

VÝSLEDKY VRTNÉHO PRŮZKUMU NA LOKALITĚ BRUS (NEOGENNÍ SEDIMENTY KARPATSKÉ PŘEDHLUBNĚ)

Results of the drilling survey on the locality Brus (Neogene, Carpathian Foredeep)

Václav Zborník¹, Slavomír Nehyba¹, Vladimíra Jašková²

¹ Ústav geologických věd PŘF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno; e-mail: slavek@sci.muni.cz

² Muzeum Prostějovska, náměstí T. G. Masaryka 2, 796 01 Prostějov

(24-22 Olomouc)

Key words: Carpathian Foredeep, Lower Badenian, depositional environment, provenance

Abstract

Neogene deposits of the Carpathian Foredeep were newly studied in the sedimentary succession from drill hole Brus 1. They represent the deposits of coastal and shallow marine environments. The drill core was divided into two facies associations – lower silty one and upper carbonate one. The deposition of the upper carbonate facies association (Lower Badenian) is connected with reduction of siliciclastic input.

Úvod

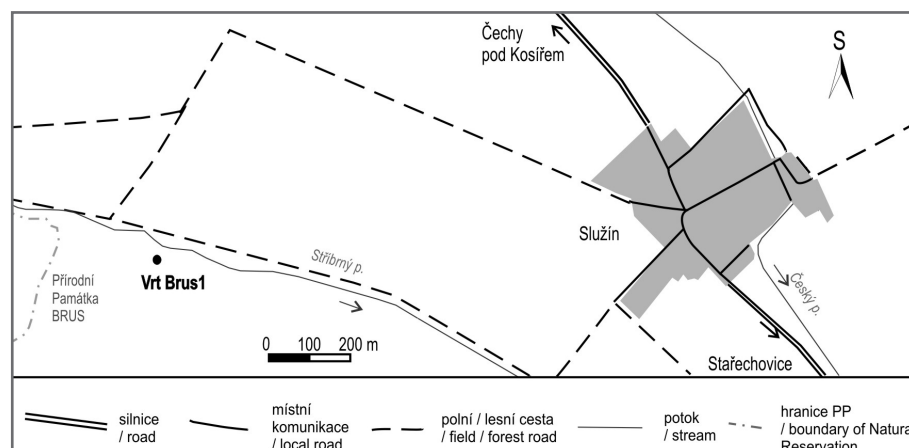
Sedimenty sz. „pasivního“ okraje karpatské předhlubně poskytují informace o procesech probíhajících jak v sedimentární pánvi samotné, tak i v předpolí pánve. Komplikovaná situace těchto sedimentů byla mimo jiné zjištěna na Prostějovsku. Vedle problematiky spodnobadenské transgrese, pozice těles řasových karbonátů v rámci depozičního cyklu, je zde otázkou také výskyt starších neogenních sedimentů, především pak sedimentů stáří karpát. Za účelem lepšího poznání sedimentárního vývoje zájmové oblasti byl nově odvrtán vrt Brus 1. Vrt byl odvrtán v rámci grantového projektu GA ČR 205/09/0103 s názvem „Mělkovodní ekosystémy středního miocénu Centrální Paratethydy: Sukcese a interakce anorganické a organické složky ekosystémů“. Vrt dosáhl hloubky 20 m. Pozice vrtu je prezentována na obrázku 1. Sedimentárně-petrografické zhodnocení tohoto vrtu je záměrem předloženého příspěvku.

Geologická stavba zájmové oblasti a přehled výzkumů

Předneogenní podloží karpatské předhlubně tvoří v zájmovém prostoru spodnokarbonské/kulmské horniny Drahanské vrchoviny (Mísař et al. 1983), konkrétně pak droby a laminované břidlice myslejovického souvrství (svrchní visé) – Růžička et al. (1995). Zlomové pásmo Hané, orientované ve směru SZ–JV, bylo alpsky reaktivováno a významně ovlivnilo morfologii okraje karpatské předhlubně v zájmovém prostoru, kde je uvažován komplikovaný zlomově řízený reliéf úzkých a hlubokých depresí oddělených řadou elevací. Tyto struktury byly orientované pod značným úhlem vůči centrální části pánve (Zapletal 2004).

První podrobnější popis této oblasti se zmínkou o ostrůvku miocenních vápenců, tufu a písku přímo u Služína přinesl již Tietze (1893). Z lokality označené jako Brus (Bros nebo také Trávník) u Služína popsali mikrofaunu heterostegin Schubert (1900) a Spitzner (1898, 1906).

Lokalitu podrobně zkoumal ve 30. letech 20. století Kalabis (1934, 1937a, b, 1949) v souvislosti s výskytem velkých ježovek rodu *Clypeaster* a další makrofaunou. Kalabisův nález úlomků žraločích zubů v miocenní brekcii u Služína zaznamenal Blekta (1932). Kalabis (1961) rovněž shrnul dosavadní výzkumy terciéru na Prostějovsku. Lokalitu řazenou ke spodnímu badenu zmiňují i Remeš (1908, 1933), Schwarz (1946), Barth (1957), Chlupáč – Kalabis (1966)



Obr. 1: Lokalizace zájmové oblasti.

Fig. 1: Location of the area under study.

a Novák (1975). Přehled fosilií nalezených na lokalitě Brus u Služína je uveden v práci Hladilové – Zdražilové (1989).

Nejstarší neogenní marinní sedimenty jsou zde řazeny ke karpátu (Vysloužil 1981, Bubík – Dvořák 1996), jejich výskyt je dle dosavadních poznatků omezen právě na lokalitu Brus, kde byl vyhlouben předmětný vrt. Stratigrafické zařazení ke karpátu bylo založeno na mikropaleontologickém studiu (především foraminifer).

Metodika

Litofaciální analýza byla provedena dle zásad uvedených v pracích Tuckera (1988), Walkera a Jamese (1992) a Nemece (2005). Tvar a zaoblení nejhrubší frakce (> 4 mm) byl určen vizuálně s pomocí metody Powerse (1982). Zrnitostní analýza byla realizována kombinovanou metodou síťování a laserové difrakce (Retsch AS 200 síťovací analyzátor a Cilas 1064 laserový granulometer). K určení zrnitostních charakteristik (Mz, σI) byly využity vzorce dle Folka a Warda (1957). Těžké minerály byly separovány v zrnitostní frakci 0,063–0,125 mm a chemismus granátu a rutilu byl následně studován na mikrosondě Cameca SX 100 (Společná laboratoř MU a ČGS Brno). Celkem bylo provedeno 36 analýz granátu a 20 analýz rutilu. Gamaspektrometrická analýza byla provedena na GR-320 enviSPEC laboratorním spektrometru (Exploranium, Canada) na ÚGV PŘF MU v Brně.

Výsledky

Litofaciální studium vrtných jader vedlo k vyčlenění 10 litofacií. K jejich rozlišení byly využity především zrnitostní a petrologické charakteristiky spolu s kvantitativními i kvalitativními rozdíly v přítomnosti schránek fosilií,

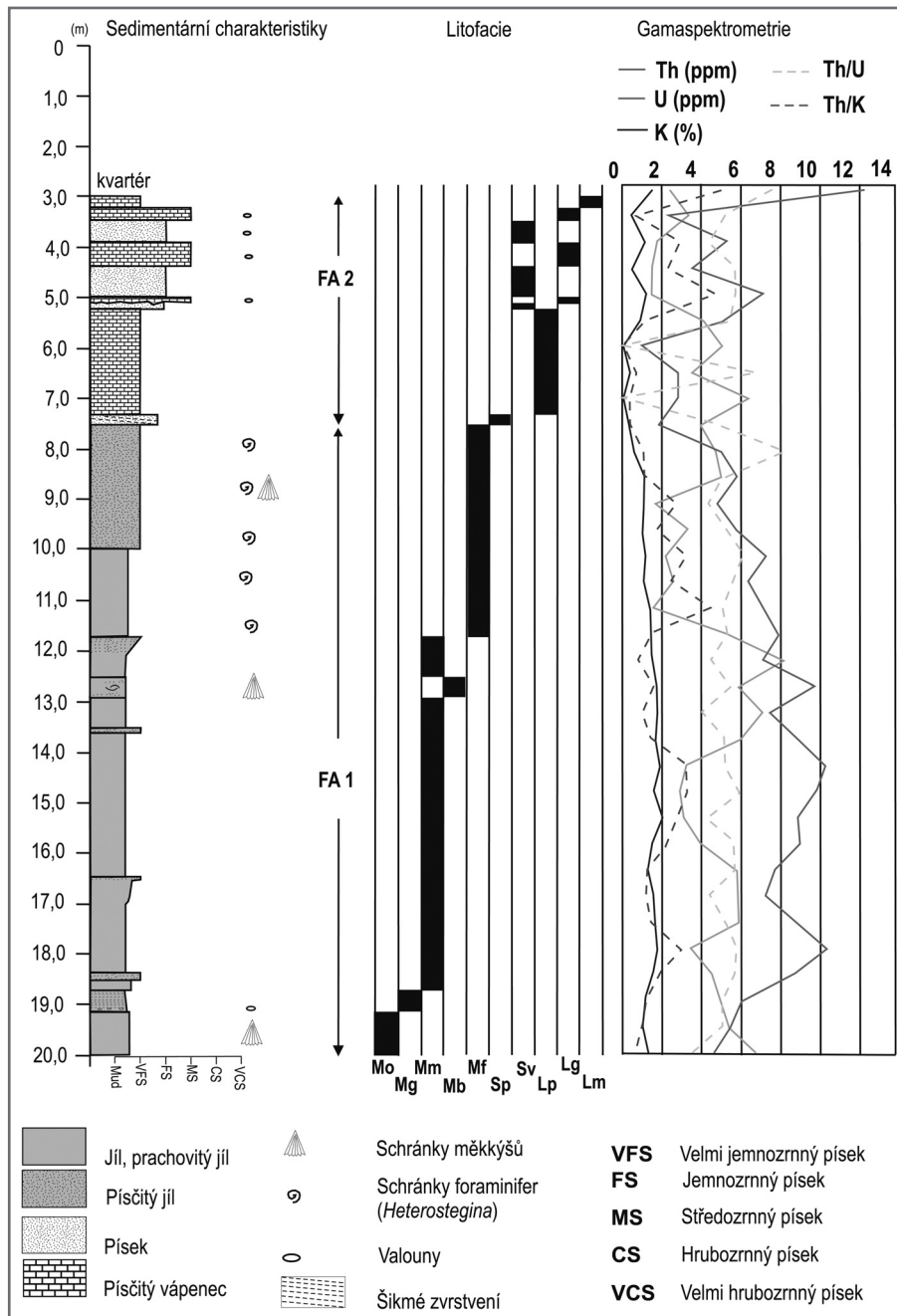
vzhledem ke značné destrukci primárních sedimentárních struktur způsobené technologií vrtání. Litofacie jsou charakterizovány v tabulce 1. Vyčleněné litofacie byly dále seskupeny do dvou faciálních asociací. Výskyt litofacií i faciálních asociací v rámci vrtné je prezentován na obrázku 2.

Spodní faciální asociaci FA1 tvoří pět litofacií (Mo, Mg, Mm, Mb, Mf) a byla vyčleněna v metrži 7,5–20,0 m. Báze neogenních sedimentů nebyla vrtem dosížená. V rámci spodní části faciální asociace se vyskytuje světle šedozelený laminovaný vápňitý prach až prachovec, místy bělavě smouhovaný. Proměnlivé je zastoupení šedého vápňitého jílu, okrového světle šedozeleného velmi jemnozrného až jemnozrného písku, nepravidelně rozmístěných drobných klastů o maximálním průměru 3 mm, a především pak vápňitých schránek měkkýšů, foraminifer a bělavých kongrecí. Poblíž hmotně doložitelné báze FA1 byla zjištěna přítomnost úlomků ústřic, výše se objevují psefitické klasty kulmských hornin a nejvýše pak nápadné schránky velkých foraminifer rodu *Heterostegina*. Směrem vzhůru také relativně přibývá zastoupení písčité frakce. V rámci vzácně přítomné psefitické frakce převažují klasty kulmských drob nad klasty kulmských břidlic. Tyto mají dominantně deskovitý tvar a jsou především ostrohranné až poloostrohranné. Největší zjištěné klasty měly v A-ose délku maximálně 1,8 cm.

V rámci FA1 bylo provedeno 22 gamaspektrometrických měření. Siliciklastické sedimenty FA1 vykazují vcelku nízké hodnoty koncentrace K (1,08–2,07 %, průměrná hodnota /AVG/ byla 1,50 %). Koncentrace K jsou ve spodní části FA1 relativně stabilní a ve svrchní části FA1 (přibližně od 13 m) dochází k jejich postupnému poklesu směrem vzhůru. Koncentrace U byly značně proměnlivé (1,69–8,23 ppm, AVG 4,56 ppm), podobně jako koncentrace Th, které nabývají relativně vyšších hodnot (4,65–10,37 ppm, AVG 7,71 ppm). Výrazný pokles koncentrací těchto dvou prvků (zejména Th) byl zjištěn také ve svrchních částech FA1 (přibližně od 13 m). Průměrná hodnota poměru Th/U je relativně nízká (2,04) a průměrná hodnota poměru Th/K je vyšší (5,14). Korelace mezi hodnotou celkové úrovně koncentrace přirozených radioaktivních prvků a koncentracemi K, Th a U ukazují, že hlavním nositelem přirozené radioaktivi-

Tab. 1: Facie a jejich základní charakteristika.
Tab. 1: List of facies.

Symbol	Popis
Mo	Světle šedý bělavě smouhovaný silně vápňitý jílovitý prach až prachovec s hojným výskytem úlomků schránek ústřic. Facie reprezentuje 5,0 % studovaného sledu.
Mg	Světle šedozelený vápňitý prach až prachovec s rozptýlenou nepravidelnou příměsí klastů do 3 mm především poblíž báze, výše dobře vytríděný, planární až mírně ukloněná laminace. Facie reprezentuje 2,7 % studovaného sledu.
Mm	Světle šedozelený masivní dobře vytríděný vápňitý prach až prachovec proměnlivě jemně písčité, laminovaný, vzácně drobné bělavé kongrece. Mz = -5,3–5,9 ϕ , σI = 1,8–2,0 ϕ . Facie reprezentuje 39,1 % studovaného sledu.
Mb	Světle šedozelený prachovec vápňitý, dobře vytríděný, přítomnost schránek měkkýšů (<i>Bivalvia</i>), proměnlivá slabá přítomnost jemnozrného až velmi jemnozrného písku. Mz = -5,9 ϕ , σI = 1,8 ϕ . Facie reprezentuje 2,4 % studovaného sledu.
Mf	Světle žlutošedý až šedožlutý písčité prachovec s výraznou přítomností schránek foraminifer (<i>Heterostegina</i>), vzácně výskyt schránek měkkýšů (<i>Bivalvia</i>), masivní, dobře vytríděný, vápňitý. Mz = -5,1–5,8 ϕ , σI = 2,0–2,7 ϕ . Facie reprezentuje 24,3 % studovaného sledu.
Sp	Světle žlutohnědý až žlutošedý prachovitý velmi jemnozrný písek až silně jemně písčité prach vápňitý, vzácná přítomnost schránek při bázi, šikmé zvrstvení. Mz = -5,5 ϕ , σI = 2,2 ϕ . Facie reprezentuje 1,2 % studovaného sledu.
Sv	Světle hnědý, rezavě hnědý bělavě smouhovaný, bělavě zelenošedý silně vápňitý velmi jemnozrný až jemnozrný pískovec, masivní nebo s náznaky mírně ukloněného planárního zvrstvení, výrazná přítomnost vápňitých řas, lokálně mírná příměs klastů kulmských hornin do 3 cm. Facie reprezentuje 6,8 % studovaného sledu.
Lp	Bělavě zelenošedý silně jemně písčité rozpadavý vápenec s výraznou přítomností vápňitých řas. Facie reprezentuje 12,4 % studovaného sledu.
Lg	Bělavý, žlutavě hnědý bělavě smouhovaný rozpadavý písčité řasový vápenec, výrazná přítomnost klastů kulmských hornin až do 1,7 cm, planární zvrstvení, lokálně prachovitý. Facie reprezentuje 5,0 % studovaného sledu.
Lm	Bělavý, rozpadavý prachovitý vápenec až vápňitý prachovec, dobře vytríděný, proměnlivě zpevněný. Facie reprezentuje 1,2 % studovaného sledu.



Obr. 2: Litologický profil vrtem Brus 1.
Fig. 2: Lithostratigraphic log of the well Brus 1.

ty je U ($r = 0,84$), a také K ($r = 0,43$). Relativně menší roli hraje Th ($r = 0,27$). Korelace U a Th nabývá mírně negativní hodnoty ($r = -0,05$), korelace mezi U a K je relativně nízká ($r = 0,22$), kdežto korelace K a Th je poměrně vysoká ($r = 0,79$). Relativně nízká korelace byla zjištěna při srovnání přítomnosti jílové frakce a koncentrace U ($r = 0,34$) a nízká záporná korelace byla zjištěna při srovnání podílu jílové frakce a K ($r = -0,35$), a také Th ($r = -0,28$).

Svrchní faciální asociace FA2 je tvořena také pěti litofaciemi (Sp, Sv, Lp, Lg, Lm). Tato asociace zasahuje do hloubky 7,40 m. Na bázi je přítomen jemnozrný silně vápnatý šikmo zvrstvený pisek. Faciální asociace je tvořena převážně bělavě zelenošedým silně jemně písčtým řasovým vápencem. Dále byl zjištěn žlutavě hnědý,

bělavě smouhovaný rozpadavý písčtý řasový vápenc, planárně laminovaný, s výraznou přítomností klastů kulmských hornin, který se střídá se světle hnědým, bělavě smouhovaným vápnatým jemnozrným pískovcem s příměsí klastů kulmských hornin. Maximální velikost klastů (osa A) dosahovala 2,7 cm, většinou se pohybovala do 1 cm. Klasty psefitické frakce jsou obvykle ostrohranné až poloostrohranné, méně často polozaoblené. Mají nejčastěji deskovitý tvar, méně často sloupcovitý. Převažují kulmské droby a jílovité břidlice (až 80 %), akcesoricky se vyskytuje křemen a vápenné kongrece. Místy byly nalezeny zbytky schránek měkkýšů a směrem ke spodní hranici faciální asociace se výrazně zvyšuje přítomnost schránek měkkýšů a ubývá řas.

Gamaspektrometrickou analýzou (11 měření) bylo zjištěno, že sedimenty asociace FA2 vykazují střední koncentrace K (0,37–1,23 %, průměrná hodnota AVG 0,64 %), Th (0,93–7,15 ppm, AVG 3,89 ppm), a relativně vyšší koncentraci U (1,53–6,44 ppm, AVG 3,74 ppm). Průměrná hodnota poměru Th/U dosahuje 1,46 a průměrná hodnota poměru Th/K je pak 1,66. To jsou hodnoty nižší než v rámci FA1. Z korelace celkové úrovně koncentrace

přirozených radioaktivních prvků se zastoupením jednotlivých radioelementů vyplývá, že nejvýraznějším nositelem radioaktivity v daném sedimentu je U (korelační koeficient $r = 0,7$). Korelační koeficient k Th je výrazně nižší ($r = 0,2$) a především pro K ($r = -0,11$). Korelace U a Th je negativní ($r = -0,38$) podobně jako korelace U a K ($r = -0,60$). Naпротив tomu koncentrace K a Th vykazují téměř dokonalou korelaci ($r = 0,89$). Písčité facie Sp a Sv mají relativně stabilní koncentrace Th (2,90–5,81 ppm), proměnlivé koncentrace U (1,53–6,44 ppm) a nižší koncentrace K, když ve dvou vzorcích nebyla koncentrace přístrojem detekovatelná, ale v ostatních se pohybovala mezi 0,61 a 1,14 %. V karbonátových faciích Lp, Lg a Lm se koncentrace Th pohybovaly v širokém rozmezí (0,93–7,15 ppm), relativně

kolísavé zastoupení projevoval U (1,49–4,76 ppm) a nízké hodnoty vykazoval K (0,37–1,24 %). Velmi nízká korelace byla zjištěna při srovnání přítomnosti jílové frakce s koncentracemi U ($r = 0,14$) i Th ($r = 0,17$), relativně vyšší pak pro K ($r = 0,28$).

Interpretace

Faciální asociace 1 se na první pohled jeví jako litologicky monotónní. Depozice proběhla v mělkomořském prostředí (fotická zóna) pod bázi běžného vlnění. Přínos psefitického a psamitického materiálu lze nejspíše spojit s činností bouřek. Slabá a rozptýlená přítomnost psamitické a psefitické frakce spolu s výraznou dominancí prachové frakce a poměrně vysokým podílem frakce jílové ukazuje na relativně chráněné prostředí depozice. Bázi FA2 lze spojit se změlením depozičního prostředí, trakční struktury ukazují na pohyb valů na dně. Depozice karbonátů pak ukazuje na sedimentaci v mělkomořských podmínkách, zvýšená přítomnost klastického materiálu v karbonátech i střídání karbonátových litofacií s litofaciemi siliciklastickými ukazují na nejspíše občasné, ale přesto zvýšený přínos písčitého materiálu do pánve.

Vysoká pozitivní korelace Th a K ukazuje na společný zdroj signálu, kdežto negativní korelace těchto dvou prvků s U ukazuje, že původ signálu U je odlišný. Negativní korelace mezi koncentracemi Th a K a zastoupením jílové frakce lze nejspíše spojit s hlavním původem signálu v rámci písčité a siltové komponenty. Signál K a Th je v písčité frakci hledán jak v rámci těžkých, tak i lehkých minerálů (těžké minerály, klastické slídy/živce). Obdobná negativní korelace byla zjištěna také při studiu spodnobadenských sedimentů na nedaleké lokalitě Hlučov (Nehyba – Jašková 2012). Lze také spekulovat, že jílová frakce může být charakteristická smektitem s nízkým obsahem K (Bersad – Dypvik 1982). Výrazné výkyvy v zastoupení Th a U odráží nejspíše proměnlivé zastoupení psamitické frakce a karbonátového materiálu. Ve svrchní části FA1 (přibližně od 13 m) lze předpokládat postupnou redukci přínosu klastického materiálu do zájmového prostoru.

Hranice mezi FA1 a FA2 je zřetelná výrazným poklesem koncentrací zejména K a hodnot poměru Th/U i Th/K a naopak vyšší koncentrací U. Tyto rozdíly ukazují na výraznou redukci přínosu terestrického siliciklastického materiálu do pánve během sedimentace FA2 (Langmuir – Herman 1980). Uran je v FA2 relativně nabožen vzhledem k ostatním nositelům přirozené radioaktivity ve vzorcích s vyšším obsahem karbonátů, na což ukazuje nízký Th/U poměr zjištěný v karbonátových faciích (Bersad – Dypvik 1982).

Rozdíly v kvantitativní i „kvalitativní“ přítomnosti schránek organismů v rámci FA a FA2 (ústřice, „velké“ foraminifery, tenkostěnné schránky měkkýšů, vápnité řasy) nejspíše odráží především rozdíly v teplotě a chemismu (produktivita CaCO₃, atd.) vody, které mohou souviset s rozdílným proudovým režimem.

V omezené míře byl ve studovaných sedimentech posouzen také chemismus granátu (36 analyzovaných zrn), která pocházela z FA1 i FA2. Složení granátu bylo velmi pestré (tab. 2), přičemž almandinová složka v gra-

Tab. 2: Typy granátu ve studovaných sedimentech.
Tab. 2: Garnet types of the studied Neogene deposits.

Typ granátu	%
ALM ₍₇₇₋₉₁₎	17,1
ALM ₍₆₀₋₈₀₎ -PRP ₍₁₁₋₂₄₎	20,0
ALM ₍₇₂₎ -PRP ₍₁₂₎ -SPS ₍₁₁₎	2,9
ALM ₍₆₁₋₇₃₎ -PRP ₍₁₃₋₁₇₎ -GRS ₍₁₁₋₁₆₎	5,7
ALM ₍₅₆₎ -GRS ₍₂₃₎ -SPS ₍₁₂₎	2,9
ALM ₍₆₅₋₇₉₎ -GRS ₍₁₁₋₂₂₎	17,1
ALM ₍₅₉₋₆₈₎ -GRS ₍₁₆₋₂₃₎ -PRP ₍₁₂₋₁₆₎	11,4
ALM ₍₆₆₎ -SPS ₍₂₀₎	2,9
ALM ₍₅₆₋₇₄₎ -SPS ₍₁₂₋₂₈₎ -PRP ₍₁₁₋₁₅₎	8,6
ALM ₍₆₀₎ -SPS ₍₁₇₎ -GRS ₍₁₅₎	2,9
SPS ₍₇₁₎ -ALM ₍₁₅₋₁₆₎	5,7
SPS ₍₄₄₎ -ALM ₍₃₇₎ -GRS ₍₁₄₎	2,9

nátech naprosto dominuje. Pyrop-almandiny jsou nejvýše zastoupené, následují grossular-almandiny, almandiny a grossular-pyrop-almandiny.

Chemismus byl studován také u rutilu (20 analyzovaných zrn z FA1 i FA2). Koncentrace hlavních diagnostických prvků jsou velmi proměnlivé. Většina (70,6 %) hodnocených rutilů vykazuje vyšší koncentrace Fe než 1 000 ppm. Zastoupení Nb se pohybuje mezi 200 a 5 180 ppm (průměr 1 802 ppm), Cr mezi 40 a 3 420 ppm (průměr 795 ppm) a Zr mezi 60–1 680 ppm (průměr 622,5 ppm). Hodnota logCr/Nb byla negativní v 95 %.

„Primární“ zdroj granátu lze hledat v regionálně metamorfovaných horninách (rulách, amfibolitech a granulitech), což potvrzují i výsledky studia rutilu. Jeho původ lze hledat také především v metamorfitech, přičemž lze předpokládat výrazně vyšší zastoupení hornin metamafických (52,9 %) než metapelitů (17,7 %). Role magmatických hornin byla relativně vysoká (35,5 %). Provenience granátu i rutilu je tedy odlišná od provenience těchto minerálů ve spodnobadenských sedimentech na blízké lokalitě spodnobadenských sedimentů Hlučov (Nehyba – Jašková 2012).

Použití Zr-termometrie pro metapelitické rutily ukazuje, že všechny patří ke granulitové metamorfní facií (Force 1980, Zack et al. 2004a, b, Triebold et al. 2005). Asociace těžkých minerálů jsou srovnatelné s výsledky zjištěnými pro kulmské horniny (Štelcl – Svoboda 1962, Otava 1998). Polymorfní granátickou asociaci popsal pro spodní části myslejovického souvrství Otava (1998). Lze proto oprávněně předpokládat významnou roli hornin drahanského kulmu ve zdrojové oblasti jak pro sedimenty FA1, tak i FA2.

V zájmovém prostoru bylo Vysloužilem (1981) popsáno v nadloží hornin kulmu bazální písčito-pelitické souvrství a mladší souvrství brekcí a lithothamniových vápenců. Bazálnímu písčito-pelitickému souvrství zčásti přisuzuje stáří karpát, pro jeho svrchní část tvořenou šedými vápnitými jílovci pak stratigrafické zařazení chybí. Mladšímu souvrství přisuzuje stáří spodního badenu. Sedimenty vrhu Brus 1 nebyly dosud paleontologicky hodnoceny, proto chybí jejich biostratigrafické zařazení. Ve vrhu nebyly zjištěny sedimentární brekcie, prachovité sedimenty FA1 se také litologicky liší od výše uvedeného „písčito-pelitického souvrství“ uvedeného Vysloužilem

(1981), ke kterému ani nejsou uvedeny bližší litologické charakteristiky. Studované sedimenty FA2 lze faciálně srovnat s lokalitami spodnobadenských sedimentů, které jsou známé v okolí Prostějova a přisoudit jim stáří spodního badenu. Sedimenty FA1 se však litofaciálně odlišují od dosud studovaných lokalit (Přemyslovice, Hlučov – Zágöršek et al. 2012, Nehyba – Jašková 2011). Přesto, že FA1 se jeví na první pohled jako litologicky monotónní, byla v rámci asociace odlišena řada jednotlivých litofacií a lze vysledovat i určité rozdíly v gamaspektrometrickém signálu. Nejvyšší část FA1 (litofacie Mf) lze ve shodě s názory Chlupáče a Kalabise (1966) stratigraficky přiřadit ke spodnímu badenu díky přítomnosti schránek velkých foraminifer rodu *Heterostegina*. Vzhledem k litologické podobnosti svrchní a spodní části FA1 předpokládáme předběžně, že sedimenty FA1 mají také spodnobadenské stáří. Jednoznačné stratigrafické zařazení spodní části FA1 je nutno řešit paleontologickými metodami, protože litofaciální srovnání s publikovanými daty (Vysloužil 1981, Bubík – Dvořák 1996) není možné.

Pozicí spodnobadenských karbonátových těles karpatské předhlubně, především pak řasových vápenců, ve vztahu k pohybu relativní mořské hladiny, se zabývala řada autorů (Buday 1955, Cicha – Dornič 1960, Krystek – Tejkal 1968, Hladíková et al. 1992, Doláková et al. 2008). Významnou roli přínosu siliciklastického materiálu na tvorbu těchto karbonátových těles potvrdili Nehyba – Jašková (2012) pro blízkou lokalitu Hlučov, kde i přes rozdílný faciální záznam je pozice karbonátů obdobná jako ve vrtu Brus.

Poděkování

Studium bylo prováděno v rámci grantu GA ČR 205/09/0103. Za laskavé posouzení příspěvku a připomínky jsme povinováni díkem doc. O. Bábkovi a dalšímu neznámému recenzentovi.

Literatura

- Barth, V. (1957): Historický přehled geologických výzkumů v Hornomoravském úvalu. – MS, písemná práce k aspirantskému minimu, PŘF UP, 31. Olomouc.
- Berstad, S. – Dypvik, H. (1982): Sedimentological evolution and natural radioactivity of Tertiary sediments from the central North Sea. – *Journal of Petroleum Geology*, 5, 77–88.
- Blekta, J. (1932): Další naleziště žraločích zubů na okrese. – *Věstník Klubu přírodovědeckého v Prostějově za roky 1930–1931*, 22, str. 71. Prostějov.
- Bubík, M. – Dvořák, J. (1996): O nálezu karpátu (miocén) a dalších výsledcích vrtu Slatinky MH-10. – *Zprávy o geologických výzkumech v roce 1995*, 20–21. Praha.
- Doláková, N. – Brzobohatý, R. – Hladilová, Š. – Nehyba, S. (2008): The red-algal facies of the Lower Badenian limestones of the Carpathian Foredeep in Moravia (Czech Republic). – *Geologica Carpathica*, 59, 133–146.
- Folk, R. L. – Ward, W. (1957): Brazos River bar: a study in the significance of grain-size parameters. – *Journal of Sedimentological Petrology*, 27, 3–26.
- Force, E. R. (1980): The provenance of rutile. – *Journal of Sedimentological Petrology*, 50, 2, 485–488. Tulsa.
- Hladíková, J. – Hladilová, Š. – Nehyba, S. (1992): Preliminary results of new investigations of Miocene sediments at Hostim (SW Moravia). – In: Hamršíd B. (ed.): *New results in Tertiary of the Western Carpathians*. – *Knihovnička Zemní Plyn Nafta* 15, 165–176. Hodonín.
- Chlupáč, I. – Kalabis, V. (1966): Regionální geologie Prostějovska. – Souček, V. (ed.): *Průvodce expozicí „Neživá příroda“*, 17–25. Prostějov.
- Kalabis, V. (1934): O některých velkých zkamenělinách z miocénu okolí Prostějova a Olomouce. – *Příroda*, 27, 53–54. Brno.
- Kalabis, V. (1937a): Příspěvek ke stratigrafii miocénu u Prostějova. – *Sborník Klubu přírodovědeckého v Brně*, 20, 78–84. Brno.
- Kalabis, V. (1937b): O pobřežní facii tortonského moře u Služína nedaleko Prostějova. – *Časopis Vlasteneckého spolku musejního v Olomouci, oddíl přírodovědný*, 185 a 186, 107–111. Olomouc.
- Kalabis, V. (1949): *Monografie Clypeasterů z československého miocénu*. – *Rozpravy Státního geologického ústavu*, sv. XI. Praha.
- Kalabis, V. (1961): *Historie výzkumu terciéru širšího okolí Prostějova*. – *Sborník Vlastivědného muzea Prostějov, Odd. Přír.*, 59–75.
- Krystek, I. – Tejkal, J. (1968): Zur Lithologie und Stratigraphie des Miozäns in sw. Teile der Karpatischen Vortiefe in Mähren. – *Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Purkynianae Brunensis. Geologia* 9, 7, 1–31.
- Langmuir, D. – Herman, J. S. (1980): The mobility of thorium in natural waters at low temperatures. – *Geochemical Cosmochimical Acta*, 44: 1753–1766.
- Mísař, Z. – Dudek, A. – Havlena, V. – Weiss, J. (1983): *Geologie ČSSR I Český masiv*. –1–333. SNTL Praha.
- Nemec, W. (2005): *Principles of lithostratigraphic logging and facies analyses*. – *Institut for geovitenskap, Uni. Bergen*, 1–28.
- Nehyba, S. – Jašková, V. (2012): Výsledky vrtného průzkumu na lokalitě Hlučov (sedimenty spodního badenu karpatské předhlubně). – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku*, 19, 1–2, 36–41.
- Novák, Z. (1975): *Spodnobadenské vápence karpatské předhlubně*. – MS, Kandidátská disertační práce, Přírodovědecká fakulta Univerzity J. E. Purkyně. Brno.
- Otava, J. (1998): Trendy změn ve složení siliciklastik drahanského kulmu a jejich geotektonická interpretace. – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 1997*. 62–64.
- Powers, M. C. (1982): Comparison chart for estimating roundness and sphericity. – *AGI Data Sheet* 18.
- Remeš, M. (1908): *Dodatky ke geologické mapě okolí olomouckého*. – *Zprávy Komise pro přírodovědné prozkoumání Moravy, odd. geol.-pal.*, 7. Brno.
- Remeš, M. (1933): *Dodatky ke geologické mapě okolí olomouckého a poznámky k některým listům sousedním. (část II.)*. – *Zprávy Komise pro přírodovědné prozkoumání Moravy a Slezska, odd. geol.*, 12. Brno.
- Růžička, M. et al. (1995): *Vysvětlivky ke geologické mapě 1 : 50 000 list 24-21 Olomouc*. – MS ČGS.
- Schwarz, R. (1946): *Příspěvek k poznání neogenu na listu Olomouc*. – *Věstník Královské české společnosti nauk, třída matemat.-přírodověd.*, ročník 1944, 1–20. Praha.
- Schubert, R. J. (1900): *Über die Foraminiferenfauna u. Verbreitung des nordmährischen Miocäntegels*. – *Lotos, Jahrgang 1900*, 20.
- Spitzner, V. (1898): *Geologická reliéfní mapa okresu prostějovského a plumlovského*. – *První výroční zpráva Klubu přírodovědeckého v Prostějově za rok 1898*, 42–45. Prostějov.
- Spitzner, V. (1906): *Foraminifery z miocénových jílu u Čech blíž Prostějova*. – *Věstník Klubu přírodovědeckého v Prostějově za rok 1905*, 8, 120–125. Prostějov.
- Tietze, E. (1893): *Die geognostischen Verhältnisse der Gegend von Olmütz*. – *Jahrbuch d. k.k. geol. Reichsanstalt*, 43, 399–566. Wien.
- Triebold, S. – von Eynatten, H. – Zack, T. (2005): Trace elements in detrital rutile as provenance indicators: a case study from the Erzgebirge, Germany. – *Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, 38, 44–145.
- Tucker, M. ed. (1988): *Techniques in Sedimentology*. – Blackwell Science, 1–394.
- Vysloužil, O. (1981): *Fauna spodního badenu na lokalitě Služín v karpatské předhlubni na Moravě*. – MS, diplomová práce, PŘF MU Brno
- Walker, R. G. – James, N. P. (1992): *Facies Models. Response to sea level changes*. – *Geol. Ass. Canada*, 1–380. Toronto.
- Zack, T. – von Eynatten, H. – Kronz, A. (2004a): Rutile geochemistry and its potential use in quantitative provenance studies. – *Sedimentary Geology*, 171, 37–58.
- Zack, T. – Moraes, R. – Kronz, A. (2004b): Temperature dependence of Zr in rutile: empirical calibration of a rutile thermometer. – *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 148, 471–488.
- Zágoršek, K. – Nehyba, S. – Tomanová Petrová, P. – Hladilová, Š. – Bitner, M. A. – Doláková, N. – Hrabovský, J. – Jašková, V. (2012): *Local catastrophe near Přemyslovice (Moravia, Czech Republic) during Middle Miocene due to the tephra input*. – *Geological Quarterly*, 56, 2, 269–284.
- Zapletal, J. (2004): *Příspěvek k paleogeografické evoluci spodnobadenských sedimentů na střední Moravě (Česká republika)*. – *Scripta Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis*, 31–32, *Geology*, 87–98.