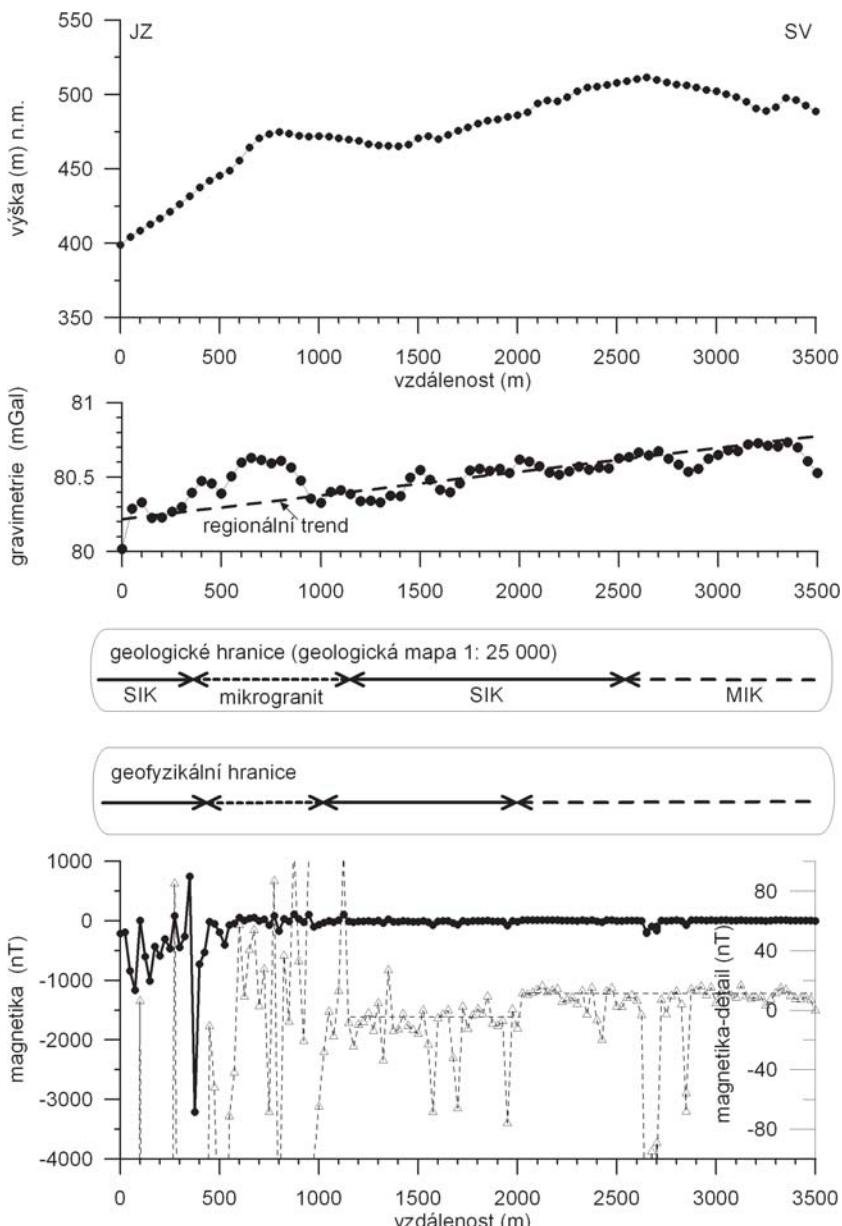
VÁCL et al. 1964, KVIČINSKÝ 1985). Zejména geologický profil Březová – Karlovy Vary byl podrobně studován pro účely exkurze Mezinárodního geologického kongresu v Praze v roce 1968 (ZOUBEK 1966, PALIVCOVÁ et al. 1968). Geologický profil údolí sloužil mimo jiné pro geochemický výzkum, při němž bylo detailně studováno zejména těleso mikrogranitů (ŠTEMPROK et al. 2006).

Terénní geofyzikální měření nebylo možné z technických důvodů provést přímo v údolí při silnici podél skalního defilé, kde byly odebírány vzorky (komplikovaný výpočet topokorekce v gravimetrii, kovová zábradlí a elektrické vodiče v magnetometrii). Pro měření byl proto vybrán 3,5 km dlouhý profil vedoucí paralelně se skalním defilé, ale posunutý o ca 2 km směrem k severu. Profil vede zalesněným terénem, zakrytým kvartérním pokryvem, a pouze jeho západní část zasahuje v délce 500 m do zástavby obce Doubí (v této části je měřené magnetické pole ovlivněno umělými objekty). Nevýhodou je, že v takto zakrytém terénu nejsou přesně známé hranice horninových typů.

Gravimetrie byla na profilu měřena s krokem 50 m, použit byl mikrogalový gravimetrum Scintrex CG-3M (BLECHA 2005). Gravimetrické body byly výškově zaměřeny nivelačním strojem Zeiss Ni 007. Magnetometrie byla měřena s krokem 25 m a pro měření totální složky GMP na profilu byl použit magnetometr GEM Systems GSM-19 (overhauser). Magne-

Tabulka 1. Průměrné hodnoty hustotních parametrů a objemových magnetických susceptibilit granitů staršího intruzivního komplexu (SIK), mladšího intruzivního komplexu (MIK) a mikrogranitů (dříve žulový porfyr)

typ granitu	hustota objem. kg/m^3	hustota miner. kg/m^3	pórozita %	susceptibilita 10^{-6} j. SI
SIK	2571	2653	3,101	83,741
mikrogranity	2581	2640	2,250	49,821
MIK	2577	2639	2,327	64,198



Obr. 2. Výsledky měření na geofyzikálním profilu přes různé typy karlovarských žul (SIK – starší intruzivní komplex; MIK – mladší intruzivní komplex; mikrogranit). V gravimetrii jsou uvedeny Bouguerovy anomálie, v magnetometrii hodnoty ΔT . Magnetometrie je vynesena ve dvou měřítkách: plnou čarou celý rozsah naměřených hodnot, čárkovaně podrobnější rozsahem -100 až 100 nT.

tické variace byly registrovány protonovým magnetometrem Geometrics G-816. Gravimetrické měření bylo pak zpracováno do formy úplných Bouguerových anomálií, z magnetických měření byla spočtena hodnota parametru ΔT (skalární rozdíl velikosti totální složky geomagnetického pole a statisticky určeného normálního pole na lokalitě).

Výsledky měření na profilu jsou v obr. 2. Regionálně těhotné pole mírně roste směrem k SV, což je v souhlase s regionální těhotnou mapou v měřítku 1 : 200 000. Jediná výraznější kladná anomálie v tří mezi metrážemi cca 400 a 1000 koresponduje s předpokládaným výskytem žily mikrogranitů (mírně vyšší objemová hustota vůči granitům staršího intruzivního komplexu v okolí – viz tabulka 1). Měření magnetického pole v metrážích 0 až 500 bylo provedeno v zástavbě, takže pro geologickou interpretaci

nemůžeme brát tento úsek v úvahu. Od metráže 500 do metráže 1000 vede profil lesem bez známých umělých objektů, přesto je zde magnetické pole poměrně členité. Podle gravimetrie i podle geologické mapy se zde vyskytují mikrogranity, ale rozptyl hodnot jejich magnetické susceptibility je poměrně malý a prudké kolísání intenzity magnetického pole nevysvětluje. Lomozová (1991) sice identifikovala magnetit v těžkém podílu mikrogranitu, ale pravděpodobnějším zdrojem členitého magnetického pole je zatím blíže neurčený umělý zdroj.

V těhotném poli žádnou změnu, která by indikovala mapovaný styk granitů staršího a mladšího intruzivního komplexu, nepozorujeme. V magnetometrii vidíme rozhraní na metráži 2000. Toto rozhraní je patrné až při vynesení křivky ΔT v podrobnějším měřítku (čárkovaně v obr. 2). Od metráže 2000 směrem k SV je magnetické pole klidnější (anomalie kolem metráže 2700 je umělá a koreluje s průběhem profilu kolem hájovny) a v průměru o cca 20 nT vyšší než v prostoru metráži 1000 až 2000. Rozdíl ve středních hodnotách průměrného magnetického pole je v obr. 2 zvýrazněn (horizontální čáry). Jelikož v blízkosti nepředpokládáme jiné geologické rozhraní než styk dvou různě starých granitů, přisuzujeme rozdíl v hodnotách magnetického pole existenci této hranice. Rozdíl v hodnotách magnetických susceptibilit obou hlavních granitových komplexů je zanedbatelný (tabulka 1). Přičinou rozdílu v naměřených hodnotách geomagnetického pole může být odlišná remanentní magnetizace obou granitových komplexů, které se liší stářím intruze (s minimálním rozdílem 3–10 Ma podle různých geochronologických dat).

Naše výsledky poskytují konkrétní údaje k přesnějšímu vymezení průběhu odlišných typů granitů v silně zakrytém terénu, v němž jsou granite rozdílně zakresleny v geologických mapách různých měřítek. Budou též využity při regionálním gravimetrickém modelování, které má být jednou z metod řešení vnitřní stavby karlovarského granitového plutonu.

Literatura

- BLECHA, V. (2005): Opravy na denní variace třídy při mikrogravimetrických měření. – Sbor. věd. Prací Vys. šk. báňské – Techn. Univ. Ostrava, R. staveb., 5, 2, 11–16.
ČEJCHANOVÁ, B. – HANÁK, J. – ONDRA, P. (1981): Hustoty hornin Českého masivu na území ČSR. Díl II, sv.1. Vysvětlující text k mapě mine-

- ralogických a objemových hustot. – Geofyzika, n. p. Brno, Čes. geol. služba – Geofond, Praha, P 33082 (in Blížkovský et al. 1981).
- KVIČINSKÝ, Z.(1985): Výsledky geologického mapování jihovýchodní části karlovarského plutonu. – Čes. geol. služba – Geofond, Praha.
- LOMOZOVÁ, V. (1991): Výsledky analýz těžkých minerálů magnetické a nemagnetické frakce granitů z okolí Karlových Varů, rukopisná data. – Ústř. úst. geol. Praha.
- PALIVCOVÁ, M. – BENEŠ, K. – ZOUBEK, V. (1968): Genesis of granitoids in the Bohemian Massif. Guide to Excursion 29 AC, IGC 23rd session. – Ústř. úst. geol. Praha.
- POLANSKÝ, J. – RACKOVÁ, H. – ŠTĚVOVÍČKOVÁ, N. (1973): Detailní gravimetrické mapování 1 : 25 000, číslo úkolu T-1–20–11/3). Slavkovský les se zahrnutím části chebské a sokolovské pánev (komplexní zpracování oblasti). – MS Geofyzika, n. p. Brno, Čes. geol. služba – Geofond, Praha, 249/7.
- POLANSKÝ, J. (1971): Tíhový výzkum krušnohorských granitoidů se speciálním zaměřením na vyhledávání Sn ložisek. Rigorózní práce. – MS Úst. užité geofyz. (Knihovna geol. sekce Přírodověd. fak. Univ. Karl.).
- POLANSKÝ, J. (1975): Strukturně tektonická studie západních Čech na základě reinterpretace geofyzikálních výsledků 1. Chebsko-sokolovská pánev a její širší okolí, 2. Český les (Mariánské lázně). – MS Geofyzika, n. p. Brno, Čes. geol. služba – Geofond, Praha, P 24659.
- ŠTEMPROK, M (1993) Magmatic evolution of the Krušné hory-Erzgebirge batholith. – Z. geol. Wiss., 21, 1/2, 237–245.
- ŠTEMPROK, M. – DOLEJŠ, D. – SELTMANN, R. – MUELLER, A. (in prep.): Two-phase granitic textures in the Western Krušné hory/Erzgebirge pluton, central Europe: Record of rapid devolatilization and disequilibrium quenching.
- VÁCL, et al. (1964): Vysvětlivky k listu Karlovy Vary M 33-62-B. – MS Čes. geol. služba, Praha.
- ZOUBEK, V. (1951): Předběžná zpráva o geologickém výzkumu a mapování oblasti karlovarského plutonu. – Věst. Ústř. úst. geol., 26, 166–179.
- ZOUBEK, V. (1966): Karlovarský žulový masiv: profil Karlovy Vary-přehrada Březová. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 1965, 50–52.
- ZOUBEK, V. et al. (1963): Vysvětlivky k přehledné geologické mapě 1 : 200 000, list M-33-XIII Karlovy Vary. – Ústř. úst. geol. Praha.