

VNITŘNÍ ZONÁLNOST TĚLES VYVŘELÝCH HORNIN TĚŠÍNTOVÉ ASOCIACE VE SLEZSKÉ JEDNOTCE: PETROFYZIKÁLNÍ DOKLAD

Internal zonality of bodies of igneous rocks of teschenite association in the Silesian unit: petrophysical evidence

Kristýna Schuchová, Zdeněk Dolníček

Katedra geologie, Univerzita Palackého, třída 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc; e-mail: kristyna.schuchova@gmail.com

(25-21 Nový Jičín)

Key words: Silesian unit, rocks of teschenite association, magnetic susceptibility, density, hydrothermal alteration

Abstract

We studied magnetic susceptibility and density of igneous rocks of the teschenite association along profiles through rock bodies at three sites (Hodslavice, Žilina near Nový Jičín, and Tichá) in the Silesian unit of the Outer Western Carpathians. The samples were taken exclusively from sills and dykes. Together we collected 24 samples, 62 measurements of magnetic susceptibility, and 30 measurements of density. Magnetic susceptibility ranges from 5.56×10^{-8} to 7.66×10^{-5} SI and density between 2.50 and 2.77 g/cm³ in Hodslavice. Magnetic susceptibility was between 5.07×10^{-7} and 1.61×10^{-5} SI and density ranged from 2.66 to 3.88 g/cm³ in Žilina near Nový Jičín. At Tichá, magnetic susceptibility varies from 2.46×10^{-7} to 2.93×10^{-5} SI and density from 2.65 to 2.86 g/cm³. The values of magnetic susceptibility and density reflect especially the content of ferromagnetic and paramagnetic minerals in the teschenites. Moreover, the values can be lowered by chloritization, carbonatization, and weathering. Profile in Hodslavice shows simple internal zonality. By contrast, Žilina near Nový Jičín and Tichá profiles have very complex internal structure and/or these sites were subjects of local pervasive post-magmatic hydrothermal alteration.

Úvod

Horniny těšínové asociace jsou vázány na podbeskydskou oblast (Kudělásková et al. 1993). Výskyt těchto hornin je v 15–20 km širokém pásmu, jež se postupně rozšiřuje od Hranic na Moravě, Nový Jičín přes Český Těšín až do Polska (Bielsko – Biala) (Dostal a Owen 1993). Tento pás je přes 100 km dlouhý (Wlodyka a Karwowski 2004).

Magmatické horniny se nejčastěji nacházejí v těšínsko-hradištském souvrství, kde tvoří izolovaná žilná tělesa. Nejčastější formou jsou ložní žíly o mocnosti několika centimetrů až metrů.

Těšínity byly datované na polské straně Karpat metodou ⁴⁰Ar/³⁹Ar, kde bylo stanoveno stáří na 122,3 ± 1,6 Ma (Lucińska-Anczkiewicz et al. 2002 in Grabowski et al. 2006).

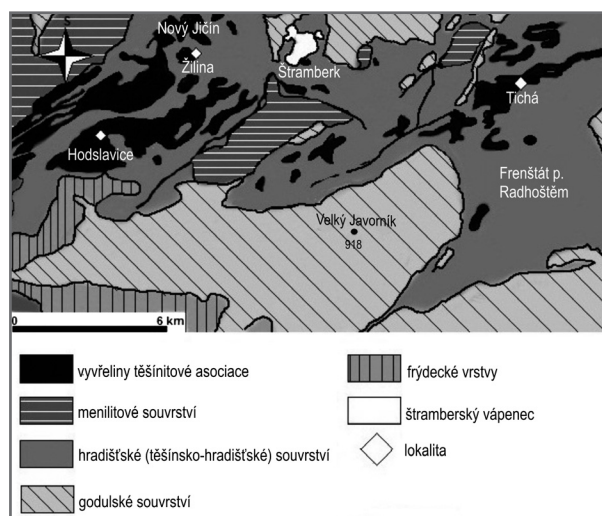
Horniny těšínové asociace mají pestré minerální složení a jejich struktury jsou ofitické, hypautomorfně zrnité či porfyrické (Dostal a Owen 1998). Horniny těšínové asociace se rozdělují do čtyř skupin: pikrity, monchiquity, těšínity a basalty (Hovorka a Spišiak 1988).

O zonálnosti jednotlivých těles hornin těšínové asociace se zmiňuje např. Šmíd (1962, 1978), který popisuje v rámci jednoho tělesa několik horninových typů (Šmíd 1962, 1978). Na mocnosti ložních žil je závislá i zrnitost hornin těšínové asociace. Velikost krystalů se směrem ke středu ložních žil zvětšuje (Menčík et al. 1983). Při kontaktu s okolními sedimenty se velikost krystalů zmenšuje, charakteristické jsou mikrokrystaly. Změny v minerálním složení by se měly projevit i na fyzikálních vlastnostech hornin. Podle Čípové (2006) mají těšínity v okolí Starého Jičína hodnotu magnetické susceptibilitě $10\text{--}57 \times 10^{-3}$ SI (Čípová 2006), Buriánek a Skácelová (2007) uvádějí v téže oblasti hodnoty magnetické susceptibilitě $3\text{--}82 \times 10^{-3}$ SI. Kadlečík a kol. (1983) se zabývali měřením fyzikálních vlastností (magnetické susceptibilitě a hustoty) hornin

těšínové asociace v okolí Ostravy. Hodnoty magnetické susceptibilitě byly v rozmezí $43\text{--}185 \times 10^{-6}$. Minerologická hustota byla od 2,67 do 3,26 kg/dm³ (Kadlečík et al. 1983). V tomto příspěvku předkládáme výsledky měření magnetické susceptibilitě a hustoty systematicky odebíraných horninových vzorků ze tří lokalit s cílem potvrdit či vyvrátit existenci zonálnosti v daných horninových tělesech.

Metodika

Vzorky se odebíraly na lokalitách Žilina u Nového Jičína, Hodslavice a Tichá (obr. 1). Pro měření magnetické susceptibilitě a hustoty se odebíraly větší kusy hornin



Obr. 1: Geologická mapa slezské jednotky s vyznačenými lokalitami.

Obr. 1: Geological map of the Silesian unit with marked position of the studied localities.

(hmotnost 1–2 kg) co nejčerstvějšího vzhledu. Vzorky byly odebírány systematicky v příčném profilu přes výchoz.

Vzorky byly v laboratoři mechanicky rozdraceny na menší kousky. Pro měření byly separovány úlomky bez kalcitových žilek a druhotných přeměn. Pro studium magnetické susceptibility byly z každého vzorku vybrány dva až tři úlomky o hmotnosti od 2 g (jemnozrnnější horninové typy) do 18 g (hrubozrnnější horniny). Na 24 vzorcích se dohromady provedlo 62 měření. Magnetická susceptibilita se měřila na kapamůstku KLY-4 na Univerzitě Palackého v Olomouci. Z výsledných hodnot se pro každý vzorek určil medián, jehož hodnoty se využily pro grafickou vizualizaci.

Mineralogická hustota byla stanovena hydrostatickou metodou. Hmotnost úlomků kolísala od 11 do 30 g v závislosti na zrnitosti studovaných vzorků. Poté se vzorky přivázaly na umělohmotné vlákno, zavěsily na kovový držák, ponořily do kádinky s vodou a zvažily se. Celkem bylo provedeno 30 měření.

Charakteristika lokalit

Žilina

GPS souřadnice jsou 49° 34' 31,084" N, 18° 2' 47,819" E. Jedná se o obtížně přístupný starý lom, jehož stěna je vysoká přes 3 m. V nadloží ložní žíly magmatické horniny je patrný kontakt s jílovými břidlicemi, jejichž mocnost je kolem 50 cm; podloží není odkryté. Směrem od nadloží (od kontaktu s břidlicemi) k podloží je patrné postupné zvětšování velikosti zrn horninotvorných minerálů. Například velikost vyrostlic amfibolů roste od 0,1 cm až do 3 cm. V hrubozrnných partiích jsou dobře rozpoznatelné šupinky biotitu, které dosahují velikosti až 1 cm. V některých odebraných vzorcích hornin byly nápadné žilky bílého kalcitu o mocnosti až 0,5 cm. Z vnějších stran jsou vzorky povlečeny limonitem. Na vertikálním profilu bylo odebráno 6 reprezentativních vzorků.

Hodslavice

GPS souřadnice lokality jsou 49° 32' 58,794" N, 18° 1' 21,560" E. Opuštěný a zarostlý lom je známý jako lom Palackých (Pacák 1926). Nadloží výchozu magmatické ložní žíly tvoří, obdobně jako v Žilině u Nového Jičína, jílové břidlice o mocnosti nepatrně větší než 20 cm. Horniny těšinitové asociace byly odebírány ve vertikálním profilu, systematicky od nadloží k podloží. Makroskopicky nebyla znatelná změna v jejich zrnitosti, byly velmi jemnozrnné (0,1 mm). Vzorky jsou prostoupeny tenkými žilkami kalcitu o mocnosti nepřesahující max. 0,2 cm. V blízkosti kontaktu s okolními sedimenty je na povrchu horniny patrné oranžové zbarvení. Tato alterovaná, barevně nápadná zóna, zasahuje do hloubky od 1 do 3 cm. Odebráno bylo celkem 7 vzorků.

Tichá

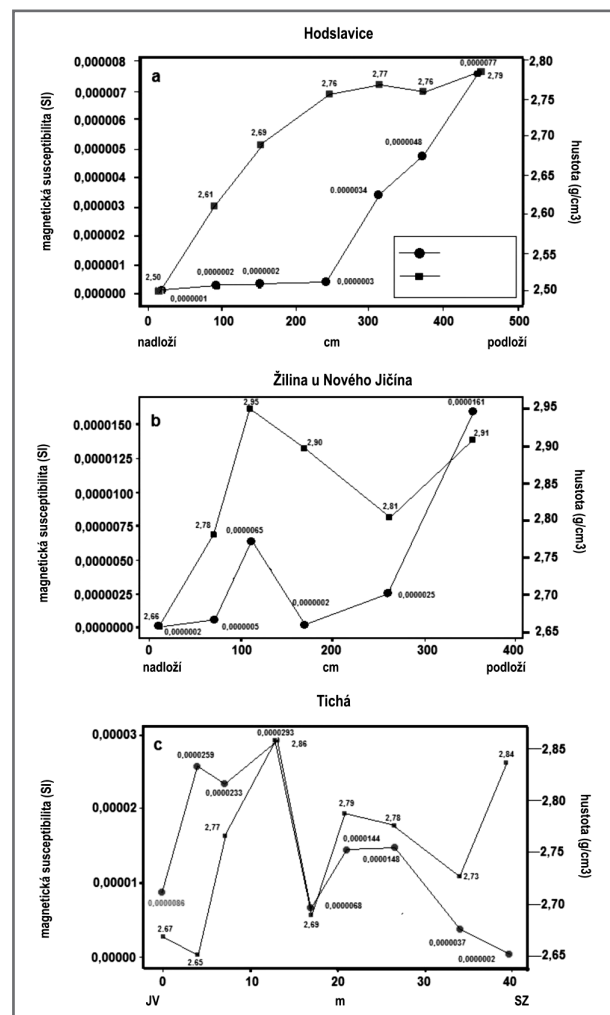
GPS souřadnice: 49° 34' 13,689" N, 18° 13' 27,461" E. Vzorky potřebné pro studium byly systematicky odebírány podél horizontálního profilu orientovaného od JV k SZ ze dna potoka Tichávky pod kostelem v obci Tichá, kde je odkryto těleso pyroxenického těšínitu (Dolníček et al. 2010). Kontakt s okolními sedimenty není patrný. Pyroxe-

nický těšinit má variabilní zrnitost. Od počátečních středně zrnitých přechází postupně až k hrubě zrnitým varietám. Makroskopicky jsou dobře pozorovatelné tabulky biotitu (do 1 cm), jehličky apatitu (do 0,5 cm) a sloupce amfibolů a pyroxenů (až 1 cm). Těšinity jsou na povrchu často pokryté povlaky limonitu. Z výchozu bylo odebráno 9 vzorků pro laboratorní studium.

Výsledky

Na vzorcích z Hodslavic bylo provedeno 19 měření magnetické susceptibility a 9 měření hustoty. Naměřené hodnoty hustoty se pohybují v rozmezí 2,50–2,77 g/cm³ a magnetické susceptibility od 5,56 × 10⁻⁸ do 7,66 × 10⁻⁶ SI. Hodnota mediánu magnetické susceptibility je 3,34 × 10⁻⁷ SI a hustoty 2,69 g/cm³ (tab. 1). Hodnoty magnetické susceptibility a hustoty se postupně zvyšují od nadloží k podloží (obr. 2a).

Na vzorcích ze Žiliny u Nového Jičína bylo provedeno 18 měření magnetické susceptibility. Hodnoty se pohybovaly od 5,07 × 10⁻⁷ do 1,61 × 10⁻⁵ SI. Deset měření hustoty kolísá mezi 2,66 až 3,88 g/cm³. Hodnota mediánu magnetické susceptibility je 1,50 × 10⁻⁶ SI a hustoty 2,84 g/cm³



Obr. 2: Porovnání hodnot magnetické susceptibility a hustoty na studovaných profilech.

Obr. 2: Comparison of values of magnetic susceptibility and density on the studied profiles.

Tab. 1: Variabilita magnetické susceptibility a hustoty horninových vzorků na studovaných lokalitách.

Tab. 1: Variability of the magnetic susceptibility and density of rock samples on the studied localities.

Lokalita	Nejnižší hodnota magnetické susceptibility (SI)	Medián magnetické susceptibility (SI)	Nejvyšší hodnota magnetické susceptibility (SI)	Nejnižší hodnota hustoty (g/cm ³)	Medián hustoty (g/cm ³)	Nejvyšší hodnota hustoty (g/cm ³)
Hodslavice	$5,56 \times 10^{-8}$	$3,34 \times 10^{-7}$	$7,66 \times 10^{-6}$	2,5	2,69	2,77
Žilina u Nového Jičína	$5,07 \times 10^{-7}$	$1,50 \times 10^{-6}$	$1,61 \times 10^{-5}$	2,66	2,84	3,88
Tichá	$2,46 \times 10^{-7}$	$1,44 \times 10^{-5}$	$2,93 \times 10^{-5}$	2,65	2,77	2,86

(tab. 1). Hodnoty magnetické susceptibility spolu s hustotou na profilu dosti nepravidelně kolísají (obr. 2b).

Na lokalitě v Tiché bylo provedeno 25 měření magnetické susceptibility. I zde je magnetická susceptibilita proměnlivá, a to v rozmezí od $2,46 \times 10^{-7}$ do $2,93 \times 10^{-5}$ SI. Hustota stanovená na 11 vzorcích kolísá od 2,65 do 2,86 g/cm³. Hodnota mediánu magnetické susceptibility je $1,44 \times 10^{-5}$ SI a hustoty 2,77 g/cm³ (tab. 1). Z profilu (obr. 2c) je patrné, že hodnoty magnetické susceptibility i hustoty zde silně kolísají.

Základní statistickou charakteristiku naměřených hodnot magnetické susceptibility a hustot hornin ze tří studovaných lokalit ilustrují obrázky 3 a 4. Z obrázku 3 je patrné, že vyrovnanější hodnoty magnetické susceptibility vykazují vzorky těšinitů z Žiliny u Nového Jičína a v Tiché, výraznější rozdíly byly pozorovány u těšinitů z Hodslavic. V případě hustot (obr. 4) byla extrémně vysoká hodnota stanovena v jednom vzorku z Žiliny u Nového Jičína.

Určitou podobnost můžeme vysledovat mezi lokalitami Hodslavice a Tichá, kde jsou hodnoty hustot vyrovnanější.

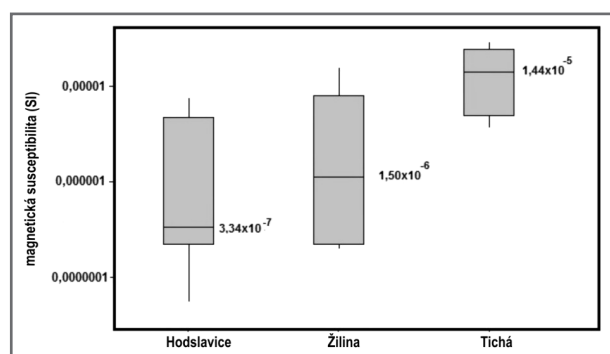
Interpretace a diskuze

Podle Dearinga (1999) a dalších autorů je magnetická susceptibilita hornin primárně závislá zejména na obsahu feromagnetických minerálů (magnetit, ilmenit a hematit). Mimo tyto uvedené minerály se mohou na zvýšení hodnot magnetické susceptibility podílet i paramagnetické minerály. Buriánek – Skácelová (2007) uvádějí, že v těšinitech to mohou být zejména pyroxeny a amfiboly.

Naopak magnetickou susceptibilitu mohou snižovat druhotné přeměny, jako je např. chloritizace, vznik analcimu a zeolitů. Sekundární přeměny primárních paramagnetických minerálů spolu s korozí magnetitu negativně ovlivňují magnetickou susceptibilitu, snižují její hodnoty (Buriánek a Skácelová 2007, Buriánek a Bubík 2012).

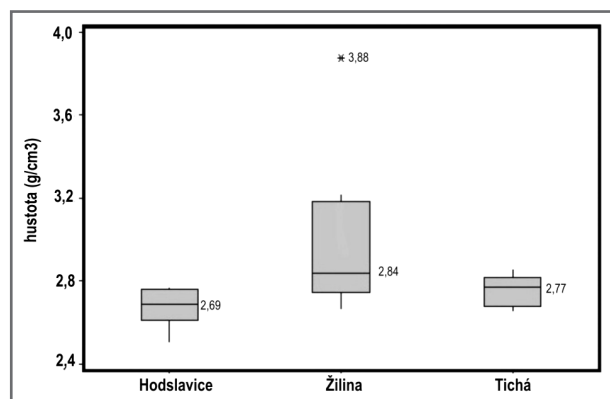
Na profilu v Hodslavicích je nápadné systematické zvyšování hodnot magnetické susceptibility směrem od nadloží k podloží (obr. 2a). Tento jev může buď odrážet vyšší kvantitativní zastoupení nemagnetických minerálů (např. živců) v nadložních partiích nebo souvisí s pokročilými alteracemi paramagnetických minerálů a magnetitu, které se realizovaly při kontaktu s nadložními sedimenty. Vzrůst hodnot v hloubce přibližně 310 cm od nadloží může být odrazem vyššího obsahu feromagnetických a/nebo paramagnetických minerálů (magnetitu, ilmenitu, příp. Fe-Mg bohatých silikátů) a/nebo jde o horniny čerstvé, nepřeměněné. Tyto názory podporuje i vzrůst hustoty, která se rovněž zvyšuje směrem do podloží. S ohledem na uvedená fakta předpokládáme, že během krystalizace magmatu docházelo i ke gravitační diferenciaci a minerály s vyššími hustotami (magnetit, ilmenit) klesaly k podloží. Spolu s tím bylo prokázáno, že čím více se hornina blíží ke svému podloží, tím méně je alterovaná. Z grafu (obr. 2a) je patrná jednoduchá vnitřní zonálnost žíly.

Vnitřní stavba horninového tělesa z Žiliny u Nového Jičína je v porovnání s Hodslavicemi složitější (obr. 2b). Magnetická susceptibilita i hustota vykazují u kontaktu s břidlicemi velmi nízké hodnoty. Ve vzdálenosti cca 110 cm od kontaktu se hodnoty skokově zvyšují. I zde můžeme předpokládat, že vzrůst hodnot je odrazem zvýšených obsahů nealterovaných feromagnetických a paramagnetických minerálů. V hloubce mezi 170–260 cm dochází opět k částečnému poklesu magnetické susceptibility a hustoty. Nelze vyloučit, že zde nedošlo ke kvantitativní změně v obsahu tmavých a světlých minerálů, doprovázené změnami velikosti zrna nebo se zde neprojevila hydrotermální alterace. Vysvětlením by mohla být i mladší „porce“ magmatu s odlišným složením. V hloubce více než 350 cm hodnoty magnetické susceptibility a hustoty opět prudce



Obr. 3: Porovnání hodnot magnetické susceptibility na jednotlivých lokalitách.

Obr. 3: Comparison of values of magnetic susceptibility on the individual localities.



Obr. 4: Porovnání hodnot hustoty na jednotlivých lokalitách.

Obr. 4: Comparison of values of density on the individual localities.

vzrůstají. Zjistili jsme, že se zvětšující se velikostí zrna v hornině se zvyšuje i kvantitativní zastoupení feromagnetických a paramagnetických minerálů.

Nejsložitější vnitřní stavbu má těšinit na lokalitě Tichá (obr. 2c). Magnetická susceptibilita a hustota se vícenásobně skokově mění. Na jedné straně nelze vyloučit předpoklad, že feromagnetické minerály mohou být lokálně intenzivně přeměněny, na straně druhé by mohlo jít o vícefázovou intruzi. Dolníček et al. (2010) prokázali, že místní těšinity jsou velmi často hydrotermálně přeměněné (chloritizované, karbonatizované či pyritizované). Uvedené alterační procesy mohou snižovat hodnoty magnetické susceptibilita a hustoty. Bylo potvrzeno, že většina odebraných vzorků je bohatá na analcim a živce. Nejvyšší hodnoty magnetické susceptibilita i hustoty byly naměřené zhruba 13 m od jv. konce profilu. Domníváme se, že v této pozici byl zastížen těšinit, který je obohacen feromagnetickými minerály a jeho alterace je slabá.

Závěr

Hodnoty magnetické susceptibilita naměřené v okolí Nového Jičína byly nižší, než uvádějí Čípová (2006) a Buriánek – Skácelová (2007) v okolí Starého Jičína. Kadlečík et al. (1983) naměřili podobné hodnoty v okolí Ostravy. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny na lokalitě v Tiché, kde byly v rozmezí $2,46 \times 10^{-7}$ – $2,93 \times 10^{-5}$ SI, což jsou stále o 0,5–4 řády nižší údaje, než uvádějí výše citovaní autoři.

Rozdíly mohou být odrazem řady faktorů. Na základě makroskopického studia můžeme vyloučit, že by existovaly výrazné rozdíly v kvantitativně minerálním obsahu tmavých a světlých minerálů. Ve studovaných těšinitách neexistuje varieta s výrazně nižšími obsahy amfibolu, pyroxenu, biotitu a hematitu.

Z tohoto důvodu je mnohem pravděpodobnějším vysvětlením předpoklad, že magnetit (hlavní nositel magnetických vlastností) je na studovaných třech lokalitách silněji alterován. Pokud jsou silněji přeměněny (chloritizovány, karbonatizovány a zeolitizovány) i další tmavé paramagnetické minerály, pak důsledkem těchto druhotných přeměn je i pokles hodnot sledovaných fyzikálních parametrů. Na všech studovaných lokalitách se setkáváme s početnými hydrotermálními žilami. Jejich výskyt je důkazem významné postmagmatické hydrotermální aktivity (Urubek a Dolníček 2008, Dolníček et al. 2010).

Během jedné magmatické události mohlo dojít ke vzniku ložní žíly na lokalitě v Hodslavicích. Jednoduchou vnitřní zonálností zde prokazují naměřené fyzikální vlastnosti. Těšinitová tělesa v Žilině u Nového Jičína a v Tiché mají velmi kolísavé a nerovnoměrné hodnoty hustoty i magnetické susceptibilita. Jejich variabilita může dokládat složitější magmatické stavby horninových těles (vícefázové intruze?) nebo je odrazem vícenásobných či lokálních vlivů naložených alterací.

Literatura

- Buriánek, D. – Bubík, M. (2012): Horniny těšinitové asociace v okolí Valašského Meziříčí. – *Acta Musei Moraviae, Scientia Geologica*, 97, 1, 89–111.
- Buriánek, D. – Skácelová, Z. (2007): Význam magnetické susceptibilita pro geologické mapování hornin těšinitové asociace na listu 1 : 25 000 Starý Jičín (25-124). – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 2006*, 13, 62–65.
- Čípová, I. (2006): Využívání hornin těšinitové asociace v pravěku. – MS, diplomová práce, PřF MU, Brno.
- Dearing, J. (1999): *Environmental Magnetic Susceptibility*. – British Library Cataloguing in Publication Data, British Library.
- Dolníček, Z. – Kropáč, K. – Uher, P. – Polách, M. (2010): Mineralogical and geochemical evidence for multi-stage origin of mineral veins hosted by teschenites at Tichá, Outer Western Carpathians, Czech Republic. – *Chemie der Erde*, 70, 267–282.
- Dostal, J. – Owen, V. (1998): Cretaceous alkaline lamprophyres from northeastern Czech Republic: geochemistry and petrogenesis. – *Geologische Rundschau* 87, 67–77.
- Grabowski, J. – Krzemiński, L. – Nescieruk, P. – Starnawska, E. (2006): Paleomagnetism of the teschenitic rocks (Lower Cretaceous) in the Outer Western Carpathians of Poland: constraints for tectonic rotations in the Silesian unit. – *Geophysical Instrument*, 166, 1077–1094.
- Hovorka, D. – Spišiak, J. (1988): Vulkanizmus mesozoika Západných Karpát. – Veda, Bratislava. 263 str.
- Kadlečík, J. – Doležal, J. – Čekan, V. – Uhmann, J. – Filková, V. (1983): Souborné zpracování geofyzikálních materiálů v úseku Sever. – MS, Geofond, Brno.
- Kudělásková, M. – Kudělásek, V. – Matýšek, D. (1993): Chemické a petrologické studium pikritových hornin z podbeskydské oblasti. – *Sborník Vědeckých Prací Vysoké školy Báňské v Ostravě*, 39, 63–72. Ostrava.
- Menčík, E. – Adamová, M. – Dvořák, J. – Dudek, A. – Jetel, J. – Jurková, A. – Hanzlíková, E. – Houša, V. – Peslová, H. – Rybářová, L. – Šmíd, B. – Šebesta, J. – Tyráček, J. – Vašíček, Z. (1983): *Geologie Moravskoslezských Beskyd a Podbeskydské pahorkatiny*. – Ústřední ústav geologický, Praha. 304 str.
- Pacák, O. (1926): Sopečné horniny na úpatí Beskyd Moravských. – *Rozpravy Československé akademie věd*, 35. Praha.
- Šmíd, B. (1962): Přehled geologie a petrografie hornin těšinitové asociace na severním úpatí Beskyd. – *Geologické práce*, 63, 53–60. Bratislava.
- Šmíd, B. (1978): Výzkum vyvřelých hornin těšinitové asociace. – Ústřední ústav geologický, Praha.
- Urubek, T. – Dolníček, Z. (2008): Hydrotermální mineralizace v hornině těšinitové asociace z Hodslavic u Nového Jičína (slezská jednotka, Vnější Západní Karpaty). – *Časopis Slezského muzea Opava (A)*, 57, 21–30. Opava.
- Wlodyka, R. – Karwowski, L. (2004): The alkaline magmatism from the Polish Western Carpathians. – *Mineralogical society of Poland – special papers*, 24, 23–31.