

Interakce granitu a bazických vulkanitů (melilititu a bazanitu) z okolí Liberce v Jizerských horách

Interaction of granite and basic volcanites (melilitite and bazanite) from the surroundings of Liberec in the Jizerské hory Mts

ZITA BUKOVSKÁ – TATIANA LARIKOVA – JOSEF KLOMÍNSKÝ

Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1; zita.bukovska@geology.cz

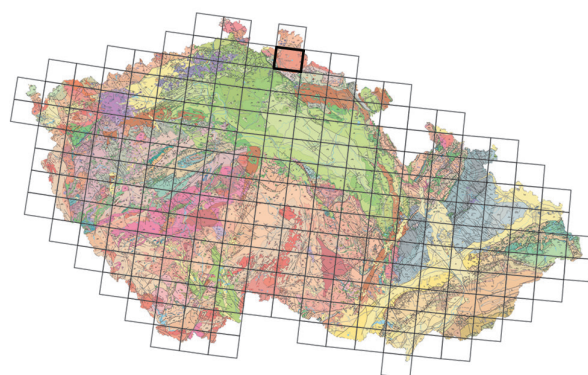
Please cite this article as: Bukovská, Z. – Larikova, T. – Klomínský, J. (2018): Interaction of granite and basic volcanites (melilitite and bazanite) from the surroundings of Liberec in the Jizerské hory Mts. – Geoscience Research Reports, 51, 1, 195–199. (in Czech)

Key words: Krkonoše-Jizera Composite Massif, Liberec Granite, Jizera Granite, melilitite, bazanite, structural deformation, metasomatism, reaction textures

Summary: A detailed investigation of changes in granites of the Krkonoše-Jizera Composite Massif (KJCM) resulting from intrusion of the basic and ultrabasic dykes was carried out using a scanning electron microscopy (SEM), electron-backscattered diffraction (EBSD), electron probe microanalysis (EPMA), and magnetometric survey.

The first group of samples representing a contact of olivine melilitite with xenoliths of the Liberec Granite comes from one of the ultrabasic dykes that are exposed in an abandoned quarry on the Výšina Hill in Liberec (Figs 1b, 2a). This olivine melilitite dyke is a member of the Čertovy Zdi dyke swarm inside the KJCM. It is 61.9 ± 3.0 Ma old (K/Ar whole rock dating), and encloses xenoliths of the Liberec Granite of Variscan age (320 Ma, U/Pb zircon age). The melilitite emplacement into the granite is accompanied and marked by fragmentation, microfracturing, partial melting of the granite feldspars, and by conversion of biotite into magnetite. This mineral assemblage gives evidence of heating and rapid cooling of the melilitite dyke enclosed in the Liberec Granite. The microstructure of granite xenoliths in melilitite, which in hand specimens resembles pseudotachylite (Fig. 2a), is resulting from a combination of fracturing, thermal alteration, and partial melting processes.

The second group of samples represents a contact of the Tertiary olivine bazanite (about 30 Ma. K/Ar whole rock dating) with the



(03-14 Liberec)

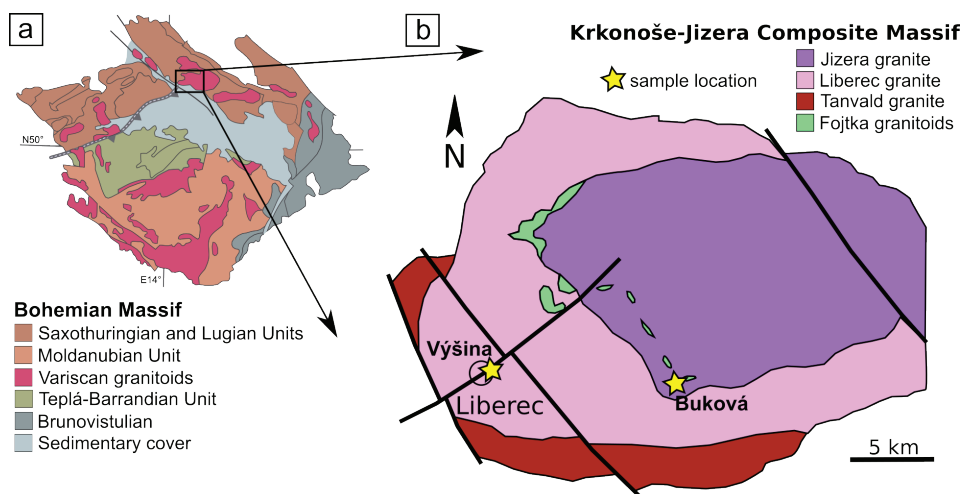
Jizera Granite (Figs 1b, 2b) collected in an abandoned quarry on the southern slope of the Buková Hill near Jiřetín pod Bukovou. Both rocks are welded along the sharp vertical contact boundary. The bazanite magma influence on the Jizera Granite is indicated by conversion of biotite into fine coatings of magnetite, and by K-feldspars partial melting, and formation of mullite. As concerns the melilitite, its microstructure shows less damage and less pronounced metasomatic alteration along the contact.

The ground magnetometric survey at both localities was carried out (Fig. 4) in order to reveal the thermal effect of the basic magma (the Buková abandoned quarry) and to determine the dyke orientation (the Výšina abandoned quarry). The magnetic susceptibility values of the Jizera Granite along the contact observed in a quarry at the Buková Hill was found similar to bazanite, whereas the magnetic susceptibility of the thermally unaffected granite is almost negligible. The thermal effect of the bazanite magma is traceable by magnetic survey to a distance of about 15–20 meters from the bazanite – granite contact. Moreover, the thermal effect recorded by magnetometric measurements appears to be a suitable field method for detecting the spatial orientation of contact metamorphism and the thickness of thermal interaction zone.

Západní segment krkonošsko-jizerského kompozitního masivu (KJKM) variského stáří (320 Ma, U/Pb věk zirkonu, Žák et al. 2013) tvoří dva hlavní typy hornin – granity liberecký a jizerský. Skrze tyto granity intrudovala řada žil a sopouchů bazických a ultrabazických neovulkanitů. Cílem našeho výzkumu bylo studium strukturních a chemických interakcí těchto hornin s uvedenými granity. Rychlý vysokoteplotní ohřev způsobil v granitech parciální tavení živců a nezvratné změny především v jejich minerálním složení.

Metodika

V rámci detailního studia změn chemického složení minerálů a jejich deformace v mikroměřítku v souvislosti s interakcí bazanitu, resp. melilititu s granity KJKM byla provedena detekce minerálů a jejich chemického složení na elektronové mikrosondě, katodoluminiscence, difrakce zpětně odražených elektronů (EBSD) a terénní magnetometrická měření pomocí protonového magnetometru napříč



Obr. 1. Lokalizace studovaných vzorků. a – v rámci Českého masivu; b – v rámci západního segmentu krkonošsko-jizerského kompozitního masivu. Lokalizace vzorků v libereckém (Výšina), resp. jizerském (Buková) granitu jsou označeny hvězdičkou.

Fig. 1. Location of the studied samples. a – within the Bohemian Massif; b – in the western part of the Krkonoše-Jizera Composite Massif. The sampling sites in the Liberec (Výšina) and Jizera (Buková) granites are marked by stars.

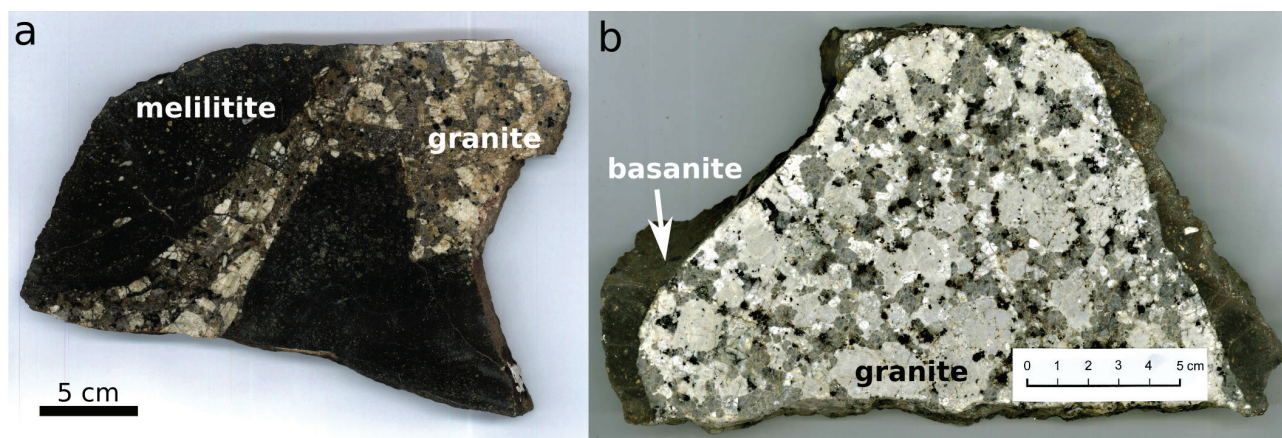
kontakty zmíněných hornin a měření magnetické susceptibilitity přenosným kapametrem.

Výsledky

Prvním objektem našeho výzkumu byly horniny z kontaktu olivinického melilititu (polzenitu) s xenolity libereckého granitu z opuštěného lomu na jihozápadním svahu vrchu Výšina v Liberci (obr. 1, 2). Tato žíla melilititu uvnitř KJKM je součástí žilného roje geneticky příbuzných hornin označovaných v české křídové pánvi jako polzenity tzv. Čertových zdí. Tyto alkalické a ultrabazické žilné horniny pronikají českou křídovou pánví a západní segment KJKM po zlomech krušnohorského směru (s průběhem JZ-SV). Žilné horniny plášťového původu svrchně křídového až spodně paleogenního stáří (79–49 Ma, Ulrych et al. 1988) představují produkty rané magmatické aktivity související s oherským interkontinentálním riftem v oblasti severočeské hnědouhelné pánve.

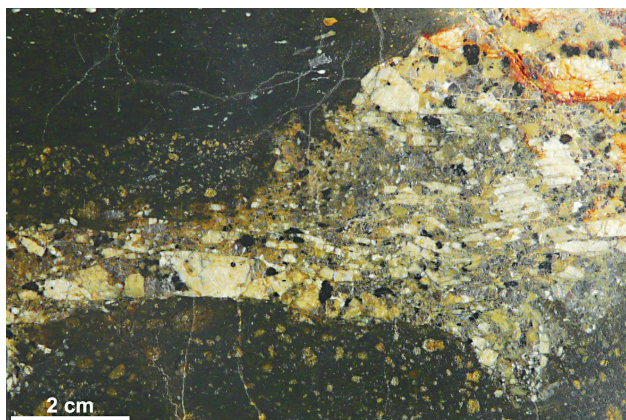
Jedna z těchto žil, tvořená olivinickým melilititem o mocnosti cca 70 cm, byla v minulosti obnažena v dnes již opuštěném lomu stavebního kamene, založeném v libereckém granitu na jižním úbočí vrchu Výšina (Gränzer 1929) cca 500 m severovýchodně od centra města Liberce. Černošedá celistvá jemnozrná hornina s porfyrickou texturou se skládá z olivínu (o velikosti zrna až 2 mm), augitu, melilitu, biotitu, magnetitu, perovskitu a haüynu. Podle K-Ar datování má studovaná žíla stáří $61,9 \pm 3,0$ Ma (Pécskay 2008) a uzavírá xenolity okolního libereckého granitu variského stáří (320 Ma, U/Pb věk měřený na zirkonech, Žák et al. 2013).

Velikost zrn melilititu se zmenšuje směrem ke kontaktu s libereckým granitem. Tento efekt související s rychlým ochlazením a krystalizací horniny (chilled margin) lze sledovat do vzdálenosti cca 1 cm od kontaktu s granitem. Podél kontaktu byly na základě textury a chemismu minerálů odlišeny tři zóny různého chemického a strukturního složení v melilititu, zóna taveniny a jedna alterovaná zóna v granitu (obr. 4, 5) se žilkami novotvořené taveniny. Zóny



Obr. 2. Vzorky studovaných hornin. a – xenolit libereckého granitu v žíle melilititu (polzenitu) z opuštěného lomu na vrchu Výšina u Liberce; b – kontakt jizerského granitu s bazanitem z opuštěného lomu ze svahu vrchu Buková u Jiřetína pod Bukovou.

Fig. 2. Samples of the studied rocks. a – xenolith of the Liberec Granite in melilitite (polzenite) dyke from an abandoned quarry on the Výšina Hill near Liberec; b – contact of the Jizera Granite with basanite from an abandoned quarry on the Buková Hill near Jiřetín pod Bukovou.



Obr. 3. Xenolit libereckého granitu v melilititu. Zrna živců a křemene z granitu jsou výrazně frakturovaná, deformovaná a hornina byla částečně natavena. Vzorek z opuštěného lomu na vrchu Výšina u Liberce.

Fig. 3. The Liberec Granite xenolith in melilitite. Grains of feldspar and quartz in granite are strongly fractured, deformed, and partially melted. Sample collected in an abandoned quarry on the Výšina Hill in Liberec.

v melilititu jsou charakteristické poklesem obsahu hliníku a sodíku a nárůstem obsahu vápníku a železa směrem ke kontaktu (zóně taveniny) s libereckým granitem. Při kontaktu je olivín serpentinizovaný (obr. 5a), objevuje se kalcit a klinopyroxen je bohatý titanem. Pro zónu alterovaného granitu je charakteristická přítomnost žilek vyplněných zeolitem, pravděpodobně vznikajícím rekrystalizací skla, dále výskyt korón parciálního tavení s hojnými jehlicovitými krystaly připomínajícími mullit. K-živce má primární magmatickou texturu pozorovanou pomocí katodoluminiscence.

Rychlý průnik melilititu do granitu je také spojen s mikrofrakturací a lokálním parciálním tavením granitu, které se projevuje transformací biotitu na magnetit, částečným

tavením alkalických živců a vznikem mullitu. Tato nová minerální asociace v granitu odráží nejen vysokou teplotu v bezprostředním okolí granitových xenolitů, ale také rychlé zchlazení obou hornin. Původní textura xenolitu libereckého granitu je vlivem fluid uvolněných hlavně vysokoteplotní destrukcí biotitu duktilně deformována, takže makroskopicky připomíná pseudotachylit, vzniklý kombinací frakturace, termální alterace a efektu parciálního tavení. Podobné projevy na kontaktech kenozoických bazanitů a tachylitů popsali Ulrych et al. (2017).

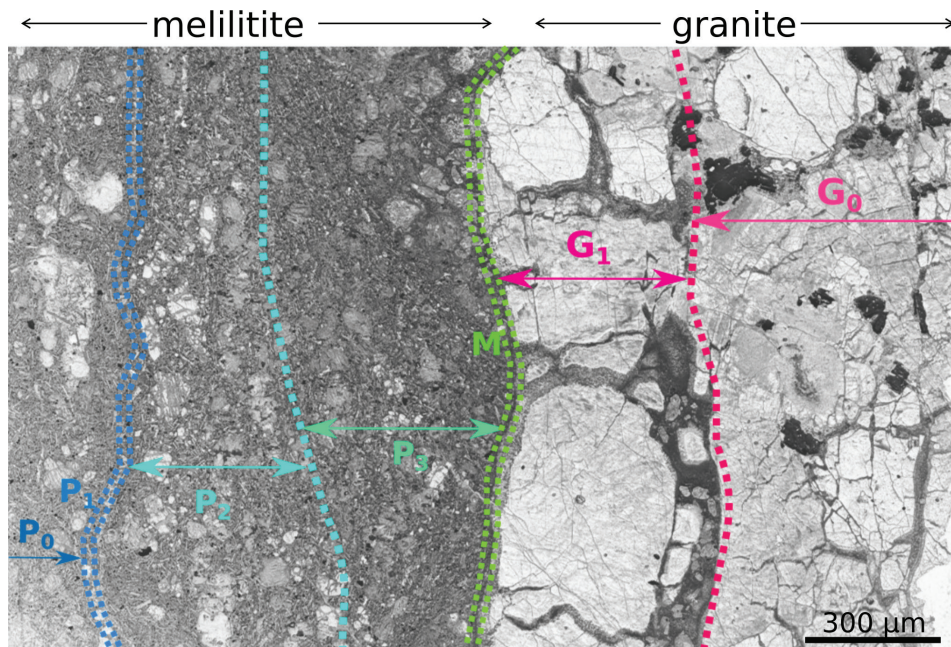
Metodou elektronové difrakce zpětně odražených elektronů (EBSD) byly studovány kontaktní zóny v granitovém xenolitu. O rychlém vmístění a rychlé krystalizaci žíly svědčí, kromě výše zmíněných, také pouze slabá deformace krystalové mřížky křemene (distorze mřížky max. v jednotkách stupňů) a živců v xenolitu hostitelského libereckého granitu při kontaktu s melilititem a přítomnost nové taveniny v mikrofrakturách v granitu, které protínají zrna křemene a živců sledovatelné od kontaktu.

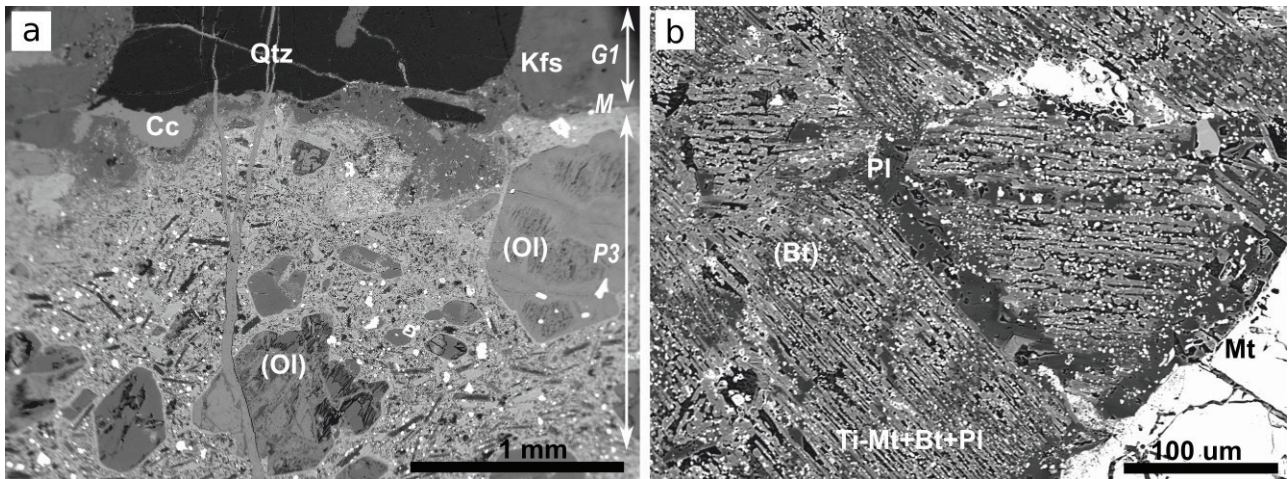
Na okraji xenolitu libereckého granitu v olivinickém melilititu je pozorovatelná metasomatická fronta s několika jasně vymezenými zónami (obr. 4), které reprezentují změny v chemickém složení horniny. Směrem ke kontaktu s granitem v melilititu klesá obsah Si, Al a Na, zatímco Fe mírně roste.

Druhým objektem výzkumu byl kontakt olivinického bazanitu terciárního stáří (cca 30 Ma, K/Ar stanovení v celé hornině, Pécskay 2008) s jizerským granitem (Klomínský et al. 2002), který lze pozorovat na okraji opuštěného lomu na jižním svahu vrchu Buková nedaleko Jiřetína pod Bukovou (obr. 1, 2). Vertikální kontakt těchto dvou genezí, stářím i složením odlišných hornin se nachází na jižním okraji oválného vulkanického sopouchu o průměru cca 250 m. Bazanitová efuze je s jizerským granitem pevně spojena vysokoteplotním svárem (obr. 2). V porovnání s melilititovou žílou vykazuje jizerský granit na kontaktu

Obr. 4. Sken výbrusu ze vzorku z lomu na Výšině s kontaktem melilititu a xenolitu libereckého granitu s vyznačením zón interakcí obou hornin. P₀ – melilitit, P₁–P₃ – metasomatické zóny melilititu, M – zóna taveniny na kontaktu, G₁ – alterovaný granit, G₀ – granit.

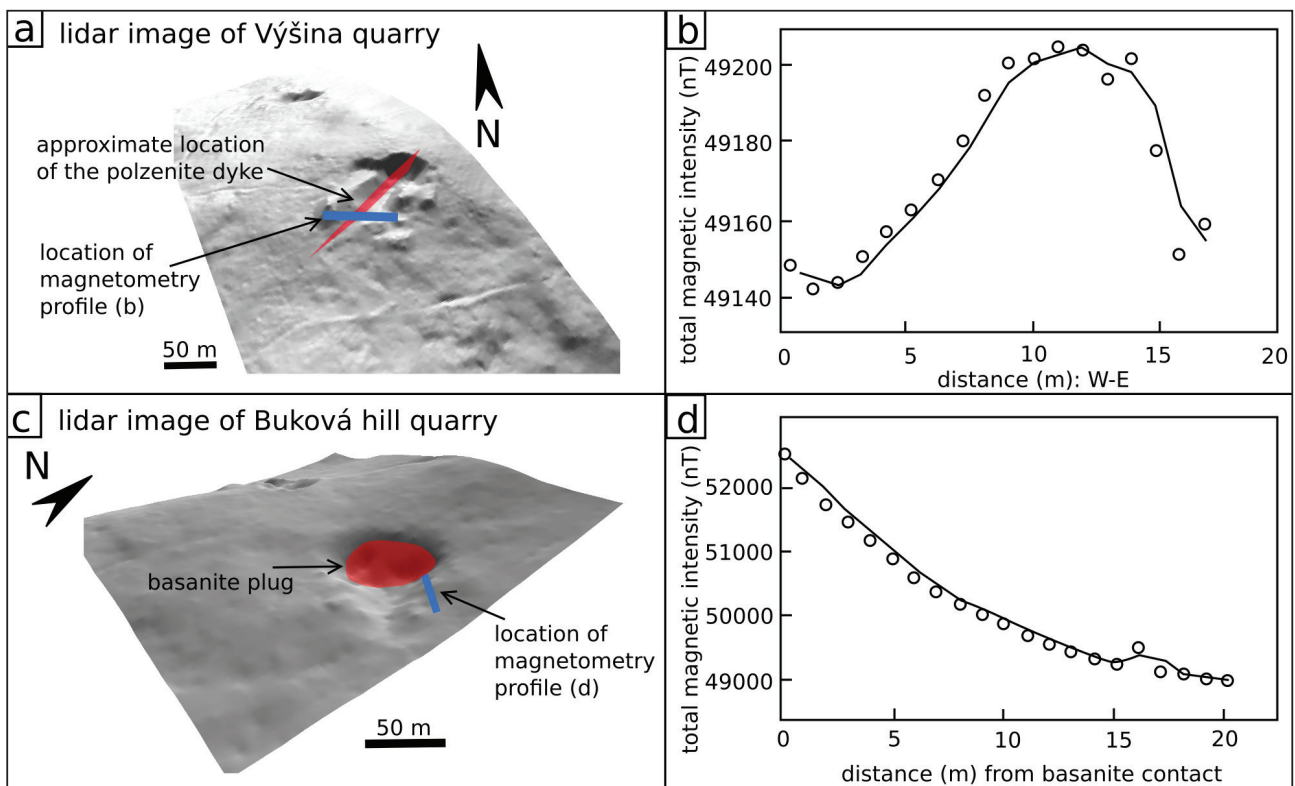
Fig. 4. Scanned thin-section of a sample from the Výšina locality with contact of melilitite and the Liberec Granite with marking of the melilitite-granite interaction zones. P₀ – melilitite, P₁–P₃ – chilled margin zones, M – zone of melting at the contact, G₁ – altered granite, G₀ – granite.





Obr. 5. Snímky ze zpětně odražených elektronů (BSE). a – z kontaktu melilititu (zóna P3) a granitu (G1) s vrstvou taveniny na kontaktu (M); b – transformace biotitu na drobná zrna Ti-magnetitu (alterovaný granit – zóna G₁); zkratky minerálů: Bt – biotit, Cc – kalcit, Kfs – K-živce, Mt – magnetit, Ol – olivín, Pl – plagioklas, Qtz – křemen, Ti-Mt – titanomagnetit.

Fig. 5. BSE images. a – contact zones of melilitite (zone P3) and granite (G1) with a tiny zone of melt (M); b – conversion of biotite to Ti-magnetite along biotite cleavage (the altered granite- zone G₁; mineral abbreviations: Bt – biotite, Cc – calcite, Kfs – K-feldspar, Mt – magnetite, Ol – olivine, Pl – plagioclase, Qtz – quartz, Ti-Mt – titanomagnetite.



Obr. 6. Výsledky magnetometrického měření protonovým magnetometrem. a – pohled na opuštěný lom Výšina v podkladu leteckého laserového skenování (LiDAR, DMR 5G ČÚŽK 2013), červená linka značí předpokládanou orientaci a rozsah melilititové žíly v lomu, modrá linka – průběh magnetometrického profilu; b – naměřené hodnoty celkové magnetické intenzity (nT) podél profilu v lomu Výšina reflektující mocnost žíly a její zapadání; c – pohled na opuštěný lom Buková v podkladu leteckého laserového skenování (LiDAR, DMR 5G, ČÚŽK 2013), červeně označen rozsah bazanitové extruze, modře průběh magnetometrického profilu od kontaktu bazanitu do jizerského granitu; d – naměřené hodnoty celkové magnetické intenzity (nT) od kontaktu bazanitu do granitu.

Fig. 6. Magnetometric survey using a proton magnetometer and its results. a – a view of the Výšina abandoned quarry on aerial laser scanning image (LiDAR, DMR 5G, ČÚŽK 2013), red line marks anticipated orientation and extent of melilitite dyke in the quarry, blue line marks the position and course of magnetometric profile; b – total magnetic intensity (nT) along the profile in the Výšina quarry reflecting thickness and inclination of the dyke; c – view of the abandoned quarry on the Buková Hill on aerial laser scanning image (LiDAR, DMR 5G, ČÚŽK 2013), red line marks the extension of basanite dyke, blue line marks location of magnetometric profile; d – total magnetic intensity (nT) along the profile at Buková from the basanite contact to granite.

s bazanitem menší míru strukturální deformace a také na něm lze zaznamenat méně významnou metasomatickou zonálnost. Nicméně větší krystaly pyroxenu vykazují výraznou zonálnost. Textury indikující nerovnovážné parciální tavení se skládají z pyroxenu, plagioklasu, magnetitu a rekrystalovaného skla – taveniny variabilního složení. Na rozdíl od zmíněného melilititu jsou fenokrysty olivínu beze změn i na přímém kontaktu s granitem. Vysokotermální alterace granitu je však zřejmá z přeměny biotitu na kostrovitý film jemnozrnného magnetitu, částečného natavení alkalických živců a přítomnosti mullitu. Tato minerální asociace svědčí o vysoké teplotě v exokontaktu žíly melilititu okolo 900 °C a rychlém zchlazení (Kaczor et al. 1988).

Efekt vmístění bazické extruze byl také dokumentován na lokalitě Buková pomocí protonového magnetometru (obr. 6) a přenosného kapametru. Magnetická susceptibilita (MS) granitu při kontaktu s bazanitem dosahuje obdobných hodnot ($13,5 \cdot 10^{-3}$ SI) jako u samotného bazanitu ($12 \cdot 10^{-3}$ SI), zatímco u teplotně nepostiženého granitu je výrazně nižší ($< 0,5 \cdot 10^{-3}$ SI). Termální ovlivnění okolního jizerského granitu bazanitovou extruzí lze sledovat až do vzdálenosti 15–20 m od uvedeného kontaktu (obr. 6d). V případě žíly melilititu je její termální účinek vzhledem k malé mocnosti sledovatelný v granitu jen na vzdálenost několika málo metrů (obr. 6b). Magnetometrické měření umožňuje nepřímou odhadnout směrovou orientaci žíly a její sklon – podle asymetrie křivky žíly bylo ověřeno její zapadání k SZ, zároveň je znatelné ovlivnění okolní horniny, sledovatelné v pozitivní změně magnetické intenzity na vzdálenosti cca 8 m, ačkoli pravá mocnost žíly je cca 70 cm. Tento záznam vysokotermálního postížení horniny pomocí magnetometrie na okolní granit se jeví jako vhodná terénní metoda pro detekci vysokoteplotní kontaktní metamorfózy. Důvodem pro změnu měřené magnetické intenzity na kontaktu jizerského granitu s bazanitem je vznik hnízda jemnozrnného magnetitu na úkor původního biotitu podle reakce Fe-Al biotit \rightarrow Mg-Al biotit + magnetit + hercynitický spinel + K-živec/sklo + voda ve formě páry (Brearley 1987).

Závěr

Rozdíl v pozorovaných mikrostrukturách, chemických charakteristikách a v mocnosti alterovaných zón u různých studovaných lokalit je interpretován jako důsledek odlišných rychlostí vmístění žil (magmat), různých teplot magmat a také odlišnosti chemismu žil a okolních hornin. Minerální asociace a chemismus minerálů se napříč zónami v obou vzorcích mění s ohledem na gradient složení, tep-

loty a chemických potenciálů, což je příčinou rozdílné mobility prvků ve fluidech během metasomatické interakce. Zároveň lze konstatovat, že termální efekt dokumentovaný magnetometrickým měřením je vhodnou terénní metodou pro detekci prostorové orientace kontaktů hornin a mocnosti zóny teplotních interakcí.

Poděkování. Tento projekt byl financován interním projektem České geologické služby č. 323000 v letech 2016–2017. Za spolupráci při magnetometrických měřeních děkujeme panu Vladimíru Bělohradskému, za revize textu Jaroslavu Hakovi a Jaromíru Ulrychovi, za další spolupráci také pracovníkům elektronové mikrosondy Masarykovy univerzity a ČGS v Brně, laboratoře FEG-EMPA Univerzity Karlovy v Praze a laboratoře elektronové mikroskopie a mikroanalýzy ČGS v Praze.

Literatura

- BREARLEY, A. J. (1987): A natural example of the disequilibrium breakdown of biotite at high temperature: TEM observations and comparison with experimental kinetic data. – *Mineral. Mag.* 51(359), 93–106.
- GRÄNZER, J. (1929): Tertiäre vulkanische Gesteine in der Umgebung von Reichenberg in Böhmen. – *Mitt. Ver. Naturfreunde Reichenberg* 51.
- KACZOR, S. M. et al. (1988): Disequilibrium melting of granite at the contact with a basic plug: A geochemical and petrographic study. – *J. Geology* 96, 61–78.
- PÉCSKAY, Z. (2008): K/Ar age determination on intrusive magmatic rocks of SURAO project 2008. Research report. – *Inst. Nuclear Res. Hungar. Acad. Sci. (ATOMKI), Debrecen, Hungary*.
- KLOMÍNSKÝ, J. – MRÁZOVÁ, Š. – ŠALANSKÝ, K. (2002): Neovulkanity v okolí Liberce, jejich geofyzikální indikace a regionálně geologický význam. – *Zpr. geol. Výzk. v Roce 2001*, 36–39
- ULRYCH, J. – POVONDRA, P. – RUTŠEK, J. – PIVEC, E. (1988): Melilitic and Melilite-bearing subvolcanic rocks from the Ploučnice river region, Czechoslovakia. – *Acta Univ. Carol., Geol.* 2, 195–231.
- ULRYCH, J. – KRMÍČEK, L. – TESCHNER, C. – ŘANDA, Z. – SKÁLA, R. – JONÁŠOVÁ, Š. – FEDIUK, F. – ADAMOVIČ, J. – POKORNÝ, R. (2017): Tachylyte in Cenozoic basaltic lavas from the Czech republic and Iceland: contrasting compositional trends. – *Mineral. Petrol.* 111, 761–775.
- ŽÁK, J. – VERNER, K. – SLÁMA, J. – KACHLÍK, V. – CHLUPÁČOVÁ, M. (2013): Multistage magma emplacement and progressive strain accumulation in the shallow-level Krkonoše-Jizera plutonic complex, Bohemian Massif. – *Tectonics* 32, 1493–1512.