

PETROGRAFIE A GEOCHEMIE JÍLOVCŮ A SLÍNOVCŮ GODULSKÉHO VÝVOJE SLEZSKÉ JEDNOTKY ZÁPADNÍCH KARPAT

PETROGRAPHY AND CHEMICAL COMPOSITION OF MUDSTONES AND MARLS
OF THE SILESIAN UNIT (GODULA FACIES; WESTERN CARPATHIANS)

DAVID BURIÁNEK, MIROSLAV BUBÍK & HELENA GILÍKOVÁ

Abstract

Buriánek, D., Bubík, M., Gilíková, H. (2014): Petrografie a geochemie jílovců a slínovců godulského vývoje slezské jednotky Západních Karpat. – *Acta Musei Moraviae, Sci. geol.*, 99, 1, 77-89.

Petrography and chemical composition of mudstones and marls of the Silesian Unit (Godula facies; Western Carpathians)

This paper is focused on the chemical composition of mudstones and marls from the Godula facies of the Silesian Unit of Moravian-Silesian Carpathians (Godula, Istebna, Rožnov, Menilite and Krosno formations). The chemical composition of sediments, lithology and fossil record reflect maximum depths during deposition of the Godula, Istebna and lower part of Rožnov formations. Up the sequence, general shallowing trend influenced the deposition. The differences in chemical composition reflect changes in the source of clastic material and/or environment of sedimentation. Chemical composition of pelitic rocks from Godula and Istebna formations indicates sedimentation below the CCD and higher contribution of clastic material. Based on the concentration of Cu, Zn, Ni, Co, and Cr, we supposed that the conditions fluctuated from oxic to dysoxic during the deposition of Istebna, Rožnov, and Krosno formations. Most of the pelitic rocks of the Menilite Formation were deposited in anoxic environment.

Key words: geochemistry, mudstones, marls, Godula facies, Silesian Unit, Western Carpathians.

David Buriánek, Miroslav Bubík, Helena Gilíková – Czech Geological Survey, Leitnerova 22, 658 59, Brno; david.burianek@geology.cz

ÚVOD

Jílovce a slínovce jsou nejčastějšími horninami ve všech jednotkách vnější skupiny příkrovů Moravskoslezských Karpat. Skládají se z poměrně malých částic, které často není možné detailně identifikovat v polarizačním mikroskopu. Oproti psamitům nebo psefitům je tedy nemůžeme tak snadno využít při studiu provenience materiálu sedimentační pánve. Na druhou stranu malá velikost částic a jejich velký povrch (na nějž se mohou sorbovat mnohé ionty) umožňují využít složení těchto hornin pro interpretaci procesů probíhajících během sedimentace a při diagnezi.

Jílovce se obecně skládají z minerálů o velikosti několika desítek mikrometrů, zároveň ale většinou obsahují příměs prachovité až písčité frakce. Z mineralogického hlediska jsou přítomny fylsilikáty, směsi krystalických až subkrystalických silikáto-hydrooxidických sloučenin a oxihydroxidů (např. limonit), organické látky, karbonáty a samozřejmě těžké minerály. V klastickém podílu sedimentů bývá většina REE a řada HFSE vázána na těžké minerály, zatím co výskyt LIL prvků bývá spojován hlavně s fylsilikáty a živci (např. BORGES

et al. 2008). Určité množství těchto prvků mohlo být sorbováno na jílové minerály či krystalické až subkrystalické silikáto-hydrooxidické a oxihydroxidické sloučeniny z mořské nebo diagenetické vody (NOZAKI 2001). Výsledné chemické složení hornin je pak ovlivněno řadou faktorů a proto interpretace chemického složení sedimentů nemusí být vždy jednoznačná.

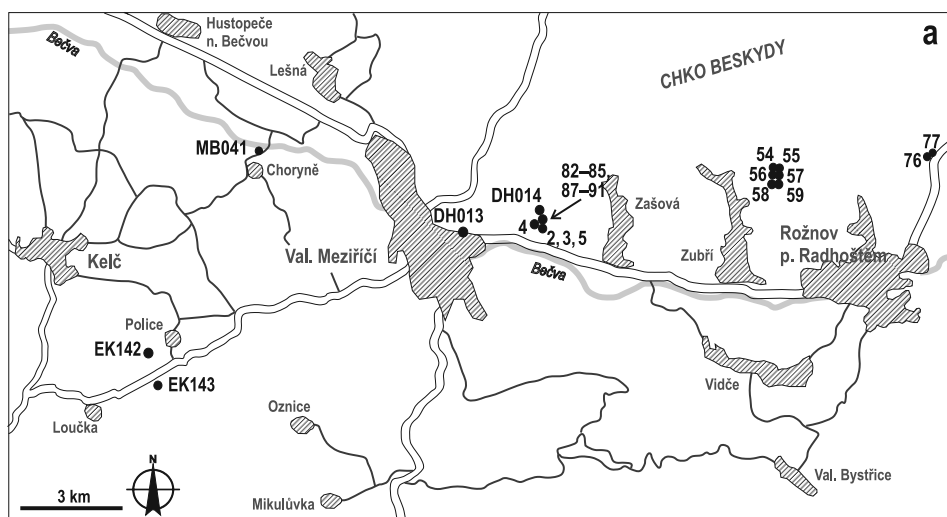
Naše práce navazuje na starší publikaci ADAMOVÉ (1986), která se zabývala pelity a psamity slezské jednotky. Autorka využila rozsáhlý soubor analýz, který však obsahoval jen některé stopové prvky. Dalším problémem je, že ve zmíněné publikaci chybí zdrojová data, takže jsme publikované závěry nemohli ověřit. Navíc v mnoha případech není možné zpětně zjistit, z kterého souvrství vzorky pocházejí, protože od doby vzniku článku ADAMOVÉ (1986) se změnil pohled na geologickou stavbu území. V této práci proto prezentujeme výsledky nových chemických analýz pelitických hornin kombinované s údaji o sedimentologii a paleontologii. Na základě těchto údajů jsme se pokusili znovu interpretovat sedimentační podmínky jejich vzniku. Pro studium byl použit soubor vzorků (obr. 1a, tab. 1) ze svrchnokřídových až spodnomiocenních sedimentů godulského vývoje slezské jednotky vnější skupiny příkrovů Moravskoslezských Karpat odebraných v rámci projektu „Základní geologické mapování území ČR 1 : 25 000, oblast Beskydy“ (mapy 25-142 Valašské Meziříčí, NOVOTNÝ *ed.* 2011; 25-144 Jablůnka, KREJČÍ *ed.* 2012; 25-231 Rožnov pod Radhoštěm, BALDÍK *ed.* 2012).

REGIONÁLNĚ GEOLOGICKÉ ZAŘAZENÍ A DEPOZIČNÍ HISTORIE SLEZSKÉ JEDNOTKY

Slezská jednotka se stratigrafickým rozsahem vrstev od svrchní jury do spodního miocénu řadí mezi nejvýznamnější příkrovy vnějších Karpat. Na povrch vystupuje v širokém oblouku, který můžeme nepřerušeně sledovat od Hornomoravského úvalu přes polské a ukrajinské Karpaty až do Rumunska. Na území České republiky zabírá téměř celé Moravskoslezské Beskydy a značnou část Podbeskydské pahorkatiny. Na SZ je přesunuta přes podslezskou jednotku a společně s ní přes miocén karpatské předhlubně. Směrem do Karpat se noří pod magurský příkrov.

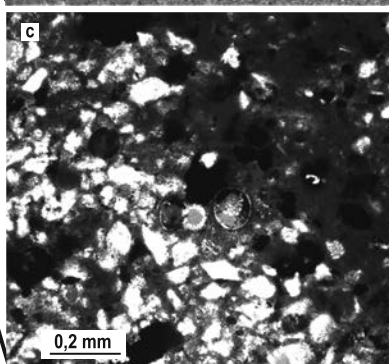
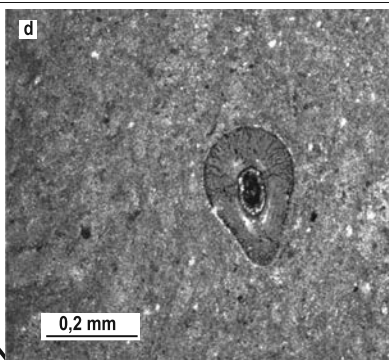
Ve slezské jednotce na našem území vyčleňujeme kelčský, bašský a godulský faciální vývoj. Všechny tyto vývoje byly situovány ve společné hlubokomořské pánvi a laterálně spolu sousedily a vzájemně přecházely. Ve spodní křídě převládají pelity v celé pánvi. Ve svrchní křídě došlo k diferenciaci a zatímco v kelčském vývoji nadále převládají svahové pelitické facie, v godulském a bašském vývoji probíhala sedimentace v samostatných turbiditních vějířích na úpatí pánevního svahu. Během alpínské orogeneze byly tyto vývoje více či méně tektonicky osamostatněny. Godulský vývoj tvoří podstatnou část plochy a objemu slezské jednotky, vývoje kelčský a bašský jsou značně redukovány.

Sedimentace v godulském vývoji začala během oxfordu?–kimmeridge slínovci vendryňského souvrství a pokračovala v tithonu–berriasiu těšínskými vápenci. Následovala sedimentace černošedých jílovců, která přetrvala až do konce spodní křídě (hradištské, veřovické a lhotecké souvrství). V cenoman–turonu došlo k výrazné změně sedimentace a objevily se červené a pestré jílovce mazáckého souvrství zatlačované později progradujícím turbiditním vějířem godulského souvrství charakterizovaným šedými jílovci. V maastrichtu se uložily tmavé jílovce, pískovce a slepence istebňanského souvrství, v paleocénu a eocénu pelity rožnovského souvrství. V oligocénu se ve zbytku hlubokomořské pánve usadily organickou hmotou bohaté pelity menilitového souvrství. Koncem oligocénu prošla hlubokomořská pánev zásadní přestavbou a nastala poslední etapa sedimentárního vývoje, během které se uložily jily, turbiditní prachovce a pískovce krosněnského souvrství. Maximální mocnost sedimentárního sledu godulského vývoje je 6 000 m (MENČÍK *et al.* 1983).



b

NEOGEN	miocén	krosněnské souvrství	~ 1000 m
	eger		
PALEOGEN	oligoocén	menilitové souvrství	~ 50 m
	paleocén (eocén)	rožnovské souvrství	~ 800 m
KŘÍDA	maastricht	istebňanské souvrství	~ 1200 m
	campan	godulské souvrství: drobně rytmičkový svrchní oddíl	~ 3100 m
		godulské s. hrubě rytmičkový spodní oddíl	
	santon	godulské souvrství: drobně rytmičkový spodní oddíl	
comiac			



Obr. 1. a - Schématická mapa okolí Valašského Meziříčí s lokalizací vzorků; b - litostratigrafické schéma studovaných souvrství; c - výbrus z prachovce istebňanského souvrství se schránkami foraminifer (d. b. DH014); d - výbrus dynowského slinovce menilitového souvrství s průřezem ostnu žraloka *Keasius* (d. b. EK142). Fotografováno ve zkřížených nikolech.

Fig. 1. a - Schematic map of the area around the Valašské Meziříčí with sample location; b - lithostratigraphic scheme of the studied formations; c - thin section from siltstone of the Istebna formation with foraminifers (documentary point DH014); d - thin section of the Dynów Marlstone of the Menilite Formation with cross section of shark spine *Keasius* (d. p. EK142). Photographed by crossed nicols.

GEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA KŘÍDY A PALEOGÉNU GODULSKÉHO VÝVOJE

Godulské souvrství je svým rozšířením a mocností dominantní součástí godulského vývoje slezské jednotky. Maximální mocnost souvrství je až 3 100 m (MENČÍK *et al.* 1983). Facie a mocnost godulského souvrství se v podélném i příčném profilu původního turbiditního vějíře značně mění. Na základě poměru pískovců a jílovců a frekvence výskytu pískovcových turbiditů se souvrství člení na drobně rytmický spodní oddíl, hrubě rytmický střední oddíl a drobně rytmický svrchní oddíl (MENČÍK a PEŠL 1955; ELIÁŠ 1999). Spodní oddíl je spojen s podložním mazáckým souvrstvím pozvolným přechodem. Oproti mazáckému souvrství, ve kterém převládají červenohnědé jílovce, je spodní oddíl godulského souvrství charakterizován pestrými jílovci s převahou šedých odstínů a výrazným nárůstem turbiditních prachovců a pískovců. Lokálně se do sekvence drobně rytmického flyše vkládají silnější lavice drobového pískovce s glaukonitem. Jejich nahromadění vytváří polohy až 30 m mocné. Báze středního oddílu se vyznačuje náhlým převládnutím hrubě rytmického flyše s převahou středno- až hrubozrnných drobových pískovců nad prachovci a jílovci. Jílovce jsou převážně šedé a poslední ojedinělé vložky červenohnědých jílovců byly pozorovány ve spodní části oddílu. Svrchní oddíl se vyznačuje drobně rytmickým flyšem s převahou prachovitých pískovců a prachovců nad prachovitými jílovci. V některých částech slezské jednotky naopak převládají jílovce, takže se ztrácí flyšový charakter svrchního oddílu. Místa se do drobně rytmického flyše svrchního oddílu vkládají nepravidelná pískovcovo-slepencová tělesa. Stratigrafický rozsah souvrství byl nověji stanoven na coniac-campan (BUBÍK *et al.* 2008).

Istebňanské souvrství leží konformně na godulském souvrství (obr. 1b). Báze je zpravidla tvořena pískovcovým pásmem. Pískovcová pásma se výše ve vrstevním sledu souvrství opakují ještě několikrát a jsou oddělena pásmy s jílovci. Pískovcová pásma lze charakterizovat jako hrubě rytmický flyš tvořený pískovci a slepenci, podřízeně šedými až černošedými prachovci a prachovitými jílovci s charakteristickým obsahem zuhelnatělého fyto-detritu. Jednotlivé pískovcové lavice jsou většinou gradačně zvrstvené se slepenci na bázi a laminovaným jemnozrnným intervalem v nejvyšší části. Slepence jsou zpravidla drobnozrnné, místa tvoří samostatné lavice. V pásmech s jílovci převažují tmavošedé jílovce a prachovce. Častý je i drobně rytmický flyš s prachovitými pískovci a častými vložkami a konkrécemi pelosideritů. Nezřídka se vyskytují skluzová tělesa tvořená valounovými jílovci a diamiktity. Souvrství se uložilo během maastrichtu až báze paleocénu. Prostředí sedimentace bylo redukčnější než v době sedimentace godulského souvrství vzhledem k značnému přínosu rostlinné organické hmoty ze souše. Mocnost souvrství dosahuje 1 000 až 1 200 m (MENČÍK *et al.* 1983).

Rožnovské souvrství (dříve podmenilitového souvrství slezské jednotky) je s podložním istebňanským souvrstvím spojeno pozvolným přechodem. Diagnostickým kritériem pro bázi souvrství je objevení vložek šedých, zelenošedých nebo červených jílovců. Nadloží rožnovského souvrství je menilitové souvrství, jehož bázi se vyznačuje první výskyt jílovců podrohovcového členu menilitového souvrství. V rožnovském souvrství převažují jílovce. Podřízeně, hlavně v nižší části souvrství, je zastoupena slepencovo-pískovcová facie hrubě rytmického písčitého flyše (cieżkowický pískovec) o proměnlivé mocnosti od 20 do 150 m. Stratigrafický rozsah rožnovského souvrství je paleocén až svrchní eocén. Jeho původní mocnost se odhaduje na 500 až 800 m, v beskydské oblasti je však prakticky všude tektonicky redukovaná (MENČÍK *et al.* 1983).

Menilitové souvrství godulského vývoje slezské jednotky se od báze vzhůru člení na čtyři členy: vrstvy podrohovcové, rohovcové, dynowské slínovce a šitbořické vrstvy, ve smyslu členění STRÁNIKA (1981). Jejich sedimentace spadá do oligocénu. Maximální zachovaná mocnost nepřesahuje 20 až 50 m (MENČÍK *et al.* 1983), v beskydské oblasti je však vrstevní sled zpravidla velmi nekompletní v důsledku tektonické redukce. Báze souvrství je sta-

novena na první výskyt (vložku) hnědých jílovců, které mohou být zastoupeny tělesy pískovců. Do nadloží se předpokládá pozvolný přechod do krosněnského souvrství s převládáním turbiditních pískovců s vločkami šedých jílovců. Pro jílovce a slínovce menilitového souvrství je charakteristický vysoký obsah organické hmoty a výskyt rybích šupin a kostí v důsledku převládajícího anoxického prostředí sedimentace.

Krosněnské souvrství završuje sedimentaci ve slezské jednotce Západních Karpat. Stratigrafický rozsah souvrství je vyšší oligocén až nejnižší miocén (eger). Celková zachovaná mocnost krosněnského souvrství nepřesahuje 1 000 m (MENČÍK *et al.* 1983). Souvrství má většinou flyšový charakter a je tvořeno střídáním pískovců, prachovců a jílovců. V krosněnském souvrství godulského vývoje lze rozlišovat facii psamitickou a psamiticko-pelitickou. Psamitická facie je charakteristická naprostou převahou pískovců, jejichž polohy dosahují až několikametrových mocností. Vložky jílovců a prachovců v pískovcích nepřesahují řádově cm. Psamiticko-pelitická facie se vyznačuje střídáním lavic několik centimetrů až decimetrů mocných jemnozrnných pískovců s jílovcem a prachovitými jílovcem při proměnlivém poměru pískovců a jílovců (MENČÍK *et al.* 1983).

MATERIÁL A METODIKA

Hlavní horninové typy byly charakterizovány s použitím 22 výbrusových preparátů odebraných přímo na místě odběru chemických analýz nebo v jeho blízkosti (v případě řady převzatých analýz). Výbrusové preparáty byly studovány pomocí optického mikroskopu.

Hlavní horninové typy byly charakterizovány na základě studia 27 horninových analýz (obr. 1a, tab. 1). Z toho 5 vzorků bylo nově odebráno (tab. 2). Ostatní analýzy jsou pře-

Tabulka 1. Odběrové body a GPS koordináty.

Table 1. GPS-coordinates of studied samples.

Dok. bod	Souřadnice X	Souřadnice Y	Jednotka	Hornina
54	-486718	-1138560	godulské s.	jílovec
55	-486644	-1138567	godulské s.	prachovec
56	-486767	-1138720	godulské s.	jílovec
57	-486683	-1138720	godulské s.	jílovec
58	-486843	-1138945	godulské s.	jílovec
59	-486781	-1138949	godulské s.	prachovec
76	-482384	-1138789	godulské s.	jílovec
77	-482307	-1138785	godulské s.	jílovec
DH014	-493440	-1138754	istebňanské s.	prachovec
2	-493471	-1139276	rožnovské s.	jílovec
3	-493471	-1139276	rožnovské s.	jílovec
4	-493554	-1139255	rožnovské s.	slínovec
5	-493471	-1139276	rožnovské s.	jílovec
82	-493417	-1139188	rožnovské s.	jílovec
83	-493417	-1139188	rožnovské s.	jílovec
84	-493417	-1139188	rožnovské s.	jílovec
85	-493417	-1139188	rožnovské s.	jílovec
87	-493417	-1139188	rožnovské s.	jílovec
88	-493417	-1139188	rožnovské s.	slínovec
89	-493417	-1139188	rožnovské s.	jílovec
90	-493417	-1139188	rožnovské s.	jílovec
91	-493417	-1139188	rožnovské s.	slínovec
EK142	-504885	-1141378	menilitové s.	slínovec
EK143 (vz. a)	-504649	-1142241	menilitové s.	slínovec
EK143 (vz. b)	-504649	-1142241	menilitové s.	jílovec
DH013	-495670	-1139175	krosněnské s.	jílovec
MB041	-500930	-1136118	krosněnské s.	jílovec

Tabulka 2. Chemické složení nově odebraných vzorků.
Table 2. Chemical composition of new collecting samples.

Dok. Bod	DH013	EK142	EK143 (vz. a)	EK143 (vz. b)	DH014
Hornina	jilovec	slínovec	slínovec	jilovec	jilovec
Jednotka	krosněnské s.	menilitové s.	menilitové s.	menilitové s.	istebňanské s.
SiO ₂	46.83	15.25	26.2	62.19	56.83
TiO ₂	0.66	0.11	0.17	0.49	1.03
Al ₂ O ₃	13.3	2.86	3.41	10.68	20.28
Fe ₂ O ₃	3.71	1.68	1.34	6.7	4.7
MgO	3.75	0.53	0.54	1.19	1.61
MnO	0.04	0.21	0.21	0.13	0.03
CaO	10.91	42.06	35.25	1.58	0.19
Na ₂ O	0.66	0.09	0.1	0.34	1.02
K ₂ O	2.61	0.54	0.52	1.8	3.19
P ₂ O ₅	0.09	0.06	0.26	0.52	0.12
Cr ₂ O ₃	0.014	0.005	0.004	0.01	0.017
C _{tot.}	3.17	10.3	10.08	4.16	1.48
S _{tot.}	<0,02	0.15	0.29	1.17	0.04
LOI	17.2	36.3	31.8	14.2	10.7
celkem	99.8	99.68	99.80	99.82	99.77
V	117	50	38	149	151
Ni	32.2	22.3	24.6	82.5	32.8
Cu	27.5	14.6	18.7	97.2	37.2
Zn	64	16	54	101	96
As	5.9	4.0	4.8	17.8	9.4
Rb	128.4	27.8	26.5	91.9	190.6
Sr	131.4	997.8	879.6	125.6	75.6
Y	21.3	11.8	36.1	51.4	32.9
Zr	159.1	22.8	43.8	167.1	223.6
Nb	13	2.7	4.2	12.5	19.3
Pb	16	4.2	4.3	17.4	29.1
Bi	0.3	<0,1	<0,1	0.3	0.6
Th	10.8	2.3	5.9	14.3	16.9
U	3.3	2.6	6.5	17.5	4.2

Dok. Bod	DH013	EK142	EK143 (vz. a)	EK143 (vz. b)	DH014
Ga	15.6	4.2	5.0	13.6	24.8
Mo	0.2	2.4	1.1	10.8	0.2
Sn	3	<1	<1	2	7
Ag	0.1	<0,1	<0,1	0.1	0.1
Ba	319	1402	217	430	505
Be	2	1	1	2	3
Cd	0.1	0.1	0.2	1.1	1.2
Co	10.7	6.5	8.1	42.5	13.1
Cs	7.8	2.0	1.8	5.9	12.9
Hg	0.04	0.02	0.03	0.13	0.02
Hf	4.4	0.5	1.0	3.8	6.1
Sc	13	3	5	13	20
Sb	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1
Ta	0.9	<0,1	0.2	0.9	1.5
Tl	0.2	<0,1	<0,1	0.4	0.1
W	2.1	<0,5	0.6	0.8	3.9
Se	0.5	0.7	1.0	3.9	0.9
La	29.8	10.2	29.5	48.8	44.4
Ce	63.6	17.6	59.5	107.1	108.5
Pr	7.1	2.3	7.1	12.7	11.6
Nd	27.0	9.0	29.9	50.6	44.0
Sm	4.96	1.85	6.32	10.56	8.68
Eu	1.00	0.39	1.46	2.30	1.73
Gd	4.22	1.86	6.21	9.96	7.34
Tb	0.73	0.29	0.98	1.55	1.27
Dy	4.01	1.58	5.25	8.38	6.64
Ho	0.79	0.34	1.03	1.63	1.29
Er	2.21	0.94	2.88	4.54	3.54
Tm	0.34	0.13	0.41	0.63	0.55
Yb	2.24	0.83	2.33	3.61	3.36
Lu	0.34	0.12	0.34	0.52	0.49

vzaté z litogeochemické databáze ČGS (GÜRTLEROVÁ *et al.* 1997). Díky tomu bylo možné posoudit rozdíly v chemickém složení sedimentů v jednotlivých souvrstvích. Z godulského souvrství bylo k dispozici 6 archivních analýz z okolí obce Zubří a dvě ze sv. okolí Rožnova pod Radhoštěm. Z ístebňanského souvrství byl nově analyzován vzorek odebraný z báze souvrství v těžebně Hrachovec mezi Valašským Meziříčím a Zašovou (DH014). Pro zhodnocení pelitů rožnovského souvrství bylo k dispozici 13 archivních analýz z téže těžebny. Z menilitového souvrství byly nově analyzovány 3 vzorky jílovců a slínovců odebrané mezi obcemi Polička-Loučka (EK142, EK143a, EK143b). Z krosněnského souvrství byl nově odebrán jeden vzorek jílovce (DH013) na chemickou analýzu a to u Valašského Meziříčí. Dále byl při vyhodnocení použit starší vzorek z Choryně (MB041). Na této lokalitě se však jedná o nevelkou šupinu pelitické facie krosněnského souvrství nejisté tektonické příslušnosti (podslezská jednotka?).

Nové horninové vzorky byly analyzovány metodou ICP-MS v laboratořích ACME Analytical Laboratories Ltd. Kanada.

Starší chemické analýzy pocházejí z laboratoří ČGS, kde byly vzorky analyzovány mokrou cestou. Po rozkladu vzorku v kyselém prostředí (HF a HNO₃) se základní složky stanovují z roztoku pomocí FAAS, titrace (SiO₂, FeO), ICP-OES (BaO, SrO), fotometricky (P₂O₅) a IR spektrometrií (CO₂, Stot., Cost.). Stopové prvky byly stanoveny metodou RTG fluorescence (XRF) bez rozkladu vzorku z tablet. Skupina prvků vzácných zemin byla stanovena emisní spektrometrií ICP-OES. Výsledky starších silikátových analýz získaných metodou chemického rozkladu jsou srovnatelné s novými analýzami získanými metodou ICP-MS. Avšak v některých případech může být méně přesné srovnání obsahů stopových prvků získaných metodou RFA a metodou ICP-MS. Obecně považujeme za spolehlivější data získaná metodou ICP-MS a při interpretaci chemických analýz, zejména ve spiderdiagramech, se vycházelo hlavně z těchto dat. Tuto skutečnost jsme se snažili respektovat při sestavování textu a při tvorbě obrázků, a proto v některých případech nekomentujeme rozdíly, které patrně vznikly v důsledku odlišné metodiky analýz.

Analýzované jílovce až prachovce a slínovce tedy pocházejí z pěti souvrství slezské jednotky. Kompletní chemická analýza z nově odebraných vzorků byla k dispozici pro ístebňanské, menilitové a krosněnské souvrství. Studované horninové analýzy byly většinou zpracovávány pomocí programu GCDKit (JANOŠEK *et al.* 2006).

RTG difrakční záznamy z jílovců byly pořízeny v laboratoři ČGS (pracoviště Barrandov) pomocí rentgenového práškového difraktometru Philips X'Pert Systém se sekundárním grafitovým monochromátorem. Vzorky připravili a data zpracovali I. Haladová, M. Koubová a F. Laufek (metodika a detailní popis jednotlivých vzorků viz KREJČÍ *ed.* 2012).

PETROGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA JEDNOTLIVÝCH SOUVRSTVÍ

Godulské souvrství. Jílovce godulského souvrství jsou nevápnité a pouze v ojedinělých případech slabě reagují při styku s ředěnou HCl. Častá je prachovitá příměs. Jílovce spodního oddílu jsou pestré s převahou šedých, zelenošedých a hnědošedých odstínů nad šedočervenými a červenohnědými. Jílovce středního oddílu jsou převážně šedé. Jílovce svrchního oddílu jsou šedé, zelenošedé a tmavohnědé skvrnitě.

Typický pískovec středního oddílu godulského souvrství (reprezentativní vzorek z Javornického hřbetu s. od Rožnova pod Radhoštěm) lze označit jako arkózoovitý pískovec. Dominují v něm polozaoblená zrna křemene o velikosti okolo 0,2–0,3 mm. Dále jsou zastoupeny živec (cca 20 mod. %). Draselný živec mírně převažuje nad plagioklasem. Slidy tvoří okolo 8 mod. %, muskovit mírně převažuje nad biotitem. Do 5 mod. % je přítomen zelenavý glaukonit. Z dalších klastických úlomků byly zjištěny horninové úlomky rul a granitoidů a ojediněle i vápnité bioklasty. Základní hmota má povlakový charakter a je tvořena

jílovými minerály. V jemnozrnných pískovcích z drobně rytmického flyše svrchního oddílu (reprezentativní vzorek z Javornického hřbetu, s. od Rožnova pod Radhoštěm) dominují poloostrohranná zrna křemene o velikosti okolo 0,1 mm. Z dalších minerálů jsou zastoupeny živce (15 mod. %), slídy (8 mod. %) a zelenavý glaukonit (okolo 8 mod. %). U slíd výrazně dominuje biotit nad muskovitem. Pojivo má povlakový charakter a je tvořeno jílovými minerály.

Istebňanské souvrství. Pískovce různé zrnitosti jsou převážně nevápnité arkózoité, místy křemenné. Klastickou složku pískovců tvoří polozaoblená až poloostrohranná křemenná zrna, částečně sericitizované živce, slídy (biotit převažuje nad muskovitem), glaukonit a akcesorické minerály. Běžná je silicifikace. Pojivo má povlakově-pórový charakter a tvoří ho sericit. Tmavošedé a černošedé jílovce až prachovce istebňanského souvrství jsou prachovité až písčité a zpravidla se střídají s prachovci a jemnozrnnými slídnatými pískovci. Ve výbruse se prachovec až jemnozrnný pískovec celkově jeví jako zrnitostně dobře vytrříděný s částečně opracovanou klastickou složkou (obr. 1c). Dominují polozaoblená až poloostrohranná zrna křemene, dále jsou přítomny živce (do 10 mod. %), místy drobné lišty muskovitu a biotitu, který je částečně chloritizovaný. Glaukonit se v hornině vyskytuje do 1 mod. %. Pojivo v jemnozrnném pískovci má povlakově-pórový charakter a je tvořeno jílovými minerály a oxidy-hydroxidy železa, které určují zbarvení horniny.

Rožnovské souvrství. Vápnité i nevápnité jílovce jsou zpravidla v různých odstínech šedé (šedé, tmavošedé, černošedé, hnědošedé), méně často šedohnědé, světle zelené a rudohnědé. Na povrchu bývají rezavě zbarvené limonitovými povlaky. Obsahují tence deskovité polohy jemnozrnných až střednozrnných laminovaných nevápnitých i vápnitých křemenných pískovců. Místy jílovce obsahují konkrce šedých, okrově a rezavě zbarvených pelokarbonátů (pelosideritů).

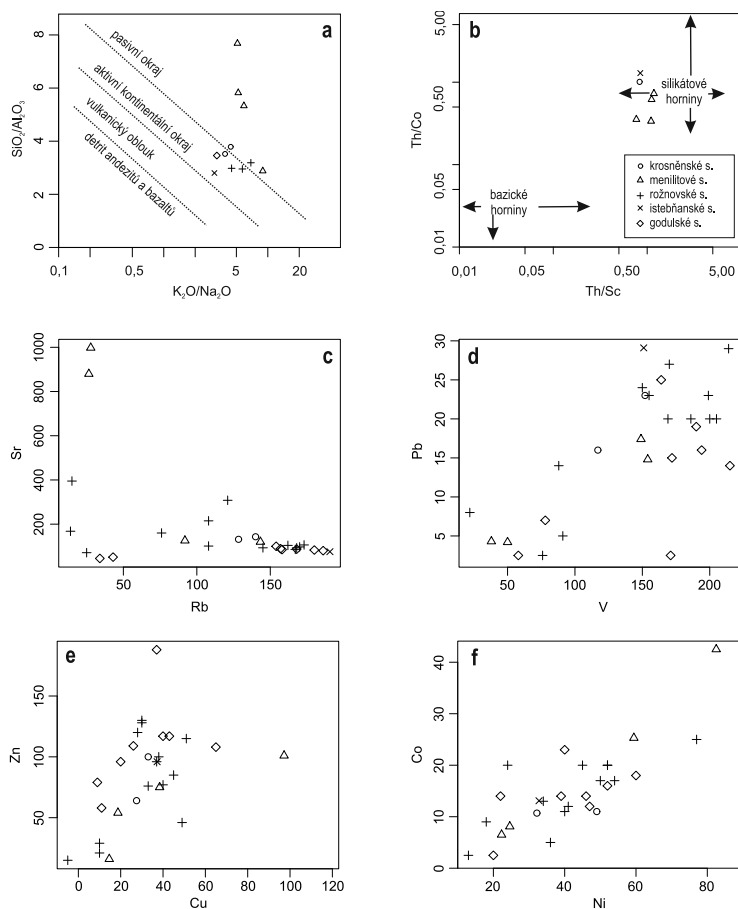
Menilitové souvrství. Charakteristickou horninou jsou tmavohnědé, čokoládově hnědé i hnědošedé vápnité jílovce a slínovce typu dynóvských slínovců, vyskytující se v polohách mocných až 4 m (obr. 1d). Místy jsou proměnlivě prachové, místy výrazněji světle i tmavě laminované.

Pískovce doprovázející slínovce jsou jemnozrnné až velmi jemnozrnné. Většinou se jedná o vápnitý drobový pískovec, částečně zrnitostně vytrříděný. Dominují v něm poloostrohranná až ostrohranná monokrystalická zrna křemene. Dále se hojně vyskytuje glaukonit (20 mod. %), v menším množství živce (draselný živec a plagioklas), muskovit a biotit. Bioklasty jsou zastoupeny četnými schránkami planktonických i bentických foraminifer o velikosti do 0,1 mm.

Krosněnské souvrství. Pískovce jsou převážně jemnozrnné až střednozrnné, šedě zbarvené, zrnitostně špatně vytrříděné. Většinou se jedná o vápnité křemenné až drobové pískovce s vysokým obsahem slídy, která je charakteristickým rysem pískovců krosněnského typu. Jílovce a jíly jsou laminované nebo homogenní, hnědošedé, za čerstva šedé, prachovité a proměnlivě vápnité.

GEOCHEMICKÁ CHARAKTERISTIKA

Geochemickou zralost sedimentů může indikovat poměr Al_2O_3/Na_2O , avšak ten vykazuje poměrně široký rozptyl hodnot i v rámci jednoho souvrství (18–64). Nejvyšší hodnoty tohoto indexu dosahují sedimenty menilitového souvrství. Poměr K_2O/Na_2O je stabilní a pohybuje se v rozmezí 3–9, přičemž nejnižší je v některých jílovcích menilitového a rožnovského souvrství. Podle poměrů některých hlavních oxidů je zdrojem pro sedimenty godulského a istebňanského souvrství aktivní kontinentální okraj a pro ostatní pasivní kontinentální okraj (obr. 2a; ROSER a KORSCH 1986). Poměry Th/Co a Th/Sc indikují dominantní zdroj klastického materiálu pro většinou studovaných sedimentů z kyselých silikátových hornin (obr. 2b; CULLERS 2002).

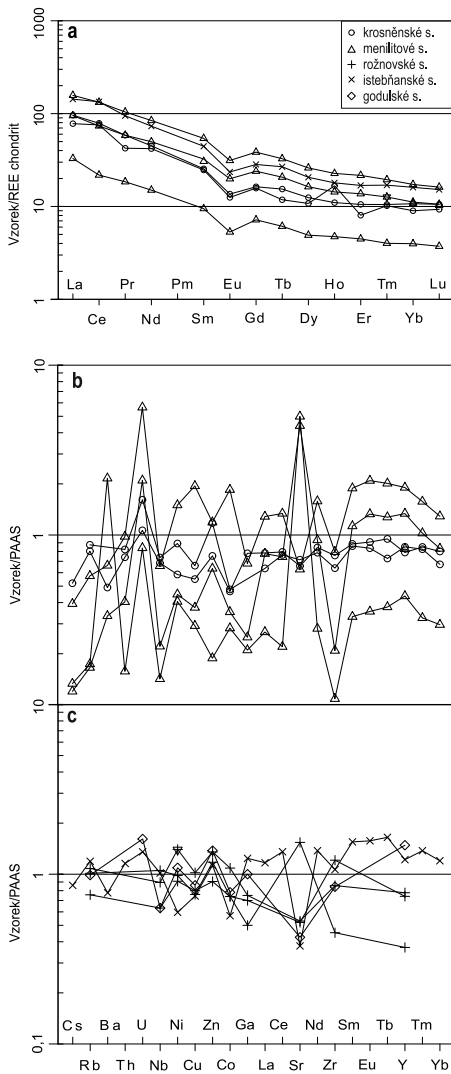


Obr. 2. Diagramy pro pelity slezské jednotky: a - K_2O/Na_2O vs. SiO_2/Al_2O_3 (ROSER a KORSCH 1986); b - Th/Co vs. Th/Sc (CULLERS 2002); c - Sr vs. Rb ; d - Pb vs. V ; e - Zn vs. Cu ; f - Co vs. Ni .

Fig. 2. Diagrams for pelites of the Silesian Unit: a - K_2O/Na_2O vs. SiO_2/Al_2O_3 (ROSER and KORSCH 1986); b - Th/Co vs. Th/Sc (CULLERS 2002); c - Sr vs. Rb ; d - Pb vs. V ; e - Zn vs. Cu ; f - Co vs. Ni .

Koncentrace Rb poměrně dobře pozitivně koreluje s obsahy K ($R^2 = 0,95$) a Sr vykazuje podobnou korelaci s Ca ($R^2 = 0,95$). Jílovce obsahující vysoké procento illitu či muskovitu totiž mají vysoké obsahy K_2O . Na tyto fylosilikáty bývá vázáno vyšší množství Rb. Slínovce a pelokarbonáty zase obvykle mívají vyšší obsahy Sr, protože se tento prvek snadno váže do struktury karbonátů. Dobře je to patrné zejména u slínovců z menilitového a rožnovského souvrství, které mají vysoké obsahy Sr ve srovnání s ostatními studovanými vzorky (obr. 2c). Ve stejném diagramu je zřetelné kolísání obsahů Rb v jednotlivých souvrstvích.

Koncentrace nemobilních prvků Ti a Al se mohou v jílovcích až prachovcích jednotlivých souvrství lišit. V menilitovém souvrství (TiO_2 0,1–0,7 hm. %; Al_2O_3 3–19 hm. %) dosahují nižších hodnot než v ostatních studovaných horninách (TiO_2 0,6–1,0 hm. %; Al_2O_3 12–20 hm. %). Poměr TiO_2/Al_2O_3 je však u všech vzorků podobný (0,04–0,05). Poměrně malé rozptýlení mají také hodnoty poměru SiO_2/Al_2O_3 (obr. 2a; 2,8–3,8) s výjimkou hornin menilitového souvrství, kde je tento poměr ovlivněn silicifikací některých jílovců (2,9–7,7). Vzorek z istebňanského souvrství má ve srovnání se vzorky z rožnovského sou-



Obr. 3. Diagramy pro pelity slezské jednotky: a - chondritem (BOYNTON 1984) normalizované obsahy REE; b-c - vybrané stopové prvky ze sedimentů normalizované hodnotami PAAS (TAYLOR a MCLENNAN 1985).

Fig. 3. Spider diagrams for pelite samples from the Silesian Unit: a - chondrite-normalized REE plot (BOYNTON 1984); b-c - PAAS normalized trace elements distribution (TAYLOR and MCLENNAN 1985).

vrstvi vyšší obsahy REE, Rb, Na_2O , TiO_2 , Al_2O_3 a naopak nižší obsahy Ca, Sr (obr. 2 c). Obsahy Cu, Zn Ni a dalších kovů nejsou příliš vysoké, zajímavé jsou z tohoto hlediska pouze obsahy Th (17 ppm), Pb (29 ppm), Cd (1,2 ppm) a Co (13 ppm). Obsahy Pb, Zn, Cu a Co (obr. 2 d-e) bývají vyšší v horninách se sulfidy. Vysoké obsahy těchto kovů mají zejména jílovce rožnovského souvrství, které vznikaly v anoxických podmínkách a obsahují také poměrně často pyrit. Krosněnské souvrství je zastoupeno 2 nevápnitými až slabě vápnitými jílovci, v nichž jsou obsahy CaO 1 a 2 hm. %. Poměr $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ je relativně stabilní (4-5).

Nejnižší koncentrace REE mají některé jílovce z menilitového souvrství (suma REE se pohybuje v rozmezí 47-263 ppm), přičemž tyto obsahy negativně koreluje s obsahem CaO v hornině ($R^2 = 0,55$). Poměrně nízké obsahy ve srovnání s ístebňanským souvrstvím (suma REE = 183-243 ppm) mají také jílovce krosněnského souvrství (135-148 ppm). Křivky REE (obr. 3a) normalizované chondritem (BOYNTON 1984) mají podobný klesající trend od LREE k HREE ($\text{La}_N/\text{Yb}_N = 8,3-10,2$). Všechny jílovce jsou charakterizovány slabou zápornou europiovou anomálií ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,63-0,72$). Většina vzorků vykazuje kladnou Ce anomálii ($\text{Ce}/\text{Ce}^* = 1,04-1,31$) kromě karbonátem bohatých slínovců menilitového souvrství ($\text{Ce}/\text{Ce}^* = 0,88-0,99$). V porovnání s PAAS (Post-Archaean Australian shales average composition; TAYLOR a MCLENNAN 1985) vykazují vzorky z krosněnského a menilitového souvrství nízké obsahy Zr a Nb (obr. 3b). Slínovce menilitového souvrství jsou oproti jílovcům stejného souvrství výrazně obohaceny Sr a naopak ochuzeny o Zr, Nb, Th, U, Sc a Rb. Vzorky z ostatních studovaných souvrství vykazují obsahy většiny studovaných prvků podobné, jako jsou v PAAS (obr. 3c). Jílovec z ístebňanského souvrství, stejně tak jako některé jílovce z menilitového souvrství, vykazuje v porovnání s PAAS vyšší obsahy HREE.

DISKUSE

Godulské souvrství je v souboru analýz reprezentováno nevápnitými jílovcí (jedna kompletní analýza, $\text{CaO}_2 = 0,8$ hm. %). Obsah K_2O v tomto jílovcí je poměrně vysoký (3,3 hm. %), což souvisí s vyššími obsahy illitu a slíd (ověřeno pomocí RTG). Paleontologický obsah nevápnitých jílovců ukazuje na sedimentaci pod CCD.

Oxidační prostředí při vzniku pelitů *istebňanského souvrství* dokládá kladná Ce anomálie ($\text{Ce}/\text{Ce}^* = \text{Ce}_N/(\text{La}_N \times \text{Pr}_N)^{1/2}$). V mořské vodě se totiž Ce^{3+} oxiduje na méně rozpustný Ce^{4+} a proto sedimenty vznikající v redukčním prostředí vykazují zápornou Ce anomálii, zatímco sedimenty v oxidačním prostředí Ce anomálii nemají nebo mají kladnou Ce anomálii (BELLANCA *et al.* 1997; CULLERS 2002). Důležitým indikátorem oxidačních podmínek je poměr Ni/Co (JONES a MANNING 1994). Vzorek z *istebňanského souvrství* (Ni/Co = 2,5) má společně s některými vzorky z *menilitového souvrství* (Ni/Co = 1,9–3,4) nejnižší poměr těchto dvou prvků, což ukazuje spíše na oxidační podmínky. Adamová (1986) na základě poměru Ni/Co předpokládá, že největších hloubek dosáhl sedimentační bazén právě v době ukládání *godulského*, *istebňanského* a na počátku *podmenilitového souvrství*. Tento závěr sice není možné na základě nových geochemických potvrzení ani vyvrátit, avšak je v souladu s fosilním záznamem a sedimentologií studované oblasti (NOVOTNÝ *ed.* 2011; KREJČÍ *ed.* 2012; BALDÍK *ed.* 2012). V pelitech *istebňanského souvrství* se potvrdily vysoké obsahy Ga (25 ppm), což může mít podle ADAMOVÉ (1986) souvislost se zvýšeným přínosem rostlinného detritu.

Obsahy CaO v jílovcích *rožnovského souvrství* se pohybují v rozmezí mezi 1,3 až 18,0 hm. % a velmi dobře pozitivně korelují s obsahy CO_2 ($R^2 = 0,96$), což naznačuje, že většina vápníku je vázána v karbonátech. Relativně vysoké obsahy Cr (až 194 ppm) a Ni (až 77 ppm) mohou souviset s pokračujícím přínosem materiálu ze slezské kordillery případně s aerickým přínosem pyroklastického materiálu. Ve srovnání se sedimenty vzniklými v anoxickém prostředí jsou typické poněkud nižší obsahy Zn (15–130 ppm) a Cu (10–51 ppm).

Menilitové souvrství zastupují 2 vzorky jílovce ze stejného dokumentačního bodu ($\text{CaO} = 1,2$ a $1,6$ hm. %) a 2 vzorky slínovců ($\text{CaO} = 35,3$ a $42,1$ hm. %). Obsah smektitu je v obou horninových typech proměnlivý (ověřeno RTG) a pohybuje se od 50 do 100 %, přičemž ve zbytku fylosilikátů většinou převažují slidy (hlavně muskovit) nad kaolinitem (někdy může kaolinit chybět). Křemen a živce se objevují v malém množství, což ovlivňuje především hodnotu indexu $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$. Poměrem $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ve slínovcích (139–154) je poněkud vyšší než celkově v jílovcích (72–127). Obsah MgO je v obou vzorcích slínovců nízký (0,5 hm. %), což naznačuje, že v hornině dominuje kalcit (pravděpodobně důsledek pelagického podílu kokolitů). Slínovce vykazují ve srovnání s jílovcí výrazné ochuzení o prvky, které se koncentrují hlavně v minerálech tvořících těžký podíl (Zr, Hf, U, Ti, Ta, Nb) a o prvky vázané na jílové minerály případně alkalické živce (K, Cs, Rb). Naopak poměrně vysoké obsahy Sr (880–998 ppm) ve slínovcích souvisí s vyšším obsahem karbonátů, což bylo potvrzeno mikroskopickým pozorováním. Jílovce mají ve srovnání s jílovcí z ostatních studovaných *souvrství* větší rozsah chemického složení a to zejména pokud jde o obsahy P, REE, U, Y. To může souviset s přítomností fosfátů v těžkém podílu jednoho ze studovaných vzorků (patrně xenotim). Ce anomálie byla kladná nebo záporná, není tedy vyloučeno, že se aktivita kyslíku během sedimentace (případně diagenese) epizodicky měnila.

Jílovce *krosněnského souvrství* leží v klasifikačním diagramu (obr. 2a; ROSER a KORSCH 1986) na hranici mezi sedimenty derivovanými z aktivního nebo pasivního kontinentálního okraje. Vysoké obsahy K_2O indikují ve studovaných pelitech především vysoký podíl illitu nebo slíd. Prokysličenému prostředí odpovídá kladná Ce anomálie (1,05–1,31). Chemické složení studovaných vzorků tedy potvrzuje závěr ADAMOVÉ (1986), že během sedimentace *krosněnského souvrství* postupně klesá redukční charakter sedimentačního prostředí.

ZÁVĚRY

V této práci prezentujeme chemické a petrografické složení pelitických horniny z pětisouvrství náležejících k vyšší části vrstevního sledu godulského vývoje slezské jednotky Moravskoslezských Karpat.

Godulské souvrství se ukládalo v hloubkách bathyálu až abysálu pod hranicí CCD, což potvrzují fosilní záznamy a sedimentologická pozorování. Vysoké obsahy K a Rb v těchto sedimentech souvisí s poměrně vysokými obsahy illitu a slíd, což naznačuje nižší vyzrállost tohoto materiálu. Velké mocnosti souvrství souvisí se silným přínosem klastického materiálu v rámci turbiditního vějíře.

Istebňanské souvrství se uložilo v závěrečném stadiu sedimentace turbiditního vějíře. Prostředí v pánvi bylo dysoxické až oxické (tmavá barva sedimentu, obsahy sideritu, zuhelnatělého fyto-detritu, pyritizovaných fosilií, ale zároveň četné bioturbace). Přínos klastického materiálu se projevuje vyššími obsahy REE, Rb, Na (těžké minerály a úlomky žilců).

Rožnovské souvrství je tvořeno převahou pelagitů a hemipelagitů, které se uložily v postupně prohlubující se pánvi v hloubkách bathyálu. Prostředí bylo dobře prokysličené a přínos hruběji klastického materiálu podstatně nižší. Relativně vysoké obsahy Cr (až 194 ppm) a Ni (až 77 ppm) mohou souviset s pokračujícím přínosem materiálu pyroklastického původu. Ve srovnání se sedimenty vzniklými v anoxickém prostředí jsou typické poněkud nižší obsahy Zn (15–130 ppm) a Cu (10–51 ppm).

Menilitové souvrství slezské jednotky se uložilo v anoxickém prostředí bathyálu v postupně se redukcující a izolující slezské hlubokomořské pánvi. Obsahy smektitu a slíd jsou proměnlivé. Jílovce mají ve srovnání s jílovci z ostatních studovaných souvrství větší rozsah chemického složení a to zejména pokud jde o obsahy P, REE, U, Y. Může to souviset s přítomností fosfátů v těžkém podílu jednoho ze studovaných vzorků (patrně xenotim).

Krosněnské souvrství lze na základě sedimentologie označit jako turbiditní molasu, která sedimentovala v nepřilíh velkých hloubce (hlubší neritikum až svrchní bathyál). Chemismus jílovců odpovídá zdrojové oblasti charakteru pasivního kontinentálního okraje. Vysoké obsahy draslíku indikují ve studovaných pelitech především vysoký podíl illitu nebo slíd.

PODĚKOVÁNÍ

Autoři děkují M. Štastnému a J. Fajmonovi za kritické přečtení rukopisu. Práce byla vypracována s finanční podporou projektu ČGS 390004 (Základní geologické mapování v měřítku 1 : 25 000, oblast Beskydy).

LITERATURA

- ADAMOVÁ, M., 1986: Geochemické zhodnocení sedimentů Slezské jednotky. – *Sbor. geol. Věd., Geol.*, 41, 167–245.
- BALDÍK, V., NOVOTNÝ, R., GILÍKOVÁ, H., BUBÍK, M., KRYŠTOFOVÁ, E., BURIÁNEK, D., KREJČÍ, O., KOLEJKA, V., NÝVLÍ, D., PECINA, V., JANDERKOVÁ, J., KOCIÁNOVÁ, L., MÜLLER, P., KRUMLOVÁ, H., GERŠLOVÁ, E., KAŠPÁREK, M., KAŠPÁROVÁ, D., KONEČNÝ, F., KREJČÍ, Z., KUNCEOVÁ, E., HAVLÍN, A., NOVÁKOVÁ, D., OTAVA, J., PALEČEK, M., SEDLÁČEK, J., ŠVÁBENICKÁ, L., 2012: Vysvětlivky k základní geologické mapě České republiky 1 : 25 000, 25-231 Rožnov pod Radhoštěm. – *MS, Česká geologická služba*, 169 s., Praha.
- BELLANCA, A., MASETTI, D., NERI, R., 1997: Rare earth elements in limestone/marlstone couplets from the Albian-Cenomanian Cison section (Venetian region, northern Italy): assessing REE sensitivity to environmental changes. – *Chem. Geol.* 141, 141–152.
- BORGES, J. B., HUH, Y., MOON, S., NOH, H., 2008: Provenance and weathering control on river bed sediments of the eastern Tibetan Plateau and the Russian Far East. – *Chem. Geol.*, 254: 52–72.
- BOYNTON, W. V., 1984: Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. – In: Henderson, P. (ed): Rare Earth Element Geochemistry, 63–114. – Elsevier. Amsterdam.

- BUBÍK, M., SKUPIEN, P., ŠVÁBENICKÁ, L., 2008: Stratigrafie křídových pestrých oceánských vrstev karpatského flyše na Moravě. - *Geol. výzk. Mor. Slez. v roce 2007*, 46-52.
- CULLERS, R. L., 2002: Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo, CO, USA: *Chem. Geol.*, 191(4), 305-327.
- ELIÁŠ, M., 1999: Litostratigrafie a sedimentologie godulského souvrství s.s. v Moravskoslezských beskydech. - *Zprávy o geologických výzkumech v roce 1998*, 35-37.
- GÜRTLEROVÁ, P., 1997: Databáze analytických stanovení na mapách geochemické reaktivity hornin 1 : 50 000: Litogeochemická databáze České geologické služby, Praha.
- JANOUSEK, V., FARROW, C. M., ERBAN, V., 2006: Interpretation of whole-rock geochemical data in igneous geochemistry: Introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit). - *Journal of Petrology*, 47, 6, 1255-1259.
- JONES, B., MANNING, D. A. C., 1994: Comparison of geochemical indices used for the interpretation of palaeoredox conditions in ancient mudstones. - *Chem. Geol.* 111, 111-129.
- KREJČÍ, O., BALDÍK, V., BUBÍK, M., BURIÁNEK, D., FRANCŮ, J., GERŠL, M., GERŠLOVÁ, E. - GILÍKOVÁ, H. - HAVLÍN, A. - JANDERKOVÁ, J. - KAŠPÁREK, M. - KOCIÁNOVÁ, L. - KOLEJKA, V. - KONEČNÝ, F. - KREJČÍ, V. - KRUMLOVÁ, H., KRÝSTOFOVÁ, E., MÜLLER, P., NOVOTNÝ, R., NÝVLT, D., OTAVA, J., PECINA, V., PESL, V., SEDLÁČEK, J., SKÁCELOVÁ, D., ŠVÁBENICKÁ, L., TOMANOVÁ PETROVÁ, P., 2012: Vysvětlivky k základní geologické mapě České republiky 1 : 25 000 Jablůnka. - *MS, Česká geologická služba*, 155 s., Praha.
- NOVOTNÝ, R., BALDÍK, V., BUBÍK, M., BURIÁNEK, D., GERŠLOVÁ, E., JANDERKOVÁ, J., SEDLÁČEK, J., KOLEJKA, V., KRUMLOVÁ, H., MÜLLER, P., HAVLÍN, A., NOVÁKOVÁ, D., NÝVLT, D., OTAVA, J., PECINA, V., ŠVÁBENICKÁ, L., GILÍKOVÁ, H., BARÁK, P., KOCIÁNOVÁ, L., 2011: Vysvětlivky k základní geologické mapě České republiky 1 : 25 000, 25-142 Valašské Meziříčí. - *MS, Česká geologická služba*, 187 s., Praha.
- NOZAKI, Y., 2001: Rare earth elements and their isotopes. - Steele, J. H., Thorpe, S. A. and Turekian, K. K. (ed.), *Encyclopedia of Ocean Sciences*, 1.4, p. 2354-2366. Academic Press Inc., London.
- MENČÍK, E., PESL, V., 1955: O litologickém vývoji godulských vrstev v povodí Ostravice. - *Sbor. Ústř. Úst. geol.*, 21, Odd. geol., 1, 127-139. Praha.
- MENČÍK, E., ADAMOVÁ, M., DVOŘÁK, J., DUDEK, A., JETEL, J., JURKOVÁ, A., HANZLÍKOVÁ, E., HOUSA, V., PASLOVÁ, H., RYBÁŘOVÁ, L., ŠMÍD, B., ŠEBESTA, J., TYRÁČEK, J., VAŠÍČEK, Z., 1983: Geologie Moravskoslezských Beskyd a Podbeskydské pahorkatiny. - Ústř. Úst. geol. 304 str. Praha.
- ROSER, B. P., KORSCH, R. J., 1986: Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ and K₂O/Na₂O ratio. - *J. Geol.*, 94, 635-650.
- STRÁNÍK, Z., 1981: Lithofacies and correlation of the Menilitic Formation in the Carpathian Flysch Belt of Moravia. - *Zemní plyn a nafta*, 26, 1, 9-18. Hodonín.
- TAYLOR, S. R., MC LENNAN, S. M., 1985: The Continental crust: Its Composition and Evolution. - 312 Blackwell. Oxford.