

PARAGENETICKÁ CHARAKTERISTIKA ŽELEZITÝCH KONKRECIÍ Z LOKALITY „ZUKALŮV KOPEC“ NA KATASTRU OBCE MOKRÁ-HORÁKOV

PARAGENETIC CHARACTERIZATION OF FERRUGINOUS CONCRETIONS FROM THE LOCALITY
“ZUKALŮV KOPEC” IN THE CADASTRAL AREA OF MOKRÁ-HORÁKOV

BOHUSLAV FOJT, ANTONÍN PŘICHYSTAL

Abstract

Fojt, B., Přichystal, A. (2015): Paragenetická charakteristika železitých konkrecí z lokality „Zukalův kopec“ na katastru obce Mokrý-Horákov. – Acta Mus. Moraviae, Sci. geol., 100, 1, 61-68.

Paragenetic characterization of ferruginous concretions from the locality “Zukalův kopec” in the cadastral area of Mokrý-Horákov

Origin of limonite concretions at the locality Zukalův kopec near the village of Mokrý-Horákov is connected with an intensive weathering of the specific calcareous Podolí Formation, probably in the warm climate of the Tertiary. The concretions and ferricretes are formed by hydrated oxi-hydroxides of iron alternating with zones more or less rich in clastic components, i. e. especially in quartz and feldspars. The content of Fe_2O_3 is relatively high: about 50–60 weight %.

Angular sharp shape of clastic components and their mineralogical composition confirm our opinion that the process of ferruginization took place in situ or the concretions have been transported for only a short distance. High level of chemical alteration of original rock extraction is characterized by decreased content of lithophile elements in the limonite concretions. All these data testify for our explanation why the limonite concretions have been found just in the area of Zukalův kopec and not on other non-calcareous only siliciclastic Lower Carboniferous formations of the Drahaný Highland.

Key words: Fe-concretions, geology, mineralogy, geochemistry, Podolí Formation, Lower Carboniferous.

Bohuslav Fojt, Antonín Přichystal, Ústav geologických věd PřF MU Brno, Kotlářská 2, 611 37 Brno, (24-41 Brno)

ÚVOD

Studované vzorky byly získány sběrem rudních konkrecí P. Kosem i autory předložené stati na lokalitě, která se nachází na poli situovaném na vrcholové plošině Zukalova kopce v jižním výběžku katastru obce Mokrý-Horákov, severně od obce Podolí. Na základní mapě ČR 1 : 10 000 je místo označeno jako „Nová pole“ a na obr. 1 znázorněno červeným kolečkem. Konkrece je možné sbírat porůznu na poli po rozorávce, relativně největší koncentrace se soustřeďuje nad mírnou depresí uprostřed pole, která zřejmě reprezentuje původní pramen vytékající k jihu.

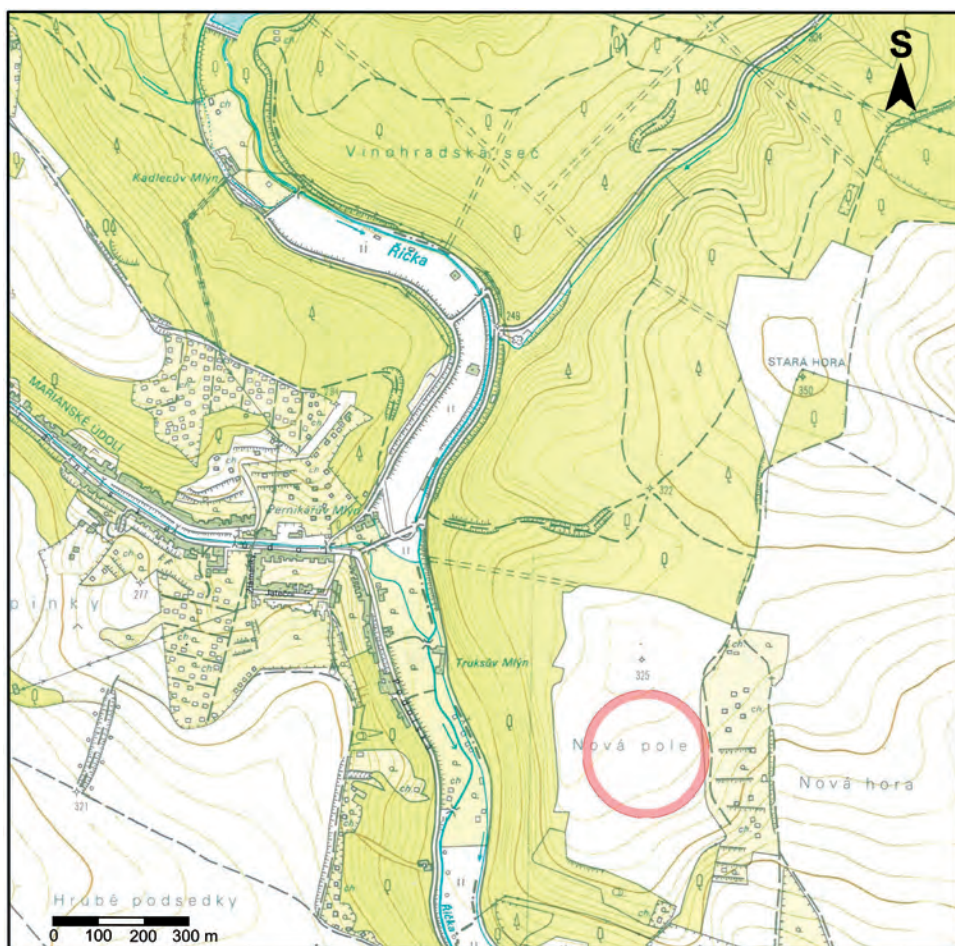
METODIKA

Z všech vzorků byly zhotoveny v brusírně ÚGV PřF MU mikroskopické preparáty (výbrusy, nábrusy, leštěné výbrusy). Chemické analýzy na mokré cestě zajistil P. Kadlec

v chemické laboratoři stejného pracoviště, analýzy vedlejších a stopových prvků byly pořízeny v kanadské laboratoři ACME, mikrosondové WDX analýzy provedil R. Škoda a P. Gadas na společném pracovišti mikroanalýzy ČGS a PřF MU na přístroji Cameca SX 100 R. Objekty byly analyzovány při urychlovacím napětí 15 kV a proudu 10 nA. Načtené hodnoty byly přepočítány automatickou korekcí PAP (POUCHOU a PICHOR 1985). Na tomtéž pracovišti byly pořízeny i mikrofotografie v odražených elektronech (BSE). XRD analýzy, včetně jejich vyhodnocení Rietveldovou metodou, zajistil v Ústavu stavebních hmot v Brně D. Všianský.

GEOLOGICKÉ PODLOŽÍ ZUKALOVA KOPCE

Horniny budující Zukalův kopec byly v posledních třiceti letech dvakrát předmětem geologického mapování do listu 24-413 Mokrá-Horákov v měřítku 1 : 25 000 (HLADIL, red.



Obr. 1. Místo odběru vzorků limonitových konkréci (červený kroužek). Výřez ze Základní mapy ČR 1 : 10 000, list 24-41-21.

Fig. 1. Studied area with occurrence of sampled Fe-concretions (red circle). A part of the Basic map of the Czech Republic 1 : 10 000, sheet 24-41-21.

et al. 1987, GILÍKOVÁ - HLADIL, eds. et al. 2010). V mapě z roku 1987 bylo území Zukalova kopce označeno za součást rozstáňského souvrství o stáří spodní karbon (visé): v západní části (především svah spadající do údolí Řičky a menší část vrcholové plošiny) jsou podle této mapy zastoupeny jílové břidlice a prachovce, východní část (většinu plošiny) pak pískovce, vápnité pískovce a droby. Ve vysvětlivkách (HLADIL, red. et al. 1987, 45) jsou navíc zmiňovány kromě pískovců s vápnitým tmelem i biomikritové vápence s křemenným pískem, které tvoří několik decimetrů mocné lavice mezi zmíněnými pískovci a břidlicemi. Pískovce jsou blíže charakterizovány jako vápnité litické droby až arkózy, méně jako křemenné pískovce.

Ve vysvětlivkách k mapě z roku 2010 (GILÍKOVÁ - HLADIL, eds. et al. 2010) jsou tyto specifické horniny již vyčleněny jako samostatné podolské souvrství, které tvoří na povrchu asi 800 m dlouhý a 300 m široký pruh severojižního průběhu v údolí Řičky a na Zukalově kopci. Autoři potvrzují, že souvrství obsahuje jak polohy biodetritických až biomikritových vápenců, tak i proměnlivě vápnitých křemenných nebo drobových pískovců. Z ultrastabilních těžkých minerálů je přítomen především oválný zirkon, dále turmalín a rutil. V této poslední mapě pak podolské souvrství tvoří podloží západního svahu a přiléhající části vrcholové plošiny Zukalova kopce, východní část by měla být budována droby myslejovickeho souvrství.

BLIŽŠÍ CHARAKTERISTIKA Fe-KONKRECÍ

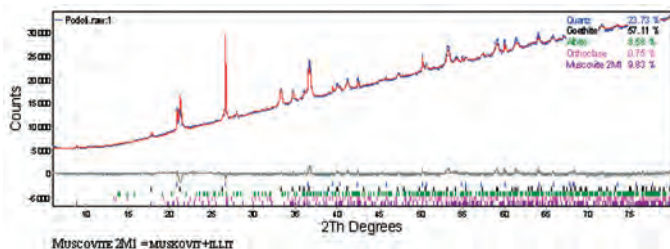
Velikost konkréci se pohybuje řádově v centimetrech, jsou protáhlé, většinou s dutinami po blíže neurčitelné, zcela zvětralé hornině, kolem které se koncentricky kumulovaly vrstvičky okrově hnědé až tmavohnědé oxidické Fe-fáze, zřetelně patrné na řezu (viz obr. 2). Některé dutiny bývají vyplněny sypkou limonitovou hmotou. Méně časté jsou krustovitě morfologické formy bez patrného zvrstvení, zcela ojediněle je matrice výrazně porézní, s chaotickým nahlučením oxidů železa.

Vzhledem k velmi jemnozrnnému vývinu základní hmoty konkréci i krust bylo nutné pro orientaci o minerálním složení využít výsledků XRD analýz. Rozpočtem Rietveldovou metodou (viz obr. 3) bylo zjištěno, že průměrný vzorek obsahuje převážně *goethit* (kolem 60 hmotn. %), dále *křemen* (kolem 25 hmotn. %), cca 10 hmotn. % živců a kolem 10 hmotn. % *slid* (včetně illitu).

V obraze BSE (zpětně odražené elektrony - viz obr. 4) lze dobře rozlišit partie s převahou limonitu (světlé části) od uzavřených ostrohranných nerudních klastických součás-



Obr. 2. Morfologie a vnitřní stavba limonitových konkréci - Velikost konkréci $\approx 4,5 \times 1,5$ cm.
Fig. 2. Morphology and internal structure of the limonite concretions - Dimension $\approx 4.5 \times 1.5$ cm.



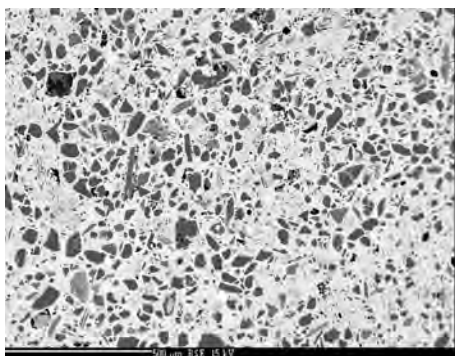
Obr. 3. XRD analýza limonitové konkrce (vzorek Pd-A) s rozpočtem mineralogického složení Rietveldovou metodou (D. Všianský).

Fig. 3. XRD analysis of limonite concretion (sample Pd-A) with an estimate of mineralogical composition using the Rietveld method (D. Všianský).

tek (odstíny šedé barvy), včetně útržků slídnatých hornin (protáhlé šedé formy) a zbytků fosilních rostlinných tkání. Velikost klastů nepřesahuje 150 μm – obr. 4. Hranice mezi proužky limonitu s další zónou je ostrá a charakterizuje ji nahloučení velmi jemné (jilové ?) matrice, opět s klasty nerudných komponent (obr. 5). Tato zóna pozvolna přechází do partií téměř masivního limonitu. Mezi nerudnými klastickými zrny výrazně převládá *křemen*, méně častými jsou živce – *albit* a *K-živce* o složení (v mol. %): 87,1–93,2 Or, 6,6–12,9 Ab a 0,0–0,2 Cn. Z akcesorií byl zjištěn *zirkon*, *xenotim* a *rutil*, zcela podřadně i autigenní *pyrit*.

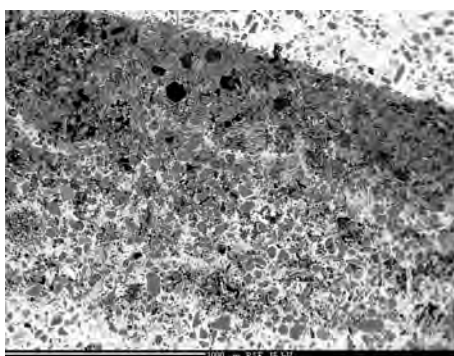
Makrochemismus limonitových konkrací je uveden v tab. 1. V souladu s mikroskopickým pozorováním je zřejmé, že masivnější kůrovité formy (viz tab. 1, analýza vzorku Pd-A) jsou bohatší na oxid železitý. Zastoupení alkalických prvků a hliníku souvisí s přítomností proměnlivého množství detritu – hlavně živců, a slíd. Malý podíl $\text{CaO} + \text{MgO}$ i celkového C spolu se zvýšeným zastoupením manganu a fosforu ukazuje na to, že zdrojem rudných konkrací nebyly vápence, ale jiné horniny – pravděpodobně břidlice. Totéž potvrzují i analýzy stopových prvků (tab. 2).

WDX analýzy limonitu konkrací (Pd-A) i masivnějších kůr (Pd-C) – viz tab. 3 – jsou ve shodě s XRD analýzami, podle jejichž výsledků je převládajícím oxihydroxidem daných minerálních asociací *goethit*. Odpovídají tomu zjištěné obsahy oxidu železitého (74,3 až 80,9 hmotn. %). Relativně zvýšené zastoupení oxidu křemičitého (1,9 až 4,6 hmotn. %) a hlinitého (0,7 až 3,5 hmotn. %) jde na vrub sorpčních schopností submikroskopického goethitu. Ten obsahuje teoreticky pouze 10,14 hmotn. % H_2O ; v daných analýzách však de-



Obr. 4. BSE obraz Fe-konkrce s nahloučeným limonitem (limonit – světlý, nerudní klasty – černé a odstíny šedé).

Fig. 4. BSE image of the limonite-rich Fe-concretion (white). Lithic clasts – black and grey hues.



Obr. 5. BSE obraz Fe-konkrce. Hranice mezi nahloučeným limonitem (bílý) a detritickou matricí (černé až šedé).

Fig. 5. BSE image of Fe-concretion. The border between accumulation of limonite (white) and lithic clasts (black to grey).

Tabulka 1. Chemické analýzy limonitových konkrecí ze Zukalova kopce (hm. %).

Table 1. Chemical analyses of the limonite concretions from Zukalův kopec (wt. %).

	Pd-A	Pd-B	Pd-C	Pd-D
H ₂ O -	n.a.	2,11	n.a.	1,04
H ₂ O +	n.a.	9,95	n.a.	4,70
SiO ₂	25,38	22,62	21,03	61,39
TiO ₂	0,28	0,09	0,22	0,08
Al ₂ O ₃	4,69	4,49	3,39	6,40
Fe ₂ O ₃	83,90	57,32	61,06	22,70
Cr ₂ O ₃	0,02	n.a.	0,01	n.a.
MgO	0,41	0,38	0,37	0,38
CaO	0,18	0,24	0,20	0,26
MnO	0,62	0,47	0,33	0,16
Na ₂ O	0,23	0,24	0,19	0,96
K ₂ O	0,94	0,94	0,70	1,42
P ₂ O ₅	0,92	1,42	0,85	0,56
S	<0,02	n.a.	<0,02	n.a.
CO ₂	n.a.	0,15	n.a.	0,156
Loi	12,3	n.a.	11,6	n.a.
Tot.	99,87	100,45	99,95	100,24

n.a. - nebylo analyzováno; not analyzed

Pd-A, Pd-C - ACMElabs Vancouver; Pd-B, Pd-D -PrF MU

Tabulka 2. Obsahy stopových prvků studovaných limonitových konkrecí (ppm; Au-ppb).

Table 2. Trace elements in the studied limonite concretions (ppm; Au-ppb).

	Ag	As	Au	Ba	Be	Bi	Cd	Co	Cs	Cu	Ga	Hg	Mo	Hf	Ni	Nb
Pd-A	< 0,1	231	1,7	348	5	1,0	1,0	31,9	2,5	34,2	5,3	0,12	6,9	3,4	130,0	5,0
Pd-C	< 0,1	26,5	< 0,5	144	2	0,4	0,4	0,4	2,1	11,2	3,9	0,04	2,1	3,2	46,3	3,4

	Pb	Rb	Sb	Sr	Se	Sc	Sn	Ta	Th	Tl	U	W	V	Zn	Zr	Y
Pd-A	20,23	42,6	1,9	35,6	1,0	10,0	3,0	0,4	4,9	0,2	5,8	2,8	125,0	120,0	124,3	23,7
Pd-C	14,0	30,9	0,4	32,1	0,8	5,0	< 1,0	0,2	4,3	< 0,1	3,7	0,8	49	42,0	108,8	15,9

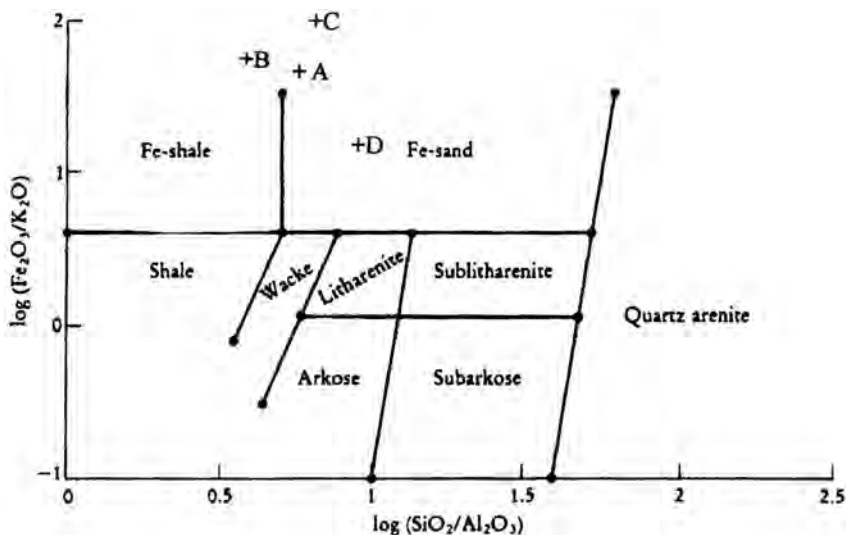
Tabulka 3. WDX analýzy limonitu konkrecí (Pd-A) a kůr (Pd-C) ze Zukalova kopce - hmotn. %.

Table 3. WDX limonite analyses of the concretions (Pd-A) and limonite crusts (Pd-C) - wt. %.

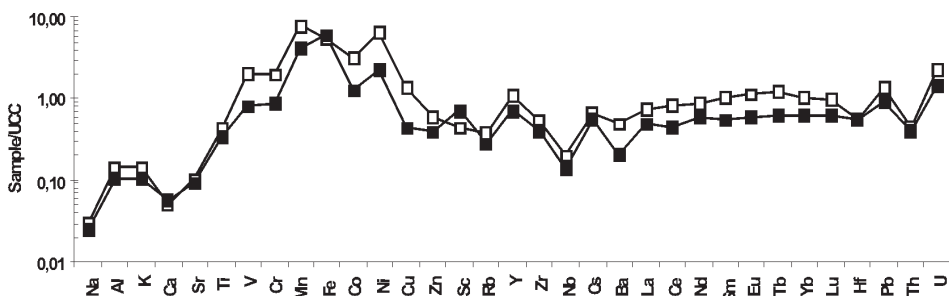
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	V ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	CaO	MnO	MgO	BaO	NiO	ZnO	K ₂ O	Na ₂ O	Σ
Pd-A1	4,60	0,08	2,37	75,57	0,00	0,00	0,2	0,28	0,27	0	0,03	0,05	0,2	0,06	83,73
Pd-A2	4,57	0,03	3,45	74,28	0,03	0,02	0,2	0,17	0,28	0	0,08	0,02	0,2	0,09	83,45
Pd-C1	2,14	0,02	0,88	80,78	0,01	0,01	0,20	0,27	0,14	n.a.	0,00	0,03	n.a.	n.a.	84,48
Pd-C2	1,88	0,04	0,69	80,92	0,04	0,02	0,2	0,39	0,30	n.a.	0,00	0,04	n.a.	n.a.	84,52

n.a. - nebylo analyzováno (not analyzed); anal R. Škoda and P. Gadas - PrF MU

ficit sumy analýz dosahuje cca 16 hmotn. %, což svědčí o jeho hydrataci - srovnatelné s hodnotami ztráty žiháním („Loi“) průměrných vzorků (tab. 1), které vedle limonitu obsahují i klastické příměsi. V Herronově klasifikačním diagramu terrigenních pískovců a břidlic (HERRON 1988) - obr. 6 - leží průměrné body analyzovaných vzorků, s výjimkou vzorku Pd-D, mimo vymezená pole při rozhraní „Fe-shale“/„Fe-sand“ (obr. 6).



Obr. 6. Pozice studovaných konkrecí v klasifikačním diagramu terestrických pískovců a břidlic (HERRON 1988).
 Fig. 6. Studied samples classified according to HERRON (1988).



Obr. 7. Mnohoprvkový diagram vzorků Pd-A (■) a Pd-C (□). Normalizace průměrným zastoupením prvků svrchní kontinentální kůry podle TAYLORA a MCLENNANA, (1985).
 Fig. 7. Spider diagram of the samples Pd-A (■) and Pd-C (□). Normalized by the average content of elements in the upper continental crust (according to TAYLOR, MCLENNAN 1985).

Tabulka 4. Obsahy vzácných zemin ve studovaných limonitových konkrecích (ppm).

Table 4. REE contents of the studied limonite concretions (ppm).

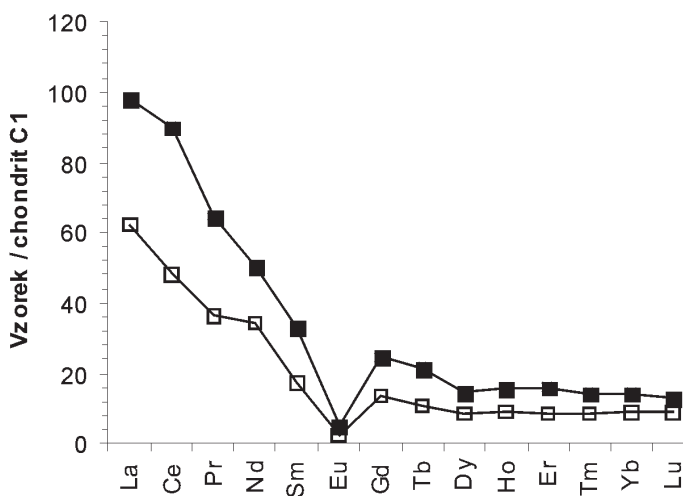
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Tot.
Pd-A	22,8	54,3	5,74	22,7	4,82	1,01	4,83	0,78	4,12	0,88	2,58	0,34	2,31	0,31	127,5
Pd-C	14,7	29,1	3,24	15,5	2,54	0,52	2,67	0,40	2,31	0,53	1,33	0,20	1,42	0,21	74,67

V mnohoprvkovém diagramu (obr. 7) je nápadný deficit prvků litofilních a obohacení tranzitními prvky skupiny železa, které je pro limonitové asociace typu „železitých pískovců“ běžné (viz např. NEHYBA, FOJT, 2002).

Obsahy lanthanidů (tab. 4) jsou nízké (75 a 128 ppm). Jejich zastoupení, jak vyplývá z průběhu křivek normalizovaných průměrnou svrchní kontinentální kůrou, je však rámcově shodné s průměrnými obsahy lanthanidů ve svrchní zemské kůře (TAYLOR, MCLENNAN,

Obr. 8. Obsahy vzácných zemin v limonitových konkrecích Pd-A (■) a Pd-C (□) normalizované chondritem C1 (podle ANDERSE a GREVESSEHO 1989).

Fig. 8. REE contents in the limonite concretions Pd-A (■) and Pd-C (□) normalized by the chondrite C1 (according to ANDERS, GREVESSE 1989).



1985). Křivky normalizované chondritem C1 (obr. 8) odrážejí rozdíly v množství detritických komponent – vyšší u koncentrovaných limonitových kůr (Pd-C), nižší u limonitových konkrecí (Pd-A). Obohacení lehkými lanthanidy (LREE) a typická europiová anomálie charakterizuje procesy chemické frakcionizace v prostředí mírně obohaceném o silné lanthanidy komplexující ligandy (hydroxidové či karbonátové aniony).

STRUČNÉ ZÁVĚRY

Geneze limonitových konkrecí z pole na Zukalově kopci souvisí s intenzivním chemickým zvětráváním, v tomto případě specifického podolského souvrství. Na něm se během supergenních procesů vytvořily konkrece se střídajícími se zónami oxihydroxidu železa s rozdílným podílem detritických nerudných komponent – hlavně křemene a méně i živců. Obsahy Fe_2O_3 jsou relativně vysoké (cca 50–60 hmotn. %).

Ostrohranný charakter klastů i mineralogické složení dovoluje vyslovit domněnku, že vznik konkrecí a krust souvisí s intenzivním chemickým zvětráváním, zřejmě v teplých obdobích třetihor. Obecně je známo, že k procesu proželeznění („ferruginization“) dochází za teplot kolem 50, maximálně 80 °C (MÜCKE 1994). Vysoký stupeň vyloučení hornin charakterizuje deficitní zastoupení litofilních prvků konkrecí. Zvětrávání podlely horniny podolského souvrství, a to buď přímo na místě, nebo prošly jen krátkým transportem. To je hlavní důvod, proč tyto konkrece oxihydroxidů železa známe právě ze Zukalova kopce, a nevytvořily se na ostatních, pouze siliciklastických spodnokarbonských souvrstvích.

POZNÁMKA

Studie byla vypracována s podporou a.s. Českomoravský cement Mokrý-Horákov. Druhý autor se na publikaci podílel v rámci institucionální podpory výzkumu 2222/315010.

LITERATURA

ANDERS, E., GREVESSE, N., 1989: Abundance of the elements: meteoric and solar. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 53, 197–214.

- GILÍKOVÁ, H., HLADIL, J., eds. *et al.* 2010: Vysvětlivky k základní geologické mapě ČR 1 : 25 000, list 24-413 Mokrá-Horákov. - *MS Česká geologická služba* Brno.
- HERRON, M. M. 1988: Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core. - *J. Sed. Petrol.*, 58, 820-829.
- HLADIL, J., red. *et al.* 1987: Vysvětlivky k základní geologické mapě ČR 1 : 25 000, 24-413 Mokrá-Horákov. - *MS Česká geologická služba* Brno.
- MÜCKE, A., 1994: Postdiagenetic ferruginization of sedimentary rocks (sandstones, oolitic ironstones, kaolinsand, bauxites) - including a comparative study of the reddening of red beds. - In: *Diagenesis, IV: Developments in Sedimentology 51* (K. H. Wolf and G. V. Chilingarian, eds.). Elsevier Science, Amsterdam.
- NEHYBA, S., FOJT, B. 2002: Železitě pískovce v neogenních sedimentech širšího okolí Moravských Budějovic na jihozápadní Moravě. - *Geol. výzk. Mor. Slez v r. 2001*, 36-39. Brno.
- POUCHOU, J., PICOIR, F., 1985: „PAP“ procedure for improved quantitative microanalysis. - *Microbeam Analysis*, 20: 104-105. London.
- TAYLOR, S. R., MCLENNAN, S. M. 1985: The continental crust: its composition and evolution. Blackwell, New York.