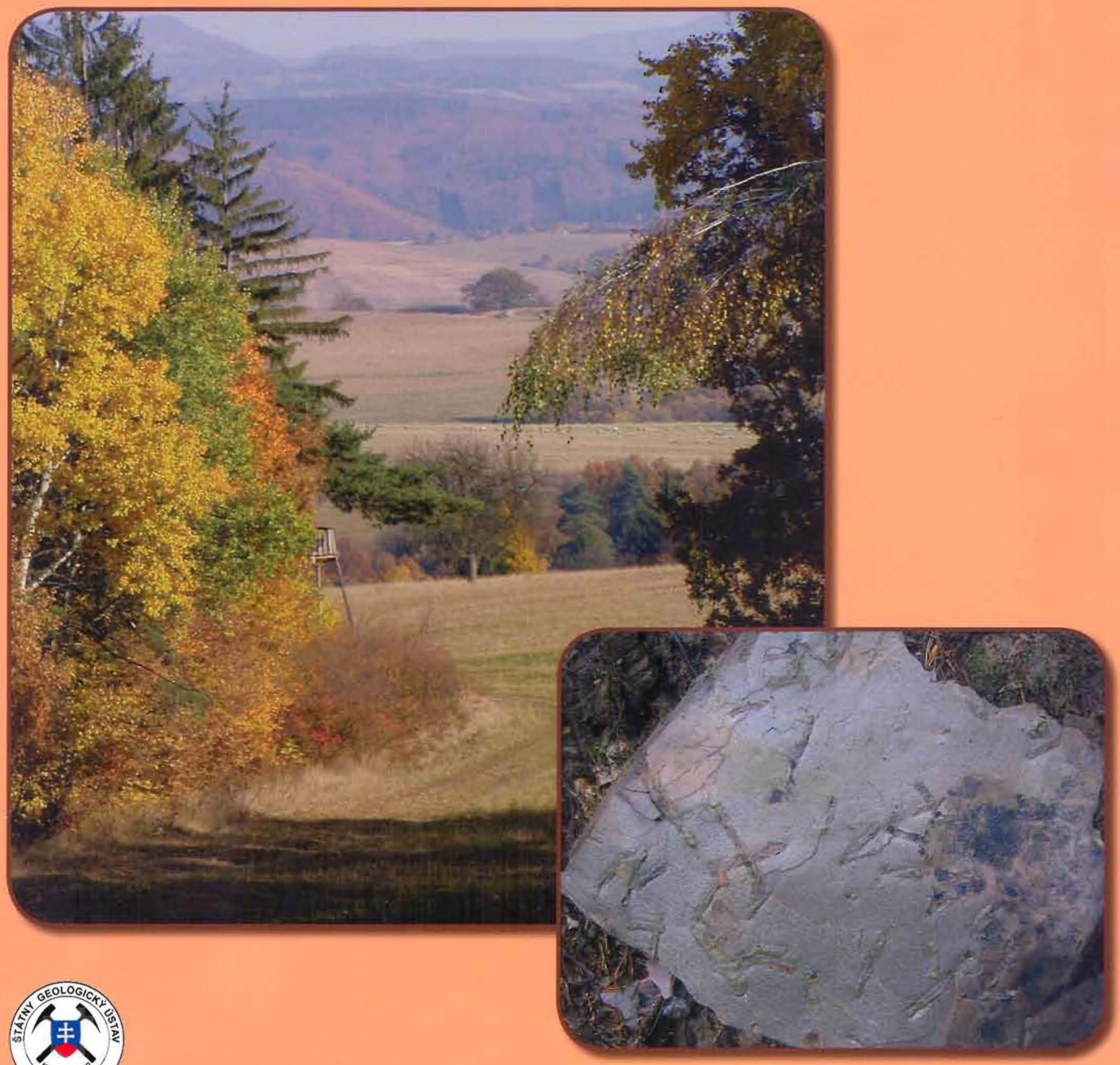
39/3/2007
ISSN 0369 - 2086

Mineralia Slovaca



Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava

Mineralia Slovaca

Časopis pre regionálnu a environmentálnu geológiu
a aktivity Slovenskej geologickej spoločnosti a geologických asociácií

Vedúci redaktor – Chief editor
ZOLTÁN NÉMETH
Štátny geologický ústav Dionýza Štúra
Regionálne centrum Košice
Jesenského 8, 040 01 Košice, Slovakia

REDAKČNÁ RADA – EDITORIAL BOARD

Predseda – Chairman
MICHAL KALIČIAK
Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava

VLADIMÍR BEZÁK, Štátny geologický ústav D. Štúra, Bratislava
MIROSLAV BIELIK, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava
JOZEF FRANZEN, Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava
JOZEF DANIEL, Uranpres, s. r. o., Spišská Nová Ves
PETER HANAS, Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava
DUŠAN HOVORKA, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava
PAVEL HVOŽĎARA, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava
JURAJ JANOČKO, Fakulta BERG, TU Košice
IVAN KRAUS, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava
JOZEF LANC, Senzor, spol. s r o., Bratislava
FRANTIŠEK MARKO, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava
JOZEF MICHALÍK, Geologický ústav SAV, Bratislava
ĽUBOMÍR PETRO, Štátny geologický ústav D. Štúra, Košice
MIROSLAV PERESZLÉNYI, Eurogeologic, a. s., Bratislava
MARTIN RADVANEC, Štátny geologický ústav D. Štúra, Sp. N. Ves
LADISLAV ŠIMON, Slovenská geologická spoločnosť, Bratislava
IGOR ROJKOVIČ, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava
JÁN SOTÁK, Geologický ústav SAV, Banská Bystrica

REDAKCIA – EDITORIAL STAFF

Vedúca redakcie – Managing editor
Gabriela Šipošová

Jazykoví redaktori – Lingual editors
Pavol Kušnír – Zoltán Németh

Technická redaktorka – Production editor
Alena Wolfová

Redaktorka – Editorial assistent
Mária Dryjová

Mineralia Slovaca (ISSN 0369-2086) vychádza štyrikrát ročne. Vydavateľ: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava. Spracované systémom DTP Apple Macintosh. Tlač: ALFAPRINT, Vladimír Čižmárik, Robotnícka 1, 036 01 Martin
Predplatné v roku 2007 pre jednotlivcov 238,- Sk, pre členov SGS a geologických asociácií 190,- Sk, pre organizácie 297,50 Sk. Cena jednotlivého čísla je 59,50 Sk, cena dvojčísla je 119,- Sk. Časopis možno objednať v redakcii a v knižnici regionálneho centra v Košiciach. Adresa redakcie: Štátny geologický ústav D. Štúra – RC Košice (Mineralia Slovaca), Jesenského 8, 040 01 Košice. Telefón: 055/625 00 46, fax: 055/625 00 44, e-mail: mineralia@gssr-ke.sk, e-mail knižnica: secretary@gssr-ke.sk

Mineralia Slovaca (ISSN 0369-2086) is published quarterly by the State Geological Institute of Dionýz Štúr Bratislava. Text was written, edited and composed on a DTP system using Apple Macintosh computers.
Subscription for 2007 calendar year: 92 USD including postage. Claims for nonreceipt of any issue will be filled gratis. Order send to Štátny geologický ústav D. Štúra – RC Košice (Mineralia Slovaca), Jesenského 8, 040 01 Košice, Slovakia or SLOVART – G.T.G., Krupinská 4, P. O. Box 152, 852 99 Bratislava. Phone: ++421/55/625 00 46, fax: ++421/55/625 00 44, e-mail mineralia@gssr-ke.sk, e-mail to library: secretary@gssr-ke.sk.

© Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava

Olšavský, M. & Šimo, V.
***Diplocraterion* – výrazná ichnofaciálna črta spodnotriasových súvrství Západných Karpát**
Diplocraterion – conspicuous ichnofacies feature of the Lower Triassic formations in the Western Carpathians 173

Bačík, P. & Uher, P.
Minerály turmalínovej skupiny z redeponovaných turmalinitov v spodnotriasových kremencoch tatrika – chemické zloženie a petrogenetický význam
Tourmaline group minerals from redeposited tourmalinites in Lower Triassic quartzites of Tatric Unit, Western Carpathians: Composition and petrogenetic significance 185

Mikuš, T. & Chovan, M.
Retgersit z Čiernej Lehoty (Strážovské vrchy)
Retgersite from Čierna Lehota (Strážovské vrchy Mts.) 197

Moravanský, D. & Orvošová, M.
Súčasný stav poznatkov o mineráloch jaskýň Slovenska
The recent knowledge about the cave minerals of Slovakia 203

Jeleň, S., Križáni, I. & Andráš, P.
Úloha mineralógie pri úpravníckych postupoch spracúvania drahokovových rúd a minimalizácia rizík
The role of the mineralogy in ore-processing of precious metal ores and risk minimization 217

Bodiš, D.
Návrh stanovovania pozaďových a prahových hodnôt v podzemnej vode
Proposal for estimation of background and threshold values in groundwater 225

Andráš, P.
Zdroje zlata v starovekom Egypte
Gold sources of the ancient Egypt 235

OBÁLKA. Pohľad západným smerom z lokality Hrabová (medzi Vlkanovou a Dolnou Mičinou). Mierny reliéf budovaný horninami spodného triasu drienockého príkrovu je prekrytý neogénnou vulkanickosedimentárnou a pliocénnou štrkovou formáciou. Na pozadí reliéf budovaný mezozoikom severného veporika. Foto: M. Olšavský. DETAIL: Vzorka z lokality Hrabová. Charakteristický tvar ichnofosílie *Diplocraterion* na vrstvovej ploche hnedočervenej sľudnatej droby (spodný trias drienockého príkrovu). Výška vzorky 23 cm. Foto: V. Šimo

COVER: View westward from the locality Hrabová (between Vlkanová and Dolná Mičiná villages). Moderate relief built with Lower Triassic rocks of the Drienok nappe is covered with neogene volcanosedimentary and Pliocene gravel formations. The relief in the background is built with Mesozoic sequences of the northern Veporicum. Photo: M. Olšavský. DETAIL: Representative sample from the locality Hrabová. Characteristic shape of the ichnofossil *Diplocraterion* of the bed plane of brown-red micaceous greywacke (Lower Triassic of the Drienok nappe). Vertical size of the sample is 23 cm. Photo: V. Šimo

Vass, D. & Dzúrik, J.
Lučenská kotlina – nová perspektívna oblasť s geotermálnymi vodami
Lučenská kotlina Depression: New perspective area with geothermal water 243

Tabak, J.
Rašelina a možnosti jej využívania
Peat and possibilities of its application 247

ERRÁTA 253

GEOvestník

Mineralia Slovaca, 39 (2007), 173–184

Diplocraterion – výrazná ichnofaciálna črta spodnotriasových súvrství Západných Karpát

MÁRIO OLŠAVSKÝ[1] a VLADIMÍR ŠIMO[2]

[1]Štátny geologický ústav D. Štúra, Kynceľovská 10, 974 01 Banská Bystrica; olsavsky@gssrbb.sk
[2]Geologický ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 840 05 Bratislava; vladimir.simo@savba.sk

***Diplocraterion* – conspicuous ichnofacies feature of the Lower Triassic formations in the Western Carpathians**

The Lower Triassic succession of Tatricum, Hronicum and Silicicum s. l. units contain a lot of comparable sedimentological and ichnological features. The trace fossils associations from the upper part of Lúžna and Benkovo Formation as well as transition Bodvaszilas/Szin Member include dominant ichnogenera *Diplocraterion*. Assemblages of trace fossils comprise commonly *Diplocraterion parallelum, Arenicolites, Skolithos* and other unknown trace fossils occur in several cases. This low ichnodiversity was caused by limited paleoecological conditions represented by shallow-water sedimentological environment accompanied with gradual base level changes in process of transgression. In general this occurrence is fixed on typical lithofacies represented by heterolithic bedding (alternating sand and mud). The sedimentological (wavy and lenticular bedding, less frequently flaser bedding) and ichnological features allow to suggest that this trace fossil assemblages originated in shallow marine intertidal/subtidal environment being defined by the Skolithos ichnofacies. The ichnological features described from the Lower Triassic successions of Western Carpathians were related to global step by step reappearring of characteristic trace fossils in stratigraphic record of the Tethyan realm.

Key words: Lower Triassic, *Diplocraterion*, Skolithos ichnofacies, heterolithic bedding

Úvod

V poslednom období sa pri geologickom mapovaní spodnotriasových súvrství nachádzal a zbieral aj ichnologický materiál, a preto sme sa rozhodli zaoberať sa ním podrobnejšie.

Nálezy fosílnych stôp sa u nás – okrem výnimiek – nepokladali za predmet hodný štúdia. Takmer všetky práce o spodnotriasových sedimentoch sa z ichnologického pohľadu obmedzovali na informácie o bioturbačných prejavoch v jemnozrnných polohách. Medzi prvých autorov, ktorí sa tejto problematiky dotkli, patrí Koutek (1931, s. 456), ktorý z tatrika (Nízke Tatry, Liptovská Lúžna) z tzv. prechodných vrstiev (1. bazálne kvarcity, 2. prechodné vrstvy, 3. verfénske vrstvy) uviedol „hieroglyfy a fukoidy". „Hieroglyfy" z vyššej časti spodného triasu podobne opísal Passendorfer (1951, Reg. geol. Polski I). Andrusov (1959, zv. 2, s. 23) uviedol z tatrika „na povrchu lavíc pieskovcov málo výrazné hieroglyfy nezisteného pôvodu" a v bridliciach prítomnosť rúročiek po červoch. Fejdiová (1980, s. 99; 1985, s. 146 a 148) z tzv. tretieho člena lúžňanského súvrstvia opísala „rôzne stopy po činnosti organizmov" – bioturbácie, napr. stopy po lezení, vŕtaní a požieraní sedimentu.

Náš prvý nález je z drienockého príkrovu (na V od Vlkanovej), kde sme lokalizovali množstvo ichnofosílií patriacich ichnorodu *Diplocraterion*. Podobný typ ichnostavby sa zistil aj v spodnotriasových sukcesiách hronika a tatrika.

Geologická pozícia

Všetky výskyty fosílnych stôp sú vo vyššej časti klastického vývoja spodného triasu a takmer vždy asociujú s jemnozrnnejšími sedimentmi pestrých farieb. V sekvenciách vyšších štruktúrnych jednotiek (silicikum s. l., hronikum), kde sa v najvyššej časti spodného triasu vyvinuli aj karbonáty („kampil"), sa pozorovali aj bioturbačné prejavy, no nie sú predmetom tohto príspevku.

Tatrikum

Lokality sa nachádzajú 2,5 km na SSV od Balážov (na pravej strane doliny Marková) a na J od Donovál (na JV od kóty Hrubý vrch, 1169 m n. m., Skorušiny). Spodný trias (lúžňanské súvrstvie) zastupuje lavicovitá svetlosivá arkóza/subarkóza s častými prúdovými textúrami, ako je korytovo-krížové a šikmé zvrstvenie, ako aj paralelná laminácia. Medzi lavicami tabulárnej, často šošovkovitej geometrie hrubými 10–50 cm sa zachovali tenké polohy (spravidla mm – cm) zelenkastého jemnozrnného pieskovca. Vo vrchnej časti lúžňanského súvrstvia pribúda pestrofarebná bridlica. Bioturbáty sa lokalizovali v horizonte tzv. verfénskych bridlíc (verfénske vrstvy sensu Bujnovský in Biely a Bezák et al., 1997) reprezentujúcich vyššiu časť spodného triasu tatrika („tretí člen" sensu Fejdiová, 1985; „prechodné vrstvy" sensu Koutek, 1931). Ide o charakteristické striedanie arkózy a pestrého hnedočervenofialového jemnozrnného pies-

kovca/prachovca s klastickou sľudou. Asociujú v nich asymetrické čeriny, bahenné praskliny, erózne rozmyvy v podobe ílovcových intraklastov a bioturbačné prejavy.

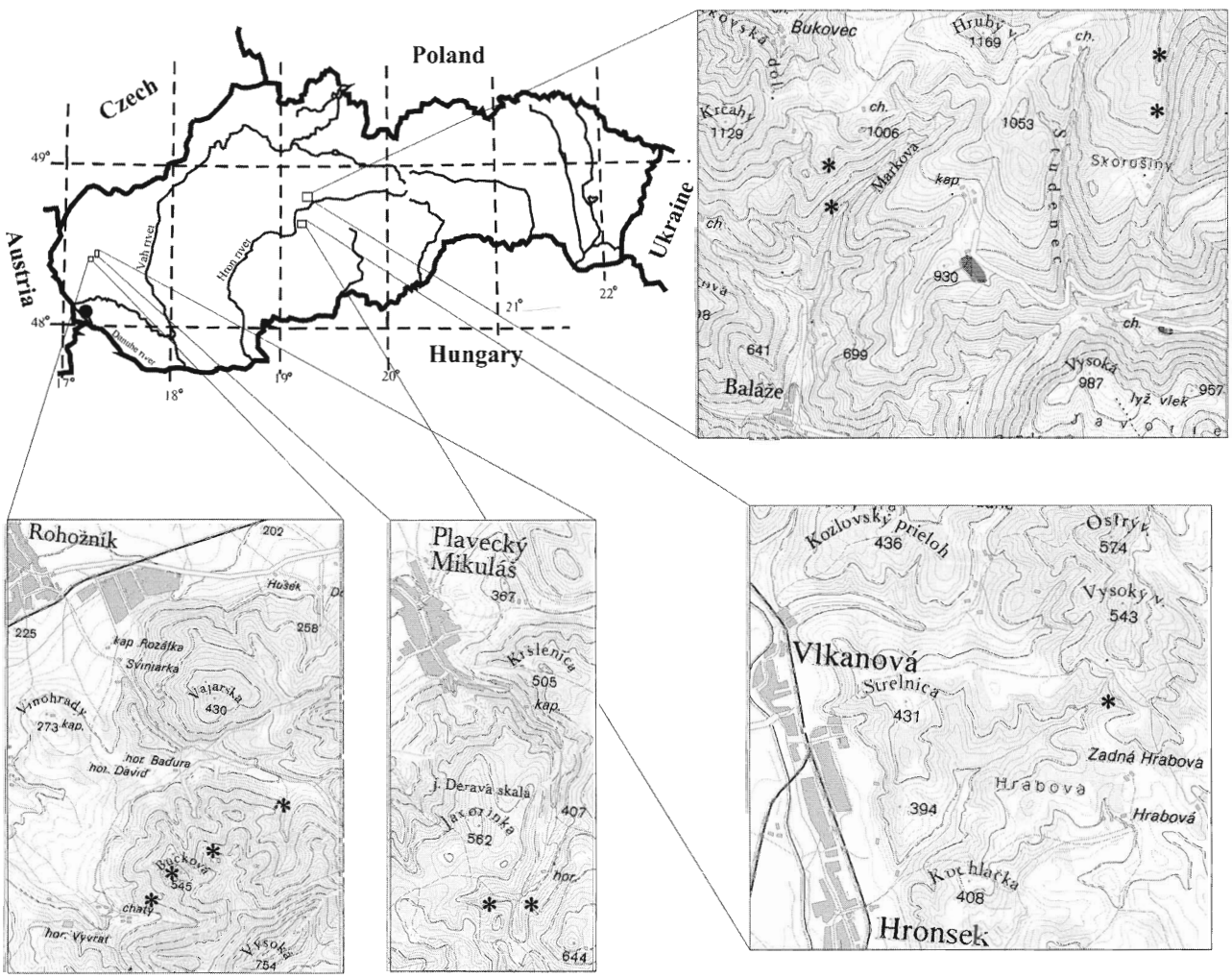
Hronikum

Ichnofosílie sa v hroniku zistili na niekoľkých lokalitách v nadloží benkovského súvrstvia. Na Horehroní na S od Podbrezovej (osada Bruchačka) sa našli v úlomkoch červenohnedej bridlice vedľa štátnej cesty smerom na Hornú Lehotu. Ďalšia lokalita je na sv. svahoch Nízkych Tatier (pravá strana doliny Čierneho Váhu, lokalita Rovienky), kde sa v tektonickej spodnotriasovej šupine na báze hronika identifikovali charakteristické bioturbačné prejavy. V benkovskom súvrství (resp. v jeho nadloží) Nízkych Tatier sa ichnofosílie doteraz dôsledne nehľadali, ale ich bohatý výskyt sa predpokladá. Takmer identické ichnofácie s ichnofosíliami sa vyskytujú v Malých Karpatoch na JV od Rohožníka, a to v okolí kóty Bučková (545 m n. m.), Zámok (559 m n. m.) a na ľavej strane Rohožníckeho potoka. Spodný trias sa tam skladá z nasledujúcich sekvencií.

1. Najspodnejšie sú lavicovité až šošovkovité polohy drobnozrnného zlepenca až arkózového pieskovca bez bridličnatých polôh hrubé 20–50 cm. Túto sekvenciu spodnotriasových sedimentov pokladáme za analóg benkovského súvrstvia sv. svahov Nízkych Tatier (Biely in Andrusov a Samuel et al., 1985).

2. Vyššie pribúdajú farebne pestrejšie sedimenty s príznačnými textúrami. Typické sú veľmi jemné planparalelné laminácie so striedaním svetločervených až hnedočervených lamín, šikmé zvrstvenie aj nízkoškálového charakteru *(small scale cross-stratification)*, korytovo-krížové zvrstvenie, ílovcové intraklasty, najmä na báze vrstiev, ale aj uprostred lavíc hrubých 5–20 cm, prúdové stopy a asymetrické čeriny. Polohy bridlice sa vyskytujú len ojedinele a ichnofosílie sú pomerne zriedkavé. Celá sekvencia môže byť hrubá približne 30–40 m.

3. Nad predchádzajúcou sekvenciou sa kontinuálne vyvinul pestrý horizont reprezentovaný striedaním arkózových/subarkózových lavíc ružovkastej až červenohnedej farby s vložkami – ojedinele aj s polohami hrubými okolo 50 cm – červenohnedej bridlice. Podobne ako v predchá-



Obr. 1. Situačná mapka skúmaných lokalít (* lokality výskytu ichnofosílií)
Fig. 1. Location of study areas (* trace fossils localities)

dzajúcej aj v tejto sekvencii je textúrnym prvkom laminácia, šikmé a krížové zvrstvenie, čeriny a erózny rozmyv. Charakteristickým znakom sú hojné ichnofosílie s kolmým priebehom na vrstvovitosť arkózových lavíc. Horizont s hojnými stopami môže byť hrubý okolo 10–20 m.

4. V nadloží horizontu je poloha (do 10 m) sivobielej strednojemnozrnnej subarkózy až kremenca s typickým tenkolavičkovitým zvrstvením (1–3 cm), lokálne usporiadaných do osobitných dunovitých útvarov pripomínajúcich vertikálne akreované symetrické čeriny z rozostupom 17 cm.

5. Vyššie sa znovu objavujú pestrofarebné sedimenty s charakteristikami predposledne opísaného horizontu a s ichnofosíliami. Ani ich hrúbka neprekračuje 10 m. S litologickými varietami šuňavského súvrstvia sa úplne zhodujú až nadložné sedimenty – béžová arkóza s vápnitou prímesou, zelenkastý slieňovec a okrový prachovec s makrofaunou.

Silicikum s. l.

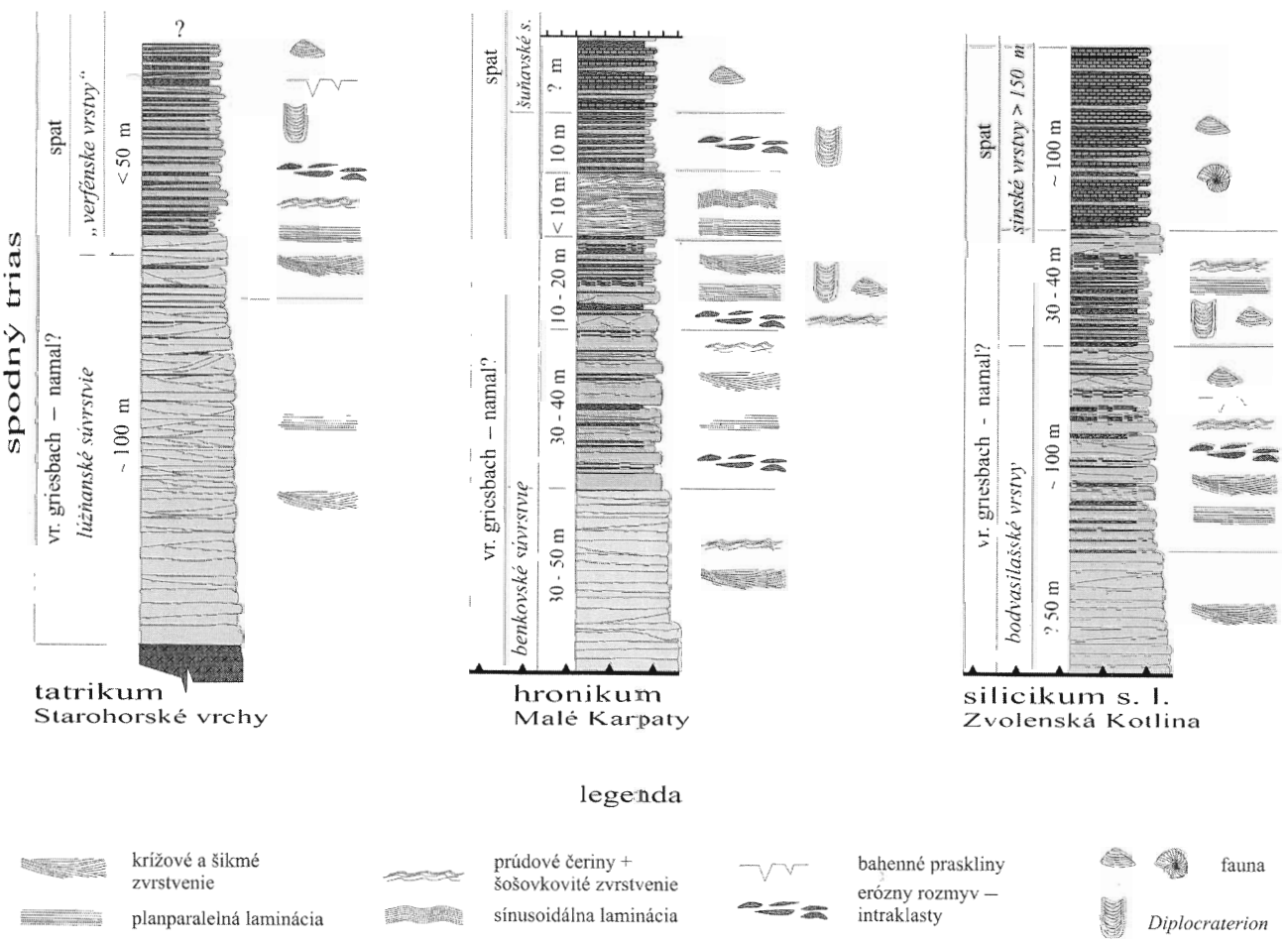
Poznámka: Nateraz pokladáme za korektné používať termín silicikum sensu lato, pretože Havrila podľa tektonickej pozície a litofaciálneho obsahu (in Mello et al., 2000, s. 189–194) spochybnil silickú tektonickú príslušnosť sensu stricto vernárskeho, časti muránskeho, ako aj drienockého príkrovu. S týmto názorom sa stotožňujeme aj na základe našich poznatkov z vývoja spodného triasu hronika na Horehroní v porovnaní s drienockým príkrovom.

Študovaná lokalita je na západných svahoch Zvolenskej vrchoviny 1,5 km na SV od kóty Kochlačka (408 m n. m.) v zárezoch záveru bezmennej dolinky (lokalita Dubník, 400 m n. m.) smeru SV–JZ vyúsťujúcej do Hronseka. Fosílne stopy sa našli v spodnom triase drienockého príkrovu, ktorý je v skúmanej oblasti najvyššou alochtónnou tektonickou jednotkou.

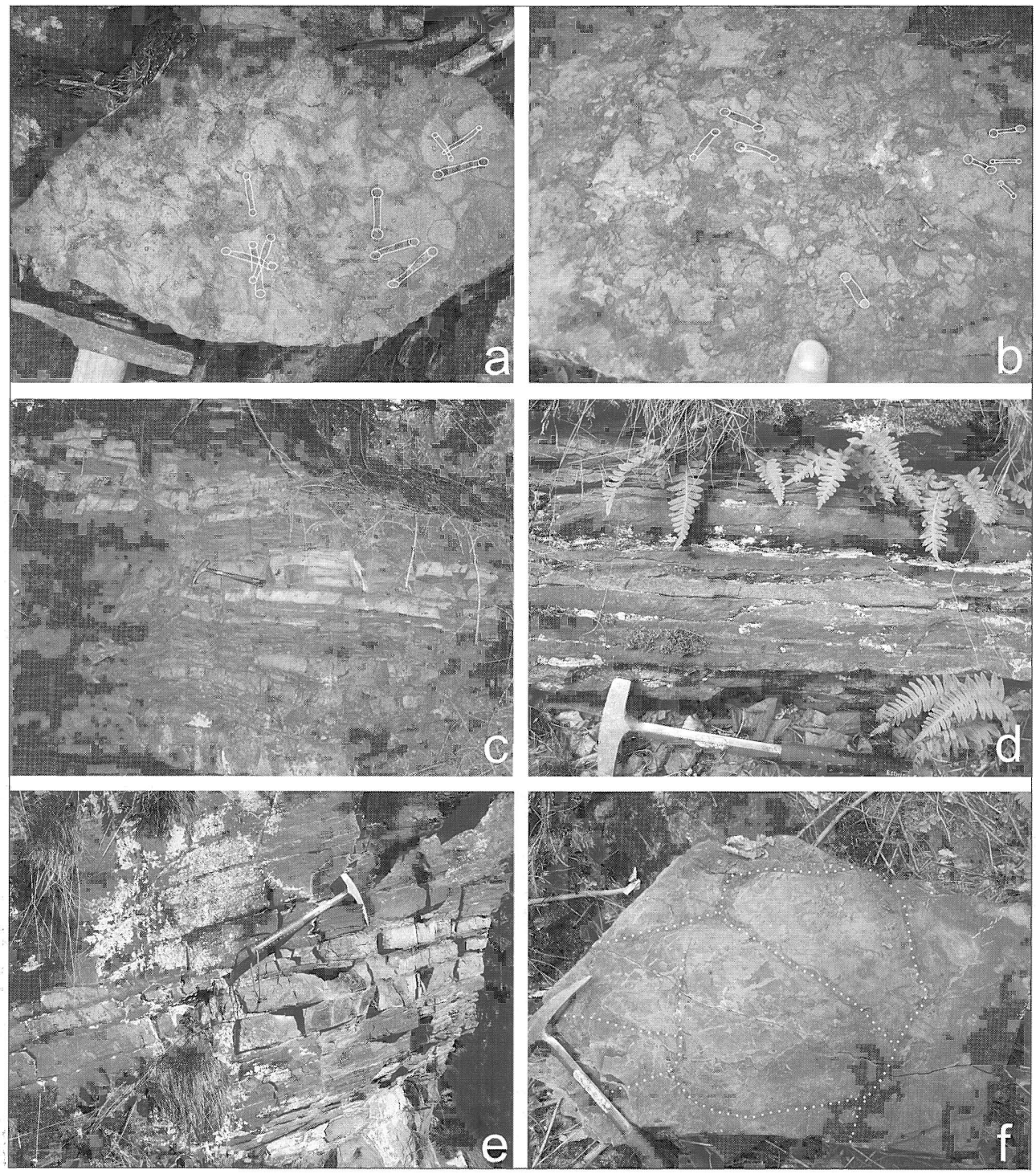
Exaktný vertikálny profil z priestoru medzi Vlkanovou a Hornou/Dolnou Mičinou cez spodnotriasové bodvaszilašské vrstvy sa pre zlomovú tektoniku a nedostatočnú odkrytosť tvorí ťažko, ale možno konštatovať, že má (podobne ako v prípade spodného triasu hronika) znaky polysekvenčného vývoja.

1. Ako bazálny resp. najspodnejší známy sediment drienockého príkrovu sa prejavuje hrubozrnná arkóza béžovej farby s hrúbkou lavíc cca 12–20 cm.

2. V nadloží lavíc je horizont s charakteristickými sedimentologickými znakmi. Ide o striedanie polôh lavicovi-

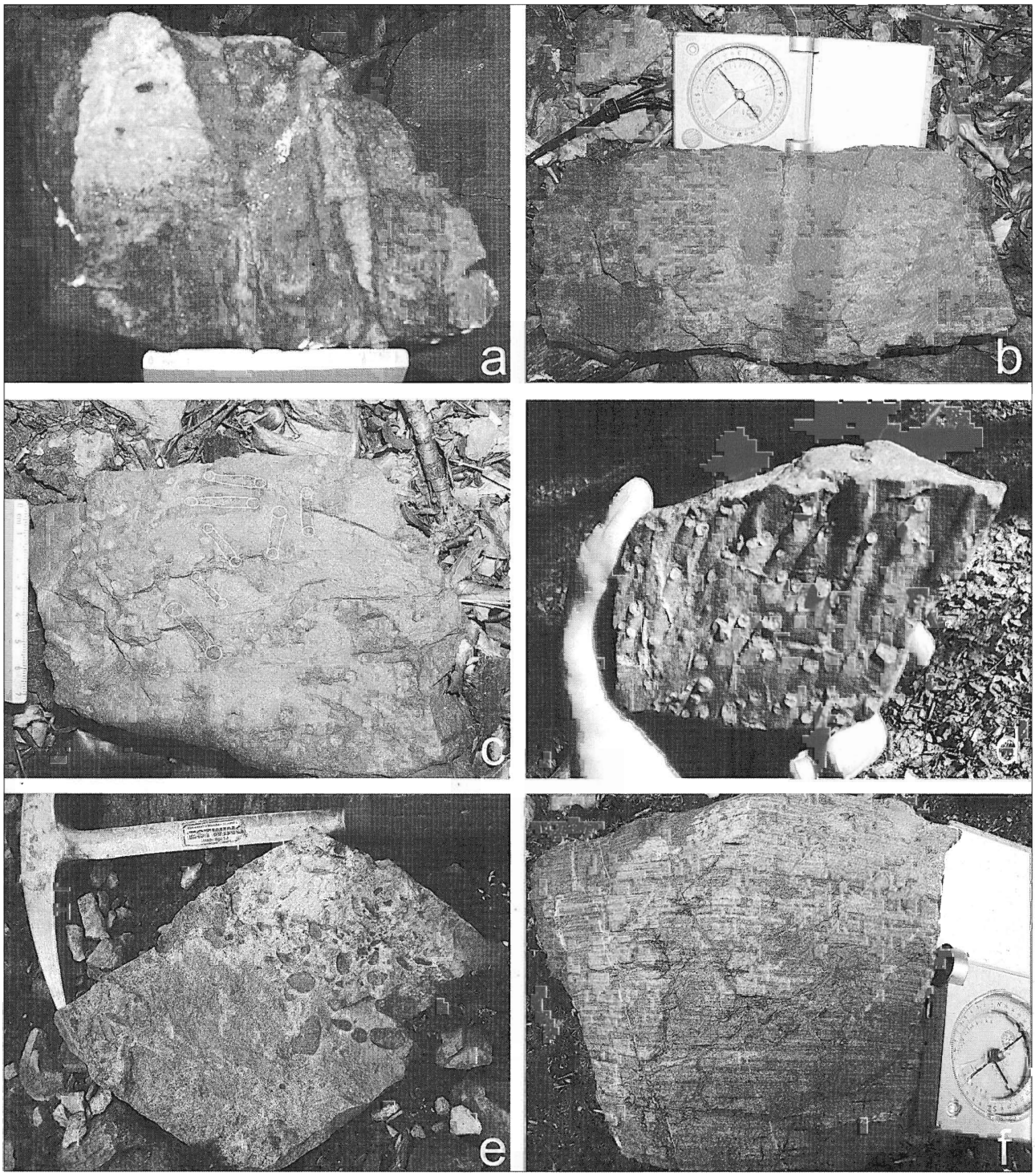


Obr. 2. Schematické litostratigrafické profily spodného triasu zobrazujúce situáciu na študovaných lokalitách.
Fig. 2. Schematic lithostratigraphic profiles of the Lower Triassic from studied localities.



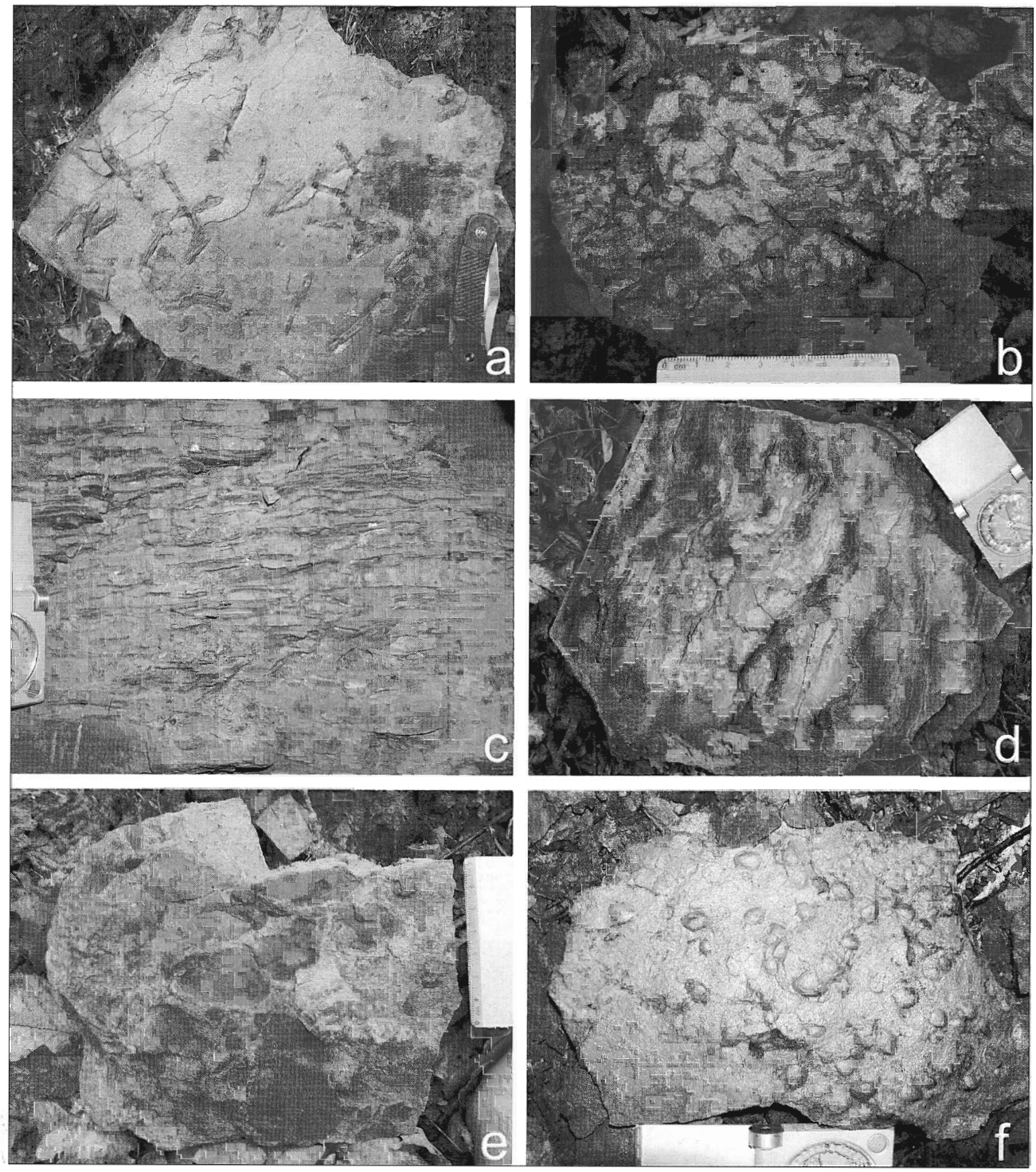
Obr. 3. Tatrikum, „verfénske vrstvy": **a + b** – „činkovité" útvary – ichnofosílie *Diplocraterion* v jemnozrnnom pieskovci verfénskych vrstiev, **c** – heterolitické zvrstvenie reprezentované striedaním šošovkovitých telies subarkózy a jemnozrnného pieskovca/prachovca (v strede obrázka ako mierka je geologické kladivo), **d** – šošovkovité zvrstvenie (v strede obrázka je viditeľná hrubozrnnejšia čerinovo zvrstvená poloha – arkóza, **e** – heterolitické zvrstvenie (vo vrchnej časti obrázka je masívnejšia poloha hnedočerveného jemnozrnného pieskovca), **f** – sieť bahenných prasklín v pestrom jemnozrnnom pieskovci s klastickou sľudou.

Fig. 3. Tatricum, "Werfen Beds": **a + b** – "barbells" shape – *Diplocraterion* trace fossil in fine-grained sandstone, **c** – heterolithic bedding represented by alternating of subarkose lenticular bodies and fine-grained sandstone/siltstone (hammer for scale is in the center of picture), **d** – lenticular bedding (coarse-grained ripple bedded layer in the center of picture), **e** – heterolithic bedding (massive bed of the red-violet color fine-grained sandstone in the upper part of the figure), **f** – desiccation cracks in the variegated fine-grained sandstone with detrital mica.



Obr. 4. Hronikum, nadložná časť benkovského súvrstvia: **a + b** – U štruktúry ichnofosílie *Diplocraterion* vo vertikálnom reze. Na obr. **a** sú dva exempláre a v jeho pravej časti jasne rozlíšiteľná „spreite" laminácia medzi paralelnými ramenami ichnofosílie. Dva jedince sú aj na obr. **b**. Na vzorke sú slabo viditeľné známky krížového zvrstvenia, **c** – ichnofosília *Diplocraterion* na vrstvovej ploche. Zreteľne sú viditeľné dva kruhové prierezy so spojkou „spreite" laminácie, **d** – neznáma ichnofosília na vrstvovej ploche so známkami prúdenia, **e** – roj ílovcových intraklastov na bazálnej ploche arkózovej lavice, **f** – planparalelná laminácia (striedanie piesčitej a prachovcovej frakcie).

Fig. 4. Hronicum, superincumbent part of the Benkovo Formation: **a + b** – U shape structure, *Diplocraterion* in vertical section. **a** – Two individuals with clear spreite lamination between two parallel tubes. **b** – Two individuals with faint cross-bedding on the slab. **c** – *Diplocraterion* on the bed surface. Two circular sections with spreite. **d** – unknown trace fossil with noticeable current structure on the bed surface, **e** – basal part of arkosic bed with rounded intraclasts (mud chips), **f** – planparallel lamination (alternating sandstone without and with clay component).



Obr. 5. Silicikum s. l., rozhranie bodvaszilašských a sinských vrstiev: **a + b** – ichnofosílie *Diplocraterion* na vrstvových plochách hnedej sľudnatej droby, **c** – šošovkovité zvrstvenie, intímne striedanie hrubozrnnejších čerinových lavičiek a medzivrstiev prachovca *(wave-generated ripples)*, **d** – vrstvová plocha lavice s čerinami, **e** – produkt erózneho rozmyvu jemnozrnnej polohy červeného prachovca situovaný na báze hrubozrnnej arkózy bodvaszilašských vrstiev, **f** – schránky lastúrnikov *Myophoria* sp. na vrstvovej ploche hnedej droby.

Fig. 5. Silicicum s. l., transition between Bodvaszilas and Szin Fm.: **a + b** – *Diplocraterion* on the bed surface, reddish-brown wacke with admixture of mica, **c** – lenticular and wavy bedding, soft alternating ripple beds with mud layers, **d** – asymmetric ripples on bed surface, **e** – result of the erosive washing, coarse-grained arkose from Bodvaszilas Fm., **f** – shell concentration on the bed surface of the brown colour wacke, *Myophoria* sp.

tozvrstvenej až tenkodoštičkovitozvrstvenej strednojemnozrnnej arkózy prevažne svetlejších odtieňov miestami so zachovanými polohami červenohnedej bridlice (prachovca). Typické sú roje prachovcových závalkov v arkóze, čeriny, laminácie a bahenné praskliny. Vzácne sa nachádzali aj nejasné odtlačky schránok mäkkýšov.

3. Priame pokračovanie do nadložia z odkryvov sa nepozorovalo, ale so vzájomnej pozície predpokladáme, že je ním práve „ichnohorizont" hrubý cca 30–50 m, ktorý črtami nezodpovedá typickým bodvaszilašským vrstvám s hlavným zastúpením sedimentov arkózového zloženia. V tejto stratigrafickej úrovni nie sú karbonáty s piesčitou prímesou či skôr striedanie karbonátových lavíc a ílovca, ktoré je typické pre nadložné sinské vrstvy v bezprostrednom nadloží. Horizont je reprezentovaný intímnym striedaním lavičiek čerinovo zvrstvenej jemnozrnnej arkózy a hnedých až hnedočervených vrstvičiek ílovcovo-prachovcového zloženia. Medzi najtypickejšie textúrne znaky patrí vlnovité šošovkovité až mazdrovité zvrstvenie, časté sú čeriny a hojné ichnofosílie na povrchu vrstiev s lokálnymi akumuláciami schránok lastúrnikov (*Myophoria* sp., *Anodontophora* sp.). V najvrchnejšej odkrytej časti je opäť hrubolavicovitá arkóza odkrytá v hrúbke len asi 1,5 m, pričom vyššiu časť prekrýva hlinitá sutina, v ktorej sa objavujú prvé úlomky karbonátového pieskovca sinských vrstiev.

Systematická časť

Diplocraterion parallelum TORELL, 1870

Opis: Fosílna stopa v tvare vertikálne až subvertikálne orientovanej U-trubice. Medzi jej ramenami je prepracovaný sediment v podobe „spreite" lamín (Fürsich, 1974). „Spreite" laminácia je biogénna sedimentárna štruktúra vznikajúca po aktívnej činnosti tvorcu stopy (pozri Bromley, 1996). Fosílna stopa bola pôvodne pomenovaná podľa dvoch lievikovitých otvorov U štruktúry vyúsťujúcich na povrch (pozri obr. 6). Ichnorod *Diplocraterion* je zväčša pozorovateľný na vrchných alebo spodných vrstvových plochách v podobe dvoch krokov (otvorov) U-štruktúry spojených „spreite" lamináciou (sú to chodbičky vyúsťujúce na povrch; pozri obr. 5a, b a 6b) vyplnené hrubozrnnejším sedimentom ako okolitý sediment. Na vrstvových plochách vyvetráva pozitívne alebo negatívne. Priemer otvorov je od 1,5 do 6 mm a vzdialenosť medzi chodbami 5–50 mm. Maximálna hĺbka 130 mm sa namerala na malokarpatských vzorkách. Na spodných vrstvových plochách sú často pozorovateľné bázy fosílnej stopy ako hypichniálne vystupujúce pozdĺžne hrbolčeky paralelné s vrstvovitosťou, ktorých veľkosť závisí od veľkosti stopy a miery odkrytia bazálnej časti stopy. Plný reliéf ichnofosílie, ktorý zobrazuje celkový náhľad na tvar fosílnej stopy, je pomerne zriedkavý. Ichnorod *Diplocraterion* vo fosílnom zázname s dvoma lievikovitými otvormi nebýva bežný, lebo povrchová časť substrátu je vo väčšine prípadov oderodovaná, a preto sa forma dvoch vyúsťujúcich lievikovitých otvorov U-štruktúry zachováva zriedka (Bertling et al., 2006). Lievikovitý tvar vyúsťujúcich otvorov ichnorodu *Diplocraterion* sa nezistil ani v jednom z našich prípadov, a preto je teoreticky možné, že sa vyúsťujúce otvory U-chodieb kráterovitého tvaru pôvodne nevytvárali.

Arenicolites SALTER, 1857

Opis: Je to fosílna stopa tvaru vertikálneho U bez „spreite" laminácie (Fürsich, 1974b). Vyskytuje sa v asociácii so stopami ichnorodu *Diplocraterion*. Je pozorovateľná na vrchných vrstvových plochách ako pár otvorov bez „spreite" laminácie vyplnených piesčitejším, hrubozrnnejším sedimentom. Predpokladáme, že niektoré vzorky ichnorodu *Arenicolites* sú vrchnou časťou štruktúr ichnodruhu *D. parallelum* bez „spreite" laminácie (pozri obr. 6a).

Skolithos HALDEMAN, 1840

Opis: Je to jednoduchá vertikálna valcovitá fosílna stopa bez steny alebo s ňou, ak sa jedince stôp navzájom dotýkajú, niekedy s prizmatickým prierezom. Priemer stopy (od 1 do 15 mm) sa môže mierne meniť v celej dĺžke (Alpert, 1974). Ichnorod sa pozoroval vo fragmentoch na vrchných a spodných vrstvových plochách v podobe samostatných chodieb priemerne veľkých 2 až 5 mm.

Systematicky neurčené ichnofosílie

Na spodných vrstvových plochách sa na lokalitách hronika a silicika s. l. pozorovali hypichniálne fosílne stopy neurčitého pôvodu. Sú to pozdĺžne mierne zahnuté štruktúry s hrebeňom dlhé 5–18 a široké 1 až 6 mm. V priečnom priereze majú trojuholníkovitý tvar.

Na lokalite Vlkanová sa našiel fragment fosílnej stopy valcovitého tvaru šikmo prechádzajúcej vrstvou pieskovca. Pôvod tejto ichnofosílie nie je jasný, ale mohla by byť fragmentom *Thalassinoides* isp. alebo *Ophiomorpha* isp.

Sedimentačné prostredie

Na všetkých troch lokalitách sa spolu s ichnofosíliami zachovali sedimentárne znaky, textúry generované v prúdovom režime. Prvým významným charakteristickým znakom je heterolitické zvrstvenie vo viacerých podobách a druhým ílovcové rozmyvy v podobe intraklastov resp. rojov intraklastov (*soft pebbles,* alebo *mud pebbles, mud chips*) situovaných najmä na bázach hrubozrnnejších polôh piesčitého materiálu.

V tatrickom vývoji „verfénskych vrstiev" ide o striedanie hrubších polôh (5–20 cm) arkózových lavíc šošovkovitej geometrie s fialkastým jemnozrnným pieskovcom/prachovcom. Na lokalitách s ichnofosíliami z hronika Malých Karpát vhodné odkryvy na dokumentáciu heterolitického zvrstvenia chýbajú. Pomerne častý prvok zastupujú laminácie (priemerne v mm) v podobe mnohonásobného striedania hrubozrnnejšej laminy prekrývanej jemnozrnnejšou polohou. Laminácia a planárne krížové zvrstvenie sú najčastejšími sedimentárnymi prvkami. Hojné intraklasty hnedočervenej bridlice svedčia o tom, že jemné polohy pravidelne podliehali erózii novou nadložnou hruboklastickou vrstvou. V profile vo Vlkanovej (silicikum s. l.) je charakteristický

vývoj, ktorý tvorí striedanie piesčitého a prachovcovo-ílovitého materiálu v šošovkovitom vlnovitom, lokálne až mazdrovitom zvrstvení. V typickom profile hrubom cca 35 m možno registrovať hojné čeriny a nízkoškálové krížové zvrstvenie v piesčitých polohách, výmoľový povrch a akumuláciu intraklastov alebo schránok bivalvií. Ide o indikátory častého porušovania mierne energetického sedimentačného režimu umocňovaného premiestňovaním bahna, piesku a koncentrácie hrubozrnnejšieho materiálu, čo možno spájať s posúvaním tidálnych prúdov alebo so silnejšou búrkovou činnosťou (Yancey, 1995).

Na vznik intímneho striedania sedimentov sú potrebné dva rozdielne prúdové režimy alebo pulzujúci prúd, pri ktorom je na začiatku transportovaný piesok spätý so vznikom čerín, neskôr sedimentuje zo suspenzie bahno a prekrýva čerinovo zvrstvený piesok. Formovanie mazdrovitého zvrstvenia vyžaduje neskoršiu epizódu relatívne rýchleho prúdu, ktorý odstráni časť bahna z vrchnej časti čerín, pričom sa zachováva časť usadená v záveternej časti čerín (v žliabkoch). Vlnovité zvrstvenie vzniká v prostredí, v ktorom sa strieda vysoká a nízka energia. Šošovkovité zvrstvenie charakterizuje nižšie energetické prostredie bahenných plošín. Planárna krížová laminácia v hrubších polohách piesčitého materiálu (hronikum) a hojné erózne rozmyvy charakteristické polohami ílovcových intraklastov naznačujú zmeny v prúdovom režime späté s migráciou dnových foriem – čerín a dún – počas účinkovania periód vyšších energetických prúdov (Dalrymple, 1992). Laminované arkózy reprezentovaných súborom párov lamín (piesčitej/prachovcovej) možno považovať za sedimentárny prvok generovaný v tidálnom sedimentačnom prostredí (Yancey, 1995). Predpokladáme, že jeden takýto pár lamín môže reprezentovať jednu prílivovo-odlivovú udalosť. Ďalším diagnostickým znakom sú polohy ílovcových intraklastov predtým relatívne kohezívneho sedimentu, ktorý podľahol (deštrukčnej) regenerovanej migrácii piesčitého materiálu pri vyššom energetickom sedimentačnom režime. Jemné striedanie piesku a bahna (heterolitické zvrstvenie) sa najčastejšie spája s prostredím tidálnych plošín, plytkého subtidálneho a deltového prostredia (Reineck a Wunderlich, 1968; Reineck, 1972; Terwindt a Breusers, 1972; Reineck a Singh, 1973; Boggs, 1987).

Všetky tri tektonické domény majú jedinečné sedimentárne prvky, ktoré asociujú s ichnofosíliou *D. parallelum,* a preto je zrejmé, že sedimentačné prostredie v každej opísanej jednotke bolo trocha odlišné. Tatrická doména sa vyznačovala najmä opakovanou subaerickou expozíciou (bahenné praskliny). *Diplocraterion* v sekvencii hronika Malých Karpát nápadne asociuje v prúdovom režime bez výraznej sedimentácie jemnozrnných polôh. Pre drienocký príkrov je zase charakteristické šošovkovité zvrstvenie s asociáciou schránok bivalvií. Za zásadné sedimentárne znaky vo všetkých troch jednotkách však možno pokladať striedanie hrubozrnného a jemnozrnného materiálu v podobe heterolitického zvrstvenia (rozličnej mierky), čo je jasný dôkaz striedania prúdového režimu (Reineck, 1960; Reineck a Wunderlich, 1968; Van Straaten, 1961).

Výskyt ichnofosílie *D. parallelum* je charakteristický pre skolitovú ichnofáciu (Frey a Pemberton, 1984). Jej prostredie má rozsah spodný litorál až infralitorál s miernymi až relatívne vysokoenergetickými podmienkami s náhlym prerušovaním erózie alebo depozície (Frey et al., 1990). Ichnostavba *Diplocraterion* je typická pre intertidálne až plytkovodné prostredie (Fürsich, 1974a; Fürsich, 1975). Relatívne zmeny morskej hladiny (tidálna aktivita), plytkovodné environmentálne podmienky, neskonsolidovaný až nespevnený skonsolidovaný piesčitý substrát sú typické podmienky pre producentov ichnostavby *Diplocraterion* a iných stôp tvaru U, ako aj vertikálnych infaunálnych stôp.

Opakovanie alebo striedanie depozície bahnitého a piesčitého materiálu, malé rozmery textúrnych prvkov, nepravidelnosť vrstiev a samotná ichnofosília *D. parallelum* indikujú depozíciu v podmienkach tidálnych prúdov. Tieto faktory svedčia v prospech definície sedimentačného prostredia ako prostredie tidálnej pošiny resp. plytkého subtidálu lokálne s brakickým vplyvom. Ale na exaktnejšie definovanie sedimentačného prostredia by bolo treba niekoľko detailných vertikálnych profilov, čo – s výnimkou tatrika – limituje nedostatočná odkrytosť. Porovnateľná litológia a skladba fosílnych stôp (*Diplocraterion, Arenicolites* a *Skolithos*) je opísaná zo spodnotriasových tidálnych uložení Svalbardu (Gaździcki a Trammer, 1978).

Ichnostavba ichnofosílie *Diplocraterion*

Ichnostavba (Ekdale a Bromley, 1983, Bromley a Ekdale, 1986) vyjadruje celkový vzhľad textúry a štruktúry sedimentu vytvorenej bioturbáciou, ako aj postupnosť osídľovania substrátu a tiež kvantitu a kvalitu bioturbovaného sedimentu. Bioturbované sedimenty zo spodnotriasových sekvencií sú veľmi podobné aj z hľadiska orientácie fosílnych stôp na povrch vrstvy (vertikálny smer stôp) a ichnodruhového zloženia spoločenstva fosílnych stôp (prevládajúci ichnodruh *D. parallelum*).

Hustota ichnofosílií na vrstvovej ploche je vysoká iba zriedka (84–137 vyúsťujúcich otvorov na 100 cm^2, a v niektorých prípadoch, najmä vo vzorkách z hronika aj viac; jednu ichnofosíliu *Diplocraterion* tvoria dve vyúsťujúce chodby). Na niektorých miestach možno pozorovať prekrývanie sa stôp navzájom. Kvantita bioturbácie sa stanovila podľa bioturbačného indexu BI (Taylor a Goldring, 1993). Stupnica BI určuje pomer objemu bioturbovaného sedimentu k celkovému objemu sedimentu. Vo Vlkanovej sa v najvrchnejších sedimentoch našli polohy BI-3, čo zodpovedá 31 až 60 % objemu bioturbovanej horniny. Z viacerých malokarpatských lokalít sa určilo až BI-4, čo zodpovedá 61 až 90 % objemu bioturbovanej horniny (obr. 7). Schéma ichnostavby znázorňuje postupnosť vzniku sedimentárnych prvkov, ich rozmer (hrúbku vrstiev a priemer chodieb ichnofosílií) a percentuálne zastúpenie v litologickom telese. Vo všeobecnosti je bioturbačný index pomerne nízky (BI-1 zodpovedá 1–4 % a BI-2 5–30 % objemu bioturbovanej horniny). Interpretácia bioturbovaného sedimentu z Malých Karpát (Amonova dolina, obr. 7) pomocou ichnostavby poskytuje takúto postupnosť vzniku sedimentárnych štruktúr odspodu nahor: sedimentácia laminovaného pieskovca, prvá infaunálna generácia stôp (bioturbácie A), siltovec, pieskovec, siltovec,

pieskovec, sedimentácia laminovaného pieskovca a druhá infaunálna generácia stôp (bioturbácie B).

Charakteristickou črtou fosílnych stôp v opísaných spodnotriasových sedimentoch je ich vertikálny až subvertikálny smer na vrstvovitosť. Hĺbka bioturbácie vo vrstvách na lokalite Vlkanová sa pozorovala v prvých desiatich, najviac pätnástich cm od povrchu. Možno ju len odhadnúť, lebo stopa pretína niekoľko sedimentačných udalostí a jej najvrchnejšia časť je s najväčšou pravdepodobnosťou oderodovaná. Pôvodca stopy sa v dynamickom prostredí nespevneného substrátu prispôsoboval tak, aby zostal v kontakte s povrchom dna. Tento typ stôp, ktoré majú nápadné znaky náhleho pohybu pôvodcu stopy vo vertikálnom smere v závislosti od rýchlej sedimentácie (agradácie) alebo erózie (degradácie) dna, sa volá ekvilibrichnion (pl. ekvilibrichniá; D'Alessandro a Bromley, 1986; Bromley, 1996). Ichnofosílie nie sú rovnako hlboké (obr. 4b). Ovplyvnila to miera erózie a sedimentácie, ale aj to, že vo vzorke nemusia byť z tej istej infaunálnej generácie pôvodcov stôp (porovnaj s obr. 7). Na všetkých spomenutých spodnotriasových lokalitách sa pozorovali len protruzívne typy „spreite" laminácie (pozri Fürsich, 1974b), ktoré vznikajú ako výsledok prispôsobovania sa pôvodcu stopy agradačným podmienkam sedimentácie.

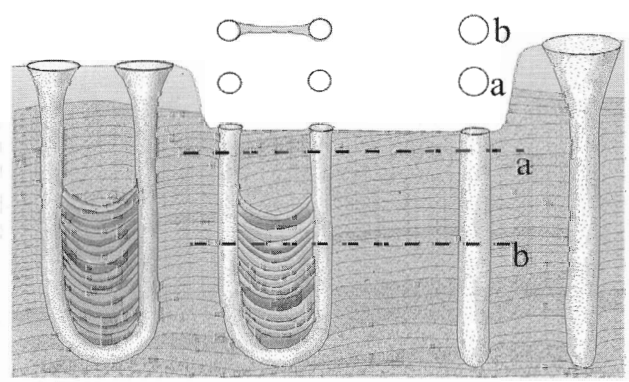
Ichnodiverzita a paleoprostredie

Z opísaných lokalít sa identifikoval ichnorod *Diplocraterion* Torell 1870, *Skolithos* Haldeman, 1840, *Arenicolites* Salter, 1857 a bližšie neurčené fosílne stopy na spodných vrstvových plochách nájdené na lokalitách tatrika, hronika aj silicika (obr 3, 4 a 5). Ichnorod *Diplocraterion* je v dominantnej prevahe nad ostatnými typmi ichnorodov. Ichnodiverzita študovaných spodnotriasových sukcesií je extrémne nízka. Prevládajúcim ichnodruhom je *D. parallelum*. Takéto monotónne zastúpenie ichnofosílií by sa mohlo zaradiť do oportunistického ichnospoločenstva (pozri Vossler a Pemberton, 1988). Z ichnofaciálneho hľadiska (súhrn ichnologických a sedimentologických znakov – pozri Seilacher, 1967; Bromley, 1996; Frey a Pemberton, 1984) je spoločenstvo vertikálnych fosílnych stôp (domichnií) v nespevnenom piesčitom substráte typické pre skolitovú ichnofáciu. Pre tento typ ichnofácie je charakteristická fosílna stopa *Skolithos, Ophiomorpha, Arenicolites* a *Diplocraterion*. Skolitová ichnofácia charakterizuje plytkovodné intertidálne až plytké subtidálne prostredie ovplyvnené prúdením a vlnením, ako aj prílivovo-odlivovým prúdovým režimom. Ten istý typ ichnofácie s veľmi podobnou ichnostavbou je opísaný aj zo spodnotriasových sedimentov Svalbardu (Gaździcki a Trammer, 1978).

Diskusia

Ichnofosílie by sa v prípade spodnotriasovej arkózy, kremenca a pieskovca mali chápať ako postdepozičný prvok (Fürsich, 1975). Spoločenstvá fosílnych stôp sa v sedimentárnom zázname objavovali prerušovane v závislosti od období vhodných životných podmienok, a tak sa obdobia takýchto podmienok môžu v litologickom zázname niekedy zachovať iba prostredníctvom fosílnych stôp. Ichnofosílie ako faciálny indikátor môžu vznikať v inom prostredí ako sediment, v ktorom sa fosílne stopy nachádzajú. Označuje to termín environmentálna kondenzácia (Fürsich, 1975). V niektorých prípadoch ichnofosílie vznikajú v spojitosti s vynechanými povrchmi (Bromley, 1975), čo je principiálne porovnateľné s environmentálnou kondenzáciou. V heterolitických sukcesiách sa často opisuje striedanie rozdielnych typov stôp zodpovedajúcich meniacim sa sedimentačným podmienkam. Napríklad v energetickejších obdobiach sa objavujú vertikálne infaunálne stopy a v pokojnejších horizontálne stopy aktívnych požieračov substrátu (Fürsich, 1975).

Dosť nápadným znakom asociácie fosílnych stôp je veľmi nízka ichnodiverzita. Nedá sa stotožňovať s biodiverzitou (Bromley, 1996), ale na jej základe si možno vytvoriť hrubý obraz o pôvodnej biodiverzite (Mángano a Buatois, 2004). Nízka ichnodiverzita, prevládajúci typ infaunálnych stôp nad epifaunálnymi, fosílne stopy oportunistických spoločenstiev, monotónne spoločenstvá stôp a premenlivý výskyt sú typické pre brakické prostredie (Mángano a Buatois, 2004). Nízku ichnodiverzitu mohol zapríčiniť limitujúci faktor, ktorý obmedzil pravdepodobnosť výskytu iných fosílnych stôp, ale tiež intenzívne ovplyvňoval aj kvantitatívny a kvalitatívny výskyt ichnofauny. Meniaci sa priemer fosílnych stôp (priemer chodieb ichnofosílií na lokalite Vlkanová je 1,5–6 mm; vzdialenosť ramien U-štruktúry 5–50 mm, hĺbka stôp do 130 – odhaduje sa najviac na 200 mm) mohol byť spôsobený rastom spoločenstva producentov fosílnych stôp (Fürsich, 1974a), ale aj reakciou pôvodcov stôp na brakické podmienky prostredia (Gingras et al., 1999). Takéto monotónne ichnospoločenstvo mohlo vzniknúť napríklad v brakických podmienkach ohraničených údolí estuárií s mierne členitým dnom alebo chránených zálivov ovplyvnených prílivovo-



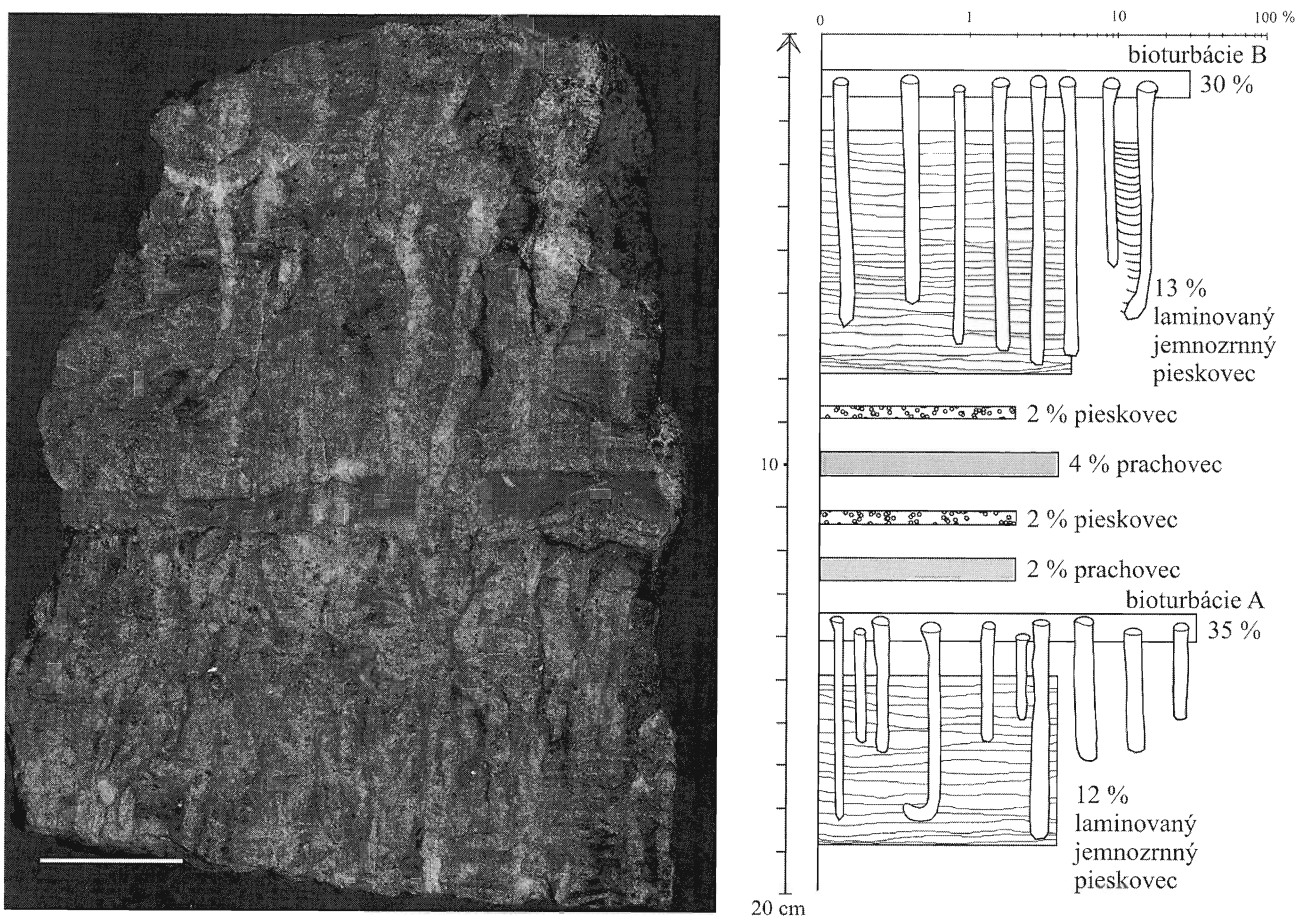
Obr. 6. Interpretácia tvaru ichnofosílie *Diplocraterion parallelum* a *Skolithos* isp. Vrchná časť lievikovitých otvorov fosílnych stôp sa v dôsledku erózie zvyčajne nezachováva. Na priečnych prierezoch štruktúr (**a**, **b**) možno ichnofosíliu *D. parallelum* interpretovať ako *Arenicolites* (lebo často sú k dispozícii len fragmenty ichnofosílií) v prípade, keď sa vo vrchnej časti U-štruktúry nezachováva „spreite" laminácia (rez **a**). Rez **b** je charakteristický prierez ichnofosílie *D. parallelum*. Upravené podľa Bertlinga et al. (2006).

Fig. 6. *Diplocraterion* and *Skolithos* trace fossils interpretation of fossil record. Upper funnel part of trace fossils is usually eroded. Section a/b showes that single structure can be construed as *Arenicolites* (section a, views without "spreite" lamellae) or *Diplocraterion parallelum* (section b, views with "spreite" lamellae). Modified according to Bertling et al. (2006).

-odlivovým režimom (pozri Mángano a Buatois, 2004). Skolitová ichnofácia pravdepodobne nebola súvislá, ale vyskytovala sa ostrovčekovite vo vyhovujúcich environmentálnych podmienkach. Podporuje to aj výskyt fosílnych stôp *Planolites* v tom istom stratigrafickom horizonte drienockého príkrovu na priľahlej lokalite Čačín-Záplata (Olšavský, 2004).

Ichnofaciálna a stratigrafická doména spodného triasu

Ichnofosílie sa v stratigrafickom zázname klastického vývoja spodného triasu Západných Karpát objavujú v približne rovnakej úrovni. Lokálny vstup hrubozrnnejšieho materiálu vo vyššej časti klastického vývoja v hroniku a siliciku s. l. (obr. 2) by mohol poukazovať na vplyv alogénnych činiteľov (klímy, zmeny úrovne morskej hladiny) s opätovným obnovením pôvodnej sedimentácie jemnozrnnej ílovito-prachovcovej zložky, neskôr s prechodom do karbonátovo-klastického vývoja (spat). Ichnofosílie širokým časovým rozsahom výskytu nie sú vhodným stratigrafickým markerom, ale pri nedostatku vedúcich skamenelín sa dajú využiť pri porovnávaní stratigrafických horizontov. Príkladom môže byť aj korelácia jurských súvrství s ichnofosíliou *Diplocraterion* v južnom Španielsku (Olóriz a Tovar, 2000). Spodnotriasové výskyty niektorých fosílnych stôp *(Diplocraterion, Rhizocorallium, Thalasinoides)* majú tú výhodu, že sa znova objavujú po permsko-triasovom vymieraní (Twitchett a Barras, 2004). Tieto stopy sa opätovne objavujú v spodnotriasových súvrstviach pri globálnom „uzdravovaní" ekosystémov (Twitchett, 1999), čiže výskyt niektorých ichnofosílií zo spodnotriasových sukcesií možno využiť pri korelácii súvrství priľahlých oblastí, a to najmä pri nedostatku vedúcich fosílií. Na základe tejto domnienky sa porovnali dve spodnotriasové súvrstvia v Dolomitoch v Taliansku (Twitchett a Barras, 2004). Pri porovnaní výskytu ichnodruhu *Diplocraterion parallelum* v Dolomitoch (severné Taliansko) so Západnými Karpatmi (tatrikum, hronikum, silicikum s. l., pozri obr. 2)



Obr. 7. Schéma ichnostavby znázorňujúca postupnosť vzniku sedimentárnych prvkov (vzorka z Malých Karpát, Plavecký Mikuláš, lokalita Amon). Obsah sumy textúrnych znakov a prvkov je vyjadrený v percentách na logaritmickej stupnici. Suma percentuálneho súčtu znakov je 100 %. Dĺžka mierky vo fotografii vľavo je 2 cm. Na mierke v skici ichnostavby sa berie ohľad aj na šírku a hrúbku sedimentárnych textúr ichnostavby.

Fig. 7. Ichnofabric constituent diagram represents succession of several events of bioturbations and sedimentations (specimen from Malé Karpaty Mts., Amon locality near the town Plavecký Mikuláš). Proportional amount of bioturbations and physical sedimentary elements are measured by logarithmic horizontal scale. Thickness of sedimentary elements is measured by vertical linear scale. Scale bar in the picture is 2 cm long.

možno predpokladať, že objavenie sa spodnotriasovej ichnofácie súvisí s jej globálnejším rozšírením. V Dolomitoch sa *Diplocraterion* vyskytuje vo verfénskom súvrství v smite až v spodnej časti spatu a ďalší výskyt je vo vrchnej časti spatu (Twitchett, 1999), čo zapadá do spodnotriasovej stratigrafickej pozície výskytu ichnodruhu *Diplocraterion* v Západných Karpatoch. Neslobodno zabúdať na to, že nejde o výskyt vedúcich skamenelín, ale o výskyt ichnofácie v čase a priestore, ktorá môže migrovať podľa meniacich sa environmentálnych podmienok pri eustatických zmenách. Twitchett (1999) predpokladá stratigraficky globálny význam objavenia sa ichnofosílie *D. parallelum* a spodnotriasový výskyt ichnofosílie *D. parallelum* západu USA porovnával so severným Talianskom.

Kým v Západných Karpatoch sú pre spodnú časť spodného triasu (tatrikum, veporikum) charakteristické fluviálne znaky sedimentácie (Vozárová, 2005), pre severné Taliansko (Dolomity) je typická zmiešaná karbonátovo-klastická sedimentácia (Twitchett, 1999), ktorá je litologicky bližšia skôr spodnotriasovým sukcesiám hronika a silicika. Veľká zmena sedimentácie z karbonátovej na klastickú tam nastala uprostred skýtu. Hovorí sa o tzv. kampilskej alebo terigénnej udalosti a jej príčiny sa vysvetľujú nástupom humídnejšej klímy. V tom období v dôsledku zníženia salinity výrazne poklesla ichnodiverzita (l. c.).

Objavenie sa ichnofosílie *D. parallelum* v západokarpatských doménach (tatrikum, hronikum a silicikum s. l.) mohlo súvisieť s transgresiou a s pozvoľným prehlbovaním sedimentačného prostredia, čo dokumentujú aj litologické prvky sekvencií. *D. parallelum* je charakteristická stopa aj pre sekvenčné rozhrania transgresných a regresných cyklov (Dam, 1990; Olóriz a Rodríguez-Tovar, 2000). Litologický vývoj spodného triasu skúmaných profilov svedčí o tom, že vo vrchných častiach klastického vývoja spodného triasu nastala transgresia a nastúpila karbonátová sedimentácia. Objavenie sa skolitovej ichnofácie v Západných Karpatoch súvisí s touto transgresiou, a tak dokladá brakické až marinné prostredie, ktoré nasledovalo po fáciách fluviálneho charakteru, typických najmä pre bazálnu časť spodného triasu (Vozárová, 2005). Ďalším významným ichnorodom je *Rhizocorallium,* ktoré má podobný stratigrafický význam (vo vyššej časti spodného triasu) ako *Diplocraterion* (Twitchett a Barras, 2004; Twitchett, 1999) a je opísané aj zo spodnotriasových sekvencií silického príkrovu (pozri Roth, 1939; Šuf, 1960). Korelácia opísaného stratigrafického horizontu silicika s. l. (rozhranie bodvaszilašských a sinských vrstiev) so silicikom s. s. (silický príkrov, Slovenský kras) je však problematická. Z opisu spodného triasu silicika (Mello et al., 1997, str. 83–85) nevyplývajú analogické znaky so sekvenciou drienockého príkrovu s ichnofosíliou *Diplocraterion parallelum*. Prekvapivo sa zhodné (sedimentologické, ichnologické) znaky ukazujú so spodným triasom hronika na lokalitách Šalková a Moštenica.

Záver

– Skolitová ichnofácia v spodnom triase Západných Karpát sa identifikovala na lokalite Vlkanová (drienocký príkrov), na malokarpatských lokalitách (Bučková, Amon, Kubašová atď.), v Starých horách (Baláže a Skorušiny) a v Nízkych Tatrách (Podbrezová-Bruchačka a Liptovská Teplička-Rovienky).

– Ichnospoločenstvá zastupuje rod *Diplocraterion, Arenicolites, Skolithos* a neurčené fosílne stopy na spodných vrstvových plochách.

– Najčastejšie sa vyskytujúci ichnodruh je *Diplocraterion parallelum.*

– Bioturbačný index (BI) najčastejšie dosahuje hodnotu BI-1 až BI-2. Najvyššie hodnoty sú na malokarpatských lokalitách, a to BI-3 až BI-4.

– Monotónne spoločenstvá fosílnych stôp významne ovplyvnilo brakické prostredie pravdepodobne v intertidálnych až subtidálnych zónach.

– Západokarpatské sekvencie vyššej časti klastického vývoja spodného triasu s výskytom ichnodruhu *D. parallelum* sú stratigraficky vo vzájomnom vzťahu so svetovým znovuobjavením sa tejto ichnofosílie vo fosílnom zázname, čo vzhľadom na nedostatok vedúcich fosílií možno využiť pri stratigrafickom určovaní jednotlivých spodnotriasových sukcesií.

Poďakovanie. Príspevok vznikol vďaka terénnym prácam na projekte Aktualizácia geologickej stavby problémových území Slovenskej republiky v mierke 1 : 50 000 (16 06) a Geologická mapa regiónu Malé Karpaty v mierke 1 : 50 000 (10 05). Výskum bol podporený grantom VEGA 6026 a APVV 51-011305. Za odborné pripomienky ďakujeme Jozefovi Michalíkovi a Milanovi Havrilovi.

Literatúra

ALPERT, S. P., 1974. Systematic review of the genus Skolithos. *J. Paleont., 48, 4, 661–669.*

ANDRUSOV, D., 1959: Geológia Československých Karpát, 2. *Bratislava, Vyd. Slov. Akad. Vied, 9, 357–375.*

ANDRUSOV, D. & SAMUEL, O., et al., 1985: Stratigrafický slovník Západných Karpát. Zv. 2. *Bratislava, GÚDŠ, 59–60.*

BERTLING, M., BRADDY, S. J., BROMLEY, R. G., DEMATHIEU, G. R., GENISE, J., MIKULÁŠ, R., NIELSEN, J. K., NIELSEN, K. S. S., RINDSBERG, A. K., SCHLIRF, M. & UCHMAN, A., 2006: Names for trace fossils: A uniform approach. *Lethaia (Oslo), 39, 265–286.*

BIELY, A., BUJNOVSKÝ, A., VOZÁROVÁ, A., KLINEC, A., MIKO, O., HALOUZKA, R., VOZÁR, J., BEŇUŠKA, P., BEZÁK, V., HANZEL, V., KUBEŠ, P., LIŠČÁK, P., LUKÁČIK, E., MAGLAY, J., MOLÁK, B., PULEC, M., PUTIŠ, M., SLAVKAY, M., (BIELY & BEZÁK, EDIT.) 1997: Vysvetlivky ku geologickej mape Nízkych Tatier 1 : 50 000. *Geol. Úst. Dionýza Štúra, Bratislava, 7–232.*

BOGGS, S. Jr., 1987: Principles of sedimentology and stratigraphy. *Columbus, Ohio, Merrill Pub. Co., 784.*

BROMLEY, R. G., 1975: Trace fossils at omission surfaces. *In: The Study of Trace Fossils (ed. R. W. Frey). Springer-Verlag, 399–428.*

BROMLEY, R. G., 1996: Trace Fossils, Biology, taphonomy and applications. 2nd ed. *Chapman & Hall, 1–361.*

BROMLEY, R. G. & EKDALE, A. A., 1986: Composite ichnofabric and tiering of burrows. *Geol. Mag., 123, 59–65.*

DALRYMPLE, R. W., 1992: Tidal depositional systems. *In: R. G. Walker and N. P. James (eds.): Facies Models and Sea Level Changes. Geol. Assoc. Canada, 195–218.*

EKDALE, A. A. & BROMLEY, R. G., 1983: Trace fossils and ichnofabrics in the Kjølby Gaard Marl, uppermost Cretaceous, Denmark. *Bull. Geol. Soc. Denmark, 31, 107–119.*

D'ALESSANDRO, A. & BROMLEY, R. G., 1986: Trace fossils in Pleistocene sandy deposits from Gravina area southern Italy. *Riv. ital. Paleont. Stratigr., 92, 1, 67–102.*

DAM, G., 1990: Paleoenvironmental significance of trace fossils from the shallow marine Lower Jurassic Neill Klinter Formation, East Greenland. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 79, 221–248.*

FEJDIOVÁ, O., 1980: Lúžňanské súvrstvie – formálna spodnotriasová litostratigrafická jednotka. *Geol. Práce, Spr., 74, 95–101.*

FEJDIOVÁ, O., 1985: Nové poznatky o spodnotriasovom klastickom – lúžňanskom súvrství v centrálnych Západných Karpatoch. *Západ. Karpaty, Sér. Mineral. Petrogr. Geochém. Metalogen., 10, 111–160.*

FREY, R. W & PEMBERTON, S. G., 1984: Trace fossil facies models. *In: R. G. Walker (ed.): Facies Models, 2nd ed. Gesocience Canada, 189–207.*

FREY, R. W., PEMBERTON, S. G. & SAUNDERS, T D., 1990: Ichnofacies and bathymetry: A passive relationship. *J. Paleont., 64, 155–158.*

FÜRSICH, F T., 1974a: On *Diplocraterion* Torell 1870 and the significance of morphological features in vertical, spreiten-bearing, U-shaped trace fossils. *J. Paleont., 48, 952–954.*

FÜRSICH, F T., 1974b: Corallian (Upper Jurassic) trace fossil from England and Normandy. *Stuttgarter Beträge zur Naturkunde, Serie B, 13, 1–51.*

FÜRSICH, F T., 1975: Trace fossils as environmental indicators in the Corallian of England and Normandy. *Lethaia (Oslo), 8, 151–172.*

GAŹDZICKI, A. & TRAMMER, J., 1978: Tidal deposits in the Lower Triassic of Svalbard. *Neu. Jb. Geol. Paläont., Abh.; Mh., 6, 321–331.*

GINGRAS, M. K., PEMBERTON, S. G., SAUNDERS, T & CLIFTON, H. E., 1999: The ichnology of modern and Pleistocene brackish-water deposits at Willapa Bay, Washington: Variability in estuarine settings. *Palaios, 14, 352–374.*

KOUTEK, J., 1931: Geologické studie na severozápadě Nízkých Tater *Sbor. St. geol. Úst. Čs. Republ., 9, 413–527.*

MÁNGANO, M. G. & BUATOIS, L. A., 2004. Ichnology of Carboniferous tide-influenced environments and tidal flat variability in the North American Midcontinent. *In: D. McIlroy (ed.): The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 228, 157–178.*

MELLO, J. (ed.), ELEČKO, M., PRISTAŠ, J., REICHWALDER, P., SNOPKO, L., VASS, D., VOZÁROVÁ, A., GAÁL, L., HANZEL, V., HÓK, J., KOVÁČ, P., SLAVKAY, M. & STEINER, A., 1997: Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského Krasu 1 50 000. *Bratislava, Vyd. GÚDŠ, 254.*

MELLO, J. (ed.), FILO, I., HAVRILA, M., IVAN, P., IVANIČKA, J., MADARÁS, J., NÉMETH, Z., POLÁK, M., PRISTAŠ, J., VOZÁR, J., VOZÁROVÁ, A., LIŠČÁK, P., KUBEŠ, P., SHERER, S., SIRÁŇOVÁ, Z., SZALAIOVÁ, V. & ŽÁKOVÁ, E., 2000: Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského raja, Galmusu a Hornádskej kotliny 1 · 50 000. *Bratislava, Vyd. GÚDŠ, 303.*

OLÓRIZ, F & RODRÍGUEZ-TOWAR, J., 2000: *Diplocraterion:* A useful marker for sequence stratigraphy and correlation in the Kimmeridgian, Jurassic (Prebetic Zone, Betic Cordillera, southern Spain). *Palaios, 15, 546–552.*

OLŠAVSKÝ, M., 2004. Pozícia drienockého príkrovu k podložným tektonickým jednotkám a jeho spodnotriasový vývoj. *Mineralia Slov., 36, 1, 77–86.*

PASSENDORFER, E., 1951 Regionalna geologia Polski I. Kraków.

REINECK, H. E., 1960: Über die Entstehung von Linsen- und Flaserschichten. *Abh. Dtsch. Akad. Wiss., Berlin, Kl. Chem. Geol. Biol., 3, 369–374.*

REINECK, H. E., 1972: Tidal flats. *SEPM Spec. Publ. 16, 146–149.*

REINECK, H. E. & WUNDERLICH, F., 1968: Classification and origin of flaser and lenticular bedding. *Sedimentology, 11, 99–104.*

REINECK, H. E. & SINGH, I. B., 1973: Depositional sedimentary environments. *Berlin, New York, Springer-Verlag, 439.*

ROTH, Z., 1939: Geologie okolí Silice u Rožňavy. *Zpr. Čs. Akad. Vied, 1–21.*

SEILACHER, A., 1967: Bathymetry of trace fossils. *Mar. Geol., 5, 413–428.*

ŠUF, J., 1960: Nové poznámky ke geologii okolí Kobeliarova, Štítniku a Nandráže na jižním Slovensku. *Geol. Práce, Zpr., 20, 111–126.*

TAYLOR, A. M. & GOLDRING, R., 1993: Description and analysis of bioturbation and ichnofabric. *J. Geol. Soc., London, 150, 141–148.*

TERWINDT, J. H. J. & BREUSERS, H. N. C., 1972: Experiments on the origin of flaser, lenticular and sand-clay alternating bedding. *Sedimentology, 19, 85–98.*

TWITCHETT, R. J., 1999: Palaeoenvironments and faunal recovery after the end of Permian mass extinction. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 154, 27–37.*

TWITCHETT, R. J. & BARRAS, C. G., 2004: Trace fossils in the aftermath of mass extinction events. *In: D. McIlroy (ed.): The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 228, 397–418.*

VAN STRAATEN, L. M. J. U., 1961 Sedimentation in tidal flat areas. *J. Alberta. Soc. Petrol. Geologists, 9, 203–226.*

VOSSLER, S. M. & PEMBERTON, S. G., 1988: Skolithos in the Upper Cretaceous Cardium Formation: An ichnofossil example of opportunistic ecology. *Lethaia (Oslo), 21, 351–362.*

VOZÁROVÁ, A., 2005: Reconstruction of fluvial bars from the Lower Triassic "Buntsandstein Facies" (Lúžna Formation) in the Western Carpathians (Slovakia). *Geol. Carpath., 56, 1, 41–55.*

YANCEY, T E., 1995: Depositional trends in siliciclastic deposits of the Stone City transgressive systems tract, middle Eocene, Texas. *Gulf Coast Association of Geological Societies, Transactions, 45, 581–586.*

Rukopis doručený 5. 3. 2007
Rukopis akceptovaný 5. 3. 2007
Revidovaná verzia doručená 11. 6. 2007

Diplocraterion – conspicuous ichnofacies feature of the Lower Triassic formations in the Western Carpathians

Diplocraterion has not been known from Scythian formations of the Western Carpathians until now. This trace fossil occurs in upper part of the Lower Triassic Formation clastic sequences (in the Tatricum – the Lúžna Fm., in the Hronicum – the Benkovo Fm., in the Silicicum s. l. – the Bodvaszilas Fm.). *Diplocraterion* abundantly occurs in rhythmic sequences of thin layered heterolithic sandstone with mica claystone insertions. *Diplocraterion* occurs in three structural forms: a) the most common type is represented by U-tube with two-dimensional transverse cross section, which is displayed on the upper and lower bed surfaces, b) hypichnial full relief of the trace fossil, c) *Diplocraterion* in full relief. *Diplocraterion parallelum* is represented by vertical U-tubes with two parallel arms and with protrusive spreite structure. Morphology of this ichnospecies is uniform with wide size variability (width, depth, thickness). The spreiten lamellae structure is sometimes absent *(Arenicolites).* The most characteristic features associated with ichnofossils are: heterolithic bedding (mainly wavy and lenticular, minor flaser bedding) and mud clasts (muddy chips). Sedimentary record includes cross-bedded sandstone lenses with ripple marks. Flaser and wavy bedding are conventionally thought to be formed in tidal flat environments. Repeated alternation of sand and mud is common on tidal flats and other shallow subtidal environments in deltafront settings. The occurrence of *D. parallelum* is most typical of the *Skolithos* ichnofacies. Environment of the *Skolithos* ichnofacies could fit in the lower littoral to infralittoral, moderate to relatively high-energy conditions with muddy to clean, well sorted, shifting sediments. Relative changes of sea level (tidal activity), shallow water environment conditions, looseground to firmground substrate were suitable for producers of *Diplocraterion* and other similar U-shaped and vertical infaunal burrows. *Diplocraterion* ichnofabrics are typical of intertidal to shallow water (offshore subtidal) environments. The studied Lower Triassic successions of the Western Carpathians have conspicuous monospecific association of trace fossils (*Diplocraterion, Arenicolites* and *Skolithos*). The most frequent trace fossil is *Diplocraterion.* The studied trace fossils should be attributed to opportunistic trophic generalists. Low ichnodiversity and dominance of infaunal burrowers was caused by limited environmental conditions. We suppose that the shallow water paleoenvironment belonged to coastal tidal flat/shalow subtidal environments influenced by brackish water Occurrence of *Diplocraterion* is a typical recolonization pattern of stepwise reappearance through Early Triassic post-extinction recovery period.

Mineralia Slovaca, 39 (2007), 185–196

Minerály turmalínovej skupiny z redeponovaných turmalinitov v spodnotriasových kremencoch tatrika – chemické zloženie a petrogenetický význam

PETER BAČÍK a PAVEL UHER

Katedra ložiskovej geológie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava; bacikp@fns.uniba.sk; puher@fns.uniba.sk

Tourmaline group minerals from redeposited tourmalinites in Lower Triassic quartzites of Tatric Unit, Western Carpathians: Composition and petrogenetic significance

Seven samples of tourmalinites were analyzed by electron microprobe to determine chemical composition and genetic relations of the tourmaline group minerals (TGM). The tourmalinites occur as small pebbles (up to 8 cm in size) in conglomerate intercalations in the Lower Triassic quartzites of the Lúžna Fm., Tatric Unit, Western Carpathians (Bratislava and Modra, Malé Karpaty, Hubina and Moravany nad Váhom, Považský Inovec Mountains). Paleogeographic position of the Tatric Unit during Lower Triassic indicates the Massif Central in France as the most probable source area of the tourmalinites. The studied TGM belong to schorl and dravite, rarely foitite, Ca rich schorl to feruvite, and Al poor schorl to dravite. Uvite and foitite substitutions have the strongest impact on cation occupancy. Povondraite substitution $^{Z}(Fe^{3+}Al_{-1})$ compensates the decrease of aluminium content in Al poor TGM from Bratislava. Based on TGM composition, the studied tourmalinites originated under the following conditions: (1) contact aureole of granite intrusion (Modra samples), (2) submarine sedimentary-exhalative processes on iron deposits (Bratislava samples), and (3) sedimentary-exhalative processes under unspecified conditions (samples from Hubina, Moravany nad Váhom and Bratislava).

Key words: schorl, dravite, foitite, feruvite, povondraite, tourmalinites, Lower Triassic, Tatric Unit, Western Carpathians

Úvod

Turmalinity, horniny bohaté na turmalín vyskytujúce sa v podobe obliakov v zlepencových polohách vrstiev spodnotriasového kremenca lúžňanského súvrstvia obalovej tatrickej jednotky, môžu prispieť do poznania sedimentačných podmienok a zdrojových oblastí spodnotriasových sedimentov Západných Karpát. Mineralogicky aj petrograficky sú zaujímavé, no zdrojová oblasť ani genéza týchto redeponovaných hornín nie sú doteraz známe.

Doterajší výskum turmalinitov sa zameral na ich petrografický opis, stratigrafiu a sedimentológiu okolitých vrstiev spodnotriasového kremenca so zlepencovými polohami, ako aj na úvahy o ich možných zdrojových oblastiach (Mišík a Jablonský, 1978, 2000). Predbežné výsledky výskumu chemického zloženia minerálov turmalínovej skupiny v turmalinitoch indikovali prítomnosť viacerých genetických typov turmalinitov (Uher, 1999).

Cieľom tohto príspevku je detailná charakteristika chemického zloženia minerálov turmalínovej skupiny v redeponovaných klastoch turmalinitov lúžňanského súvrstvia a na jej základe špecifikácia genetických podmienok primárnych hornín – turmalinitov.

Minerály turmalínovej skupiny

Minerály turmalínovej skupiny (ďalej MTS) patria medzi cyklické alumobórosilikáty s pomerne zložitou štruktúrou. Ich štruktúru tvorí päť pozícií katiónov s rozličnou koordináciou – tetraedrická (TO_4), dve oktaedrické (ZO_6 a YO_6), polyedrická XO_9, triangulárna BO_3 a osem aniónových O (1–8), medzi ktoré patrí aj pozícia V a W (Donnay a Buerger, 1950; Buerger et al., 1962; Hawthorne a Henry, 1999).

Všeobecný chemický vzorec MTS je $XY_3Z_6(T_6O_{18})(BO_3)_3V_3W$, pričom v jednotlivých pozíciách vystupuje $X = Ca^{2+}$, Na^{+}, K^{+}, ❑ (vakancia, tiež symbol – X-vak.); $Y = Li^{+}$, Mg^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Al^{3+}, Cr^{3+}, V^{3+}, Fe^{3+}, Ti^{4+}, Cu^{2+}, Ni^{2+}, Zn^{2+}; $Z = Mg^{2+}$, Al^{3+}, Fe^{3+}, V^{3+}, Cr^{3+}; $T = Si^{4+}$, Al^{3+}, B^{3+}; $B = B^{3+}$; $V = (OH)^{-}$, O^{2-}; $W = (OH)^{-}$, F^{-}, Cl^{-}, O^{2-} (Hawthorne a Henry, l. c.).

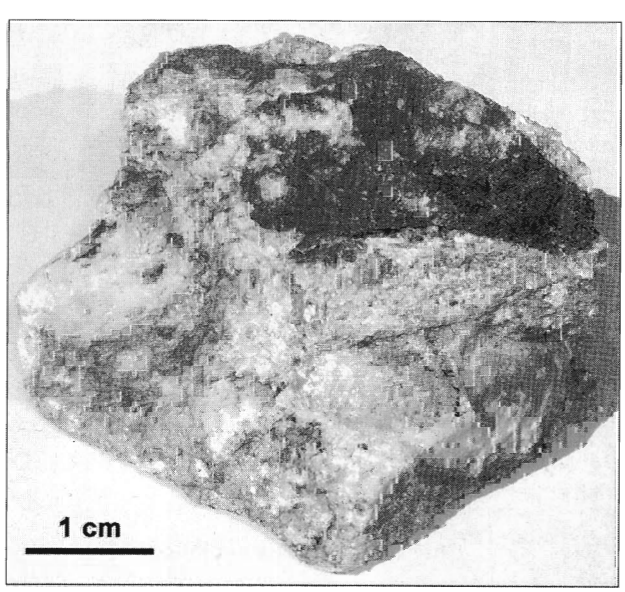
Charakteristika turmalinitov

Turmalinity sú horniny obsahujúce najmenej 15–20 obj. % MTS, najčastejšie v asociácii s kremeňom, lokálne so živcami, sľudou, chloritami, apatitom a s inými minerálmi.

Ich vznik sa môže viazať na šesť základných typov geologických procesov, a to na 1) predmetamorfné zatláčanie, 2) syngenetický exhalačný proces, 3) vylúhovanie z koloidných roztokov a gélov, 4) evaporáciu, 5) kontaktnú a 6) regionálnu metasomatózu (Slack, 1996). Turmalinity sa najčastejšie vyskytujú v klastických metasedimentárnych súvrstviach archaického až permského veku a hojne aj s rudnou mineralizáciou. Niektoré bývajú v asociácii s felzickými a/alebo mafickými metavulkanickými horninami, pričom často vystupujú na kontakte metavulkanitov s okolitými klastickými metasedimentmi (Slack, 1996). V niektorých turmalinizovaných súvrstviach sú aj metaevapority (Chown, 1987). Metamorfóza turmalinitov je zvyčajne vo fácii zelených bridlíc až v amfibolitovej, dokonca aj granulitovej fácii (Slack, 1996), ale známe sú aj výskyty v horninách zeolitovej fácie (Zhang et al., 1994). Tektonická pozícia turmalinitov je rozličná, ale väčšinou vystupujú v riftových extenzných režimoch (Slack, 1996).

Geologická pozícia a petrografická charakteristika turmalinitov z vrstiev spodnotriasového kremenca

Klasty turmalinitov (obr. 1) sa vyskytujú vo vrstvách spodnotriasového kremenca západnej časti západokarpatského tatrika, najmä v Malých Karpatoch, lokálne v Považskom Inovci a v Tribeči (Mišík a Jablonský, 1978). Kremenec so zlepencovými polohami s obliakmi kremeňa a vzácne turmalinitov tvorí bázu spodného triasu lúžňanskeho súvrstvia obalovej tatrickej jednotky. Kremenec sa interpretuje ako kontinentálna uloženina v (semi)aridnej klíme, v ktorej prevládal eolický transport sedimentu s občasnými divočiacimi tokmi, ktoré prinášali hruboklastický detrit. Transportné smery spodnotriasového kremenca sa odvodili zo smerov šikmého zvrstvenia a poukazujú na paleotransport zo S až SZ, z vonkajšej strany karpatského oblúka (Mišík a Jablonský, 1978, 2000).



Obr. 1. Obliak turmalinitu v kremenci (Bratislava – Devínska Kobyla).
Fig. 1. Pebble of tourmalinite in quartzite (Bratislava – Devínska Kobyla hill)

Mišík a Jablonský (1978) podľa textúry rozlíšili turmalinity s masívnou všesmernou textúrou (kremeň + turmalín, akcesorický zirkón) a s bridličnatou textúrou.

Na základe petrografického zloženia možno klasty turmalinických hornín rozdeliť do nasledujúcich litologických typov (Mišík a Jablonský, ibid.):

A) Kremenno-turmalinické horniny – obliaky s masívnou turmalinickou hmotou čiernej farby a s ostrohrannými bielymi úlomkami kremeňa.

B) Turmalinizované droby a fylity – obliaky zreteľne platničkového tvaru s výraznou foliáciou; turmalín vytvára pásy agregátov.

C) Turmalinizované kyslé pyroklastiká – obliaky čiernej horniny s drobnobrekciovitou štruktúrou. Zreteľné sú relikty fluidálnej textúry vo felzitickej, silicifikovanej základnej mase a výrastlice živcov s idiomorfným obmedzením, ktoré zatláča kremeň.

D) Turmalinizovaný kremenec, ktorý tvorí mozaika slabo undulóznych kremenných zŕn. Sférolity turmalínu nie sú závislé od štruktúrneho usporiadania kremennej mozaiky.

Klasty turmalinitov sú veľké do 8 cm. Turmalín je často zonálny, na okraji zelených alebo hnedých kryštálov modrý. Jeho druhá generácia vypĺňa pukliny cez celú horninu. Obsah B v hornine sa v troch analýzach stanovil na 0,7–1,2 %, čo zodpovedá približnému obsahu 40 obj. % turmalínu v hornine (Mišík a Jablonský, 1978).

Dominantnou minerálnou asociáciou turmalinitov v spodnotriasovom kremenci je kremeň + turmalín v nerovnakom pomere. Lokálne sa vyskytujú živce, muskovit, biotit, chlorit, epidot, zirkón, monazit-(Ce), xenotím-(Y), hematit, rutil a titanit (Bačík et al., 2005).

Lokalizácia vzoriek turmalinitov

Malé Karpaty (obr. 2)

TM1 – Modra, Traja jazdci, 500 m na J od kóty Veľká homoľa (709 m n. m.), prírodný odkryv kremencového telesa.

TQ2, TQ6, TQ13 – Bratislava – Devínska Nová Ves, južný svah kóty Devínska Kobyla (514 m n. m.), kremencová sutina.

TQ7 – Modra, kóta Kamenná brána (608 m n. m.), prírodný odkryv kremencového telesa.

Považský Inovec (obr. 3)

TQ5 – Hubina, kóta Kostolný vrch (568 m n. m.), prírodný odkryv kremencového telesa.

TQ12 – Moravany nad Váhom, Zlatý vrch (480 m n. m.), sutina pod kremencovým telesom.

Metodika

Zo vzoriek turmalinitov sa zhotovili leštené výbrusy na elektrónovú mikroanalýzu. Vykonala sa na prístroji CAMECA SX-100 (Štátny geologický ústav Dionýza Štúra v Bratislave) metódou vlnovodisperznej analýzy (WDS)

pri urýchľovacom napätí 15 kV, prúde 20 nA, priemere elektrónového lúča 1–5 μm so spodným detekčným limitom cca 0,01 hmot. % a s presnosťou ± 0,05 to 0,15 hmot. %. Použité štandardy: wollastonit (Si$K\alpha$, Ca$K\alpha$), TiO_2 (Ti$K\alpha$), Al_2O_3 (Al$K\alpha$), chromit (Cr$K\alpha$), kovový V (V$K\alpha$), hematit (Fe$K\alpha$), rodonit (Mn$K\alpha$), MgO (Mg$K\alpha$), willemit (Zn$K\alpha$), kovový Ni (Ni$K\alpha$), albit (Na$K\alpha$), ortoklas (K$K\alpha$), BaF_2 (F$K\alpha$) a NaCl (Cl$K\alpha$).

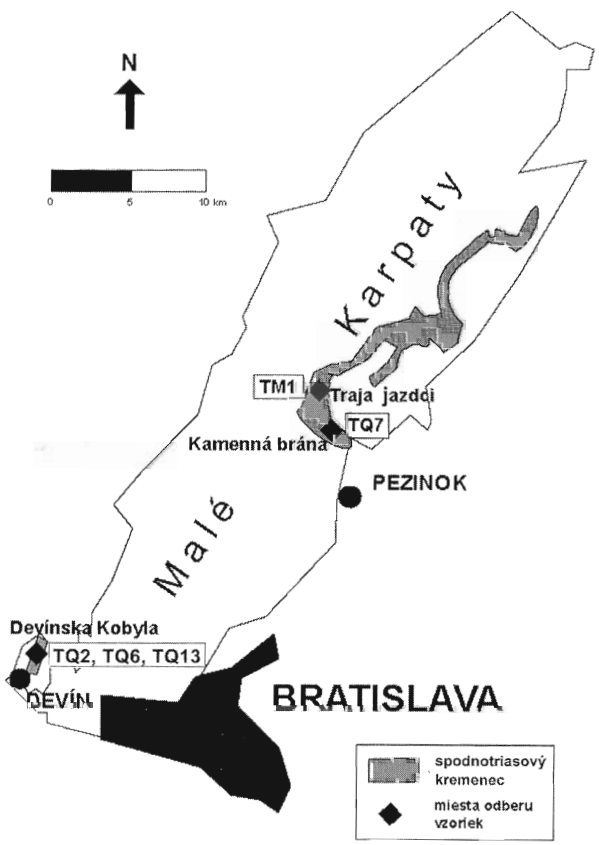
Elektrónové mikroanalýzy sa prepočítali v programe FORMULA v prvej fáze na sumu 15 katiónov, čím sa získala možnosť kalkulácie Fe^{3+} (vypočíta sa z deficitu nábojovej bilancie oproti ideálnej sume podľa vzorca e(X) + e(Y) + e(Z) + e(T) = 49 (kde e(X), e(Y), e(Z) a e(T) sú súčtom náboja katiónov (e) vystupujúcich v jednotlivých pozíciách X, Y, Z a T). Po spätnom prepočte katiónov na hmotnostné percentá aj s prepočítaným Fe^{3+} sa kalkulovalo na 31 aniónov, čím sa vzali do úvahy vakancie v štruktúre (v pozícii Y). Pri prepočte sa použil kľúč zohľadňujúci substitučné mechanizmy pri obsadzovaní jednotlivých pozícií – podiel x^{Z}Mg je výsledkom uvitovej substitúcie podľa vzorca $x^{X}Na+x^{Z}Al \leftrightarrow x^{X}Ca+x^{Z}Mg$ (kde x je stechiometrický koeficient katiónov vstupujúcich do substitúcie), x^{Y}Al je súčtom Tschermakovej ($x^{T}Al+x^{Y}Al \leftrightarrow x^{T}Si+x^{Y}Mg$), foititovej substitúcie ($x^{X}\square+x^{Y}Al \leftrightarrow x^{X}Na+x^{Y}Mg$) a prebytku Al, ktorý zostal po rozpočítaní ^{T}Al a ^{Z}Al

Výsledky

Petrografický opis vzoriek

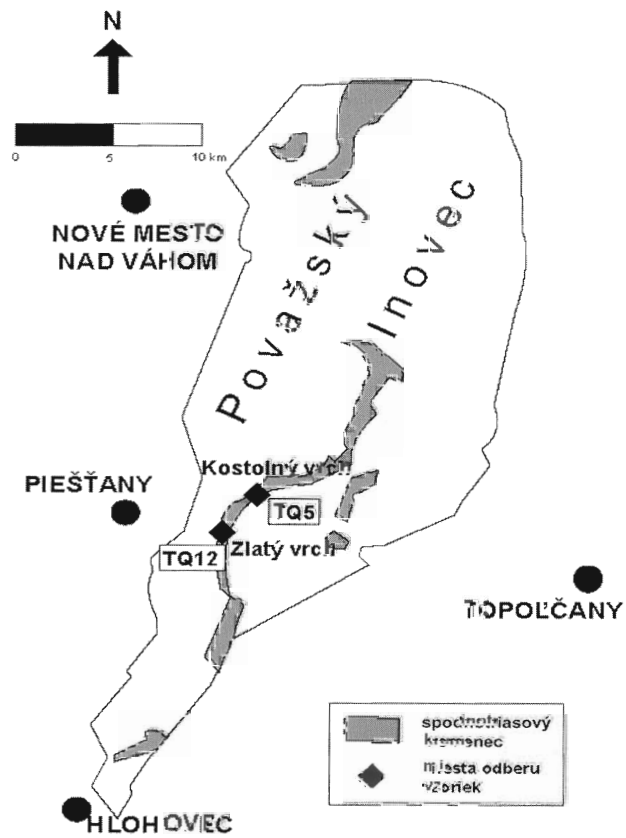
Vzorka TM1 je sivý obliak veľký asi 2 cm. V tmavosivej hmote je veľa bielych kremenných porfyroklastov. Pomer kremeň . turmalín je približne 1 . 1. Pri mikroskopickom pozorovaní má hornina hrubozrnný kremenný matrix, miestami so zónami rekryštalizovaným na jemnokryštalický kremenný agregát, na ktorý sa viaže turmalín. Ten je strednokryštalický, modrý, s výrazným pleochroizmom, zonálny (obr 4a). V žilkách sa objavuje jemnokryštalický muskovit (sericit), ktorý je mladší ako turmalín, a z akcesorických minerálov zirkón a xenotím-(Y).

Vzorka TQ2, obliak veľký cca 1,5 cm, je výrazne čierny s niekoľkými bielymi porfyroblastmi kremeňa. Turmalín je prevládajúcim minerálom turmalinitu (50–60 ob. %). V mikroskope sú pozorovateľné zóny turmalínu s jemnokryštalickým kremeňom. Turmalín tvorí aj hrubokryštalické agregáty a jemné ihlicovité zelenkasté kryštály s nevýrazným pleochroizmom. V spätne rozptýlených elektrónoch je pozorovateľná výrazná zonalita turmalínu s nápadne svetlejšou zónou kryštálov (obr. 4b). Z akcesórií sa zistil zirkón, xenotím-(Y) a fosfát Ba, pravdepodobne gorceixit.



Obr. 2. Schematická mapa odberu vzoriek v Malých Karpatoch s vyznačenými výskytmi spodnotriasového kremenca.

Fig. 2. Sketch-map of sample location in the Malé Karpaty Mts. with occurrences of Lower Triassic quartzite.



Obr. 3. Schematická mapa odberu vzoriek v Považskom Inovci s vyznačenými výskytmi spodnotriasového kremenca.

Fig. 3. Sketch-map of sample location in the Považský Inovec Mts. with occurrences of Lower Triassic quartzite.

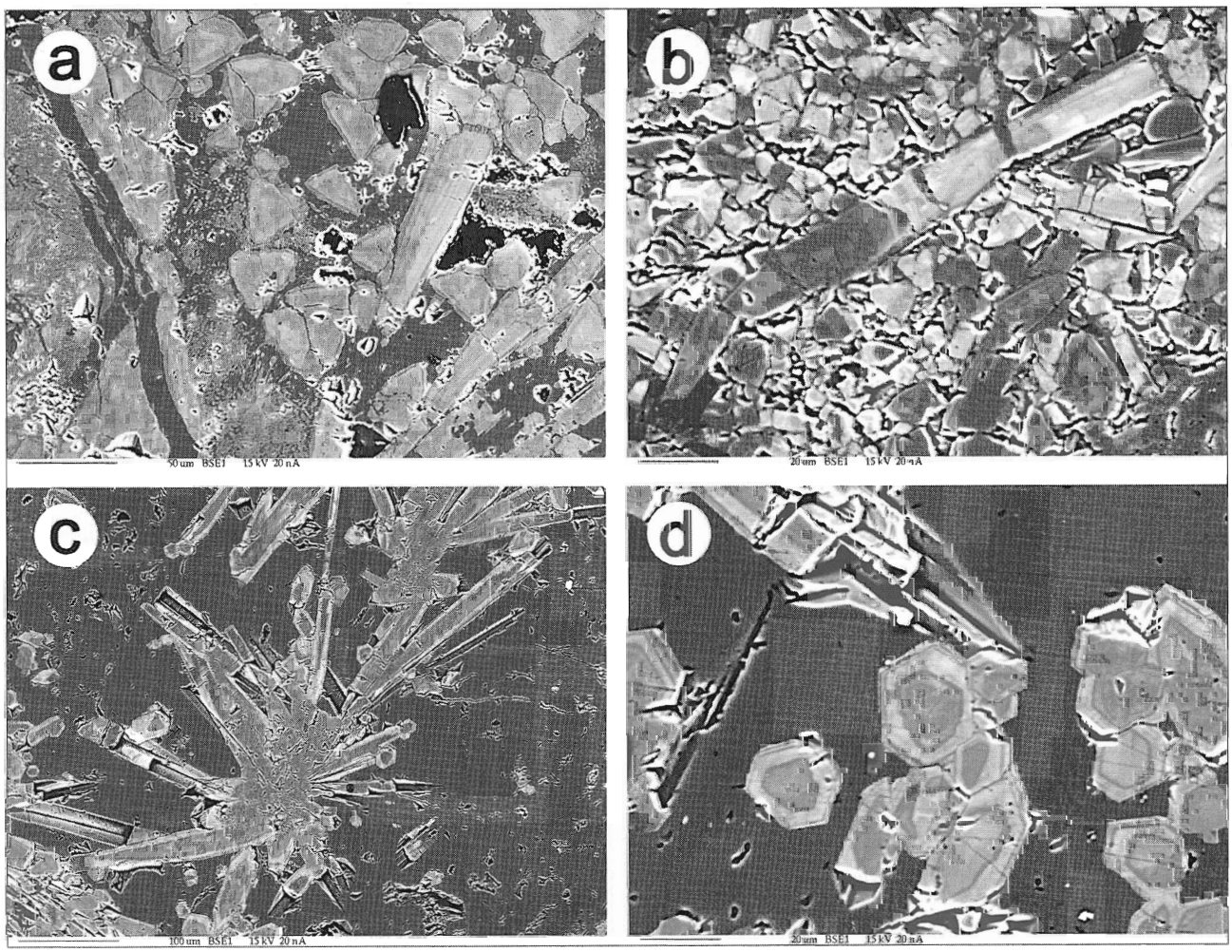
Vzorka TQ5, ktorou je obliak turmalinitu, má podlhovastý tvar s dlhším priemerom 1 cm. Turmalín v nej silno prevažuje nad kremeňom. Pod polarizačným mikroskopom vidieť jemnokryštalický turmalín strednozrnného kremenného matrixu. Turmalíny tvoria plstnaté agregáty a sférolity zelenej farby so slabým pleochroizmom s priemernou dĺžkou 20–50 μm.

Vzorka TQ6 je plochý obliak takmer štvorcového tvaru veľký asi 1,5 cm. Je tmavočierny, s kontrastnými bielymi porfyroklastmi kremeňa s prevahou turmalínu. V mikroskope je hornina hrubokryštalická, výrazne turmalinizovaná. Turmalín je hrubokryštalický, prizmatický, zelenohnedý, s výrazným pleochroizmom. Často tvorí sférolity (obr. 4c). Zvyčajne je výrazne zonálny a okrajová zóna kryštálov v spätne rozptýlených elektrónoch nápadne svetlejšia (obr. 4d).

Vzorka TQ7 je obliak turmalinitu sivej farby veľký asi 5 cm. Pomer turmalínu a kremeňa je cca 1 : 1 s veľkým počtom kremenných porfyroklastov veľkých do 0,5 cm. V mikroskope možno pozorovať hrubozrnný kremenný matrix a dva typy turmalínu. Prvý vystupuje v zhlukoch hruboprizmatických, zelenomodrých, výrazne pleochroických kryštálov, druhý, jemnokryštalický, sa vyskytuje v rekryštalizovaných drobnozrnných zónach s kremeňom. Obidva typy majú nevýraznú zonalitu.

Vzorka TQ12 je malý (do 0,5 cm) obliak čiernej farby s prevahou turmalínu s jemnými kremennými žilkami. Hornina je skoro kompletne turmalinizovaná, jemnozrnná. Turmalín vystupuje v matrixe v podobe hnedej jemnokryštalickej hmoty, pričom zatláča kremeň. Druhá generácia turmalínu je v kremenných žilkách v podobe drobných tenkoprizmatických kryštálov. Kryštály sú menšie ako 10 μm. Zonalita nie je pozorovateľná ani v BSE.

Vzorka TQ13 je fragment obliaka čiernej farby s viacerými bielymi kremennými porfyroklastmi veľký 2 cm. Ide o stredne kryštalickú turmalinizovanú kremennú horninu so všesmernou textúrou. Turmalín tvorí zhluky kryštálov so zeleným pleochroizmom a s pomerne výraznou zonalitou.



Obr. 4. Snímky turmalinitov v spätne rozptýlených elektrónoch (BSE). a) TM1 (Modra – Traja jazdci), b) TQ2 (Bratislava – Devínska Kobyla), c) TQ6 (Bratislava – Devínska Kobyla), sférolit turmalínu, d) TQ6 (Bratislava – Devínska Kobyla), zonálne kryštály.

Fig. 4. Back scattered electrons images of tourmalinites. a) TM1 (Modra – Traja jazdci), b) TQ2 (Bratislava – Devínska Kobyla), c) TQ6 (Bratislava – Devínska Kobyla), radial aggregate of tourmaline crystals, d) TQ6 (Bratislava – Devínska Kobyla), zoned crystals.

Chemické zloženie MTS

Chemické zloženie MTS v turmalinitoch zo Západných Karpát (reprezentatívne analýzy sú v tab. 1) sa hodnotilo viacerými klasifikačnými diagramami. Diagram Ca vs. Na+K vs. $^{X}\square$ (Hawthorne a Henry, 1999) slúži na zaradenie MTS do troch skupín na základe distribúcie uvedených katiónov a vakancií v štruktúrnej pozícii *X* (obr. 5). MTS zo študovaných turmalinitov sa v prevažnej miere začlenili do skupiny alkalických, menšia do vakantných turmalínov (vzorka TM1 a časť analýz zo vzorky TQ2, TQ7 a TQ12). Výnimočne sa jedna analýza vzorky TQ6 objavuje v poli vápenatých turmalínov (uvitu). Viditeľná je značná nehomogenita a rozptyl analýz už v rámci vzoriek.

Diagram $^{X}\square$ vs. $^{Y}Fe/(^{Y}Fe+^{Y}Mg)$ je jednou z možných alternatív na určenie príslušnosti vzoriek turmalínu s nízkym obsahom ^{X}Ca a $^{Z}(Fe^{3+}, V^{3+}, Cr^{3+})$ k jednotlivým koncovým členom turmalínovej skupiny (obr. 6). Výrazná inhomogenita študovaných vzoriek sa objavuje aj v tomto diagrame. Turmalín zo vzorky TM1 (Modra-Traja jazdci) možno priradiť k foititu, ostatné vzorky sa pohybujú medzi zložením skorylu a dravitu. Jednotlivé analýzy utvorili niekoľko skupín. Prvou sú už spomenuté foitity, v druhej vysoko železnaté skoryly až foitity (najmä TQ2 a TQ7) s trendom obohatenia vakantnejších vzoriek o Fe. Treťou, najpočetnejšou skupinou sú skoryly – dravity, štvrtou nízkovakantné až nevakantné nízkohlinité turmalíny zo vzorky TQ6 (Bratislava – Devínska Kobyla).

Diagram $^{X}\square$ vs. Al (obr. 7) jasne rozlišuje rozdielne správanie skorylovo-foititových turmalínov pri raste vakancií (TM1, TQ5, TQ7, TQ13 a vyššiehlinitých zón turmalínu vo vzorke TQ2 a TQ6) a nízkohlinitých turmalínov vzorky TQ2 a TQ6 s prechodom od trendu uvitovej substitúcie (na diagrame trend k feruvitu) k povondraitovej substitúcii (body analýz pod úrovňou feruvitu s najstrmším sklonom), ktorá substituuje Fe^{3+} za Al^{3+} v pozícii *Z*.

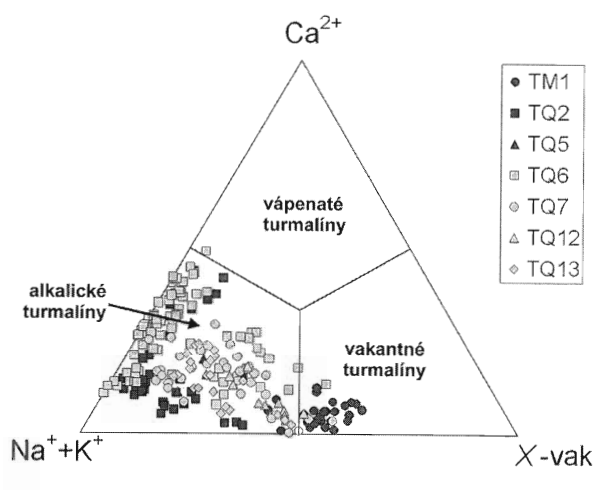
Vzorky turmalinitov zo spodnotriasového kremenca sa z hľadiska zonality dajú rozdeliť do troch skupín. V prvej sú turmalinity s výraznou (TQ2, TQ6 a TQ7), v druhej s nevýraznou zonalitou (TM1) a v poslednej bez chemickej zonality resp. príliš jemnokryštalické (TQ5 a TQ12). Vzorka TQ2 a TQ6 (Bratislava – Devínska Kobyla) sa vyznačujú stúpaním obsahu Fe a Mg od stredu po okraj a naopak poklesom obsahu Al až k extrémne nízkym hodnotám (okolo 3 *apfu*) v okrajovej zóne, teda takmer až k zloženiu povondraitu $NaFe^{3+}{}_3Fe^{3+}{}_6(BO_3)_3(Si_6O_{18})O_3(OH)$. Vo vzorke TM1 a TQ7 generálne od stredu po okraj stúpa obsah Al a vakancií v pozícii *X*.

Substitúcie v MTS

Najjednoduchšou substitúciou uplatňujúcou sa vo väčšine silikátov je vzájomné nahrádzanie ^{Y}Fe a ^{Y}Mg (obr. 8). V turmalínoch dominujú v štruktúrnej pozícii *Y*. Stupeň korelácie substitúcie $^{Y}Fe \leftrightarrow {}^{Y}Mg$ je pri jednotlivých vzorkách pomerne rozdielny. Najlepšie korelujú vzorky TQ2, TQ6 a TQ5. Odklon od ideálnej korelácie v ostatných vzorkách spôsobuje najmä ^{Y}Al, čo je očividné najmä vo vzorke TM1 a TQ7, podobne vo vzorke TQ12 a TQ13, ale vo vzorke TQ6 (Bratislava – Devínska Kobyla) vystupuje zvýšený obsah Ti (0,319 *apfu*).

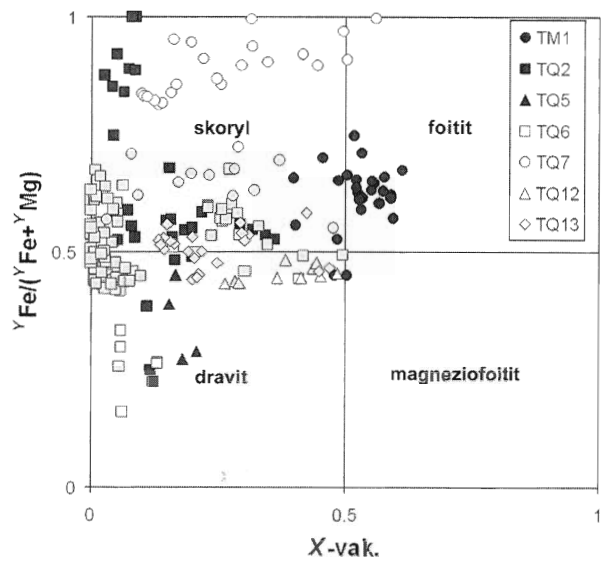
Najväčší vplyv na distribúciu katiónov v turmalíne turmalinitov zo spodnotriasového kremenca má uvitová a foititová substitúcia, lebo substitúcie Li pre veľmi pravdepodobnú absenciu v našich vzorkách nemajú praktický význam a substitúcie s oxidáciou $(OH)^-$ skupiny nie sú našimi analýzami ani prepočtami postihnuteľné.

Foititová substitúcia ($^{X}\square + {}^{Y}Al \leftrightarrow {}^{X}Na + {}^{Y}Mg$) je najčastejší a najpravdepodobnejší mechanizmus vzniku vakancií v pozícii *X* turmalínu, ktoré kompenzuje rast obsahu Al. Jej konečným produktom je foitit. Pre väčšinu vzoriek je to dominantný mechanizmus, v pozícii *Y* je výraznejšia



Obr. 5. Klasifikačný diagram Ca vs. (Na+K) vs. $^{X}\square$ s poľami vápenatých, alkalických a vakantných turmalínov (podľa Hawthorna a Henryho, 1999).

Fig. 5. Classification plot Ca vs. (Na+K) vs. $^{X}\square$ with fields of calcic, alcalic and vacant tourmalines (after Hawthorne and Henry, 1999).



Obr. 6. Klasifikačný diagram $^{X}\square$ vs. $^{Y}Fe/(^{Y}Fe+^{Y}Mg)$.

Fig. 6. Classification plot $^{X}\square$ vs. $^{Y}Fe/(^{Y}Fe+^{Y}Mg)$.

korelácia (obr. 9). Na druhej strane vzorka TQ2 a TQ6 pri nižšom obsahu Al v pozícii *Y* nekorelujú vôbec.

Uvitová substitúcia ($^{X}Na+{}^{Z}Al \leftrightarrow {}^{X}Ca+{}^{Z}Mg$) je najčastejším a najpravdepodobnejším mechanizmom inkorporácie Ca v rámci uvitovej molekuly do štruktúry turmalínu a jej konečným produktom je uvit, koncový člen turmalínovej skupiny. V prípade študovaných vzoriek platí zrkadlový obraz foititovej substitúcie. Vzorky, ktoré výrazne korelovali podľa foititovej substitúcie, na diagramoch uvitovej substitúcie korelujú v menšej miere a odkláňajú sa od línie ideálnej korelácie (obr. 10), čo spôsobujú iné substitúcie, najmä foititová. Ináč sa správa vzorka TQ2 a TQ6, ktoré sa v pozícii *Y* blížia ideálnej línii korelácie.

Povondraitová substitúcia ($^{Z}Fe^{3+} \leftrightarrow {}^{Z}Al^{3+}$) sa prejavuje v turmalínoch vzorky TQ2 a TQ6 pri poklese obsahu Al

Tab. 1
Reprezentatívne elektrónové mikroanalýzy MTS (v hmot. % a prepočítané na 31 aniónov na vzorcovú jednotku), c reprezentuje stred a r okraj kryštálov
Representative electron microprobe analyses of TGM (in wt. % and calculated on basis of 31 anions per formula unit), c and r represents core and rim of grains

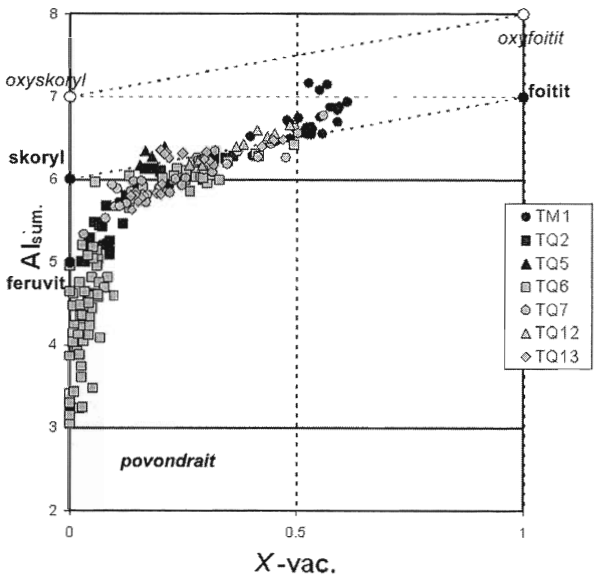
	TM1a1 (c) foitit	TM1a2 (r) foitit	TQ2a1 (c) dravit	TQ2a2 (r) nízkohl. dravit – skoryl	TQ2a3 (r) nízkohl. skoryl	TQ5a1 dravit	TQ6a1 (c) skoryl
SiO_2	36,48	36,38	36,42	35,29	35,19	36,12	35,69
TiO_2	0,00	0,02	0,57	1,21	2,32	0,18	0,69
B_2O_3*	10,65	10,67	10,45	10,06	10,13	10,62	10,35
Al_2O_3	35,55	35,81	31,13	22,61	25,40	32,91	30,48
Cr_2O_3	0,02	0,03	0,01	0,04	0,05	0,00	0,03
V_2O_3	0,00	0,00	0,00	0,15	0,11	0,00	0,00
Fe_2O_3	0,00	0,00	0,00	3,59	0,00	0,00	0,00
FeO	9,01	9,58	8,86	11,35	13,26	8,28	10,61
MnO	0,09	0,10	0,01	0,13	0,01	0,03	0,07
MgO	3,42	3,13	5,61	7,68	6,12	6,12	5,18
NiO	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,07
ZnO	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
CaO	0,47	0,49	0,62	2,35	1,81	0,64	1,28
Na_2O	1,03	1,07	2,12	1,53	1,72	2,25	1,47
K_2O	0,01	0,00	0,03	0,06	0,04	0,04	0,02
H_2O*	3,67	3,68	3,60	3,47	3,26	3,66	3,57
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
O=F	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,20	0,00	0,00
O=Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	100,42	100,97	99,44	99,61	99,72	100,85	99,51
Si^{4+}	5,956	5,924	6,059	6,097	6,037	5,913	5,995
Al^{3+}	0,044	0,076	0,000	0,000	0,000	0,087	0,005
T-sum.	6,000	6,000	6,059	6,097	6,037	6,000	6,000
B^{3+}	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Al^{3+}	5,915	5,911	5,888	4,604	5,135	5,888	5,766
Cr^{3+}	0,003	0,004	0,001	0,005	0,007	0,000	0,004
V^{3+}	0,000	0,000	0,000	0,021	0,015	0,000	0,000
Mg^{2+}	0,082	0,085	0,111	0,435	0,333	0,112	0,230
Fe^{3+}	0,000	0,000	0,000	0,935	0,510	0,000	0,000
Z-sum.	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
Ti^{4+}	0,000	0,002	0,071	0,157	0,299	0,022	0,087
Al^{3+}	0,881	0,885	0,216	0,000	0,000	0,375	0,263
Fe^{2+}	1,230	1,305	1,233	1,172	1,392	1,134	1,490
Mn^{2+}	0,012	0,014	0,001	0,019	0,001	0,004	0,010
Mg^{2+}	0,750	0,675	1,280	1,543	1,232	1,382	1,067
Zn^{2+}	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000
Ni^{2+}	0,003	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,009
Y-sum.	2,876	2,881	2,801	2,901	2,924	2,917	2,926
$^{Y}\square$	0,124	0,119	0,199	0,099	0,076	0,083	0,074
Ca^{2+}	0,082	0,085	0,111	0,435	0,333	0,112	0,230
Na^{+}	0,326	0,338	0,684	0,513	0,572	0,714	0,479
K^{+}	0,002	0,000	0,006	0,013	0,009	0,008	0,004
X-sum.	0,410	0,423	0,801	0,961	0,914	0,834	0,713
$^{X}\square$	0,590	0,577	0,199	0,039	0,086	0,166	0,287
F^{-}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,260	0,000	0,000
Cl^{-}	0,000	0,000	0,003	0,006	0,006	0,003	0,003
$(OH)^{-}$	4,000	4,000	3,997	3,994	3,734	3,997	3,997

blížiacemu sa hranici 3 *apfu*, ktorý je kompenzovaný vstupom Fe^{3+} do pozície *Z* a tým zároveň zvyšovaním pomeru Fe : Mg (obr. 11).

Možný pôvod a genetické podmienky MTS v závislosti od ich chemického zloženia

Pomocou kryštalochemických a petrografických charakteristík možno približne určiť genetické podmienky jednotlivých vzoriek turmalinitov zo spodnotriasových kremencov západokarpatského tatrika. Možné zdrojové horniny sa dajú priblížiť porovnaním chemického zloženia MTS použitím diskriminačného diagramu Al-Fe-Mg (Henry a Guidotti, 1985) Po vynesení analýz MTS zo študovaných turmalinitov do spomínaného diagramu vzniká pestrý obraz možných genetických typov (obr. 11). Najväčšia skupina analýz sa zhromaždila uprostred poľa skoryl – dravit – foitit – magneziofoitit v poli 2 (granity chudobné

	TQ6a4 (r) nízkohl. skoryl	TQ7a1 (c) skoryl	TQ7a2 (r) skoryl	TQ12a1 (c) dravit	TQ12a2 (r) dravit	TQ13a1 (c) dravit	TQ13a2 (r) skoryl – dravit
SiO_2	33,96	35,70	35,65	36,96	36,87	37,28	36,11
TiO_2	0,33	0,84	0,76	0,18	0,33	0,16	1,59
B_2O_3*	9,79	10,37	10,42	10,67	10,72	10,72	10,52
Al_2O_3	19,25	32,12	31,70	34,18	34,54	33,90	29,97
Cr_2O_3	0,01	0,00	0,02	0,00	0,03	0,02	0,00
V_2O_3	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe_2O_3	11,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
FeO	11,40	10,13	11,90	7,37	7,00	7,87	9,67
MnO	0,05	0,02	0,05	0,00	0,07	0,01	0,08
MgO	6,24	3,88	3,87	5,24	5,23	5,35	6,30
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ZnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	1,49	0,77	0,93	0,22	0,48	0,22	1,27
Na_2O	2,04	1,65	1,68	1,61	1,60	1,63	1,82
K_2O	0,03	0,03	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01
H_2O*	3,37	3,27	3,43	3,68	3,70	3,68	3,61
F	0,00	0,65	0,35	0,00	0,00	0,03	0,05
Cl	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00
O=F	0,00	-0,27	-0,15	0,00	0,00	-0,01	-0,02
O=Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	99,50	99,15	100,67	100,12	100,58	100,88	100,97
Si^{4+}	6,031	5,984	5,945	6,021	5,978	6,043	5,967
Al^{3+}	0,000	0,016	0,055	0,000	0,022	0,000	0,033
T-sum.	6,031	6,000	6,000	6,021	6,000	6,043	6,000
B^{3+}	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Al^{3+}	4,029	5,862	5,831	5,962	5,913	5,959	5,775
Cr^{3+}	0,001	0,000	0,003	0,000	0,004	0,003	0,000
V^{3+}	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg^{2+}	0,284	0,138	0,166	0,038	0,083	0,038	0,225
Fe^{3+}	1,683	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Z-sum.	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
Ti^{4+}	0,044	0,106	0,095	0,022	0,040	0,020	0,198
Al^{3+}	0,000	0,467	0,344	0,600	0,665	0,517	0,028
Fe^{2+}	1,548	1,420	1,660	1,004	0,949	1,067	1,336
Mn^{2+}	0,008	0,003	0,007	0,000	0,010	0,001	0,011
Mg^{2+}	1,368	0,832	0,796	1,235	1,181	1,255	1,327
Zn^{2+}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni^{2+}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Y-sum.	2,968	2,828	2,902	2,861	2,845	2,860	2,900
$^{Y}\square$	0,032	0,172	0,098	0,139	0,155	0,140	0,100
Ca^{2+}	0,284	0,138	0,166	0,038	0,083	0,038	0,225
Na^{+}	0,702	0,536	0,543	0,509	0,503	0,512	0,583
K^{+}	0,007	0,006	0,009	0,002	0,002	0,002	0,002
X-sum.	0,993	0,680	0,718	0,549	0,588	0,552	0,810
$^{X}\square$	0,007	0,320	0,282	0,451	0,412	0,448	0,190
F^{-}	0,000	0,345	0,185	0,000	0,000	0,015	0,026
Cl^{-}	0,003	0,000	0,006	0,000	0,000	0,003	0,000
$(OH)^{-}$	3,997	3,655	3,809	4,000	4,000	3,982	3,974



Obr. 7. Diagram $^{X}\square$ vs. Al_{sum}.
Fig. 7. Plot $^{X}\square$ vs. Al_{sum}.

na Li – vzorka TM1 a TQ7), 4 a 5 (metapelity koexistujúce a nekoexistujúce s Al saturačnou fázou – TQ5, TQ12, TQ13, a vyššie hlinité turmalíny zo vzorky TQ2 a TQ6). V poli 3 kremenno-turmalinických hornín bohatých na Fe^{3+} je pod hranicou skoryl – dravit najmä vzorka TQ2 a vo vedľa ležiacom poli 6 (tiež kremenno-turmalinické horniny bohaté na Fe^{3+}) zvyšné analýzy vzorky TQ2, ale najmä TQ6. To korešponduje so zvýšeným obsahom Fe^{3+} v spomenutých vzorkách vypočítaným z nábojovej bilancie.

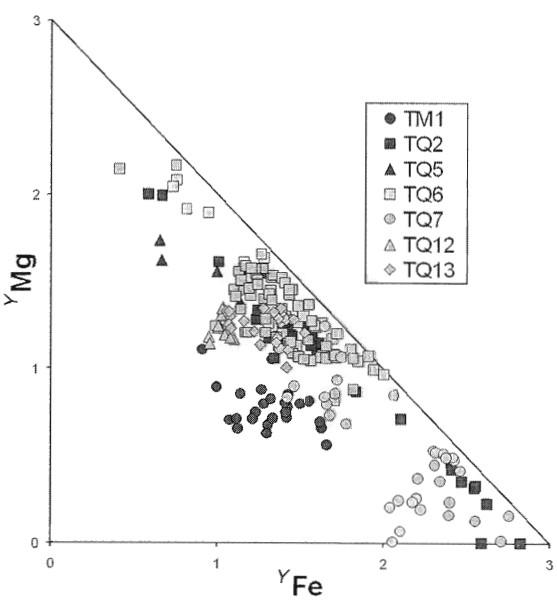
Diskusia

Chemické zloženie a klasifikácia MTS

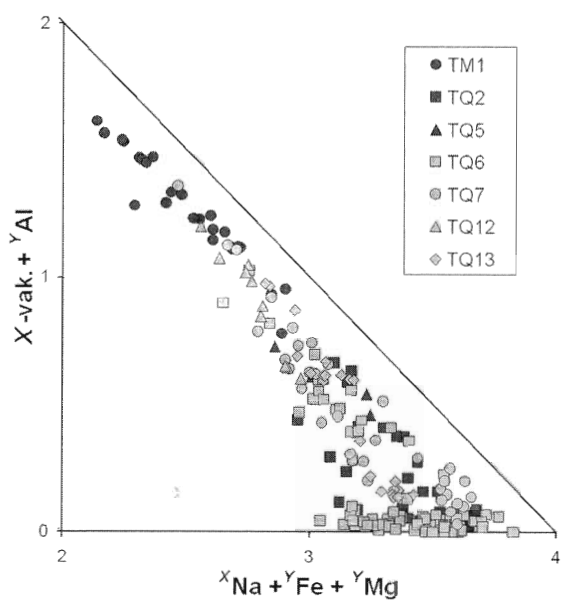
Zo vzoriek turmalinitov z vrstiev spodnotriasového kremenca západokarpatského tatrika sa opísala široká skupina MTS. Najčastejšie býva zloženie zodpovedajúce sérii skoryl – dravit, zriedkavejšie sú vakantné turmalíny – foitit a magneziofoitit – a výnimočné postavenie majú nízkohlinité turmalíny – nízkohlinitý skoryl a nízkohlinitý dravit, ktoré sa zložením približujú povondraitu.

Skoryl a dravit sú najbežnejšími minerálmi turmalínovej skupiny. Navzájom sa odlišujú obsadením oktaédra YO_6. Skoryl obsahuje Fe a dravit Mg, ale Mg vzťahy aj klasifikáciu turmalínov komplikuje. Podľa najnovšieho výskumu je jeho distribúcia medzi oktaédrom YO_6 a ZO_6 v skorylovo-dravitovej sérii rovnomerná (Bosi a Lucchesi, 2004), a tak jeho kvantifikácia v pozícii Y – pre klasifikáciu turmalínu dôležitá – bez exaktnej štruktúrnej analýzy nie je jednoznačná. Aj Fe vstupuje do obidvoch pozícií, ale preferuje pozíciu Y (Bosi a Lucchesi, 2004). Preto hraničné rozdelenie turmalínov skorylovo-dravitovej série systémom 50 : 50 nie je v prechodných členoch dostatočne jasné, a tak turmalíny s pomerom $^{Y}Fe/^{Y}(Fe+Mg)$ cca od 0,35 do 0,70, teda aj väčšinu našich vzoriek, je vhodnejšie označovať ako skoryl – dravit bez bližšej špecifikácie. Iba výraznejšie železnaté (TQ2 a TQ7) a horečnaté (TQ5) turmalíny možno korektne klasifikovať ako skoryl resp. dravit.

V západokarpatských turmalinitoch sa objavujú aj vakantné turmalíny. Vzorku TM1 (Modra – Traja jazdci) tvorí prevažne foitit a jedna jej analýza patrí do poľa magneziofoititu. Vakantné sú aj vysoko železnaté turmalíny zo vzorky TQ7 (Modra – Kamenná brána). Zvýšený obsah



Obr. 8. Diagram substitúcie ^{Y}Fe vs. ^{Y}Mg.
Fig. 8. Plot of substitution ^{Y}Fe vs. ^{Y}Mg.



Obr. 9. Diagram foititovej substitúcie ($^{X}Na+^{Y}Fe+^{Y}Mg$) vs. ($^{X}\square+^{Y}Al$).
Fig. 9. Plot of foitite substitution ($^{X}Na+^{Y}Fe+^{Y}Mg$) vs. ($^{X}\square+^{Y}Al$).

vakancií môže byť typický práve pre turmalíny vznikajúce v neskorších magmatických až postmagmatických štádiách tvorby granitu (Broska et al., 1999), s ktorým môžu byť turmalinity geneticky späté. Okrem vakancií je spoločnou črtou vakantných turmalínov vysoký obsah Al, ktorý sa vznikom vakancií pravdepodobne primárne kompenzuje. Vakantné turmalíny z turmalinitov sú bohatšie na Fe a práve vo vzorke TQ7 je pozorovateľný trend obohacovania o Fe pri raste počtu vakancií. Obohatenie o Fe je aj typickým znakom turmalínov viažucich sa na granitové intrúzie (Faryad a Jakabská, 1996). Vznik vakancií môže byť indikátorom znižovania teploty kryštalizácie turmalínu (Henry a Dutrow, 1996)

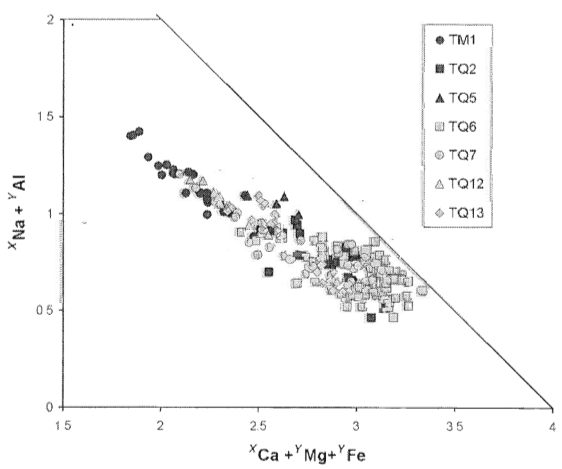
V študovaných vzorkách z Bratislavy – Devínskej Kobyly (TQ2 a TQ6) sa zistili aj nízkohlinité variety skorylu a dravitu blížiace sa hranici povondraitu $NaFe^{3+}{}_3(Mg_2Fe^{3+}{}_4)(Si_6O_{18})(BO_3)_3O_3(OH)$. Nízkohlinité turmalíny majú extrémne nízky pomer vakancií v pozícii *X* a rastúci Fe oproti Mg pri poklese obsahu Al. Výsledkom toho je posuv zloženia nízkohlinitých turmalínov pri poklese obsahu Al od dravitu k skorylu.

Substitúcie v MTS

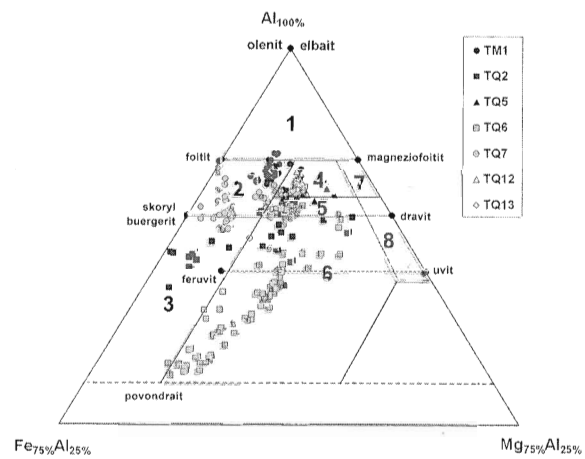
Substitúcia čiže vzájomná výmena katiónov významne ovplyvňuje distribúciu katiónov a chemické zloženie turmalínu. Zloženie každého minerálneho druhu turmalínovej skupiny možno získať substitučnými výmenami zo zloženia dravitu – Na-Mg-Al-$(OH)_4$. Jednoduchými iónovými výmenami vznikajú substitučné vektory ako $FeMg_{-1}$ (produkuje skoryl), $MnMg_{-1}$, $CrAl_{-1}$ (chrómdravit), VAl_{-1} (vanádiumdravit), $F(OH)_{-1}$ (fluórové turmalíny). Z ich spojenia potom vychádzajú hlavné substitučné vektory – $CaMgNa_{-1}Al_{-1}$, produkujúci uvit, a $LiAlMg_{-2}$, z ktorého vzniká elbait. Substitúcia $AlOMg_{-1}(OH)_{-1}$ pre olenit a „oxyturmalíny" (Burt, 1989) je s buergeritovou substitúciou – $Fe^{3+}OFe^{2+}{}_{-1}(OH)_{-1}$ (Donnay et al., 1966) príkladom dehydroxylačného typu substitúcie $(OH)^- + R^{2+} \leftrightarrow R^{3+} + O^{2-}$ (protónovo-deficitná substitúcia). Veľmi častý je alkáliovodeficitný typ substitúcie $R^+ + R^{2+} \leftrightarrow R^{3+} + \square$ (Foit a Rosenberg, 1977) – foititová substitúcia $AlNa_{-1}Mg_{-1}$. Práve antagonistické pôsobenie foititovej (alkáliovodeficitnej) a uvitovej substitúcie v turmalínoch západokarpatských turmalinitov má rozhodujúci vplyv na ich pestré chemické a minerálne zloženie. Na uvitovú substitúciu svojím pôsobením nadväzuje povondraitová substitúcia.

Podľa charakteru najjednoduchšou substitúciou v MTS je vzájomné izomorfné zastupovanie Fe^{2+} a Mg v oktaedrickej pozícii *Y*. V prípade minerálov turmalínovej skupiny je dominantná najmä pri turmalínoch skorylovo-dravitového radu, ale aj v skupine vápenatých turmalínov s miešaním koncových členov uvit – feruvit a vakantného foititu – magneziofoititu. Vzájomné zastupovanie Fe^{2+} a Mg^{2+} je umožnené jednak rovnakým mocenstvom, ale aj blízkym iónovým polomerom Fe^{2+} a Mg (Shannon, 1976). Substitúcia $MgFe_{-1}$ v študovaných vzorkách prebieha plynule a väčšina z nich má približne vyrovnaný pomer Mg a Fe.

Foititová substitúcia je výsledkom vstupu trojmocného katiónu (hlavne Al) do oktaedrickej pozície dvojmocných katiónov, t. j. do pozície *Y*. Lokálna nábojová nerovnováha môže kompenzovať deficit náboja v tetraedrickom prstenci spôsobený výmenou $^TAl^{3+}$ za $^TSi^{4+}$ – Tschermakovou substitúciou alebo naopak môže sa vyrovnať deficitom



Obr. 10. Diagram uvitovej substitúcie ($^XCa+{}^YFe+{}^YMg$) vs. ($^XNa+{}^YAl$).
Fig. 10. Plot of uvite substitution ($^XCa+{}^YFe+{}^YMg$) vs. ($^XNa+{}^YAl$).



Obr. 11. Ternárny diagram Al vs. Fe vs. Mg. Katióny sa udávajú sumárne v *apfu*. Polia reprezentujú: 1 granitické pegmatity a aplity bohaté na Li, 2. granity, s nimi asociované pegmatity a aplity chudobné na Li, 3. kremenno-turmalinické horniny bohaté na Fe^{3+}, 4. metapelity koexistujúce s Al saturačnou fázou, 5. metapelity nekoexistujúce s Al saturačnou fázou, 6. kremenno-turmalinické horniny bohaté na Fe^{3+}, 7 nízkovápenaté metaultramafity, metasedimenty bohaté na Cr a V, 8. metakarbonáty a metapyroxenity (upravené podľa Henryho a Guidottiho, 1985).

Fig. 11. Ternary plot Al vs. Fe vs. Mg (in molecular proportions). The fields are representing distinct rock types. 1. Li rich granitoid pegmatites and aplites, 2. Li poor granitoids and their associated pegmatites and aplites, 3. Fe^{3+} rich quartz-tourmaline rocks (hydrothermaly altered granites), 4. metapelites and metapsammites coexisting with an Al saturating phase, 5. metapelites and metapsammites not coexisting with an Al saturating phase, 6. Fe^{3+} rich quartz-tourmaline rocks, calc-silicate rocks, and metapelites, 7 low-Ca metaultramafics and Cr, V rich metasediments, 8. metacarbonates and metapyroxenites (Henry and Guidotti, 1985, modified).

v pozícii *X* na úkor Na alebo Ca, teda práve foititovou substitúciou (Foit et al., 1989). Foititová substitúcia získava v študovaných vzorkách prevahu pri obsahu Ca nižšom ako cca 0,15 *apfu*. Pri vyšších hodnotách Ca má Al nižší obsah, takže prípadný vzostup Al kompenzuje uvitová substitúcia $NaAl(CaMg)_{-1}$ a vakancie nevznikajú. Potvrdzuje to nevakantnosť („naplnenosť štruktúry") v nízkohlinitých turmalínoch vzorky TQ6. Najsilnejší vplyv má foititová substitúcia vo výrazne vakantnej vzorke TM1 a TQ7. Ďalší rast obsahu Al vo vzorke TM1 a TBP1 kompenzuje už protónovo-deficitná substitúcia $AlOMg_{-1}(OH)_{-1}$, pri ktorej vznikajú oxyturmalíny.

Uvitová substitúcia je typická pre turmalíny s nízkym obsahom Li a také sú aj študované vzorky. Ďalším možným mechanizmom pre vstup Ca do pozície *X* je substitúcia $^{X}Ca+^{Y}Mg+O^{2-} \leftrightarrow {}^{X}\square+{}^{Y}Al+(OH)^{-}$ (Henry a Dutrow, 1990), ale jej vplyv sa elektrónovou mikroanalýzou nedá overiť. Vplyv uvitovej substitúcie sa začne prejavovať pri vysokom obsahu Ca v zdrojovom roztoku pri súčasnom zníženom obsahu Al. Pri vstupe Ca do štruktúry turmalínu je prebytok náboja kompenzovaný vstupom dvojmocných katiónov do pozície trojmocných. Ale reálna je aj obrátená možnosť, teda kompenzácia zníženia nábojovej bilancie pri nedostatku Al vstupom Ca do pozície alkálií. Prevládajúci vplyv má hlavne v nízkohlinitých turmalínoch (TQ2 a TQ6; Bratislava – Devínska Kobyla), kde je primárnym mechanizmom ochudobňovania turmalínovej molekuly o Al v oktaédri ZO_6. Pri pokračujúcom poklese obsahu Al ju v zdrojovom roztoku začínajú zatláčať iné, funkčnejšie mechanizmy na nahrádzanie Al, a to najmä povondraitová substitúcia ($Fe^{3+} \leftrightarrow Al^{3+}$).

Genéza turmalinitov

Pre poznanie genézy turmalinitov je pri absencii iných indexových minerálov najdôležitejšie poznať možné genetické podmienky, geologické prostredie a procesy vedúce k vzniku minerálov turmalínovej skupiny ako najvýznamnejších minerálov turmalinických hornín. Turmalín sa za špecifických podmienok vyskytuje prakticky vo všetkých typoch hornín a geologického prostredia, a to od magmatických cez sedimentárne až po metamorfné.

Turmalinity zo spodnotriasového kremenca sú exotické horniny s neznámou zdrojovou oblasťou. Mišík a Jablonský (1978) uvažujú o Českom masíve, o tzv. vindelicko-beskydskej pevnine, v súčasnosti ponorenej pod predpolím Západných Karpát, pričom vychádzajú zo smerov šikmého zvrstvenia poukazujúcich na paleotransport zo S až SZ, teda z vonkajšej strany karpatského oblúka. Michalík (1994) však predpokladá paleogeografickú polohu tatrika v spodnom triase na území dnešného Švajčiarska, teda na jv. okraji triasovej armorickej pevniny a nasledujúci laterálny posun celého masívu Západných Karpát v sv. smere. Zdrojovou oblasťou klastík by tak najskôr mohli byť horniny metamorfného komplexu hercýnskych orogénnych zón dnešného Centrálneho masívu vo Francúzsku (Uher, 1999).

Pri určovaní genézy turmalinitov možno vychádzať najmä z petrografického pozorovania a z chemického zloženia MTS. Porovnaním chemického zloženia a textúrnych parametrov turmalínu a turmalinitov sa dajú vyčleniť zhruba tri pravdepodobne geneticky odlišné skupiny turmalinitov. V prvej sú turmalinity s vyšším obsahom Al a *X*-vakancií v zložení skoryl – foitit (TM1 a TQ7, oblasť Modry), v druhej s nízkohlinitým turmalínom s trendom skoryl (dravit) – (feruvit) – povondrait (TQ2 a TQ6; lokalita Bratislava – Devínska Kobyla) a v poslednej turmalíny zloženia skoryl – dravit (TQ5, TQ12 a TQ13, lokality v Považskom Inovci a Bratislava – Devínska Kobyla).

MTS vo vzorke TM1 a TQ7 patria do poľa granitov a s nimi asociovaných pegmatitov a aplitov (Henry a Guidotti, 1985), ale z toho nevyhnutne nevyplýva, že ide priamo o granitické alebo pegmatitové turmalíny, ale o MTS generované z fluíd derivovaných z granitovej magmy resp. z taveniny geochemicky príbuznej granitu (Smith a Yardley, 1996) alebo z leukokratných metamorfovaných hornín – ortorúl (Torres-Ruiz et al., 2003). Možno teda predpokladať, že turmalinit TM1 a TQ7 (oblasť Modry) mohli vzniknúť ako kontaktnometasomatické turmalinity pôsobením bóronosných fluíd v exokontakte granitických hornín (Slack, 1996, Harraz a El-Sharkawy, 2001). Chemické zloženie takýchto turmalinitov býva vysoko železnaté, najmä skorylové (Harraz a El-Sharkawy, l. c.; Smith a Yardley, 1996). Zvýšený obsah vakancií v pozícii *X* turmalínu zo vzorky TM1 môže signalizovať nižšiu teplotu vzniku (Henry a Dutrow, 1996). Podobný obraz chemického zloženia je aj v turmalínoch z telies gemerického granitu v Západných Karpatoch, ktorých okrajové zóny vznikli v neskoromagmatických až hydrotermálnych procesoch a majú zvýšený obsah vakancií a Al (Broska et al., 1999; Kubiš a Broska, 2005).

Chemickým zložením sú výnimočné vzorky z Devínskej Kobyly v Malých Karpatoch (TQ2 a TQ6). Sú často silne ochudobnené o Al a naopak obohatené o Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mg, Ti a sčasti aj Ca, pričom obsah Al klesá od stredu po okraj. V obidvoch vzorkách je badateľná zmena chemického zloženia pri poklese Al a Mg teoreticky spôsobená ich postupným vyčerpávaním v systéme. Chemické zloženie okrajových, prírastkových zón ovplyvňuje zmena oxidačného stavu horniny a fluida. Nízkohlinité turmalinity môžu vznikať v metasomatických procesoch v prostredí bohatom na Fe s relatívne vysokou fugacitou O_2. Príkladom toho sú vulkanickoexhalačné Fe ložiská (Frietsch et al., 1997). Prítomnosť Fe^{3+} je potvrdená zvýšeným oxidačným potenciálom prostredia, spôsobeným pravdepodobne prínosom meteorických fluíd, napr. morskej vody. V evaporitoch a metaevaporitoch je prítomnosť Fe^{3+} výsledkom oxidačného potenciálu prostredia. Fe^{3+} vstupuje do štruktúry turmalínu podľa substitučného vektora $R^{3+}O(MgOH)_{-1}$, ktorý posúva zloženie turmalínu v trende „oxydravit" – povondrait (Henry et al., 1999). Fe^{3+} pri deficite Al zvyčajne vstupuje do pozície *Z*, ale sčasti býva aj v pozícii *Y* (Frimmel a Jiang, 2001). Zo zonality týchto vzoriek sa dá predpokladať ich pravdepodobný vulkanickoexhalačný pôvod spolu so zmenou oxidačnoredukčného potenciálu prostredia spôsobenou prínosom meteorických (marinných, možno evaporitických) fluíd.

Väčšina analýz turmalinitov zo spodnotriasového kremenca tatrika, najmä TQ5, TQ12 a TQ13 (Považský Inovec, Bratislava – Devínska Kobyla), sa pohybuje medzi skorylom a dravitom s prevahou dravitu. V diagrame Al-Fe-Mg (obr. 11) analýzy zložením zodpovedajú metapelitom koexistujúcim alebo nekoexistujúcim s Al saturačnou fázou. Toto zloženie je typické pre väčšinu metasomatických turmalinitov asociovaných s vulkanicko-exhalačnými ložiskami (Hellingwerf et al., 1994; Frietsch et al., 1997), pričom turmalinity z takýchto ložísk sú zvyčajne bohaté na Mg (Slack, 1996).

Zaujímavá je priestorová distribúcia genetických typov turmalinitov. Prvý typ – sedimentárnoexhalačných – je veľmi rozšírený od Malých Karpát (TQ13 – Devínska Kobyla) až po Považský Inovec (TQ5 – Kostolný vrch, TQ12 – Zlatý vrch). Kontaktnometasomatické turmalinity sú priestorovo slabšie rozšírené v modranskej časti Malých Karpát (TM1 – Traja jazdci, TQ7 – Kamenná brána), čo mohol ovplyvniť úzky rozsah primárnych hornín ako výsledok metasomatickej aureoly malej hrúbky derivovanej z granitovej intrúzie. Vzorky turmalinitov pravdepodobne zo sedimentárnoexhalačných Fe ložísk sa geograficky viažu len na oblasť Bratislavy – Devínskej Kobyly (vzorky TQ2 a TQ6), čo azda vyplynulo z malého priestorového rozsahu tohto typu ložísk a uloženia detritických obliakov turmalinitov len v ojedinelom koryte divočiaceho toku. Akúkoľvek interpretáciu priestorovej distribúcie zdrojovej oblasti však ovplyvňuje limitovaný počet analyzovaných vzoriek.

Záver

Turmalín v turmalinitoch z vrstiev spodnotriasového kremenca západokarpatského tatrika predstavuje širokú skupinu minerálov turmalínovej skupiny. Najbežnejšie sú železnato-horečnaté turmalíny – skoryl a dravit, ale analyzovalo sa aj menej zvyčajné zloženie – vakantný turmalín foitit a nízkohlinité turmalíny – nízkohlinitý skoryl (pri vyššom obsahu Ca takmer feruvitov), nízkohlinitý dravit až po hranicu s povondraitom.

Na chemické zloženie a štruktúrne usporiadanie turmalínu v kryštalografickej pozícii *X*, *Y* a *Z* mali najväčší vplyv substitučné trendy hlavných katiónov – uvitová ($CaMg(NaAl)_{-1}$) a foititová ($Al(NaMg)_{-1}$) substitúcia. V nízkohlinitých turmalínoch sa popri uvitovej prejavuje aj povondraitová ($Fe^{3+}Al_{-1}$) substitúcia.

Turmalinity vznikali pri rozličných genetických procesoch. Zhruba sa dajú rozdeliť do nasledujúcich genetických typov: 1) kontaktnometasomatické turmalinity vznikajúce v kontaktnej aureole granitovej intrúzie (oblasť Modry, vzorka TM1 a TQ7), 2) turmalinity vznikajúce v sedimentárno-exhalačných ložiskách Fe s výrazným vplyvom oxidovaných meteorických (marinných) fluíd (Bratislava – Devínska Kobyla, vzorka TQ2 a TQ6) a 3) turmalinity vznikajúce pri sedimentárnoexhalačných procesoch (Hubina a Moravany nad Váhom v Považskom Inovci, Bratislava – Devínska Kobyla v Malých Karpatoch, vzorka TQ5, TQ12 a TQ13).

Poďakovanie. Práca bola financovaná z grantu VEGA 1/2031/05 a UK/252/2004. Ďakujeme prof. Milanovi Mišíkovi a doc. Jozefovi Jablonskému za poskytnutie časti vzorkového materiálu, ako aj za podnetnú diskusiu a recenzentovi Dr. Igorovi Broskovi za pripomienky, ktoré skvalitnili text.

Literatúra

Bačík, P., Uher, P. & Prišek, J., 2005: Porovnanie chemického zloženia turmalínu v turmalinitoch Západných Karpát. *Mineralia Slov., Geovestník, 37, 1, 6–7.*

Bosi, F. & Lucchesi, S., 2004: Crystal chemistry of the schorl-dravite series. *Eur. J. Mineral., 16, 335–344.*

Broska, I., Uher, P. & Siman, P., 1999: Na sodík chudobný skoryl a foitit v spišsko-gemerských granitoch. *Mineralia Slov., 31, 507–512.*

Buerger, M. J., Bumham, C. W. & Peacor, D. R., 1962: Assessment of the several structures proposed for tourmaline. *Acta Cryst., 15, 583–590.*

Burt, D. M., 1989: Vector representation of tourmaline compositions. *Amer. Mineralogist, 74, 826–839.*

Donnay, G. & Buerger, M. J., 1950: The determination of the crystal structure of tourmaline. *Acta Cryst., 3, 5–12.*

Donnay, G., Ingamells, C. O. & Mason, B., 1966: Buergerite, a new species of tourmaline. *Amer. Mineralogist, 51, 198–199.*

Faryad, S. W. & Jakabská, K., 1996: Turmalín gemerických granitov. *Mineralia Slov., 28, 203–208.*

Foit, F. F. & Rosenberg, P. F., 1977: Coupled substitutions in tourmaline group. *Contr. Mineral. Petrology, 62, 109–127.*

Foit, F. F. Jr., 1989: Crystal chemistry of alkali-deficient schorl and tourmaline structural relationships. *Amer. Mineralogist, 74, 422–431.*

Frietsch, R., Tuisku, P., Martinsson, O. & Perdahl, J. A., 1997: Early Proterozoic Cu-(Au) and Fe ore deposits associated with regional Na-Cl metasomatism in northern Fennoscandia. *Ore Geol. Rev., 12, 34.*

Frimmel, H. E. & Jiang, S. Y., 2001: Marine evaporites from an oceanic island in the Neoproterozoic Adamastor ocean. *Precambrian Res., 105, 57–71.*

Harraz, H. Z. & El-Sharkawy, M. F., 2001: Origin of tourmaline in the metamorphosed Sikait pelitic belt, south Eastern Desert, Egypt. *J. African Earth Sci., 33, 2, 391–416.*

Hawthorne, F. C. & Henry, D. J., 1999: Classification of the minerals of the tourmaline group. *Eur. J. Mineral., 11, 201–205.*

Hellingwerf, R. H., Gatedal, K., Gallagher, V. & Baker, J. H., 1994: Tourmaline in the central Swedish ore district. *Mineralium Depos., 29, 189–205.*

Henry, D. J. & Guidotti, C. V., 1985: Tourmaline as a petrogenetic indicator mineral. An example from the staurolite-grade metapelites of NW Maine. *Amer. Mineralogist, 70, 15.*

Henry, D. J. & Dutrow, B. L., 1990: Ca substitutions in Li-poor aluminous tourmaline. *Canad. Mineralogist, 28, 111–124.*

Henry, D. J. & Dutrow, B. L., 1996: Metamorphic tourmaline and its petrologic applications. *In: E. S. Grew & L. M. Anowitz (eds.). Boron. Mineralogy, petrology and geochemistry. Rev. Miner., 33, Miner. Soc. Amer., 503–557.*

Henry, D. J., Kirkland, B. L. & Kirkland, D. W., 1999: Sector zoned tourmaline from the cap rock of a salt dome. *Eur. J. Mineral., 11, 263–280.*

Chown, E. H., 1987: Tourmalinites in the Aphebian Mistassini Group, Quebec. *Canad. J. Earth Sci., 24, 826–830.*

Kubiš, M. & Broska, I., 2005: Role of boron and fluorine in evolved granitic rock systems (on example from Hnilec area, Western Carpathians). *Geol. Carpath., 56, 3, 193–204.*

Michalík, J., 1994: Notes on the paleogeography and paleotectonics of the Western Carpathian Area during the Mesozoic. *Mitt. Österr. Geol. Gesell., 86, 101–110.*

Mišík, M. & Jablonský, J., 1978: Spodnotriasové kremence a zlepence Malých Karpát (rozbor valúnov, smery transportu, genéza). *Acta geol. geogr. Univ. Comen., 33, 5–36.*

MIŠÍK, M. & JABLONSKÝ, J., 2000: Lower Triassic quartzites of the Western Carpathians: Source of clastics, transport directions. *Geol. Carpath., 51, 251–264.*

SHANNON, R. D., 1976: Revised effective ionic radii and systematic studies of interatomic distances in halides and chalcogenides. *Acta Cryst., A32, 751–767.*

SLACK, J. F., 1996: Tourmaline associations with hydrothermal ore deposits. *In: E. S. Grew & L. M. Anowitz (eds.): Boron. Mineralogy, petrology and geochemistry. Rev. Miner., 33, Miner. Soc. Amer., 559–643.*

SMITH, M. P & YARDLEY, B. W. D., 1996: The boron isotopic composition of tourmaline as a guide to fluid processes in the southwestern England orefield: An ion microprobe study. *Geochim. Cosmochim. Acta, 60, 8, 1415–1427.*

TORRES-RUIZ, J., PESQUERA, A., GIL-CRESPO, P P & VELILLA, N., 2003: Origin and petrogenetic implications of tourmaline-rich rocks in the Sierra Nevada (Betic Cordillera, southeastern Spain). *Chem. Geol., 197, 55–86.*

UHER, P., 1999: Clasts of tourmaline-rich rocks in Lower Triassic quartzites, the Tatric unit, Central Western Carpathians: tourmaline composition and problem of source areas. *Geol. Carpath., 50, 140–141.*

ZHANG, J. S., PASSCHIER, C. W., SLACK, J. F., FLIERVOET, T F & DE BOORDER, H., 1994: Cryptocrystalline Permian tourmalinites of possible metasomatic origin in the Orobic Alps, northern Italy. *Econ. Geol., 89, 391–396.*

Rukopis doručený 16. 4. 2007
Rukopis akceptovaný 16. 4. 2007
Revidovaná verzia doručená 10. 7. 2007

Tourmaline group minerals from redeposited tourmalinites in Lower Triassic quartzites of Tatric Unit, Western Carpathians: Composition and petrogenetic significance

Clasts of tourmalinites occur as pebbles in conglomerate intercalations in the Lower Triassic quartzites of the Lúžna Fm., Tatric Unit, Western Carpathians (researched occurrences: Malé Karpaty and Považský Inovec Mountains). The quarzite to conglomerate sequence was interpreted as a product of continental ephemeral stream sedimentation in (semi)arid environment. According to recent paleogeographic data (Michalík, 1994), the pre-Mesozoic complexes of the Massif Central, France are the most probable source area of the tourmalinites (Uher, 1999).

Chemical composition of the tourmaline group minerals (TGM) in tourmalinites was analysed by the electron microprobe. Electron microprobe analyses were calculated on the basis of 15 cations to determine Fe^{3+} content and subsequently recalculated on the basis of 31 anions. Tourmaline from tourmalinites belongs mainly to alkalic group, rarely *X*-vacant group. Composition of schorl to dravite is the most common, *X*-vacant tourmalines show foitite composition. Aluminium contents reveal wide variations from the highest values in *X*-vacant tourmalines to 3 Al *apfu* nearly the upper limit of povondraite composition (Bratislava – Devínska Kobyla, Malé Karpaty Mts.).

Main substitution trends – uvite substitution ($CaMg(NaAl)_{-1}$) and foitite substitution ($Al(NaMg)_{-1}$) have the strongest impact on cation occupancy in crystallographic sites *X*, *Y* and *Z*. Povondraite substitution ($Fe^{3+}Al_{-1}$) compensates the decrease of aluminium content in low-Al tourmalines.

Redeposited tourmalinites from Lower Triassic quartzites in the Tatric Unit can be divided to a three basic genetic types: (1) products of the contact aureole of granite intrusion (Modra area), (2) products of submarine sedimentary-exhalative processes on iron deposits (Bratislava – Devínska Kobyla), and (3) product of the sedimentary-exhalative processes under unspecified conditions (Hubina and Moravany nad Váhom, the Považský Inovec Mts., and Bratislava – Devínska Kobyla, the Malé Karpaty Mts.).

Mineralia Slovaca, 39 (2007), 197–202

Retgersit z Čiernej Lehoty (Strážovské vrchy)

TOMÁŠ MIKUŠ[1] a MARTIN CHOVAN[2]

[1]Geologický ústav SAV, Severná 5, 974 01 Banská Bystrica; mikus@savbb.sk
[2]Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava; chovan@fns.uniba.sk

Retgersite from Čierna Lehota (Strážovské vrchy Mts.)

Several supergene minerals were found associated with rare retgersite (α-$NiSO_4 \cdot 6H_2O$). Retgersite occurs on samples containing pararammelsbergite. Primary mineralization (Ni-As-Bi) is hosted by black-shales in the Variscan crystalline complex of Suchý Mts. (Mikuš et al., 2002; Pršek et al., 2005). Associated supergene minerals are presented with annabergite, native copper, cuprite, chryzocolla and gypsum. It is first known occurrence of retgersite from the Western Carpathians region. General ranges of temperatures and relative humidity during summer in the vicinity of Čierna Lehota are preferable for rather retgersite than morenosite formation.

Key words: supergene minerals, hydrated nickel sulphates, mineralogy, weathering processes, Western Carpathians

Úvod

Archívne údaje o ťažbe na lokalite Čierna Lehota a o jej prieskume sú pomerne skúpe. Posledný významnejší geologicko-mineralogický prieskum, pri ktorom sa objavila aj ona, urobil Mikoláš et al. (1993). Aj keď v minulosti na lokalite významnejšia ťažba neprebiehala, pozornosť si zaslúži najmä z mineralogickej stránky, lebo sa na nej vyvinula zaujímavá asociácia primárnych arzenidov, sulfoarzenidov a sulfosolí (Mikuš et al., 2002; Pršek et al., 2005). Primárne rudné minerály v exogénnych podmienkach podliehali oxidácii za vzniku pestrej palety sekundárnych minerálov.

V príspevku podávame základnú mineralogickú charakteristiku retgersitu, ktorý je zo Západných Karpát opísaný prvý raz, ako aj ďalších sekundárnych minerálov Ni a Cu.

Metodika

Vzorky sekundárnych minerálov sú z haldového materiálu. Niektoré sa skúmali v odrazenom svetle mikroskopom Zeiss Jena Jenapol a na bližšiu identifikáciu sa použila rtg. difrakčná analýza prístrojom DRON-3 (Geologický ústav Prírodovedeckej fakulty UK) pri takýchto podmienkach merania: žiarenie CuKα, filter Ni, urýchľovacie napätie 40 kV, prúd 20 mA s rozsahom merania (2° Θ) 4–70.

Na presnejšiu identifikáciu retgersitu sa použila infračervená absorpčná spektroskopia (ďalej IRS). Vykonala sa v Chemickom ústave SAV na prístroji NICOLET MAGNA 750 pri nasledujúcich podmienkach merania: technika KBr tabletiek, návažok 0,6 mg vzorky + 200 mg KBr, spektrometer FTIR, rozsah 4000–400 cm^{-1}, rozlíšenie 4 cm^{-1}.

Geologicko-mineralogické pomery

Študovaný výskyt sa nachádza asi 2 km na JJV od Čiernej Lehoty (okres Bánovce nad Bebravou) v nadmorskej výške 680 m. Zvyšky po bývalej banskej činnosti v podobe plytkých šácht a píng (hĺbka 1–4 m) tvoria pingové pole orientované smerom JJZ–SSV. Pingový ťah je dlhý približne 1 km a široký prvé desiatky metrov.

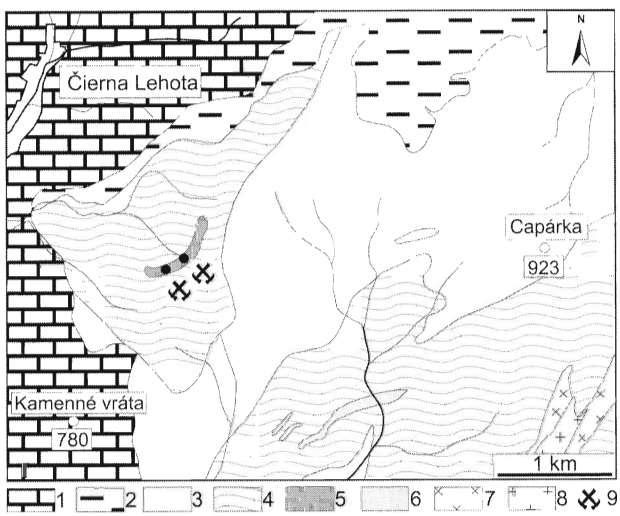
Pingové pole kopíruje úzke pásmo amfibolitov, čiernych bridlíc a silne grafitizovaných hornín (grafiticko-biotitická pararula a grafitický metakvarcit; obr. 1). Pásmo je v kremitých biotitických pararulách kryštalického komplexu Suchého (Maheľ, 1985). Pingové pole sledovalo syngenetickú pyritovo-pyrotínovú mineralizáciu, ktorá sa v minulosti kutala. V tejto mineralizácii sa zriedka vyskytuje aj epigenetická hydrotermálna žilná Ni-Bi-As mineralizácia. Rudnú mineralizáciu tvoria arzenidy a sulfoarzenidy Ni a Fe (pararammelsbergit, gersdorffit, löllingit a arzenopyrit) s karbonátmi, zriedkavejšie sú sulfosoli Bi – kuprobizmutit, matildit, bizmutinit, aikinit, kupčíkit a hodrušit. Okrem spomenutých minerálov sa na lokalite vyskytuje aj bizmut, hematit, magnetit, chalkopyrit, tennantit, Bi tennantit, sfalerit, galenit, pyrit, kalcit a Fe dolomit (Mikuš et al., 2002; Pršek et al., 2005).

Výsledky a diskusia

Na základe detailného mineralogického štúdia a rozdielnej genézy možno na lokalite Čierna Lehota rozlíšiť najmä sekundárne minerály Ni a Cu. V menšej miere je zastúpený aj sadrovec a sekundárne minerály Fe.

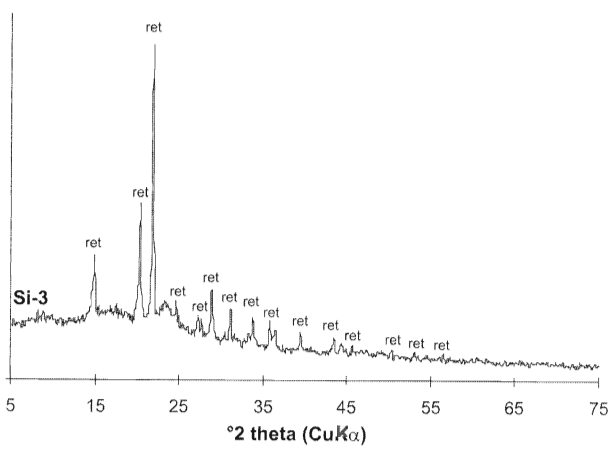
Retgersit ($NiSO_4 \cdot 6H_2O$)

Retgersit je najzaujímavejším sekundárnym minerálom lokality. Vyskytuje sa pomerne zriedka. Tvorí priehľadné kryštáliky ihličkovitého habitu alebo tyrkysovú a modrozelenú kôru na vzorkách pararammelsbergitu hrubú do 1 mm. Identifikoval sa rtg. difrakčnou (tab. 1, obr. 2) a IRS analýzou. IRS analýza potvrdila prítomnosť aniónov H_2O a SO_4 (obr. 3). Difrakčné maximá z rtg. záznamu nesvedčia o tom, že by sa niektoré agregáty čiernolehotského retgersitu prerastali s *morenositom* ($NiSO_4 \cdot 7H_2O$).



Obr. 1. Geologická mapa okolia Čiernej Lehoty (upravené podľa Maheľa, 1985). 1 – mezozoický tatrický obal, 2 – krížňanský príkrov, 3 – páskované migmatity, 4 – biotitické pararuly, 5 – grafitické čierne bridlice, 6 – amfibolity, 7 – granodiority, 8 – leukokratné granity, 9 – študovaný výskyt.

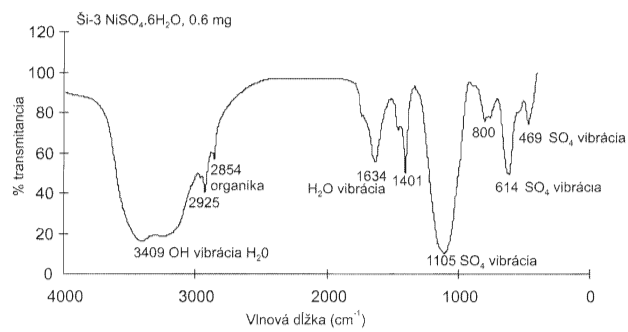
Fig. 1. Geological sketch of the Čierna Lehota vicinity (according to Maheľ, 1985). 1 – Mesozoic Tatric sedimentary cover, 2 – Krížna nappe, 3 – banded migmatites, 4 – biotite micashist, 5 – graphite black schists, 6 – amphibolites, 7 – granodiorites, 8 – leucocratic granites, 9 – abandoned mines.



Obr. 2. Rtg. difrakčná analýza retgersitu.

Fig. 2. X-ray diffraction analysis of retgersite.

Retgersit a morenosit sú v prírode relatívne vzácne. Mineralogické asociácie s retgersitom z vybratých svetových lokalít sumarizuje tab. 2. Obidva minerály (hydratované sulfáty Ni) sa vyskytujú ako produkt zvetrávania v rudných ložiskách (Frondel a Palache, 1949; King a Evans, 1964; Paulo, 1970, Otto a Schuerenberg, 1974; Yakhontova et al., 1976; Sejkora a Řídkošil, 1993) alebo v uhlí (Walker, 1988), ako aj v ultramafických horninách (Bermanec et al., 2000) Morenosit väčšinou býva v asociácii s retgersitom, kým retgersit iba s hydrátovanými Ni sulfátmi alebo s nikelhexahydritom (tab. 2). Rovnovážny stav páru retgersit – morenosit je definovaný v relatívne širokom poli relatívnej vlhkosti a danej teplote v porovnaní s ostatnými sulfatickými systémami (Chou a Seal, 2003; obr. 4). Preto by morenosit mal vznikať v chladnejšom podnebí s vysokou relatívnou vlhkosťou vzduchu ako retgersit. Ako vidno na obr. 4, na sledovanej lokalite by podľa údajov o relatívnej vlhkosti vzduchu a o priemernej teplote



Obr. 3. IRS spektrum retgersitu z Čiernej Lehoty.

Fig. 3. IRS spectrum of retgersite from Čierna Lehota.

Tab. 1
Rtg. difrakčná analýza retgersitu z Čiernej Lehoty a tabuľkové hodnoty (Berry, 1974)
XRD analysis of retgersite from Čierna Lehota and tabular data for retgersite (Berry, 1974)

vzorka Si-3		Berry (1974)	
d_{mer} [nm]	I_{mer}	d_{tab} [nm]	I_{tab}
0,637	27	0,636	8
0,457	41	0,457	40
0,425	100	0,425	100
0,376	11	0,376	6
0,339	9	0,339	12
0,333	6	0,333	6
0,319	22	0,317	4
0,303	4	0,303	4
0,297	14	0,296	20
0,273	13	0,272	18
0,257	12	0,257	14
0,253	10	0,253	8
0,234	9	0,233	12
0,213	12	0,213	9
0,209	7	0,209	4
0,203	5	0,202	8
0,189	4	0,188	4
0,185	5	0,185	6
0,175	4	0,175	6
0,171	4	0,171	6

Tab. 2
Výskyty a minerálne paragenézy retgersitu a morenositu
Selected mineralogy of retgersite and morenosite occurrences

lokalita	sírany	sulfidy	arzeničnany	arzenidy	karbonáty	publikácia
Minasragras, Peru	Rt, Mr	Pt				Frondel a Palache (1949)
Cottonwood Canyon, NV	Rt			Nc		Frondel a Palache (1949)
Nemecko	Rt		An			Frondel a Palache (1949)
Čierny les, Nemecko	Mr, Nh, Gy, Me		An			Otto a Schuerenberg (1974)
Noriľsk, Rusko	Mr, Rt, Nh					Yakhontova et al. (1976)
Gap Nickel mine, PA	Rt, Ch					Frondel a Palache (1949)
Chelmiec, Poľsko	Rt, Mr	Gr	An			Paulo (1970)
Jáchymov, Česká rep.	Rt, Mr, Nh, Gy	Gr	An	Sk	Ar	Sejkora a Řídkošil (1993)
Warwickshire, UK	Rt	Ml				Walker (1988)
St. Patric`s Cu mine, IRL	Mr, Gy	Py, Ap				King a Evans (1964)
Bosna a Hercegovina	Rt, Nh				Gs	Bermanec et al. (2000)

An – annabergit/annabergite [$Ni_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$], Ap – arzenopyrit/arsenopyrite [FeAsS], Ar – aragonit/aragonite [$CaCO_3$], Ch – chalkantit/chalkantite [$CuSO_4 \cdot 5H_2O$], Gr – gersdorffit/gersdorffite [NiAsS], Gs – gaspéit/gaspeite [$NiCO_3$], Gy – sadrovec/gypsum [$CaSO_4 \cdot 2H_2O$], Me – melanterit/melanterite [$FeSO_4 \cdot 7H_2O$], Mr – morenosit/morenosite [$NiSO_4 \cdot 7H_2O$], Nc – nikelín/nickeline [NiAs], Nh – nikelhexahydrit/nickelhexahydrite [$NiSO_4 \cdot 6H_2O$], Pt – patronit/patronite [VS_2], Py – pyrit/pyrite [FeS_2], Rt – retgersit/retgersite [$NiSO_4 \cdot 6H_2O$], Sk – skutterudit/skutterudite [(Co, Ni)As_{3-x}].

v letných mesiacoch (zdrojom je SHMÚ) mal vznikať iba retgersit. Predpokladáme, že v lete sú dehydratačné procesy najintenzívnejšie. Ak sa vezmú do úvahy dáta o priemernej celoročnej teplote a o relatívnej vlhkosti vzduchu, čiastočne sa možno dostať aj do poľa definujúceho stabilitu morenositu, ale je veľmi nepravdepodobné, aby v zimných mesiacoch pod snehovou prikrývkou prebiehali významnejšie procesy zúčastňujúce sa na tvorbe minerálov.

Väčšina morenositu sa v prírodných podmienkach čiastočne alebo úplne dehydruje na retgersit alebo nikelhexahydrit. Ich stabilita sa dá vyjadriť reakciou

$$NiSO_4 \cdot 7H_2O_{(s)} = NiSO_4 \cdot 6H_2O_{(s)} + H_2O_{(g)}$$
morenosit retgersit

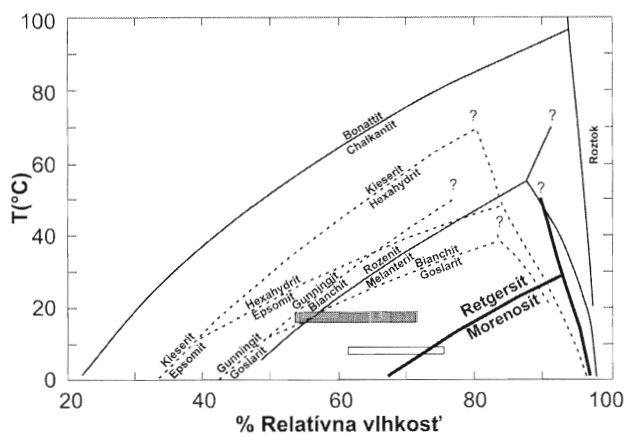
kde (s) je pevná a (g) plynná fáza.

Podľa publikovaných údajov je táto reakcia v rovnováhe v rozsahu 67–96 % relatívnej vlhkosti pri 25 °C. Pridaním vodnej fázy sa systém stáva invariantným s definovanou rovnovážnou teplotou a vlhkosťou (Chou a Seal, 2003).

Hydrátované sulfáty Ni [retgersit (α-$NiSO_4 \cdot 6H_2O$), nikelhexahydrit (β-$NiSO_4 \cdot 6H_2O$), morenosit ($NiSO_4 \cdot 7H_2O$)], ako aj syntetické zložky (Frondel a Palache, 1949) podliehajú rýchlym zmenám v pomerne úzkom rozsahu teploty patriacej miernym hydrotermálnym podmienkam. Morenosit sa rýchlo dehydruje na retgersit, napr. na suchom vzduchu pri teplote 31,2 °C, a retgersit je stabilný pri teplote 31,2–53,3 °C. Nikelhexahydrit vzniká z retgersitu pri teplote nad 53,3 °C a dihydrát ($NiSO_4 \cdot 2H_2O$) – podľa všetkého – pri teplote vyššej ako 117,85 °C.

Nález retgersitu v Západných Karpatoch je doteraz jediný. Jeho výskyt v Čiernej Lehote môže byť výsledkom cirkulácie nízkoteplotnej meteorickej vody cez haldu, kde sa pri alteračných procesoch lúhuje Ni z primárnych arzenidov a sulfoarzenidov Ni (pararammelsbergit a gersdorffit). Hydrátované sulfáty (vrátane retgersitu) pravdepodobne vznikajú aj druhotnými hydratačnými reakciami pri nízkej teplote, a to azda v období značného rastu koncentrácie roztokov, čo spôsobuje napr. evaporácia.

Zriedkavý výskyt hydrátovaných sulfátov v prírode sčasti vyplýva z relatívnej vzácnosti Ni v geologickom prostredí. Sorpčné správanie Ni a ďalších kovov závisí od viacerých faktorov vrátane koncentrácie sorbentu, sorbátu a pH. Ni v porovnaní s inými dvojmocnými kovmi (napr. Cu a Pb) je menej náchylný sorbovať na hydratovaných Fe^{3+} oxidoch, ktoré vznikajú oxidáciou Fe^{2+} v roztokoch (napr. banská voda) pri pH < 6 (Smith, 1999), a preto sa z roztoku prednostne vylučujú iné dvojmocné kovy



Obr. 4. Závislosť relatívnej vlhkosti vzduchu od teploty pre rovnovážny stav retgersit – morenosit v systéme hydrátovaných solí sulfátov dvojmocných kovov (Chou a Seal, 2003). Svetlejšie (ročná) a tmavšie pole (letná) predstavujú priemernú teplotu a priemernú relatívnu vlhkosť vzduchu zistenú na klimatologickej stanici v Prievidzi, Trenčianskych Tepliciach a vo Valaskej Dubovej v rokoch 1951–2005 (zdroj SHMÚ).

Fig. 4. The temperature-humidity relationship (hydrogenetic grids) for dehydration equilibria between morenosite and retgersite in hydrated metal-sulphate salts system (Chou and Seal, 2003). The shaded fields are general ranges of temperatures and relative humidity during summer (lighter) and whole year (darker) in the vicinity of Čierna Lehota (SHMÚ).

Tab. 3
Rtg. difrakčné analýzy annabergitu z Čiernej Lehoty a tabuľkové hodnoty (Berry, 1974)
XRD analyses of annabergite from Čierna Lehota compared with JCPDS tables (Berry, 1974)

Cl-6b		Si-1		Si-4		Berry (1974)	
d_{mer} [nm]	I_{mer}	d_{mer} [nm]	I_{mer}	d_{mer} [nm]	I_{mer}	d_{tab} [nm]	I_{tab}
0,803	26	0,790	43	0,796	44	0,782	25
0,674	100	0,669	100	0,670	100	0,658	100
0,495	8	0,492	20	0,489	21	0,487	8
0,439	14	0,435	18	0,439	19	0,433	20
0,407	8	0,388	13	0,388	37	0,401	4
0,389	10	0,319*	46	0,298*	42	0,386	10
0,271	26	0,272	30	0,272	35	0,271	18
0,264	15	0,263	19	0,264	27	0,263	8
0,253	10	0,253	12	0,251	20	0,252	8
0,244	14	0,244	19	0,244	19	0,243	12
0,231	16	0,230	21	0,230	22	0,229	12
0,218	8	0,217	13	0,219	22	0,217	8
0,207	11	0,207	15	0,207	22	0,206	6
0,190	8	0,190	13	0,188	22	0,189	4
0,167	11	0,166	12			0,166	6

*Pre tieto hodnoty sú údaje z tabuliek 0,318 a 0,298
For these data the tabeled values are 0.318 and 0.298

Ostatné sekundárne minerály

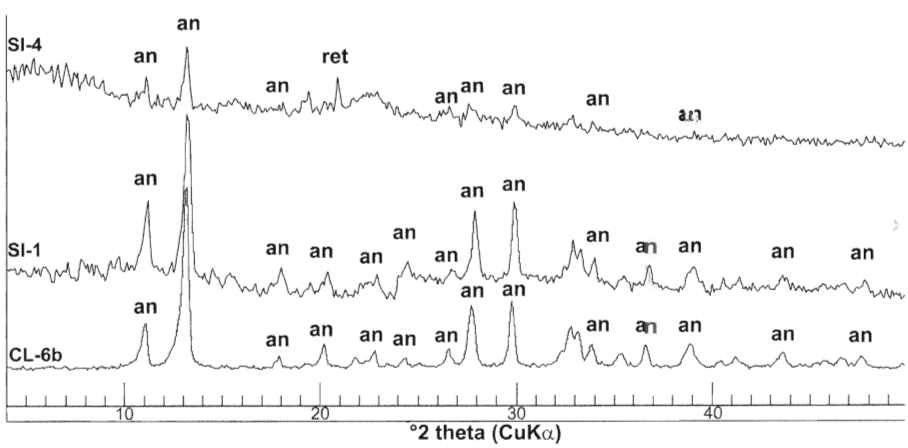
Annabergit ($Ni_3(AsO_4)_2 \cdot 8H_2O$) je najbežnejším sekundárnym minerálom študovanej lokality. Na vzorkách s Ni zrudnením alebo vo výplni puklín tvorí zemité, zriedkavejšie jablkovozelené až biele obličkovité agregáty hrubé niekoľko mm. Vzniká oxidáciou rúd obsahujúcich Ni a As (pararammelsbergit, löllingit, gersdorffit a arzenopyrit). Bol identifikovaný rtg. difrakčnou analýzou (tab. 3, obr. 5).

Chalkozín (Cu_2S) sa zistil v asociácii s chalkopyritom, tvorí na ňom povlak a intenzívne ho zatláča. Bol identifikovaný na základe optických vlastností v odrazenom polarizovanom svetle, v ktorom má modrofialovú farbu, veľmi slabú anizotropiu a nízku odraznosť.

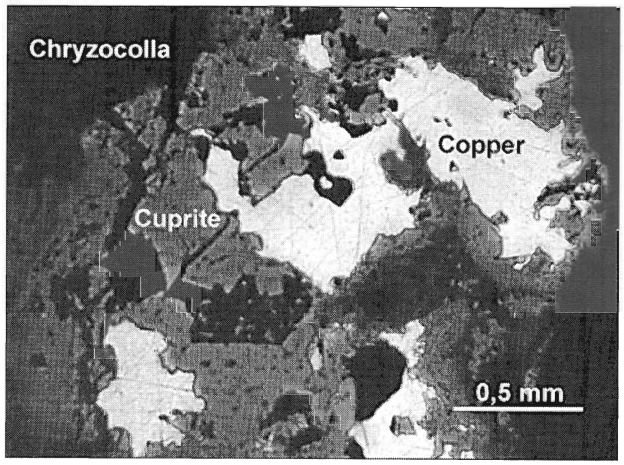
Chryzokol ($(Cu, Al)_2H_2Si_2O_5(OH)_4 \cdot n(H_2O)$) tvorí masívne sýtozelené kompaktné agregáty. Najčastejšie býva v asociácii s rýdzou Cu a s kupritom (obr. 6). Tento silikát Cu sa rtg. difrakčnou analýzou nepodarilo identifikovať. Úspešnejšia bola IRS, ktorou sa zistila prítomnosť skupín OH^- a molekulárne viazanej H_2O.

Kuprit (Cu_2O) sa vyskytuje vo forme masívnych agregátov veľkých do 1 cm a zriedka vystupuje vo forme červených kubických kryštálikov Takmer vždy je v asociácii s rýdzou Cu, ktorú intenzívne zatláča (obr. 6). Kuprit sa identifikoval na základe optických vlastností v odrazenom polarizovanom svetle, v ktorom je sivomodrý, izotropný s intenzívnymi vnútornými reflexmi krvavočervenej farby.

Meď (*Cu*) tvorí na lokalite pliešky, dendrity, kríčky a drôtiky veľké do 1 cm. Vzniká pravdepodobne v cementačnej zóne ložiska. Rýdza Cu sa identifikovala makroskopicky a mikroskopicky na základe optických vlastností v odrazenom polarizovanom svetle, v ktorom má červeno-



Obr. 5. Rtg. difrakčné analýzy annabergitu.
Fig. 5. X-ray diffraction analyses of annabergite.

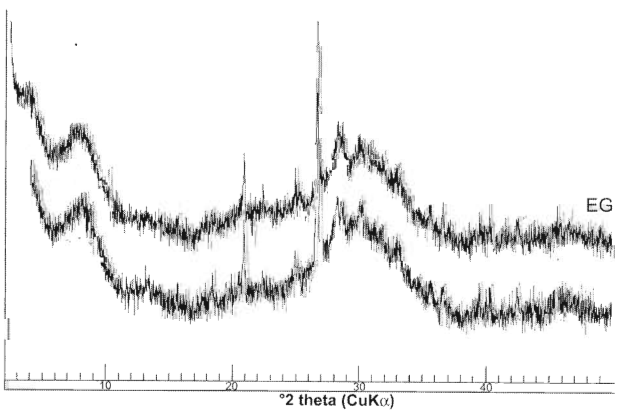


Obr. 6. Alotriomorfné agregáty rýdzej Cu zatláčané kupritom a chryzokolom. Odrazené svetlo, rovnobežné nikoly.

Fig. 6. Allotriomorphous aggregates of native copper associated with cuprite and chrysocolla. Reflected light, parallel nicols.

Tab. 4
Rtg. difrakčná analýza sadrovca z Čiernej Lehoty a tabuľkové hodnoty (Berry, 1974)
XRD analysis of gypsum from Čierna Lehota and tabular data for retgersite (Berry, 1974)

vzroka ČI-2		JCPDS (Berry, 1974)	
d_{mer} [nm]	I_{mer}	d_{tab} [nm]	I_{tab}
0,768	100	0,761	100
0,430	26	0,428	90
0,381	20	0,379	20
0,307	34	0,307	30
0,288	10	0,287	25
0,279	2	0,279	6
0,269	10	0,268	50
0,260	3	0,260	2
0,221	5	0,220	6
0,214	2	0,214	2
0,208	6	0,208	10
0,199	3	0,199	2



Obr. 7. Rtg. difrakčné analýzy neidentifikovateľného sekundárneho minerálu.

Fig. 7. X-ray diffraction analyses of unknown supergene mineral.

oranžovú farbu. Je izotropná bez vnútorných reflexov (obr. 6).

Sadrovec ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) tvorí priehľadné čiré tabuľkovité prizmatické kryštalické jedince veľké do 1 cm. Vyskytuje sa v prítomnosti pyritovo-pyrotínových rúd. Vzniká reakciami sulfátových roztokov s karbonátmi. Bol identifikovaný rtg. difrakčnou analýzou (tab. 4).

Na študovanej lokalite sa na vzorkách obsahujúcich Ni zrudnenie vyskytuje minerál tvoriaci zelenožltú kôru obličkovitého habitu s voskovým leskom, ktorá po vyschnutí stratí vodu a popraská. Tento minerál sa nepodarilo identifikovať ani opakovanými rtg. difrakčnými analýzami.

Sekundárne minerály Fe (bližšie neidentifikované) tvoria na úlomkoch pyritovo-pyrotínových rúd povlak a kôru žltej alebo hnedej farby hrubú do 1 mm.

Záver

Pestré zloženie primárnych minerálov a vhodné klimatické podmienky na lokalite Čierna Lehota umožnili vznik pestrej palety sekundárnych minerálov supergénnymi procesmi prebiehajúcimi na primárnych mineráloch na halde (Ni sekundárne minerály), ako aj procesmi v oxidačno-redukčnej zóne ložiska (Cu sekundárne minerály).

Poďakovanie. Práca vznikla s podporou grantu VEGA 1/4048/07 a APVV-0268-06. Za analýzy infračervenou spektroskopiou ďakujeme RNDr. J. Madejovej, CSc., z Chemického ústavu SAV, za rtg. analýzy RNDr. E. Šamajovej, CSc., a za poskytnutie klimatologických údajov Mgr. J. Pechovi zo SHMÚ v Bratislave.

Literatúra

BERMANEC, V., SIJARIĆ, G., KNIEWALD, G. & MANDARINO, J. A., 2000: Gaspéite and associated Ni-rich minerals from veins in altered ultrabasic rocks from Duboštica, Bosnia and Herzegovina. *Canad. Mineralogist, 38, 1371–1376.*

BERRY, L. G. (eds.), 1974: Selected powder diffraction data for minerals. *Philadelphia, JCPDS.*

CHOU, I. M. & SEAL, R. R., 2003: Acquisition and evaluation of thermodynamic data for morenosite-retgersite equilibria at 0.1 MPa. *Amer. Mineralogist, 88, 1943–1948.*

FRONDEL, C. & PALACHE, C., 1949: Retgersite, $NiSO_4 \cdot 6H_2O$, a new mineral. *Amer. Mineralogist, 34, 188–194.*

KING, R. J. & EVANS, A. M., 1964: An occurrence of morenosite in Ireland. *Min. Mag., 33, 1110–1113.*

MAHEL, M., 1985: Geologická stavba Strážovských vrchov. *GÚDŠ, Bratislava, 221*

MIKOLÁŠ, S., ŠLEPECKÝ, T., SANDANUS, M., KOMORA, J. & JANUŠ, J., 1993: Malá Magura –Suchý, Au-W prognózne zdroje nerastných surovín – VP. *Manuskript – archív Geofond Bratislava, 365.*

MIKUŠ, T., PRŠEK, J., CHOVAN, M. & MAKOVICKÝ, E., 2002: New type of hydrothermal mineralization in the Tatric tectonic unit (Western Carpathians): Ni-Bi-As mineral assemblage in the black shales. *Proceedings of the XVIIth Congress of CBGA, Bratislava. Geol. Carpath., 53, special issue.*

OTTO, J. & SCHUERENBERG, H., 1974: New mineral finds in the southern Black Forest. *Aufschluss, 25, 205–211.*

PAULO, A., 1970. On the formation of retgersite from Chelmiec. *Mineralogia Polonica, 1, 37–45.*

PRŠEK, J., MIKUŠ, T., MAKOVICKY, E. & CHOVAN, M., 2005: Cuprobismutite, kupčíkite, hodrushite and associated sulphosalts from the black shale hosted Ni-Bi-As mineralization at Čierna Lehota, Slovakia. *Eur. J. Mineral., 17, 155–162.*

SEJKORA, J. & ŘÍDKOŠIL, T., 1993: Retgersite from Jáchymov, Krušné hory Mountains, Czech Republic. *Neu. Jb. Mineral., Abh.; Mh., 292–300.*

SMITH, K. S., 1999: Metal sorption on mineral surfaces: An overview with examples relating to mineral deposits. *Rev. Economic Geology, 6A, 161–182.*

WALKER, D. R. G., 1988. Retgersite, $NiSO_4 \cdot 6H_2O$: A new British occurrence from Warwickshire. *J. Russel Society, 2, 29–30.*

YAKHONTOVA, L. K., SIDORENKO, G. A., STOLYAROVA, T I., PLYUSNINA, I. I. & IVANOVA, T L., 1976: Nickel-containing sulphates from the oxidation of the Noril'sk deposits. *Zap. Vsesojuz. mineral. Obšč., 105, 710–720 (in Russian).*

Rukopis doručený 24. 4. 2007
Rukopis akceptovaný 24. 4. 2007
Revidovaná verzia doručená 15. 6. 2007

Mineralia Slovaca, 39 (2007), 203–216

Súčasný stav poznatkov o mineráloch jaskýň Slovenska

DANIEL MORAVANSKÝ[1] a MONIKA ORVOŠOVÁ[2]

[1]Katedra zoológie a antropológie Fakulty prírodných vied UKF, Nábrežie mládeže 91, 949 74 Nitra; dmoravan@azet.sk
[2]Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Školská 4, 031 01 Liptovský Mikuláš; orvosova@smopaj.sk

The recent knowledge about the cave minerals of Slovakia

Karst regions of Slovak Republic cover a surface area of more than 2700 km^2 and they belong to mountain karst, basin karst and high-mountain karst. Many caves are part of UNESCO world heritage (Domica cave, Ochtinská aragonite cave, Jasovská cave and others), but their mineralogical research is very sporadic. Recently we know only 26 cave minerals (alumohydrocalcite, aragonite, cerussite, dolomite, hydromagnesite, calcite, asbolane, birnessite, goethite, hematite, ice, opal, todorokite, epsomite, hexahydrite, gypsum, starkeyite, syngenite, ardealite, brushite, hydroxylapatite, leucophosphite, carbonate-hydroxylapatite, taranakite, hemimorphite and viséite) and various types of speleothems. These minerals belong to carbonates, oxides and hydroxides, sulphates, phosphates, silicates and they originated by dissolution, hydrothermal processes, biogenic activites, hypergenic processes and phase exchanges. The most important regions for following research are Slovenský kras Mts., Slovenský raj Mts., Nízke Tatry Mts. and Malé Karpaty Mts. Phosphates represent a mineral group with a great relevance and potential.

Key words: 26 cave minerals, mechanism of their origin, Slovak Republic

Úvod

Krasové územia Slovenskej republiky zaberajú viac ako 2700 km^2 a podľa geomorfologického členenia krasu (Jakál, 1993) reprezentujú horský, kotlinový a vysokohorský kras. Speleologická a geologická literatúra ako krasové územie označuje súbor osobitých útvarov a javov vznikajúcich činnosťou povrchovej a podzemnej vody (hlavne eróziou, ale aj koróziou) v krajine, ktorej podklad tvoria rozpustné horniny (vápenec, sadrovec, halit, v menšej miere aj magnezit a dolomit). Charakteristickými krasovými formami na povrchu sú škrapy, úvaly, krasové jamy (závrty), polja, mogoty a humy, pod povrchom najmä krasové jaskyne, priepasti a niektoré hydrografické osobitosti, ako sú ponory, vyvieračky a pod. (Jakál et al., 1982; Činčura, ed., 1985).

Najcharakteristickejším prvkom krasu sú jaskyne. Jaskyne predstavujú sústavu podpovrchových dutín a chodieb vznikajúcich najmä na najľahšie rozpustných horninách a najmenej súdržných miestach. Vyvíjajú sa postupne z úzkych dutín cez kanály až po zložité a rozsiahle podzemné priestory vo viacerých úrovniach nad sebou. Hoci podľa zákona *543/2002 o ochrane prírody a krajiny* sa za jaskyňu pokladá „človeku prístupný a prírodnými procesmi vytvorený dutý podzemný priestor v zemskej kôre, ktorého dĺžka alebo hĺbka presahuje 2 m a rozmery povrchového otvoru sú menšie ako jeho dĺžka alebo hĺbka", dĺžka jaskýň môže byť od niekoľkých metrov až po niekoľko kilometrov.

Mnohé zo slovenských jaskýň patria do svetového prírodného dedičstva UNESCO (napr. Domica, Ochtinská aragonitová jaskyňa, Jasovská jaskyňa a i.). Aj keď je speleologický výskum na vysokej odbornej úrovni, mineralogický výskum slovenských jaskýň nepatrí medzi uprednostňované témy v geológii a údaje z neho sú roztrúsené v speleologických alebo geologických časopisoch. Úlohou tohto príspevku je podať ucelený prehľad o doterajších poznatkoch z mineralogického výskumu krasových jaskýň Slovenska.

Okrem krasových sa na Slovensku vyskytujú aj pseudokrasové jaskyne, a to v ryolitových, andezitových, bazaltových a pieskovcových telesách (Gaál, 1992, 1993, 1995, 1996, 1997; Gaál a Bella, 1994; Gaál a Eszterhás, 1990; Gaál a Gaál, 1989, 1995). Ich mineralógia nie je doteraz spracovaná, preto sa nimi v tomto príspevku nezaoberáme.

Definícia a klasifikácia minerálov a ich vzťah k jaskynnému prostrediu

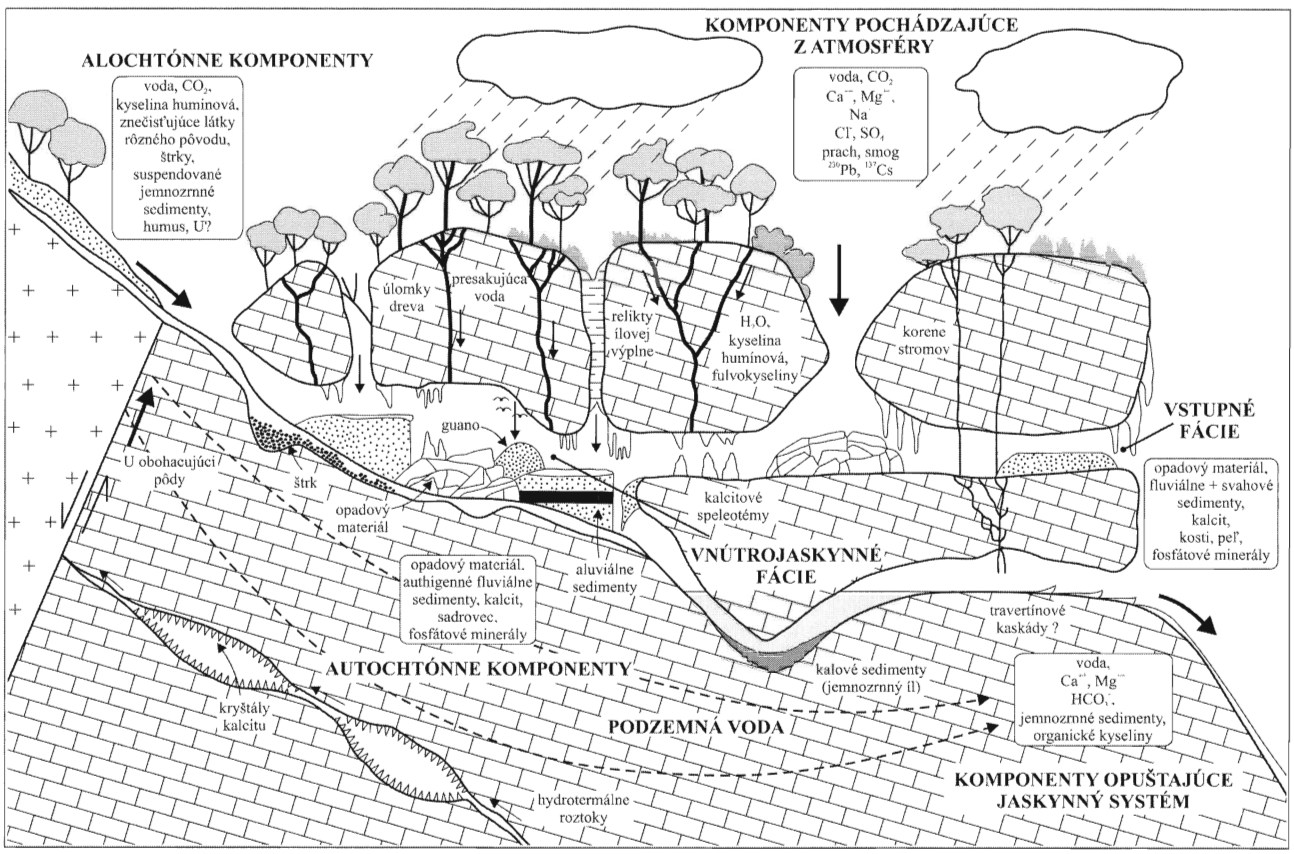
Jaskynné minerály bývajú súčasťou jaskynnej výplne alebo materskej horniny, v ktorej sa jaskyňa vytvorila, a vyskytujú sa vo vstupnej aj vo vnútrojaskynnej fácii (obr. 1).

Rozhraním medzi vstupnou a vnútrojaskynnou fáciou je prechodná zóna, v ktorej sa ešte uplatňuje vplyv denného svetla, striedanie ročných období a postupné vyhasínanie biologickej činnosti (White, 1963; Cílek, 1993b).

Doteraz sa z rozličných jaskýň sveta opísalo 254 minerálov (Hill a Forti, 1997) a z nich iba tri – kalcit, aragonit a sadrovec – možno pokladať za bežné. Keďže v rokoch 1997 až 2007 sa identifikovalo viac nových minerálov, a to najmä v súvislosti s guánom (Diaconu a Lascu, 1999; Onac, 2002; Onac et al., 2002; Marincea et al., 2002; Onac a Vereş, 2003; Onac a White, 2003, a i.), možno číslo z publikácie Cave Minerals of the World (Hill a Forti, 1997) opraviť na 275 (± 5 minerálov).

Jaskynné minerály sú vo vzťahu k hornine, v ktorej jaskyňa vznikla, sekundárneho pôvodu. Ich formy sa označujú ako speleotémy a pri ich klasifikácii sa vychádza zo zaužívaných systémov, napr. zo Strunza a Nickela (2001), ktorí minerály rozdeľujú do tried, a to na 1. prvky, 2. sulfidy a sulfosoli, 3 halidy, 4. oxidy a hydroxidy, 5. karbonáty a nitráty atď.

Okrem tohto základného kritéria sa berie do úvahy aj pôvod minerálu a jeho vzťah k jaskynnému prostrediu. Podľa



Obr. 1. Prierez krasovým systémom. Komponenty ovplyvňujúce tvorbu minerálov. Vyčlenenie vstupných a vnútrojaskynných fácií (Gillieson, 1996).
Fig. 1. The karst system, basic components and facies in the limestone caves (Gillieson, 1996).

Tab. 1
Teplotný rozsah, procesy, minerogenetické mechanizmy a ich produkty vznikajúce v jaskyniach (podľa Fortiho, 2001, 2005, a upravené na podmienky krasových území Slovenska)
Temperature range, processes, minerogenetic mechanisms and their chemical deposits in limestone caves (based on Forti, 2001, 2005 and modified for conditions of karst regions of Slovakia)

Proces	Mechanizmus	T (°C)	Produkty
Rozpúšťanie – precipitácia	rozpúšťanie – difúzia – precipitácia ± evaporitizácia	2–25	karbonáty ± sulfáty a halogenidy*
Ďalšie hypergénne procesy	oxidácia, hydratácia, dehydratácia, iónová výmena	2–25 (35)	oxidy a hydroxidy, sulfáty, karbonáty
Biologická činnosť	vylúhovanie, rozpúšťanie – precipitácia, podvojná zámena	2–40	fosfáty, nitráty*, sulfáty, halogenidy*
Fázové zmeny	[1] – mrznutie vody, precipitácia minerálov pri mrznutí vody, [2] – rekryštalizácia	[1] – < 0, [2] – 12	[1] – ľad, kryogénne karbonáty, [2] – aragonit → kalcit
Hydrotermálne procesy	rozpúšťanie – difúzia – precipitácia, miešanie roztokov	> 50	karbonáty, sulfidy, halogenidy, silikáty ± sulfáty

* Minerály z týchto skupín doteraz zo Slovenska neboli opísané
* Minerals of these groups have not been described from caves in Slovakia

uvedeného sa za jaskynné minerály pokladajú iba autochtónne minerály, ktoré vznikli v jaskynnom prostredí bez ohľadu na vývojové štádium jaskyne. Patria medzi ne aj minerály (napr. kryštály kalcitu) vypĺňajúce korózne dutiny vzniknuvšie ako produkty skoršieho hydrotermálneho krasovatenia (Orvošová et al., 2004; Orvošová, 2005).

Výnimkou sú autochtónne minerály, napr. sulfidy (Ozdín et al., 2002), alebo korodované kalcitové žily, ktoré vznikli ešte pred vytvorením samotnej jaskyne. Tie sú primárne, v jaskyni sú výsledkom korózie jaskynných stien a vedno s minerálmi alochtónneho pôvodu (hlavne s rozličnými fylosilikátmi) by sa nemali pokladať za jaskynné minerály.

Niektorí autori ako jaskynné opisujú aj minerály identifikované z ostatných krasových foriem (napr. zo závrtov, travertínových kôp a pod.; Cílek a Bednářová, 1994).

Procesy vzniku jaskynných minerálov

Minerály v jaskynnom prostredí vznikajú: *rozpúšťaním – precipitáciou, ďalšími hypergénnymi procesmi* (oxidáciou, hydratáciou, dehydratáciou, iónovou výmenou), *biologickou činnosťou, fázovými zmenami a hydrotermálnymi procesmi* (pozri tab. 1).

Rozpúšťanie-precipitácia

Rozpúšťanie – precipitácia prebieha pri teplote 2 až 25 °C a aktivuje ju prienik meteorickej vody do hornín podliehajúcich krasovateniu, najmä do vápenca, v menšej miere aj do magnezitu (Gaál a Ženiš, 1984, 1986, a i.) a dolomitu. Kras sa môže vyvinúť aj v sadrovci a halite (Novotný, 1985, 1987; Frumkin, 1994; Klimchouk et al., 1996; Bosák et al., 1999, a i.).

Chemická evolúcia krasovej vody v karbonátoch (Holland et al., 1964; Maximovič, 1969; White, 1976; Roda et al., 1986; Gillieson, 1996; Hill a Forti, 1997; Forti, 2005, a i.) sa začína pri prieniku atmosférou a pôdnym pokryvom krasového územia, pričom H_2O spolu s atmosférickým CO_2 a CO_2 biogénneho pôvodu vytvorí slabú kyselinu uhličitú. H_2CO_3 presakujúca horninovým prostredím postupne rozpúšťa primárny $CaCO_3$ podľa reakcie $CaCO_3 + H_2CO_3 = Ca^{2+} + 2(HCO)_3^-$ (White, 1963; Maximovič, 1969; Hill a Forti, 1997, a i.). Rozsah rozpúšťania, ako aj výskyt iných iónov v roztoku sčasti závisia od prítomnosti alebo neprítomnosti plynnej fázy reprezentovanej CO_2. Typická podzemná voda v krasových terénoch obsahuje 100 až 200 ppm $CaCO_3$ (Holland et al., 1964). Keď karbonátom presýtené roztoky dosiahnu voľné jaskynné priestory, v dôsledku poklesu parciálneho tlaku CO_2 nastáva precipitácia $CaCO_3$. Tá je pre pokles parciálneho tlaku CO_2 hlavným mechanizmom tvorby karbonátových speleotém. Obsah CO_2 vo voľných jaskynných priestoroch je 10-krát vyšší ako v atmosfére a približne 25-krát až 250-krát nižší než obsah CO_2 v podzemnej vode (Holland et al., 1964), a tak sa pri prieniku podzemnej vody do voľných jaskynných priestorov stráca CO_2, tvoria sa rovnovážne podmienky medzi vodným roztokom a jaskynnou atmosférou a vyzráža sa $CaCO_3$ podľa reakcie $Ca^{2+} + 2(HCO)_3^- = CO_2 + CaCO_3 + H_2O$. Najrýchlejšia precipitácia $CaCO_3$ je v lete, keď koncentrácia CO_2 dosahuje maximum (White, 1963, Maximovič, 1969; Hill a Forti, 1997, a i.).

Vznik jednotlivých speleotém (rozličných morfologických foriem jaskynnej výzdoby) je ovplyvňovaný najmä hydrologickým mechanizmom vody (tab. 2), pričom sa kalcit akumuluje už pri prítoku 0,001 až 0,00001 $cm^3 \cdot s^{-1}$ (Maximovič, 1969).

Sekundárne kryštalizované karbonáty v jaskyniach majú najčastejšie *gravitačné formy,* ich fyzikálnogenetický vývoj ovláda zemská gravitácia a podľa spôsobu kryštalizácie ich možno rozdeliť na *monocentrické* a *polycentrické* (Maximovič, 1969; Král, 1971; White, 1976; Roda et al., 1986; Hill a Forti, 1997, a i.).

Za najjednoduchší monocentrický gravitačný útvar sa pokladá brčkovitý stalaktit okolo žriedlového bodu v jaskynnom strope. Ďalšie monocentrické základné útvary sú: cibuľovité formy stalaktitov, záclony, štíty, stalagmity a stalagnáty. Medzi kombinované monocentrické útvary sa považuje palicový stalaktit typu A, anizotubulárne zhrubnutie stalaktitov, zrastené stalagmity, cibuľovité útvary s brčkovým stalaktitom, záclony so stalaktitom a so zúbkovaným okrajom, bubny, pagodovitý stalagmit a stĺp. Palicové stalaktity vznikajú zhrubnutím brčiek alebo ako výsledok sekundárneho povrchového transportu.

Ako typ A sa označujú stalaktity, pri ktorých sa upchal zásobovací kanálik, a preto roztok presakuje stenami a rast stalaktitu je ovplyvňovaný zmáčaním jeho povrchu (Roda et al., 1986; Hill a Forti, 1997).

Z gravitačných polycentrických sintrových útvarov sú najčastejšie zastúpené nátekové formy. Pokrývajú šikmé plochy jaskýň (s výnimkou stropu) a vznikajú všade tam, kde stekajúci roztok môže zmáčať povrch podkladu. Tvarom kopírujú povrch podkladu a závisia aj od povahy laminárneho filmu roztoku (od hrúbky, rýchlosti pohybu a pod.). Medzi polycentrické útvary patrí palicový stalaktit typu B, zrastené stalagmity, nátekový sinter, sintrová kôra a plastický sinter. Palicový stalaktit typu B – podobne ako typu A – vzniká ako výsledok sekundárneho povrchového transportu. Pôvodný centrálny kanálik sa upchal, a tak sa vytvoril iný žriedlový bod, ktorým do stalaktitu prichádza vyživujúci roztok (Roda et al., 1986; Hill a Forti, 1997).

Spolu s gravitačnými formami z vertikálne infiltrujúcej vody môžu vznikať aj *excentrické formy* a *sintrové anomálie*. Medzi ich základné útvary patria špirálovité, ihlicovité a ľadvinovité útvary, ako aj excentrické veľkoformy. Za kombinované útvary sa považujú kónické a hubovité výrastky. Sintrové anomálie sú reprezentované pizolitmi, mikrokryštalickým povlakom a aerosólovými útvarmi (Roda et al., 1986; Maximovič, 1969; Hill a Forti, 1997).

Zo stojatej vody vzniká okrajová kôra, hráškovité a vločkovité útvary na vodnej hladine a z tečúcej (prítok 1 až 0,1 $l \cdot s^{-1}$, Maximovič, 1969) sintrové misy a kaskády.

Tvorba speleotém okrem hydrologického režimu závisí aj od klimatickej zóny. Corbel (in Roda et al., 1986) z hľadiska tvorby speleotém rozlišuje tieto klimatické zóny: *veľmi studenú* (pod –2 °C, bez sintrových útvarov), *studenú* (2 až 6 °C, málo sintra, stalagmity nie sú), *čerstvú*

Tab. 2
Sintrové formy a ich vzťah k hydrologickému režimu sintrovej vody (v zmysle prác Rodu et al., 1986; Hilla a Fortiho, 1997, a i.)
Speleothems and their relationship to hydrological regime of cave waters (based on Roda et al., 1986; Hill and Forti, 1997 and others)

Sintrotvorná voda								
Vertikálne infiltrujúca voda							Stojatá voda	Tečúca voda
Excentrické formy		Gravitačné formy		Sintrové anomálie				
		Monocentrické		Polycentrické				
Základné útvary	Kombinované útvary	Základné útvary	Kombinované útvary					
špirálovité útvary ihlicovité útvary	kónické výrastky hubovité výrastky	stalaktity –	palicové stalaktity typu A anizotubulárne zhrubnutie stalaktitov	palicové stalaktity typu B zrastené stalagmity	pizolity mikrokryštalický povlak	okrajová kôra hráškovité útvary	sintrové misy kaskády	
ľadvinovité útvary	–	–	zrastené stalagmity	nátekový sinter	aerosólové útvary	vločkovité útvary na vodnej hladine	–	
excentrické velkoformy	–	cibuľovité okrúhle útvary	cibuľovité útvary s brčkovým stalaktitom	sintrová kôra	–	–	–	
–	–	záclony	záclony so stalaktitom	plastický sinter	–	–	–	
–	–	–	záclony so zúbkovaným okrajom	–	–	–		
–	–	štíty	bubny	–	–	–	–	
–	–	stegamity	–	–	–	–	–	
–	–	stalagmity	pagodovité stalagmity	–	–	–	–	
–	–	stalagnáty	stĺpy	–	–	–	–	

(6 až 9 °C, málo sintra, objavujú sa len malé a nízke stalagmity), *miernu* (9 až 12 °C, rovnováha medzi stalagmitmi a stalaktitmi, sinter pokrýva 20 až 25 % jaskynných plôch), *strednú* (13 °C, prevažujú stalagmity), *teplú mediterránnu* (13 až 15 °C, prevažujú pagodovité stalagmity, sinter pokrýva 30 až 35 % jaskynných plôch), *teplú púšťovú* (15 až 18 °C, intenzívna evaporitizácia) a *teplú tropickú* (nad 18 °C, enormná tvorba stalagmitov, vysoká vlhkosť, sinter pokrýva 90 % jaskynných plôch).

Podľa zastúpenia krasových typov (Jakál, 1993) a teplotných podmienok možno konštatovať, že v slovenských jaskyniach väčšina speleotém vznikala v čerstvej klimatickej (6 až 9 °C) až teplej mediterránnej klimatickej zóne (13 až 15 °C).

Ďalšie hypergénne procesy

Ďalšie hypergénne procesy prebiehajú pri teplote 2 až 25 °C a môže ich aktivovať akákoľvek zmena rovnovážnych podmienok vzniku minerálov. Vo vstupných fáciách jaskýň sa horná hranica teplotného intervalu môže v lete posunúť až na 35 °C. Typickým príkladom hypergénnych procesov je oxidácia reziduálneho pyritu za vzniku H_2SO_4 a nasledujúcej tvorby sadrovca alebo epsomitu (Pavlarčík, 1986, 1993, 1994, 1997; Mitter, 1989; Tulis a Novotný, 1989; Lehotský a Ženiš, 1994), hydratácia, dehydratácia síranov, ako je epsomit, za vzniku hexahydritu a starkeyitu (Cílek, 2000a), prípadne iónová výmena. Hydratácia minerálov a iónová výmena sa z krasových území Slovenskej republiky doteraz neopísali.

Fázové zmeny

Fázové zmeny môžu prebiehať pri teplote pod 0 °C a aktivuje ich pokles teploty najmä v zimných mesiacoch. Základným mechanizmom je premena skupenstva presakujúcej vody ako výsledok vymŕzania vstupných častí jaskýň alebo statických klimatických podmienok umožňujúcich tvorbu ľadu (Ulrich, 1937; Droppa, 1955–1956, 1967, 1969, 1973; Otruba, 1957a, b; Kámen, 1958, 1960; Hochmuth, 1979; Halaš, 1980; Novotný a Tulis, 1996; Roda et al., 1974).

Speleotémy tvorené ľadom majú podobnú morfológiu ako speleotémy z karbonátov, ale väčšinu ľadovej výplne jaskýň reprezentuje podlahový ľad

Pri mrznutí vody môže okrem ľadu precipitovať aj kryogénny kalcit (napr Stratenská jaskyňa, Žák et al., 2004a, b; Jaskyňa studeného vetra, Orvošová a Žák, 2007). Vzniká vylúčením (expulziou) rozpustených karbonátov z roztoku pri mrznutí vody. Geochemicky ide o celkom samostatný typ jaskynného sintra, ktorý podľa extrémne nízkeho pomeru stabilných izotopov O vznikal v glaciálnych podmienkach. Izotopové zloženie C kryogénneho kalcitu závisí hlavne od rýchlosti mrznutia vody, a tiež od toho, či izotopová frakcionácia C pri úniku CO_2 z roztoku je kinetická alebo rovnovážna (Žák et al., 2004a, b).

Medzi fázové zmeny treba zaradiť aj rekryštalizáciu aragonitu na kalcit, ktorá prebieha pri teplote oscilujúcej okolo 12 °C. Spôsobuje ju najmä nestabilita aragonitovej

štruktúry. Opísaná bola hlavne pri plastickom sintri (Rajman a Roda, 1974; Harman a Derco, 1976).

Biologická činnosť

Biologická činnosť prebieha pri teplote od 2 do 40 °C (Forti, 2001) a je podmienená najmä prítomnosťou netopieriehо guána, kostí a vzácne aj exkrementov iných zvierat.

Mineralizácia guána zahŕňa niekoľko reakcií vedúcich k tvorbe H_3PO_4, H_2SO_4 a HNO_3 (Kašpar, 1934, 1940; Moravanský, 1996; Moravanský a Ženiš, 1997; Forti, 2001; Onac a Vereş, 2003, a i.), ktoré okamžite reagujú s rozličnými iónmi v guáne a potom sa tvoria niektoré sekundárne minerály (napr. sadrovec). Väčšina guánových minerálov (fosfáty a sulfáty, ale tiež nitráty a halidy) vzniká podvojnou zámenou medzi spomenutými silnými kyselinami a rôznymi zložkami podložných hornín tvoriacich steny alebo dno jaskýň.

V alkalickom prostredí (pH > 7) vzniká minerálna asociácia hydroxylapatit, karbonát-hydroxylapatit, fluórapatit ± sadrovec, pri pH = 6 až 7 i fosfamit, ardealit + sadrovec a v kyslom prostredí (pH < 6) brushit, taranakit, francoanellit ± sadrovec (Nriagu, 1984; Onac a Vereş, 2003).

Tieto minerály nevytvárajú speleotémy ako karbonáty a vyskytujú sa vo forme mikrokryštalickej alebo makrokryštalickej kôry a náteku.

Okrem biologickej činnosti súvisiacej s rozkladom guána pri vzniku minerálov v jaskyniach môže pôsobiť aj biologická činnosť v pôdnom pokryve. Pri jeho zvetrávaní apatit postupne chemicky alebo mikrobiologicky nahrádzajú sekundárne fosfáty obsahujúce Fe (strengit), Al (variscit) a lantanidy (rabdofán a florencit; Banfield et al., 1999). Tieto fosfáty sú úplne rozpustné a uvoľnením P do roztokov presakujúcich cez horniny nadložia v jaskynnom prostredí vznikajú fosfáty, ako je karbonát-hydroxylapatit (Cílek a Komaško, 1984; Cílek, 1993a, Moravanský a Ženiš, 1997) alebo hydroxylapatit (Cílek et al., 1998).

Hydrotermálne procesy

Hydrotermálne procesy prebiehajú pri pôsobení hydrotermálnych roztokov alebo činnosťou teplej a horúcej vody (teplejšej, ako je priemerná ročná teplota územia). Takto vznikajúce krasové javy sa súhrnne označujú ako hydrotermálny kras (Dublyanski a Lomaev, 1980; Osborne a Cooper, 2001, a i.). Okrem chemickej, mineralogickej a petrologickej premeny karbonátových komplexov teplými roztokmi do hydrotermálneho krasu patria i morfologické formy dutín vzniknuvšie rozpúšťaním, ako aj rozličná minerálna výplň, ktorá sa v nich vyzrážala. Hydrotermálne procesy sú podmienené prítomnosťou hlboko založených tektonických porúch v krasovom území, po ktorých môžu prenikať hydrotermálne roztoky (napr. hlboko cirkulujúca vadózna voda) zúčastňujúce sa na formovaní a vývoji jaskynných priestorov a za podmienok vhodných na kryštalizáciu umožňujú vznik enormne veľkých kryštálov kalcitu (okolo 20 cm), vypĺňajúcich hydrotermálne dutiny alebo tvoriacich kalcitové žily (Dublyanski a Lomaev, 1980; Bosák, 1993; Orvošová et al., 2004; Orvošová, 2005).

Prehľad a charakteristika minerálov jaskýň Slovenska

Podľa uvedených procesov a identifikovaných minerálov z krasových území Malých Karpát (MK), Považského Inovca (PI), Strážovských vrchov (SV), Malej Fatry (MF), Veľkej Fatry (VF), Nízkych Tatier (NT), Kozích chrbtov (KCH), Vysokých Tatier (VT), Slovenského raja (SR), Revúckej vrchoviny (RV), Muránskej planiny (MP), Slovenského rudohoria (SLR), Košickej kotliny (KK) a Slovenského krasu (SK) možno zostaviť nasledujúcu charakteristiku a prehľad minerálov jaskýň Slovenska.

V rámci celkovej mineralógie jaskýň a využívania na paleografické štúdium vývoja krasu alebo metalogenetické či tektonické procesy okrem jaskynných sekundárnych minerálov uvádzame všetky doteraz opísané minerály, t. j. alochtónne, prinesené do jaskýň (v tab. 3 sú označené *), aj autochtónne, primárne minerály, ktoré nevznikli v jaskyni (v tab. 3 majú symbol **). Prezentujú sa podľa klasifikácie Strunza a Nickela (2001) – okrem najbežnejšie zastúpenej triedy jaskynných minerálov karbonátov, ktoré sa preto uvádzajú ako prvé.

Karbonáty

Alumohydrokalcit, $CaAl_2(CO_3)_2(OH)_4 \cdot 3H_2O$ (Cílek, 1999a – jaskyňa Domica), sa vyskytuje ako jemnozrnná súčasť žltohnedého hutného jaskynného ílu až ílovitého prachovca. Asociuje s viséitom.

Aragonit, $CaCO_3$ (Bláha, 1955; Ševčík a Kantor, 1956; Kámen, 1960; Droppa, 1957a, b, 1973; Kubíny, 1959; Králik, 1963; Králik a Skřivánek, 1964; Cílek et al., 1998; Bosák et al., 2002 – Ochtinská aragonitová jaskyňa, Jazerná jaskyňa, Slavkay, 1970 – Aragonitová jaskyňa, Harman a Derco, 1976 – Gombasecká jaskyňa, jaskyňa Vyvieranie, Cílek, 2004 – Demänovská jaskyňa Slobody, Peško, 2004 – Brestovská jaskyňa), sa vyskytuje vo forme bielych speleotém s obličkovitým habitom, nerovnomerne korodovaných reliktov so vzhľadom mnohostenov, vzácne hrubých až 30 cm, ihlíc a heliktitov dlhých niekoľko sto mm a tiež vo vejárovitej podobe s priemerom od 2 do 4 mm. Vystupuje v asociácii s kalcitom.

Ceruzit, $PbCO_3$ (Ozdín et al., 2002 – jaskyňa Zlomísk), sa vyskytuje ako prímes v maximálne 30 cm hrubej limonitovej výplni tektonickej strižnej zóny v centrálnej časti jaskyne. Asociuje s hemimorfitom, sfaleritom, galenitom a pyritom.

Dolomit, $CaMg(CO_3)_2$ (Harman a Derco, 1976 – Gombasecká jaskyňa, jaskyňa Vyvieranie), je súčasťou bieleho plastického sintra. Vystupuje v asociácii s kalcitom, opálom a illitom.

Hydromagnezit, $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$ (Cílek, 2004 – Demänovská jaskyňa Slobody), sa vyskytuje ako biely kriedovitý povlak na stalaktitoch alebo ako mäkké agregáty s priemerom 2 až 10 mm na koncoch aragonitových ihlíc, alebo na jeho zhlukoch. Vystupuje v asociácii s aragonitom.

Kalcit, $CaCO_3$ (Kašpar, 1934, 1940; Kettner, 1938; Benický a Kettner, 1950 – jaskyňa Domica, Jasovská jaskyňa; Majkova jaskyňa, Ardovská jaskyňa, Diviačia

Tab. 3
Minerály jaskýň Slovenska
Cave minerals of Slovakia

Minerál 1	Chem. vzorec 2	Lokalita 3	Vzťah ku krasu 4	Anal. metóda 5	Anotácia 6
Alumohydrokalcit	$CaAl_2(CO_3)_2(OH)_4 \cdot 3H_2O$	jaskyňa Domica (SK)	AUM, počas krasovatenia	RTG	Cílek (1999a)
Aragonit	$CaCO_3$	Ochtinská aragonitová jaskyňa (RV)	AUM, počas krasovatenia	MAP, RTG	Bláha (1955), Ševčík a Kantor (1956), Droppa (1957a, b, 1973), Kubíny (1959), Králik (1963), Králik a Skřivánek (1963), Cílek et al. (1998), Bosák et al. (2002)
		Jazerná jaskyňa (MP)		MAP	Kámen (1960)
		Aragonitová jaskyňa (RV)		MAP	Slavkay (1970)
		Gombasecká jaskyňa (SK), jaskyňa Vyvieranie (NT)		TEM, ŠMV	Harman a Derco (1976)
		Zápoľná jaskyňa (KCH), Demänovská jaskyňa Slobody (NT)		RTG	Cílek (2003, 2004)
		Brestovská jaskyňa (ZT)		MAP	Peško (2004)
		KARBONÁTY			
Cerusit	$PbCO_3$	jaskyňa Zlomísk (NT)	AUM, po vytvorení jaskyne	RTG	Ozdín et al. (2002)
Dolomit	$CaMg(CO_3)_2$	Gombasecká jaskyňa (SK), jaskyňa Vyvieranie (NT)	AUM, počas krasovatenia	ED, MA	Harman a Derco (1976)
Hydromagnezit	$Mg_5(CO_3)_4(OH)_2$	Zápoľná jaskyňa (KCH), Demänovská jaskyňa Slobody (NT)	AUM počas krasovatenia	RTG, EDAX	Cílek (2003, 2004)
Kalcit	$CaCO_3$	jaskyňa Domica, Jasovská jaskyňa, Majkova jaskyňa, Ardovská jaskyňa, Diviačia priepast', Hradná priepast', Krásnohorská jaskyňa, Hrušovská jaskyňa (SK)	AUM, počas krasovatenia	MAP, RTG	Kašpar (1934, 1940), Kettner (1938), Benický a Kettner (1950), Roda et al. (1986), Cílek (2003)
		Jazerná jaskyňa (MP)		MAP	Kámen (1960)
		Kryštálová jaskyňa, jaskyňa Dolná Mažarná, Beňatická jaskyňa (MF)		MAP	Bukovinský (1971), Droppa (1973), Janáčik (1957–1958)
		Gombasecká jaskyňa (SK), jaskyňa Vyvieranie (NT)		RTG, TEM	Rajman a Roda (1974), Harman a Derco (1976)
		Stratenská jaskyňa (SR)		RTG, SSA	Tulis a Novotný (1989), Žák et al. (2004)
		jaskyňa Tmavá skala (MK), Pružinská jaskyňa (SV)		MIP, RTG	Moravanský a Ženiš (1997)
		jaskyňa Silvošova diera, Nová Stanišovská jaskyňa, Jaskyňa studeného vetra (NT)		ŠI, SSA, FI	Orvošová et al. (2004), Orvošová (2005), Orvošová a Žák (2007)
		SULFIDY			
Galenit**	PbS	jaskyňa Zlomísk (NT)	AUM, pred vytvorením jaskyne	MIP	Ozdín et al. (2002)

Minerál	Chem. vzorec	Lokalita	Vzťah ku krasu	Anal. metóda	Anotácia
Pyrit**	FeS_2	Ochtinská aragonitová jaskyňa (RV) Pružinská jaskyňa (SV) jaskyňa Zlomísk (NT)	AUM, pred vytvorením jaskyne	MIP MIP MIP	Homza et al. (1970) Moravanský a Ženiš (1997) Ozdín et al. (2002)
Sfalerit**	ZnS	jaskyňa Zlomísk (NT)	AUM, pred vytvorením jaskyne	MIP	Ozdín et al. (2002)
		OXIDY a HYDROXIDY			
Anatas*	TiO_2	Ochtinská aragonitová jaskyňa (RV) Moldavská jaskyňa (KK)	ALM, pred vytvorením jaskyne	CHA?	Bosák et al. (2002) Cílek (2000b)
Asbolán	$(Co, Ni)_{1-y}(Mn^{4+}O_2)_{2-x}(OH)_{2-2y+2x}\cdot nH_2O$	Ochtinská aragonitová jaskyňa (RV)	AUM, počas krasovatenia	RTG	Bosák et al. (2002)
Birnessit	$Na_4Mn^{3+}{}_6Mn^{4+}{}_8O_{27}\cdot 9H_2O$	Ochtinská aragonitová jaskyňa (RV)	AUM, počas krasovatenia	RTG	Bosák et al. (2002)
Goethit	α-$Fe^{3+}O(OH)$	Ochtinská aragonitová jaskyňa (RV) Krásnohorská jaskyňa (SK)	ALM, pred vytvorením jaskyne	MAP, RTG	Bosák et al. (2002), Cílek (2005)
Hematit	α-Fe_2O_3	jaskyňa Domica (SK)	AUM, po vytvorení jaskyne	RTG	Cílek (1999a)
Kremeň*	SiO_2	Ochtinská aragonitová jaskyňa (RV) Hrušovská jaskyňa (SK)	ALM, pred vytvorením jaskyne	RTG RTG	Bosák et al. (2002) Cílek (2003)
Ľad	H_2O	Demänovská ľadová jaskyňa, Ľadová jaskyňa, Veľká ľadová priepasť (NT) Ľadová jaskyňa, priepasť Bodolová, priepasť Veľká Stonožka (MP) Silická ľadnica (SK) jaskyňa Ľadová pivnica, Ľadová priepasť (VT) Dobšinská ľadová jaskyňa (SR)	AUM, po vytvorení jaskyne	MAP MAP MAP MAP	Droppa (1955–1956, 1967, 1969, 1973), Otruba (1957) Kámen (1958, 1960) Roda et al. (1974) Hochmuth (1979, 1980) Halaš (1980), Novotný a Tulis (1996)
Opál	$SiO_2\cdot nH_2O$	jaskyňa pri Maruškinom jarku, Frontová jaskyňa, jaskyňa č. 18, Veľká drienčanská jaskyňa, jaskyňa Podbanište, jaskyňa pri Holom vrchu (RV) Ochtinská aragonitová jaskyňa (RV) jaskyňa Domica (SK)	AUM, počas krasovatenia	UVL, MIP CHA CHA	Ženiš (1980) Cílek et al. (1998) Cílek (1999a)
Rutil*	TiO_2	Ochtinská aragonitová jaskyňa (RV)	ALM, po vytvorení jaskyne	RTG	Bosák et al. (2002)
Todorokit	$(Mn^{2+}CaMg)Mn_3{}^{4+}O_7\cdot H_2O$	Krásnohorská jaskyňa (SK)	AUM, po vytvorení jaskyne	RTG, EDAX	Cílek (2005)
		SULFÁTY			
Ardealit	$Ca_2(SO_4)(HPO_4)\cdot 4H_2O$	Plavecká jaskyňa (MK), Pružinská jaskyňa (SV) Hrušovská jaskyňa (SK)	AUM, po vytvorení jaskyne	RTG RTG	Moravanský a Ženiš (1997) Cílek (2003)
Epsomit	$MgSO_4\cdot 7H_2O$	jaskyňa pri Amfiteátri (MK) jaskyňa Repiská (NT)	AUM, po vytvorení jaskyne	RTG, TEM, RTG, CHA, DTA, TG	Lehotský a Ženiš (1994) Cílek (2000a)

Minerál	Chem. vzorec	Lokalita	Vzťah ku krasu	Anal. metóda	Anotácia
Hexahydrit	$MgSO_4 \cdot 6H_2O$	jaskyňa Repiská (NT)	AUM, po vytvorení jaskyne	RTG?	Cílek (2000a)
Sadrovec	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	jaskyňa Domica, jaskyňa Erňa, Drienovská jaskyňa (SK)	AUM, po vytvorení jaskyne	RTG, CHA, ŠMV	Kašpar (1934, 1940), Turnovec (1961), Zacharov a Košúth (2005)
		Demänovská jaskyňa Mieru (NT), Alabastrová jaskyňa (VT)		MAP, ŠMV	Pavlarčík (1986), Pavlarčík (1993, 1994)
		Javorová priepasť, Nová Stanišovská jaskyňa (NT)		MAP, ŠMV	Mitter (1989), Orvošová (2004)
		Stratenská jaskyňa (SR)		RTG, CHA	Tulis a Novotný (1989)
		jaskyňa Haviareň, Plavecká jaskyňa, jask. Tmavá skala (MK), Pružinská jask. (SV), jaskyňa Havranová (VF)		RTG, SSA, ŠMV	Moravanský a Ženiš (1977)
		jaskyňa Repiská (NT)		RTG, ŠMV	Cílek (2000a)
Starkeyit	$MgSO_4 \cdot 4H_2O$	jaskyňa Repiská (NT)	AUM, po vytvorení jaskyne	RTG, EDAX	Cílek (2000a)
Syngenit	$K_2Ca(SO_4)_2 \cdot H_2O$	jaskyňa Repiská (NT)	AUM, po vytvorení jaskyne	RTG?	Cílek (2000a)
		FOSFÁTY			
Brushit	$CaHPO_4 \cdot 2H_2O$	jaskyňa Domica, Jasovská jaskyňa, (SK)	AUM, po vytvorení jaskyne	RTG, CHA	Kašpar (1934, 1940)
		jaskyňa Podbanište, jaskyňa nad Kadlubom (RV)		RTG	Ženiš (1985), Stibrányi a Ženiš (1986)
		Vápenná jaskyňa (SK)		RTG	Ďurček et al. (1992)
		jaskyňa Tmavá skala (MK), Pružinská jaskyňa (SV)		RTG, EMPA	Ženiš (1984), Moravanský a Ženiš (1997)
		jaskyňa Javorinka (VT)		RTG	Pavlarčík (1999)
Hydroxylapatit	$Ca_5(PO_4)_3(OH)$	jaskyňa Tmavá skala (MK)	AUM, po vytvorení jaskyne	RTG	Moravanský a Ženiš (1997)
		Hrušovská jaskyňa (SK)		RTG	Cílek (1999a, 2003)
		Antonova jaskyňa (SLR)			Cílek (1999b)
Leukofosfit	K, $Fe_2(PO_4)_2(OH)$	Medvedia jaskyňa (SR)	AUM, po vytvorení jaskyne	RTG	Tulis a Novotný (2004)
Karbonát-hydroxylapatit	$Ca_5(PO_4, CO_3)_3(OH)$	jaskyňa V Záskočí (NT)	AUM, po vytvorení jaskyne	RTG, EDAX	Cílek a Komaško (1984)
		jaskyňa Tmavá skala, jaskyňa Haviareň, Plavecká jaskyňa (MK), Modrovská jaskyňa (Pl), Pružinská jaskyňa (SV), jaskyňa Havranová (VF)		RTG, EMPA, DTA, TG	Moravanský a Ženiš (1997)
Taranakit	$(K, NH_4)Al_3(PO_4)_3(OH) \cdot 9H_2O$	jaskyňa Domica (SK)	AUM, po vytvorení jaskyne	RTG, EMPA, DTA, TG, IRS	Sejkora et al. (2004)
		SILIKÁTY			
Alofán	$Al_2Si_xO_{3+2x} \cdot 2,5\text{-}3H_2O$, kde x = 1,3–2	Ochtinská aragonitová jaskyňa (RV)	ALM, po vytvorení jaskyne	RTG	Bosák et al. (2002)
Halloyzit*	$Al_2Si_2O_5(OH_4) \cdot 2H_2O$	Ochtinská aragonitová jaskyňa (RV)	ALM, po vytvorení jaskyne	RTG	Bosák et al. (2002)
Hemimorfit	$Zn_4Si_2O_7(OH)_2$	jaskyňa Zlomísk (NT)	AUM, po vytvorení jaskyne	RTG, EMPA	Ozdín et al. (2002)

Minerál	Chem. vzorec	Lokalita	Vzťah ku krasu	Anal. metóda	Anotácia
Chlorit*	$A_{5-6}Z_4O_{10}(OH)_8$, kde A = Al, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Li, Mg, Mn, Ni a Z = Al, Si, Fe^{3+}	Medvedia jaskyňa (SR), Ochtinská aragonitová jaskyňa (RV)	ALM, po vytvorení jaskyne	RTG	Tulis a Novotný (2004), Cílek et al. (1998)
Illit*	$K_{0.65}Al_2Al_{0.65}Si_{3.35}O_{10}(OH)_2$	[1] – Gombasecká jaskyňa (SK – súčasť plastického sintra), jask. Vyvieranie (NT – súčasť plastického sintra) [2] – jaskyňa Domica, Hrušovská jaskyňa (SK – súčasť ílových sedimentov)	[1] – AUM, počas krasovatenia [2] – ALM, po vytvorení jaskyne	RTG	Harman a Derco (1976) Cílek (1999a, 2003), Cílek et al. (2001)
Kaolinit*	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	jaskyňa Domica (SK)	ALM, po vytvorení jaskyne	RTG	Cílek (1999)
Muskovit*	$KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH, F)_2$	Ochtinská aragonitová jaskyňa (RV)	ALM, po vytvorení jaskyne	RTG	Bosák et al. (2002)
Smektit*	$(^{12}CaNa)_{0.25-0.60}(AlMg)_{2-3}(SiAl)_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$	jaskyňa Domica (SK)	ALM, po vytvorení jaskyne	RTG	Cílek (1999a)
Viséit	$NaCa_3Al_{10}(SiO_4)_3(PO_4)_5(OH)_{14} \cdot 16H_2O$	jaskyňa Domica (SK)	AUM, po vytvorení jaskyne	RTG, EDAX, EMPA	Cílek (1999a), Cílek et al. (2001)

ALM – minerál alochtónneho pôvodu, AUM – minerál autochtónneho pôvodu, MAP – makroskopické pozorovanie, MIP – mikroskopické pozorovanie, RTG – práškova difrakčná rtg. analýza, ŠMV – štúdium morfologických vlastností, ŠI – štúdium izotopov, FI – štúdium fluidných inklúzií, CHA – chemická analýza, EMPA – elektrónová mikrosondová analýza, SSA – semikvantitatívna spektrálna analýza, IRS – IR spektroskopia, TEM – transmisná elektrónová mikroskopia, UVL – štúdium UV lampou, DTA, TG – termická analýza

ALM – mineral of allochthonous origin, AUM – mineral of autochthonous origin, MAP – macroscopic observation, MIP – microscopic observation, RTG – X-ray diffraction analysis, ŠMV – study of morphological properties, ŠI – study of isotopes, FI – study of fluid inclusions, CHA – wet chemical analysis, EMPA – electron microprobe analysis, SSA – semiquantitative spectral analysis, IRS – IR spectroscopy, TEM – transmision electron microscopy, UVL – study with UV lamp, DTA, TG – thermal analysis

priepasť, Hradná priepasť, Krásnohorská jaskyňa, Kukla, 1953 – Harmanecká jaskyňa, Janáčik, 1957–1958 – Benatická jaskyňa, Kámen, 1960 – Jazerná jaskyňa, Bukovinský, 1971 – Kryštálová jaskyňa, Droppa, 1973 – jaskyňa Dolná Mažarná, Rajman a Roda, 1974; Harman a Derco, 1976 – Gombasecká jaskyňa, jaskyňa Vyvieranie, Tulis a Novotný, 1989 – Stratenská jaskyňa, Moravanský a Ženiš, 1997 – jaskyňa Tmavá skala, Pružinská jaskyňa, Cílek, 2003 – Hrušovská jaskyňa, Orvošová et al., 2004, Orvošová, 2005 – jaskyňa Silvošova diera, Nová Stanišovská jaskyňa), sa vyskytuje vo forme rôznych speleotém (stalaktitov, stalagmitov, stalagnátov, záclon a pod.). Je podstatnou zložkou zväčša bieleho plastického sintra v hrúbke 0,X až 5,0 cm tvoriaceho povlak na stenách jaskýň, na ktorých vystupuje vo forme jemnozrnných ihlíc alebo ako slonovinovobiele kryštály v dutinách fosfátového tmelu spájajúceho vápencové obliaky pod kopami guána pozdĺž rozhrania medzi fosfátmi a sadrovcom alebo ako čiastočne priehľadné sivé alebo žlté kryštály veľké 10 až 20 cm skalenoedrického habitu s dominantným tvarom $(21\bar{3}1)$, alebo ako bezfarebné priesvitné kryštály veľké 1 až 10 cm romboedrického alebo prizmaticko-skalenoedrického vývoja (kombinácia hexagonálnej prizmy $(10\bar{1}0)$ a plochého skalenoédra) a hydrotermálneho pôvodu. Vyskytuje sa v asociácii s aragonitom, alumohydrokalcitom, opálom, illitom, hydromagnezitom, sadrovcom a fosfátmi.

Sulfidy

*Galenit***, PbS (Ozdín et al., 2002 – jaskyňa Zlomísk), sa vyskytuje ako súčasť maximálne 30 cm hrubej limonitovej výplne tektonickej strižnej zóny v centrálnej časti jaskyne. Asociuje s hemimorfitom, ceruzitom, sfaleritom a pyritom.

*Pyrit***, FeS_2 (Moravanský a Ženiš, 1997 – Pružinská jaskyňa, Ozdín et al., 2002 – jaskyňa Zlomísk), sa vyskytuje ako idiomorfné až hypidiomorfné reziduálne kryštály v karbonátových horninách alebo ako súčasť najviac 30 cm hrubej limonitovej výplne tektonickej strižnej zóny v centrálnej časti jaskyne Zlomísk. Asociuje s hemimorfitom, ceruzitom, sfaleritom a galenitom.

*Sfalerit***, ZnS (Ozdín et al., 2002 – jaskyňa Zlomísk), sa vyskytuje ako súčasť maximálne 30 cm hrubej limonitovej výplne tektonickej strižnej zóny v centrálnej časti jaskyne. Asociuje s hemimorfitom, ceruzitom, galenitom a pyritom.

Oxidy a hydroxidy

*Anatas**, TiO_2 (Bosák et al., 2002 – Ochtinská aragonitová jaskyňa), sa vyskytuje v kryptokryštalickej forme a tvorí medzizrnnú výplň železitého, ílovitého prachovca/pieskovca.

Asbolán, $(CoNi)_{1-y}(Mn^{4+}O_2)_{2-x}(OH)_{2-2y+2x} \cdot nH_2O$ (Bosák et al., 2002 – Ochtinská aragonitová jaskyňa), sa vyskytuje ako mäkký materiál ílovitého vzhľadu. Je biely a tvorí vrstvičky v Mn okri. Vystupuje v asociácii s goethitom a birnessitom. Sprevádza ho apatit, alofán, reziduálny muskovit, kremeň a anatas.

Birnessit, $Na_4Mn^{3+}{}_6Mn^{4+}{}_8O_{27}\cdot 9H_2O$ (Bosák et al., 2002 – Ochtinská aragonitová jaskyňa), sa vyskytuje ako mäkká čierna substancia tvoriaca nepravidelné vrstvičky na Fe okri alebo noduly v asboláne. Vystupuje v asociácii s asbolánom, alofánom a goethitom.

Goethit, α-$Fe^{3+}O(OH)$ (Bosák et al., 2002 – Ochtinská aragonitová jaskyňa, Cílek, 2005 – Krásnohorská jaskyňa), sa vyskytuje vo forme hrdzavého až hnedého jemnozrnného až kryptokryštalického mäkkého okru a tvorí nepravidelnú kôru na stenách jaskyne hrubú až 30 mm alebo úlomky a obliaky s priemerom 40 až 60 mm. Vystupuje v asociácii s birnessitom.

Hematit, α-Fe_2O_3 (Cílek, 1999a – jaskyňa Domica), vystupuje ako jemne rozptýlená farbiaca prímes v ílovitej jaskynnej hline.

Kremeň,* SiO_2 (Bosák et al., 2002 – Ochtinská aragonitová jaskyňa, Cílek, 2003 – Hrušovská jaskyňa, Tulis a Novotný, 2004 – Medvedia jaskyňa), sa vyskytuje ako súčasť ílovitých sedimentov alebo ako mechanická prímes v asbolánových vrstvách, alebo vo fosfátovej kôre.

Ľad, H_2O (Droppa, 1955–1956, 1967, 1969, 1973; Otruba, 1957a, b – Demänovská ľadová jaskyňa, Ľadová jaskyňa, Veľká ľadová priepasť, Kámen, 1958, 1960 – jaskyňa Ľadová pivnica, Ľadová priepasť, priepasť Bodolová, priepasť Veľká Stonožka, Roda et al., 1974 – Silická ľadnica, Hochnuth, 1979, 1980 – jaskyňa Ľadová pivnica, Ľadová priepasť, Halaš, 1980; Novotný a Tulis, 1996 – Dobšinská ľadová jaskyňa), sa vyskytuje vo forme kôry, záclon, euhedrálnych kryštálov, ľadopádov, heliktitov, stalaktitov, stalagmitov a stalagnátov.

Opál, $SiO_2\cdot nH_2O$ (Ženiš, 1980 – jaskyňa pri Maruškinom jarku, Frontová jaskyňa, jaskyňa č. 18, Veľká Drienčanská jaskyňa, jaskyňa Podbanište, jaskyňa pri Holom vrchu, Cílek, 1999a – jaskyňa Domica, Ochtinská aragonitová jaskyňa), sa vyskytuje ako súčasť rozličnej sintrovej výzdoby alebo stien jaskýň. Tvorí neostro ohraničené vrstvičky hrubé 1 mm, zhluky bielej farby alebo tmavohnedý až čierny povlak v rozlohe niekoľko cm^2.

Rutil,* TiO_2 (Bosák et al., 2002 – Ochtinská aragonitová jaskyňa), tvorí ojedinelé ihličky a vyskytuje sa ako mechanická prímes spolu s jemnozrnným muskovitom v asbolánových vrstvách.

Todorokit, $(Mn^{2+}, Ca, Mg)Mn^{4+}{}_3O_7\cdot H_2O$ (Cílek, 2005 – Krásnohorská jaskyňa), sa vyskytuje vo forme mäkkého, zemitého až ílovitého Mn povlaku v hrúbke až 20 mm a pokrýva plochy veľké 1 m^2 a viac alebo ako laminovaný Mn sinter rudného vzhľadu v hrúbke až 36 mm, alebo ako nástrekové a paličkové útvary podobné koraloidom s veľkosťou jednotlivých výrastkov od 8 do 14 mm. Vystupuje v asociácii s kalcitom.

Sulfáty

Ardealit, $Ca_2(SO_4)(HPO_4)\cdot 4H_2O$ (Moravanský a Ženiš, 1997 – Plavecká jaskyňa, Pružinská jaskyňa, Cílek, 2003 – Hrušovská jaskyňa), sa vyskytuje ako drobná, žltá práškovitá akumulácia viažuca sa na organický materiál v suchom guáne alebo ako nesúvislý biely až žltý práškovitý povlak pokrývajúci fosfátovú kôru. Vystupuje v asociácii s brushitom, hydroxylapatitom, karbonát-hydroxylapatitom, kalcitom a sadrovcom.

Epsomit, $MgSO_4\cdot 7H_2O$ (Lehotský a Ženiš, 1994 – jaskyňa pri Amfiteátri, Cílek, 2000a, jaskyňa Repiská), sa vyskytuje v podobe ihličkovitých kryštálov a kryštalickej kôry na stenách a strope jaskyne. Býva belavý až snehobiely. Hrúbka kôry je okolo 10 mm Ihličkovité kryštály vystupujú vo forme izolovaných jedincov, paralelne vláknitých agregátov a „vatovitých" chumáčov najmä na povrchu a v škárach hlinitokamennej výplne dna jaskyne alebo ako kryštalické agregáty v soľných výkvetoch vo vstupných častiach jaskyne, pravdepodobne čiastočne dehydrátovaný na hexaedrit a starkeyit. Vystupuje v asociácii s hexaedritom, sadrovcom, starkeyitom a syngenitom.

Hexahydrit, $MgSO_4\cdot 6H_2O$ (Cílek, 2000a – jaskyňa Repiská), sa vyskytuje vo forme bielych poréznych výkvetov hrubých až 5 mm s rozlohou až niekoľko cm^2 na stenách jaskyne alebo vlákien dlhých okolo 10 mm. Vystupuje v asociácii s epsomitom, sadrovcom, starkeyitom a syngenitom.

Sadrovec, $CaSO_4\cdot 2H_2O$ (Kašpar, 1934, 1940 – jaskyňa Domica, Turnovec, 1961 – jaskyňa Erňa, Pavlarčík, 1986 – Demänovská jaskyňa Mieru, Mitter, 1989 – Javorová priepasť, Tulis a Novotný, 1989 – Stratenská jaskyňa, Pavlarčík, 1993, 1994 – Alabastrová jaskyňa, Moravanský a Ženiš, 1997 – jaskyňa Haviareň, Plavecká jaskyňa, Pružinská jaskyňa, jaskyňa Tmavá skala, Cílek, 2000a – jaskyňa Repiská, Zacharov a Košúth, 2005 – Drienčanská jaskyňa, Gradziński a Holúbek, 2005 – jaskyňa Zlomísk), sa vyskytuje ako jemnokryštalická masa pod mazľavým guánom alebo ako práškovitá až kryštalická akumulácia v suchom guáne. Vystupuje v asociácii s ardealitom, brushitom, hydroxylapatitom, karbonát-hydroxylapatitom a kalcitom. Okrem guána sa omnoho častejšie vyskytuje ako povlak a ostrovčekovitá akumulácia na stenách jaskýň alebo aj v hlinitoílovitých sedimentoch jaskýň, v ktorých tvorí drobné čiastočne korodované bezfarebné, biele alebo hnedé kryštály bez asociujúcich minerálov, alebo v prípade soľných výkvetov vo vstupných častiach (jaskyňa Repiská) v asociácii s epsomitom, hexahydritom, starkeyitom a syngenitom.

Starkeyit, $MgSO_4\cdot 4H_2O$ (Cílek, 2000a – jaskyňa Repiská), býva súčasťou soľných výkvetov, v ktorých sa intímne prerastá s hexahydritom. Vystupuje v asociácii s epsomitom, hexahydritom, sadrovcom a syngenitom.

Syngenit, $K_2Ca(SO_4)_2\cdot H_2O$ (Cílek, 2000a – jaskyňa Repiská), sa vyskytuje vo forme pretiahnutých hviezdicovitých kryštálov dlhých 20 μm usporiadaných do priestorových hviezdicovitých agregátov nasadených na hexahydrite. Časté sú aj planparalelné zrasty monoklinických tabuliek. Vystupuje v asociácii s epsomitom, hexahydritom, sadrovcom a starkeyitom.

Fosfáty

Brushit, $CaHPO_4\cdot H_2O$ (Kašpar, 1934, 1940 – jaskyňa Domica, Jasovská jaskyňa, Ženiš, 1984 – jaskyňa Tmavá skala, Ženiš, 1985 – jaskyňa Podbanište, Durčík et al., 1992 – jaskyňa nad Kadlubom, Moravanský a Ženiš, 1997

– Pružinská jaskyňa, Pavlarčík, 1999 – jaskyňa Javorinka), sa vyskytuje vo forme tzv. brushitových pásov na odtokových dráhach roztokov presakujúcich guánom, kde býva lemovaný kalcitom, alebo ako povlak až kôra v hrúbke 5 až 10 mm z jemnozrnných agregátov a na povrchu aj z pekne vyvinutých drobných kryštálov zoskupených do ježkovitých útvarov. Habitus kryštálov je ihličkovitý alebo tabuľkovitý, sú kratšie ako 0,1 mm, číre, jemne zakalené, biele až žltohnedé. Jemnozrnné agregáty sú väčšinou snehobiele. Vystupuje v asociácii s ardealitom, hydroxylapatitom, karbonát-hydroxylapatitom, kalcitom a sadrovcom. Brushit sa okrem guána zistil aj na kostre a zvyškoch kože dospelej kuny (jaskyňa Javorinka) v podobe bielych až priesvitných jemných a krehkých ihličkovitých kryštálov skleného lesku dlhých do 5 mm.

Hydroxylapatit, $Ca_5(PO_4)_3OH$ (Moravanský a Ženiš, 1997 – jaskyňa Tmavá skala, Cílek, 2003 – Hrušovská jaskyňa), sa vyskytuje ako fosfatizovaná kostná dreň svetlohnedej farby alebo ako povlak a kôra hrubá 2 až 4 mm na sintrovej výzdobe bez asociujúcich minerálov, alebo ako sivohnedá hmota v miestach guánovej korózie. Vystupuje v asociácii s ardealitom, brushitom, karbonát-hydroxylapatitom, kalcitom a sadrovcom.

Leukofosfit, $K, Fe_2(PO_4)_2(OH)\cdot 2H_2O$ (Tulis a Novotný, 2004), sa vyskytuje v podobe hrudiek v sivom ílovci tvoriacom sedimenty v spodnej ploche jedného z bočných korýt. Vystupuje v asociácii so sľudou, chloritom, kalcitom a kremeňom.

Karbonát-hydroxylapatit, $Ca_5(PO_4, CO_3)_3OH$ (Kašpar, 1934, 1940 – jaskyňa Domica, Cílek a Komaško, 1984 – jaskyňa v Záskočí, Moravanský a Ženiš, 1997 – jaskyňa Tmavá skala, jaskyňa Haviareň, Plavecká jaskyňa, Modrovská jaskyňa, jaskyňa Havranová), sa vyskytuje vo forme krustifikačného tmelu vápencových obliakov, kôry a náteku na sintri, na kôre pokrývajúcej steny jaskýň, na kôre na veľkých zrútených skalných blokoch i ako súčasť súvislej fosfátovej vrstvy pod rozsiahlymi nánosmi guána korodujúceho skalné podložie. Hrúbka kôry a fosfátových vrstiev je od 1 mm do 20 cm, farba svetlohnedá, žltohnedá až tmavohnedá. Vystupuje v asociácii s ardealitom, brushitom, hydroxylapatitom, kalcitom a sadrovcom. V jaskyni v Záskočí a v Modrovskej jaskyni, kde sa karbonát-hydroxylapatit vyskytuje vo forme tmavohnedého povlaku a kôry na stenách a dne, sa výskyt guána nepotvrdil. Zdrojom P bol asi pôdny pokryv nad jaskyňami.

Taranakit, $(K, NH_4)Al_3(PO_4)_3(OH)\cdot 9H_2O$ (Sejkora et al., 2004 – jaskyňa Domica) sa vyskytuje vo forme žltej až sivobielej kôry hrubej až 20 mm, ktorú tvoria kriedovité monominerálne noduly nepravidelného guľovitého tvaru (1 až 3 mm). Noduly sú biele až sivé, veľmi mäkké, zemitého vzhľadu a zvyčajne zreteľne pórovité.

Silikáty

Alofán, $Al_2Si_xO_{3+2x}\cdot 2{,}5–3H_2O$, kde x = 1,3–2 (Bosák et al., 2002 – Ochtinská aragonitová jaskyňa), sa vyskytuje v asbolánovom profile a tvorí 30 až 80 mm hrubú vrstvu bielej farby a zemitého vzhľadu. Vystupuje v asociácii s asbolánom.

Halloyzit,* $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ (Bosák et al., 2002 – Ochtinská aragonitová jaskyňa), sa vyskytuje vo forme odmiešanín od alofánu. Vznikol pravdepodobne „vyzretím" alofánu alebo transformáciou zvetrávacích produktov obsahujúcich minerály kaolinitovej skupiny. Vystupuje v asociácii s alofánom.

Hemimorfit, $Zn_4Si_2O_7(OH)_2\cdot H_2O$ (Ozdín et al., 2002 – jaskyňa Zlomísk), sa vyskytuje vo forme najviac 2 mm hrubých žiliek dymovohnedej až čiernej farby, ako výplň krátkych žiliek jemnokryštalického až práškovitého bieleho hemimorfitu, ako radiálne lúčovité až 7 mm veľké čiernohnedé agregáty, alebo tvorí drúzy priehľadných až priesvitných idiomorfných, najčastejšie prizmatických kryštálov (do 1 mm) v dutinkách. Vystupuje v asociácii s ceruzitom, sfaleritom, galenitom a pyritom.

Chlorit,* $A_{5-6}Z_4O_{10}(OH)_8$, kde A = Al, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Li, Mg, Mn, Ni a Z = Al, Si, Fe^{3+} (Tulis a Novotný, 2004 – Medvedia jaskyňa), sa vyskytuje ako súčasť jemnozrnných ílovitých sedimentov alochtónneho pôvodu, vo Fe okroch na stenách jaskyne a v asbolánovej polohe jaskynného sedimentu.

Illit,* $K_{0,65}Al_2Al_{0.65}Si_{3,35}O_{10}(OH)_2$ (Harman a Derco, 1976 – Gombasecká jaskyňa, jaskyňa Vyvieranie, Cílek, 1999a, 2003; Cílek et al., 2001 – jaskyňa Domica, Hrušovská jaskyňa), sa vyskytuje ako akcesorická prímes v plastickom sintri alebo ako súčasť ílovitých sedimentov alochtónneho pôvodu.

Kaolinit,* $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ (Cílek, 1999a – jaskyňa Domica), sa vyskytuje ako súčasť jemnozrnných ílovitých sedimentov alochtónneho pôvodu.

Muskovit,* $KAl_2❑AlSi_3O_{10}(OH)_2$ (Bosák et al., 2002 – Ochtinská aragonitová jaskyňa), sa vyskytuje ako súčasť jemnozrnných ílovitých sedimentov alebo ako mechanická prímes v asbolánových vrstvách.

Smektit,* $(1/2Ca,Na)_{0.25–0.60}(Al, Mg)_{2–3}(SiAl)_4O_{10}(OH)_2\cdot nH_2O$ (Cílek, 1999a – jaskyňa Domica), býva súčasťou jemnozrnných ílovitých sedimentov alochtónneho pôvodu.

Viséit, $NaCa_5Al_{10}(SiO_4)_3(PO_4)_5(OH)_{14}\cdot 16H_2O$ (Cílek et al., 2001 – jaskyňa Domica), sa vyskytuje ako súčasť svetlej až bielej, lokálne hnedej alebo čiernej vrstvy hrubej 2 cm pod hlineným nánosom. Vystupuje v asociácii s hydroxylapatitom alebo karbonát-hydroxylapatitom.

Diskusia a záver

Aj keď mineralogický výskum jaskýň v geológii nepatrí medzi časté a uprednostňované témy, v jaskyniach z rozličných krasových území Slovenska (Malé Karpaty, Považský Inovec, Strážovské vrchy, Malá Fatra, Veľká Fatra, Nízke Tatry, Kozie chrbty, Vysoké Tatry, Slovenský raj, Revúcka vrchovina, Muránska planina, Slovenské rudohorie, Košická kotlina a Slovenský kras) sa doteraz identifikovalo 34 minerálov, z ktorých 26 druhov vzniklo v jaskynnom prostredí. Tieto minerály patria medzi karbonáty, sulfidy, oxidy, hydroxidy, sulfáty, fosfáty a silikáty. Vierohodnosť identifikácie minerálov je vysoká, aj keď sa niektoré zisťovali iba makroskopicky (napr. Pavlarčík, 1986, alebo Mitter, 1989).

Za jaskynné pokladáme iba sekundárne minerály vzniknuvšie v jaskynnom prostredí, v podzemnom priestore (dutine) v hociktorom štádiu jeho vývoja, aj v hydrotermálnych jaskyniach, ktoré vznikli v skoršej etape speleogenézy jaskyne alebo sa vzácne zachovali bez nasledujúcej mladšej morfogenetickej premeny (zachované v pôvodnom paleovývoji). Ide teda o minerály autochtónneho pôvodu vytvorené počas krasovatenia alebo až po vytvorení jaskyne. Toto kritérium z doteraz identifikovaných minerálov (tab. 3) spĺňa iba *alumohydrokalcit, aragonit, ceruzit, dolomit, hydromagnezit, kalcit, asbolán, birnessit, goethit, hematit, ľad, opál, todorokit, ardealit, epsomit, hexahydrit, sadrovec starkeyit, syngenit, brushit, hydroxylapatit, leukofosfit, karbonát-hydroxylapatit, taranakit, hemimorfit* a *viséit*, aj keď viac autorov (napr. Cílek et al., 2001; Bosák et al., 2002, a i.) v rámci komplexného mineralogického zhodnotenia jaskýň opisujú aj minerály alochtónneho pôvodu, ako je *anatas, halloyzit, chlorit, illit, kaolinit, kremeň, rutil, smektit,* alebo i rudné primárne minerály – *galenit, pyrit* a *sfalerit* (Homza et al., 1970; Moravanský a Ženiš, 1997; Ozdín et al., 2002), odhalené v jaskyni pri zvetrávaní jaskynných stien. Ich opis je opodstatnený, lebo upozornenie na ich výskyt v krase sa môže využiť pri riešení metalogenézy, neotektoniky alebo paleogeografického vývoja príslušného krasového územia.

Na základe doterajšieho výskumu a analógie s rumunskými jaskyňami (Diaconu a Lascu, 1999; Onac, 2002; Onac et al., 2002; Marincea et al., 2002; Onac a Vereș, 2003; Onac a White, 2003, a i.) sa ako najperspektívnejšia na ďalší mineralogický výskum ukazuje skupina fosfátov a síranov spätých s guánom. Tieto skupiny majú značný potenciál na identifikáciu nových minerálov, ako je napr. berlinit, collinsit, foggit, francoanellit, monetit, bassanit, cesanit, mirabilit a pod. Dôkladne mineralogicky študovať by sa mala aj skupina oxidov a hydroxidov Fe a Mn, ktoré zo slovenských jaskýň doteraz neboli dostatočne spracované. Najperspektívnejšia na mineralogický výskum je oblasť Malých Karpát a Slovenského krasu (je v nich viac jaskýň s rozsiahlym nánosom guána), ako aj Nízkych Tatier a Slovenského raja, v ktorých sú rozsiahle jaskynné komplexy s možnosťou identifikácie nových minerálov zo skupiny karbonátov a síranov. Okrem mineralogického výskumu sa v jaskyniach týchto oblastí treba venovať i katalogizácii, klasifikácii a genéze speleotém v zmysle prác Maximoviča (1969), Rodu et al. (1986), Hilla a Fortiho (1997).

Poďakovanie. Príspevok vznikol vďaka finančnej podpore grantu VEGA MŠ SR 1/3057/06.

Literatúra

Banfield, J. F., Baker, W. W., Welch, S. A. & Taunton, A., 1999: Biological impact on mineral dissolution: Aplication of the lichen model to understanding mineral weathering in the rhizosphere. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 96, 3404–3411.*

Benický, V. & Kettner, R., 1950: Slovenské jaskyne. *Martin, Matica Slovenská, 45.*

Bláha, L., 1955: Aragonitová jaskyňa pri Hornom Hrádku. *Krásy Slov., 11, 32.*

Bosák, P., 1993: Evolution of karst on Tyuya-Muyun deposit in Khyrgyzstan. *Knih. Čes. speleol. spol., Praha, 21, 61–68.* (in Czech).

Bosák, P., Bruthans, J., Filippi, M., Svoboda, T. & Smid, J., 1999: Karst and caves in the Salt Diapirs, SE Zagros Mts., Iran. *Acta carsol. (Ljubljana), 28, 2, 41–75.*

Bosák, P., Bella, P., Cílek, V., Ford, D. C., Hercman, H., Kadlec, J., Osborne, A. & Pruner, P., 2002: Ochtiná aragonite cave (Western Carpathians, Slovakia) Morphology, mineralogy of the fill and genesis. *Geol. Carpath., 53, 6, 399–410.*

Bukovinský, V. G., 1971 Uzavreli sme kryštálovú jaskyňu. *Ochr. příř., 26, 6, 147–148.*

Cílek, V., 1993a: Apatitové povlaky z Múrikové jeskyně na Silické planině a z Javoříčských jeskyní. *Speleo, 12, 8–10.*

Cílek, V., 1993b: Klasifikace jeskynních sedimentů. *In: Speleo-krasové sedimenty: Fosilní záznam klimatických oscilací a změn prostředí, 85–87.*

Cílek, V., 1999a: Mineralogické výzkumy v jeskyni Domica. *Aragonit, 4, 9–11.*

Cílek, V., 1999b: Mineralogické výzkumy v Ružinskem krasu. *Speleo, 29, 34–36.*

Cílek, V., 2000a: „Aridní" sírany hořčíku z jeskyně Repiská v Demänovské dolině. *Aragonit, 5, 6–9.*

Cílek, V., 2000b: Mineralogické výskumy v Moldavské jeskyni a v Mniší díře ve Slovenskem krasu. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 4, 7–10.*

Cílek, V., 2003: Mineralogické výzkumy v Hrušovské jeskyni ve Slovenskem krasu. *Slov. Kras, 41, 225–227.*

Cílek, V., 2004: Aragonit a hydromagnezit z Demänovské jaskyne slobody. *Aragonit, 9, 19–21.*

Cílek, V., 2005: Jeskynné minerály a sedimenty. *In: J. Stankovič & V. Cílek (eds.): Krásnohorská jaskyňa Buzgó. Regionálna rozvojová agentúra Rožňava, 96–105.*

Cílek, V. & Komaško, A., 1984: Apatit z jeskyně v Záskočí. *Čs. Kras, 34, 83–87.*

Cílek, V. & Bednářová, J., 1994. Bahenní železné rudy v krasových výplních lomu Gombasek ve Slovenském krasu. *Slov. Kras, 32, 41–46.*

Cílek, V., Bosák, P., Melka, K., Žák, K., Langrová, A. & Osborne, A., 1998: Mineralogické výzkumy v Ochtinské aragonitové jeskyni. *Aragonit, 3, 7–12.*

Cílek, V., Melka, K. & Langerová, A., 2001 Kontaktní viséit a konkrecionální apatit z jeskyně Domica. *Slov. Kras, 39, 25–35.*

Činčura, J., ed., 1985: Encyklopédia Zeme. 2. vyd. *Bratislava, Obzor, 720.*

Diaconu, G. & Lascu, C., 1999: Preliminary data about nitrates in "Pestera Mare de la Salitrari", Cerna Mountains, Romania. *Theoretical and Applied Karstology, 11–12, 47–52.*

Droppa, A., 1955–1956: Demänovská ľadová jaskyňa. *Čs. Kras, 8–9, 92–110.*

Droppa, A., 1957a: Ochtinská aragonitová jaskyňa. *Geogr. Čas., 9, 169–184.*

Droppa, A., 1957b: Výskum Ochtinskej aragonitovej jaskyne. *Čs. Kras, 10, 141–142.*

Droppa, A., 1963–1964. Jaskyňa Borová hora. *Slov. Kras, 5, 96–98.*

Droppa, A., 1967· Vysokohorské krasové oblasti ČSSR. *Čs. Kras, 19, 59–68.*

Droppa, A., 1969: Krasové javy Jánskej doliny na severnej strane Nízkych Tatier *Čs. Kras, 21, 73–96.*

Droppa, A., 1973: Prehľad preskúmaných jaskýň na Slovensku. *Slov. Kras, 11, 115–157.*

Dublyanski, V. N. & Lomaev, A. A., 1980: Karst caves of Ukraine. *Naukova dumka, Kiev, 180.* (in Russian)

Ďurčík, K., Gaál, J., Gaál, Ľ. & Ženiš, P., 1992: Objav jaskyne nad Kadlubom. *Slov. Kras, 30, 17–28.*

Forti, P., 2001 Biogenic speleothems: An overview. *Int. J. Speleol., 30A, 1, 39–56.*

Forti, P., 2005: Genetic processes of cave minerals in volcanic environments: an overview. *J. Cave and Krast Studies, 67, 1, 3–13.*

FRUMKIN, A., 1994. Hydrology and denudation rates of halite karst. *J. Hydrol., 162, 171–189.*

GAÁL, Ľ., 1992: Nové pseudokrasové jaskyne v andezitových neovulkanitoch Slovenska. *Slov. Kras, 30, 75–80.*

GAÁL, Ľ., 1993: Jaskyňa pod Veľkým Jaseným – nový genetický typ pseudokrasovej jaskyne na Slovensku. *Sinter, 1, 14.*

GAÁL, Ľ., 1995: Stĺpová – najdlhšia pseudokrasová jaskyňa na Slovensku. *Sinter, 3, 6.*

GAÁL, Ľ., 1996: Nové jaskyne v bazaltoch Slovenska s dôrazom na ich prírodovedecký a kultúrnohistorický význam. Kras a jaskyne, výskum, využívanie a ochrana. *Zbor. referátov, Liptovský Mikuláš, 57–62.*

GAÁL, Ľ., 1997: The model of development of basalt caves by slope movements. *Proceedings of the 12th International Congress of Speleology, 1, La Chaux-de-Fonds, 464.*

GAÁL, Ľ. & BELLA, P , 1994. Genetické typy jaskýň v nekrasových horninách Slovenska. *Proceedings, 5th Pseudokrast Sympozium – Szczyrk, 20–24.*

GAÁL, Ľ. & ESZTERHÁS, I., 1990: Pseudokrasové jaskyne Cerovej vrchoviny – otázky genézy a rozšírenia. *Slov. Kras, 28, 71–102.*

GAÁL, Ľ. & GAÁL, J., 1989: Prieskum pseudokrasových jaskýň na južnom Slovensku. *Spravodajca SSS, 20, 1, 38–40.*

GAÁL, Ľ. & GAÁL, J., 1995: Vznik jaskýň svahovými pohybmi blokového typu na príklade Pohanského hradu (Cerová vrchovina). *Slov. Kras, 33, 35–54.*

GAÁL, Ľ. & ŽENIŠ, P., 1984: Jaskyne v magnezitoch dúbravského masívu. *Spravodaj SSS, 15, 4, 3–11.*

GAÁL, Ľ. & ŽENIŠ, P., 1986: Kras revúckej vrchoviny. *Slov. Kras, 24, 27–60.*

GILLIESON, D., 1996: Caves: Processes, development and management. *Blackwell, Oxford, UK, 324.*

GRADZIŃSKI, M. & HOLÚBEK, P., 2005: Cottonballs – peculiar speleothems from Zlomiská cave (Low Tatras Mountains, Slovakia) Pilot results. *Slov. Kras, 43, 187–192.*

HALAŠ, J., 1980: Vplyv fyzikálnych veličín ovzdušia na genézu ľadových útvarov v Dobšinskej a Demänovskej ľadovej jaskyni. *Slov. Kras, 18, 139–145.*

HARMAN, M. & DERCO, J., 1976: K problematike mineralógie a genézy mäkkých sintrov zo slovenských jaskýň. *Slov. Kras, 14, 61–81.*

HILL, C. A. & FORTI, P., 1997 Cave minerals of the World. *National Speleological Society, Huntsville, 464.*

HOCHMUTH, Z., 1979: Ľadová priepasť v Červených vrchoch. *Slov. Kras, 17, 133–137.*

HOCHMUTH, Z., 1980: Občasná vyvieračka v červených vrchoch. *Slov. Kras, 18, 147–155.*

HOLLAND, H. D., KIRSIPU, T W., HUEBNER, J. S. & OXBURGH, U. M., 1964. On some aspects of the chemical evolution of cave waters. *J. Geol., 72, 36–67.*

HOMZA, Š., RAJMAN, L. & RODA, Š., 1970: Vznik a vývoj krasového fenoménu Ochtinskej aragonitovej jaskyne. *Slov. Kras, 8, 21–68.*

JAKÁL, J., 1971 Morfológia a genéza Dobšinskej ľadovej jaskyne. *Slov. Kras, 9, 27–33.*

JAKÁL, J., ABONYI, A., BÁRTA, J., GULIČKA, J., HIPMAN, P., MITTER, P., RAJMAN, L., RODA, Š. & SLANČÍK, J., 1982: Praktická speleológia. *Martin, Osveta, 375.*

JAKÁL, J., 1993: Geomorfológia krasu Slovenska. *Slov. Kras, 31, 13–28.*

JANÁČIK, P., 1957–1958: Príspevok ku krasovým zjavom Malej Fatry. *Slov. Kras, 2, 55–67.*

KÁMEN, Š., 1958: Ľadová jaskyňa na muránskej planine. *Čs. Kras, 249–250.*

KÁMEN, Š., 1960: Ochrana a prieskum jaskýň v tisovskom a muránskom krase. *Ochr. Prír., Martin, 97–109.*

KAŠPAR, J. 1934. Genese guanových minerálů z jeskyně Domice. *Věst. St. geol. Úst. Čs. Republ., 10, 104–111.*

KAŠPAR, J., 1940: O chemickém složení brushitu z Jihokarpatského krasu. *Věst. Geol. Úst. Čechy Mor., 16, 55–63.*

KETTNER, R., 1938: Sintrové bubny a štíty v jeskyni Domici. *Věda přír., 19, 134–136.*

KLIMCHOUK, A. B., LOWE, D., COOPER, A. & SAURO, U., eds., 1996: Gypsum karst of the World. *Int. J. Speleol. Physical speleology, 25, 3–4, 307.*

KRÁL, Z., 1971 Studie vzniku a barevnosti krápnikových útvarů. *Čs. Kras, 23, 7–15.*

KRÁLIK, F., 1963: Předbežná správa o nových výskytech aragonitu v Československých jeskyních. *Čas. Mineral. Geol., 8, 1, 85–86.*

KRÁLIK, F & SKŘIVÁNEK, F , 1964. Aragonit v československých jeskyních. *Čs. Kras, 15, 11–35.*

KUBÍNY, D., 1959: Aragonitová jaskyňa na Slovensku. *Ochr. Přír., 14, 1, 17–18.*

KUKLA, J., 1953: Excentrické krápniky a nickamínek v jeskyni Izbici u Harmance na Slovensku. *Čs. Kras, 6, 2–11.*

LEHOTSKÝ, R. & ŽENIŠ, P., 1994. Epsomit z krasových lokalít Devínskych Karpát. *Slov. Kras, 32, 61–70.*

MARINCEA, S., DUMITRAS, D. & GIBERT, R., 2002: Tinsleyite in the "dry" Cioclovina Cave (Sureanu Mountains, Romania). *Eur. J. Mineralogy, 14, 157–164.*

MAXIMOVIČ, G. A., 1969: Osnovy krastovedenia. *Tom II, Perm, 529.*

MITTER, P , 1989. Sadrovec v Javorovej priepasti. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 2, 46.*

MORAVANSKÝ, D., 1996: Guánové minerály. *Mineralia Slov., 28, 231–236.*

MORAVANSKÝ, D. & ŽENIŠ, P., 1997 Guánové minerály v niektorých jaskyniach západného a stredného Slovenska. *Mineralia Slov., 29, 61–72.*

NOVOTNÝ, L., 1985: Krasové javy v síranoch a kaveróznych karbonátoch na južnom okraji Slovenského raja. *Slov. Kras, 23, 15–43.*

NOVOTNÝ, L., 1987 Fosílny kras pri Novoveskej Hute. *Slov. Kras, 25, 145–152.*

NOVOTNÝ, L. & TULIS, J., 1996: Ľadová výplň v Dobšinskej ľadovej jaskyni. Kras a jaskyne: Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. *Zbor. referátov, Liptovský Mikuláš, 49–56.*

NRIAGU, J. O., 1984: Phosphate minerals: Their Properties and general modes of occurrence. *In: J. O. Nriagu & P. B. Moore (ed.): Phosphate minerals. Berlin – Heidelberg – New York – Tokio, Springer Verlag, 136.*

ONAC, B. P., 2002: Cave formed within Upper Cretaceous skarns at Baita, Bihor County, Romania: Mineral deposition and speleogenesis. *Canad. Mineralogist, 40, 1551–1561*

ONAC, B. P., BREBAN, R., KEARNS, J. & Tamas, T., 2002: Unusual minerals related to phosphate deposits in Cioclovina Cave, Sureanu Mts. (Romania). Theoretical and Applied Karstology, 15, 27–34.

ONAC, B. P. & VEREŞ, D. S., 2003: Sequence of secondary phosphates deposition in a karst environment: Evidence from Magurici Cave (Romania). *Eur. J. Mineral., 15, 741–745.*

ONAC, B. P & WHITE, W B., 2003. First reported sedimentary occurrence of berlinite ($AlPO_4$) in phosphate-bearing sediments from Cioclovina Cave, Romania. *Amer. Mineralogist, 88, 1395–1397*

ORVOŠOVÁ, M., 2004: Mineralogické zaujímavosti krasu Demänovských vrchov. *Sinter, 12, 12–15.*

ORVOŠOVÁ, M., HURAI, V., SIMON, K. & WIEGEROVÁ, V., 2004: Fluid inclusions and stable isotopic evidence for early hydrothermal karstification in vadose caves of the Nízke Tatry Mountains (Western Carpathians). *Geol. Carpath., 55, 5, 421–429.*

ORVOŠOVÁ, M., 2005: Kalcitové kryštály v reliktoch fosílneho hydrotermálneho krasu v Nízkych Tatrách. *Slov. Kras, 43, 53–66.*

ORVOŠOVÁ, M. & ŽÁK, K., 2007: Cryogenic carbonate precipitation in cave: Jaskyňa studeného vetra cave (Low Tatras, Slovakia), case study. *KARST AND CRYKARST-25th Speleological school & 8st GLACKIPR Symposium – Abstracts, Sosnowiec--Wroclaw, 104–105.*

OSBORNE, R. A. & COOPER, I. B., 2001 Sulphide-bearing palaeokarst deposits at Lune River Quarry, Ida Bay, Tasmania. *Austr. J. Earth Sci., 48, 409–416.*

OTRUBA, J., 1957a: Teplotné pomery v ľadovej priepasti na Ohništi. *Slov. Kras, 1, 24–28.*

OTRUBA, J., 1957b: Problém mikroklímy a znovuzaľadnenia Demänovskej ľadovej jaskyne. *Slov. Kras, 1, 36–58.*

Ozdín, P., Uher, P., Sliva, Ľ., Orvošová, M., Fejdi, P. & Šamajová, E., 2002: Hemimorfit $Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \cdot H_2O$ z jaskyne Zlomísk v Nízkych Tatrách. *Mineralia Slov., 33, 61–64.*

Pavlarčík, S., 1986: Sadrovec v Demänovskej jaskyni Mieru. *Slov. Kras, 24, 193–195.*

Pavlarčík, S., 1993: Sekundárny sadrovec v Belianskych Tatrách. *Mineralia Slov., 25, 5, 386.*

Pavlarčík, S., 1994: Nález sekundárneho sadrovca v Alabastrovej jaskyni v Belianskych Tatrách. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 25, 1, 25–28.*

Pavlarčík, S., 1997: Nové sekundárne minerály v krase Belianskych Tatier *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 28, 3, 33–34.*

Pavlarčík, S., 1999: Brushit v jaskyni Javorinka vo Vysokých Tatrách. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 30, 2, 43–45.*

Peško, M., 2004: Nález aragonitu v Brestovskej jaskyni. *Aragonit, 9, 44.*

Rajman, L. & Roda, Š., 1974. Príspevok k výskumu genézy plastických sintrov z vybraných jaskýň v ČSSR. *Slov. Kras, 12, 3–38.*

Roda, Š., Rajman, L. & Erdos, M., 1974: Výskum mikroklímy a dynamiky zaľadnenia v Silickej ľadnici. *Slov. Kras, 9, 157–176.*

Roda, Š., Rajman, L., Erdós, M. & Szabová, T., 1986: Vznik a vývoj sintrových foriem v piatich jaskyniach Slovenského krasu. *Gemerské vlastivedné pohľady, 76. Martin, Osveta, 229.*

Sejkora, J., Ďuda, R., Čejka, J., Ederová, J. & Novotná, M., 2004: Taranakit (K, NH_4)$Al_3(PO_4)_3(OH) \cdot 9H_2O$ vzniknutý rozkladem guána netopýrů v jeskyni Domica (Slovenská republika). *Mineralia Slov., 36, 343–348.*

Slavkay, M., 1970: Aragonitová jaskyňa v Ponickom krase. *Slov. Kras, 8, 95–99.*

Strunz, H. & Nickel, E., 2001 Strunz Mineralogical Tables. Ninth Edition. Chemical-Structural Mineral Classification System. *Schweiz. Verlags., Stuttgart, 870.*

Stybrányi, G. & Ženiš, P., 1986: Vápenná jaskyňa. *Slov. Kras, 24, 129–143.*

Ševčík, R. & Kantor, J., 1956: Aragonitová jaskyňa na Hrádku pri Jelšave. *Geol. Práce, Spr., 7, 161–171.*

Tulis, J. & Novotný, L., 1989: Jaskynný systém Stratenskej jaskyne. *Osveta, Liptovský Mikuláš, 223–226.*

Tulis, J. & Novotný, L., 2004: Medvedia jaskyňa. Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, 4. *Zbor. referátov, Liptovský Mikuláš, 48–56.*

Turnovec, I., 1961 Nález sadrovca v jaskyni Erňa v juhoslovenskom krase. *Slov. Kras, 3, 130–131.*

Ulrich, F., 1937: Dobšinská ledová jeskyně a příbuzné jevy na Slovensku. *Věda přír., 18, 9–10, 253–258.*

White, W. B., 1963: Sedimentation in caves: A review. *Nat. Speleol. Soc. News, 21, 152–153.*

White, W. B., 1976: Cave minerals and speleothems. *In: T. D. Ford & C. H. D. Cullingford (eds.): The Science of Speleology. London Academic Press, 267–327.*

Zacharov, M. & Košuth, M., 2005: Výskyt sadrovca v Drienovskej jaskyni – Slovenský kras. *Slov. Kras, 43, 145–153.*

Žák, K., Tulis, J., Hercman, H. & Cílek, V., 2004a: Nové názory na genézu hemisféroidov v Stratenskej jaskyni. Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, 4. *Zbor. referátov, Liptovský Mikuláš, 69–74.*

Žák, K., Urban, J., Cílek, V. & Hercman, H., 2004b: Cryogenic calcite from several Central European caves: Age, carbon and oxygen isotopes and a genetic model. *Chem. Geol., 206, 119–136.*

Ženiš, P., 1980: Nové poznatky o náleze opálu v jaskyni Drienčanského krasu. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 11, 3, 4–5.*

Ženiš, P., 1984. Nález brushitu v jaskyni Tmavá skala. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 15, 2–3, 41–42.*

Ženiš, P., 1985: Brushit z jaskyne Podbanište v Drienčanskom krase. *Čas. Mineral. Geol., 30, 4, 436.*

Rukopis doručený 8. 9. 2006
Rukopis akceptovaný 24. 10. 2006
Revidovaná verzia doručená 4. 6. 2007

Mineralia Slovaca, 39 (2007), 217–224

Úloha mineralógie pri úpravníckych postupoch spracúvania drahokovových rúd a minimalizácia rizík

STANISLAV JELEŇ[1], IVAN KRIŽÁNI[1] a PETER ANDRÁŠ[1,2]

[1]Geologický ústav SAV, Severná 5, 974 01 Banská Bystrica
[2]Katedra ekológie a environmentálnej výchovy Univerzity Mateja Bela, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica

The role of the mineralogy in ore-processing of precious metal ores and risk minimization

The article presents the mineralogical characteristic of gold (and silver) in the Western Carpathian deposits, variability of the gold (and silver) minerals chemical composition, briefly characterizes various ore types (both refractory ores containing *"invisible gold"* as well as ores containing *"metallic" gold*) and possibilities of their optimalization regarding the mineralogical association, grain size, crystal morphology variation and the character of the precious metal minerals overgrowths with host-minerals. The article analyses safety risks connected with the ore processing and with the mining and processing of waste products.

Key words: precious metals, technological mineralogy, minerallurgy, environment

Úvod

V Západných Karpatoch je veľa ložísk a výskytov zlata a podľa veku ich geológovia rozdeľujú na predterciérne, situované prevažne v paleozoických metamorfovaných a magmatických horninách, v tzv. kryštalických komplexoch, terciérne – sústredené v neogénnych vulkanitoch – v sopečných horninách a paleorozsypové, výskyty v spevnených sedimentoch paleogénu (Križáni, 1987) a na kvartérne (štvrtohorné) rozsypové ložiská v nespevnených sedimentoch.

Prvú, najstaršiu skupinu charakterizujú ložiská a výskyty známe z Nízkych Tatier (Magurka, Dúbrava, Jasenie, Nižná a Vyšná Boca, Dve Vody, Medzibrod), z Vysokých Tatier (Kriváň), z Malých Karpát (Pezinok, Limbach), Spišsko-gemerského rudohoria (Čučma, Poproč, Zlatá Idka, Kokava nad Rimavicou, Uderiná, Ozdín, Hnúšťa). Ekonomicky najvýznamnejšiu skupinu ložísk v neovulkanitoch reprezentuje Kremnica, Banská Štiavnica, Banská Hodruša, Banská Belá, Pukanec, Nová Baňa a Zlatá Baňa. Najväčšie ložiská rozsypového typu sa ťažili v oblasti Zlatník v Považskom Inovci pri Bánovciach nad Bebravou a medzi Malinovou a Chvojnicou pri Nitrianskom Pravne, menšie v Tribeči, Nízkych Tatrách, v Slovenskom rudohorí a na Dunaji v oblasti Zlatnej na Ostrove a Klížskej Nemej (Bakoš et al., 2004).

Zlato sa v prírodných podmienkach najčastejšie vyskytuje v elementárnej (metalickej) forme alebo ako intermetalická zliatina Au a Ag – elektrum, prípadne tvorí vlastné minerály a pevné roztoky, ale vstupuje aj do viacerých sulfidov, najmä do arzenopyritu, pyritu a do minerálov tetraedritovo-tennantitového radu (Cabri et al., 1989). V uvedených zlatonosných sulfidických mineráloch ho často nemožno identifikovať ani opticky, ani za pomoci elektrónovej mikroskopie, hoci jeho obsah v študovaných mineráloch dosahuje tisícky ppm. Už Haycock (1937) konštatoval, že úprava takýchto rúd jemným mletím a bežnými technologickými postupmi nevedie k požadovanému cieľu, pretože Au z nich nepodlieha kyanizácii.

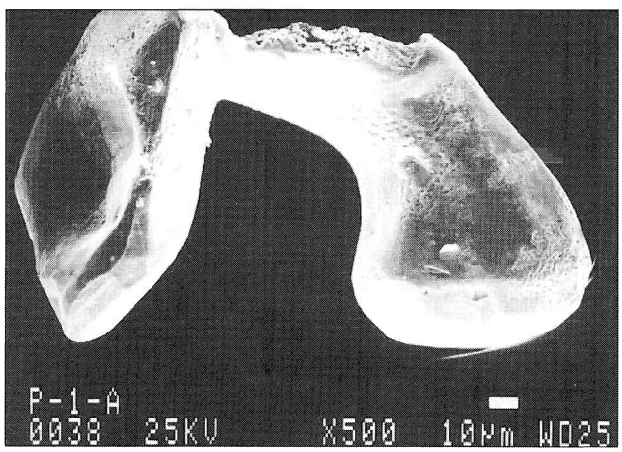
Mineralogická charakteristika ložiskového zlata

Vo väčšine primárnych západokarpatských ložísk vystupuje niekoľko vekovo, často aj priestorovo odlišných asociácií minerálov drahých kovov. V *kryštalických komplexoch* Západných Karpát je najstaršia a najvyššie termálna minerálna asociácia s „neviditeľným" zlatom chemicky viazanom v pyrite a arzenopyrite (Andráš et al., 1993). „Metalické Au" – voľné submikroskopicky veľké zlatinky v týchto sulfidoch sú zriedkavejšie (napr. v ložisku Jasenie a Dúbrava; Andráš a Ragan, 1995). Mikroskopické xenomorfné zrná rýdzeho Au sú v žilách a žilníkoch zvyčajne vtrúsené v kremeni spolu s arzenopyritom, pyritom (Pezinok) resp. scheelitom (Jasenie, Dúbrava) a antimonitom (Magurka). Zlato sa častejšie vyskytuje v pestrej asociácii Pb-Sb-Fe-Cu ± Bi ± Ag sulfidov a sulfosolí – akantit, pyrotit (Dúbrava), telurobizmutit, tetradymit (Jasenie), tetraedrit, gersdorffit, kobaltit (Rudňany, Slovinky). Rýdze Au je vo forme samostatných zŕn (obr. 1 a 2), v agregátoch zŕn pestrej asociácie uvedených minerálov alebo v nich tvorí mikroinklúzie. Táto forma výskytu Au je vo väčšine ložísk dominantná resp. jediná. Okrem

rýdzeho Au, zlatonosného arzenopyritu aj pyritu sa vo väčšine ložísk západokarpatských kryštalických komplexov v mladších drahokovových asociáciách minoritne vyskytuje elektrum, ktoré pravdepodobne vzniklo remobilizáciou zlata zo zlatonosných sulfidov (obr. 3). Elektrum je v nich vo forme samostatných mikroskopicky veľkých xenomorfných zŕn alebo, a to častejšie, v agregátoch zŕn mladšej asociácie Pb-Sb-Ag sulfidov a sulfosolí.

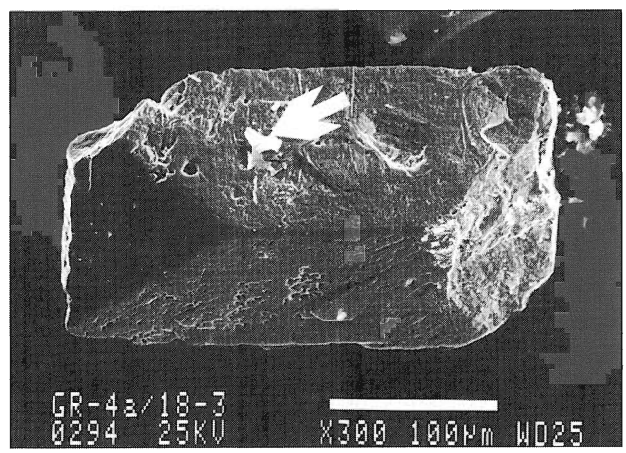
Z Ag minerálov v ložiskách kryštalických komplexov s elektrom asociujú sulfidy a sulfosoli Ag – polybazit a Ag tetraedrit (Pezinok Staré Mesto), akantit, Ag tetraedrit (Ozdín-Mládzovo, Dúbrava) a Ag tetraedrit (Magurka).

Pestrejšie drahokovové minerálne asociácie majú ložiská v *neovulkanických komplexoch*, predovšetkým v zastúpení minerálov Ag, ktoré varíruje aj pod vplyvom vertikálnej zonálnosti. V blízkopovrchových častiach žilných systémov ložísk stredoslovenských neovulkanitov (Banská Štiavnica, Banská Hodruša, Kremnica) dominujú najmladšie asociácie minerálov Au a Ag, ktoré sa vytvorili v závere polyfázového vývoja epitermálnej mineralizácie a boli hlavným zdrojom ťažby Au-Ag rúd v minulosti. Drahokovovú asociáciu tvorí najmä akantit (obr. 4), polybazit, Ag tetraedrit, elektrum, v menšej miere stefanit, pearceit, pyrargyrit, proustit, freibergit a Ag, ktoré asociujú hlavne so sulfidmi, baritom, kremeňom a karbonátmi. V banskoštiavnickom ložisku sa najčastejšie vyskytujú v chalkopyrite, galenite, sfalerite, karbonáte, skromnejšie v pyrite príp. na ich vzájomnom kontakte, ako aj v interstíciách zŕn kremeňa. Tvoria zrná nepravidelného tvaru veľké 0.00X–0.X mm, agregáty a len zriedka sa v drúzových dutinách vyskytnú aj ich kryštály veľké X–10 mm. V zlatobanskom ložisku vo východoslovenských neovulkanitoch



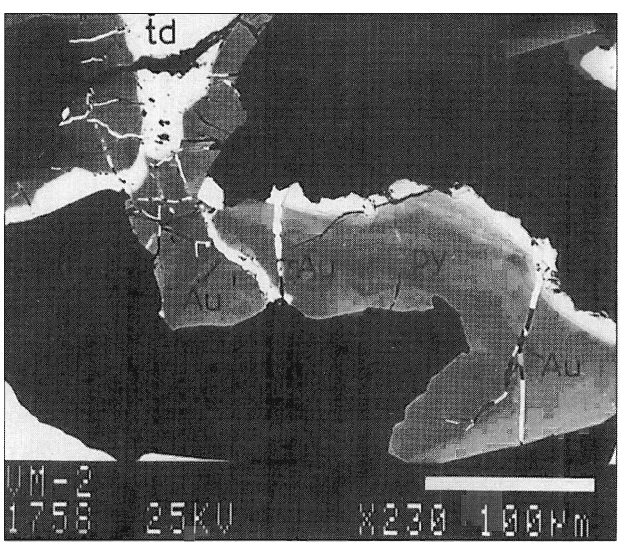
Obr. 1. Štiavnické Bane-Lúky pod Tanádom, agregátna zlatinka z haldového materiálu

Fig. 1. Štiavnické Bane-Lúky pod Tanádom deposit gold-aggregate from the dump material.



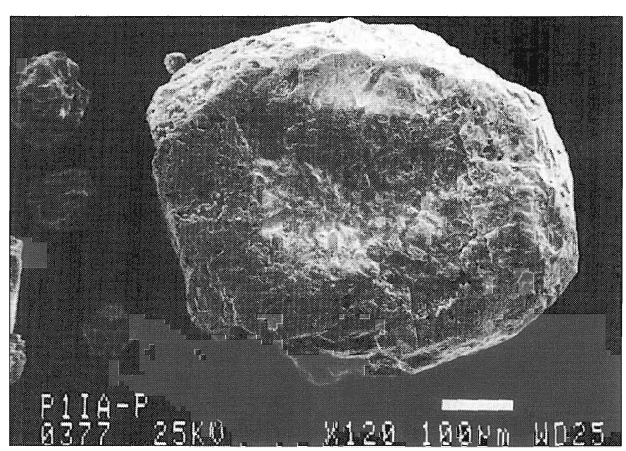
Obr. 2. Bystrý potok, idiomorfný kryštál arzenopyritu s plieškovitou zlatinkou na povrchu zrna (biela)

Fig. 2. Bystrý potok – euhedral arsenopyrite grain with gold shim on its surface (white)



Obr. 3. Dúbrava, zlato (Au) remobilizované zo zlatonosných sulfidov do puklín pyritu (py) a tetraedritu (td).

Fig. 3. Dúbrava deposit – gold (Au) mobilized from the gold-bearing sulphides to the fissures of pyrite (py) and tetrahedrite (td).



Obr. 4. Štiavnické Bane-Lúky pod Tanádom, zrno akantitu z haldového materiálu.

Fig. 4. Štiavnické Bane-Lúky pod Tanádom deposit, akantite grain from the dump material.

je hlavným nositeľom Ag Ag tetraedrit a miargyrit, vedľajším andorit, ramdohrit, freieslebenit, owyheeit a diaforit (Kovalenker et al., 1988).

Charakteristickým znakom ložísk západokarpatských neovulkanických komplexov je znižovanie obsahu Au v žilách s pribúdajúcou hĺbkou. Elektrum sa koncentruje hlavne vo vyšších úrovniach žíl a žilníkov. Jeho prevažne mikroskopické xenomorfné zrná sú samostatné, vtrúsené a sú aj v agregátoch s pestrou asociáciou Ag sulfidov a sulfosolí alebo v nich tvoria mikroinklúzie Au. Elektrum v kremnickom ložisku ojedinele tvorí aj viditeľné dendritické agregáty. Podiel Ag minerálov v asociácii je niekoľkonásobne vyšší ako v ložiskách kryštalických komplexov, a preto je pomer Au/Ag v zrudnení desať, sto a viac ráz vyšší v prospech Ag, čo je v súlade s trendom z analogických ložísk sveta.

V hlbších úrovniach mineralizovaných žilných štruktúr sa vyskytuje rýdze Au. Jeho koncentrácia v nich je miestami vyššia, no celkový podiel v ložisku v porovnaní s elektrom nízky. V banskoštiavnickom a banskohodrušskom ložisku v kremenno-hematitovo-chalkopyritových agregátoch zlato spolu s akantitom, naumannitom, polybazitom, matilditom asociuje s aikinitom, wittichenitom, emplektitom, hodrušitom, bizmutínom, Ag-Bi galenitom, Ag-Cu-Pb-Bi minerálnymi fázami, scheelitom, ferberitom, bornitom a s ďalšími minerálmi (Kovalenker et al., 1993). Pre hlbšie časti ložísk v stredoslovenských neovulkanitoch je charakteristický výskyt teluridov – hessitu a altaitu, vzácnejšie aj stützitu, petzitu, goldfielditu, benleonarditu a telúru (Maťo et al., 1987; Maťo a Háber, 1990; Maťo, 1994) resp. rickarditu a Te canfielditu na ložisku Zlatá Baňa (Ďuďa a Krištín, 1978).

V porovnaní s podpovrchovými časťami ložísk podstatne slabšie sú zastúpené Ag-Sb(As) minerály. Zvyčajne sa s nimi zlato vyskytuje vo forme mikroskopických xenomorfných zŕn v agregátoch alebo tvorí až makroskopické zhluky samostatných zŕn vtrúsené v žilnej výplni. Len zriedka sa rýdze Au v tých istých úrovniach žilných štruktúr vyskytuje spolu s elektrom. Takým príkladom sú ťažené žily banskohodrušského ložiska, kde je elektrum z mladšej epitermálnej drahokovovo-polymetalickej mineralizácie naložené na staršiu vyššietermálnu Au kremennú mineralizáciu. Obsah v týchto častiach lokálne prekračuje stovky $g \cdot t^{-1}$ Au.

Nepriamy dôkaz o „koloidnom" zlate v rude sa doteraz získal len analýzou vyseparovaných ílových minerálov zo žilnej výplne, v ktorých bol obsah Au okolo 0,2 $g \cdot t^{-1}$.

Chemické zloženie minerálov Au a Ag

Chemické zloženie „metalického" zlata v *kryštalických komplexoch* ložísk je relatívne stabilné. Jeho rýdzosť sa pohybuje od 800 do 995 (v priemere 920) a okrem Ag (do 12 hmot. %) sa v ňom v nízkom obsahu vyskytuje Hg a Cu (do 2 hmot. %). V elektre mladších asociácií stúpa obsah Ag a rýdzosť je od 650 do 800 (v priemere 720). Okrem Ag je nižším obsahom zastúpená hlavne Hg (do 14 hmot. %, na lokalite Uderiná), v menšej miere Cu (do 2 hmot. %, v ložisku Slovinky) resp. Sb a Ni (na lokalite Ozdín-Mládzovo). Pre zlato hlbších častí ložísk *neovulkanických komplexov* je charakteristické variabilnejšie chemické zloženie. Jeho rýdzosť je od 800 do 996 (priemerná 820) a obsah Cu a Hg spravidla neprekračuje 1 hmot. %. Elektrum z neovulkanitov má nižšiu rýdzosť ako z ložísk kryštalických komplexov, a to od 420 do 800 (v priemere 680), a okrem Ag je v nízkom obsahu zastúpená Hg resp. Cu (0.X hmot. %).

Väčšia variabilita chemického zloženia minerálov Ag resp. minerálov obsahujúcich Ag sa zistila predovšetkým v ložiskách neovulkanických komplexov. S pribúdajúcou hĺbkou sa v zložení akantitu (Ag_2S) objavuje izomorfná prímes Se (do 6 hmot. % v kremnickom ložisku) a v najhlbších častiach banskoštiavnického ložiska sa v asociácii so sulfosoľami Bi vyskytuje aj minerál Ag_2Se – naumannit. Niektoré kremnické sulfosoli Ag sa vyznačujú prítomnosťou Se (až do 5 hmot. % v pyrargyrite a proustite) a Te (do 1,2 hmot. % v stefanite), ktoré sa v banskoštiavnických prakticky neidentifikovali. Zistilo sa, že Sb je izomorfne často zastupovaný As v polybazite (v pearceite je to, ale v menšej miere, naopak) a v pyrargyrite. Kremnické polybazity sa vyznačujú nízkou koncentráciou Cu (do 3 hmot. %), banskoštiavnické vyššou (4–11 hmot. %). Pozoruhodný je obsah Bi (do 2 hmot. %) v polybazite a pearceite z hlbokých častí banskohodrušského ložiska izomorfne zastupujúceho Sb resp. As. Pre miargyrit zlatobanského ložiska je charakteristické, že je v ňom Ag izomorfne zastupované Cu (až do 14 hmot. %) V kremnických miargyritoch obsah Cu dosahuje iba 0,5 hmot. %. Pri skúmaní chemickej skladby minerálov tetraedritovo-freibergitového a tetraedritovo-goldfielditového radu na kremnickom ložisku sa v závislosti od hĺbky zistil pokles obsahu Ag a rast podielu tennantitovej molekuly v tetraedrite alebo aj obsahu Te smerom do hĺbky. V banskohodrušskom ložisku v Ag tetraedrite s pribúdajúcou hĺbkou stúpa obsah Bi (do 7 hmot. %). V niektorých sulfosoliach Bi banskoštiavnického a banskohodrušského ložiska sa zaregistrovala koncentrácia Ag (v hodrušite do 3,5 a vo wittichenite až do 12 hmot. %) Prakticky pre všetky sulfosoli Bi je charakteristický obsah Se, ktorý dosahuje 1,6 hmot. %.

Technológie optimálnej upraviteľnosti rúd Au a Ag

Na väčšine ložísk sa využívajú základné postupy úpravy – gravitačná, flotácia a lúhovanie, ktoré podľa genetického typu ložiska a minerálneho zloženia rudniny treba rozlične modifikovať.

Úprava Au-Ag rúd je vždy komplikovaný proces založený na fyzikálnych, fyzikálnochemických, chemických a biochemických postupoch. V každom prípade je prvým krokom fyzikálna predpríprava zahŕňajúca hrubé drvenie, homogenizáciu a viacstupňové mletie rudniny. Pri ťažkoupraviteľných rudách sa uplatňuje fyzikálna, fyzikálno-chemická a biochemická predúprava založená na termickej, tlakovej predúprave alebo biooxidácii. Najnovšie sa skúmajú možnosti mechanicko-chemickej predúpravy (ultrajemné mletie a medzifázové reakcie v tuhom skupenstve bez kvapalnej fázy). Vlastná

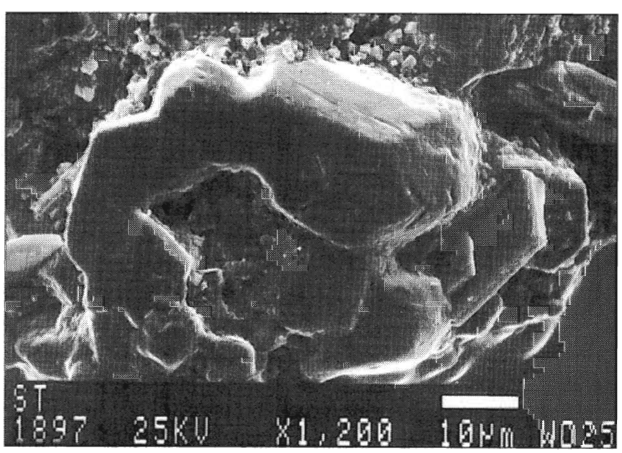
extrakcia Au a Ag prekonala dlhý vývoj. Najstaršou metódou bola a stále je gravitačná extrakcia založená na využití rozdielnej mernej hustoty drahých kovov a ich prírodných zliatin, oxidov, sulfidov, sulfosolí a nerudných minerálov. Základnou podmienkou jej fungovania v prípade jemnozrnných materiálov je prekazenie flokulácie najjemnejších častíc napr. pomocou dispergačných činidiel. V 20. stor. sa rozvinula flotačná extrakcia Au a Ag využívajúca rozdielnu zmáčateľnosť rudných a nerudných minerálov vodou. Zmáčateľnosť sa dá ovplyvniť (aktivizovať alebo potlačiť) chemickou úpravou povrchu cieľových minerálov. Hydrofóbne alebo hydrofobizované minerály dispergované vo vode s prísadou penotvorných látok sa pri intenzívnom nasycovaní vzduchom spájajú so vzduchovými bublinami a tie ich vynášajú do peny, ktorá sa z povrchu náplne flotačnej cely sústavne stiera. Ďalšia metóda extrakcie – kyanidové lúhovanie – sa často používala najmä v druhej polovici 20. stor. ako náhrada za amalgamáciu. Je založená na dobrej rozpustnosti Au a Ag v zriedenom roztoku NaCN za tvorby vodorozpustných komplexov. Využíva sa najmä na extrakciu Au a Ag z rúd, v ktorých sú tieto kovy rozptýlené v submikroskopickej veľkosti. Tvoria komplexy aj s inými organickými činidlami, napr. s tiomočovinou, tiosíranmi, amoniakom, resp. amónnymi soľami halových prvkov. Tieto menej toxické činidlá sa zatiaľ v podstate experimentálne študujú ako potenciálna náhrada kyanidov. Mechanicko-chemické lúhovanie s použitím tiomočoviny sa intenzívne skúma aj na Slovensku (Ústav geotechniky SAV v Košiciach a Hutnícka fakulta TU v Košiciach). Všetky náhradné činidlá sú v porovnaní s kyanidmi finančne nákladnejšie, ich koncentrácia v roztoku niekoľkonásobne prevyšuje potrebnú koncentráciu kyanidov a problematická je aj ich recyklácia a neutralizácia. Napriek tomu sa v blízkej budúcnosti zrejme presadia, a to najskôr v oblastiach s mimoriadnymi požiadavkami na ochranu životného prostredia. Jednou z možností extrakcie aj ultrajemného zlata je využitie veľmi dobrej zmáčateľnosti zlata olejom a jeho nasledujúca adsorpcia na rovnako dobre zmáčateľnom uhlí – COGA *(Coal oil gold aglomeration)*. Výhodou tohto procesu je možnosť vylúčiť hydrometalurgický proces.

Druhým cyklom hydrometalurgického procesu je desorpcia Au adsorbovaného na aktívne uhlie alebo syntetické iónomeniče, na ktoré sa Au naviazalo pri rozpúšťaní. Prebieha v mierne kyslom alebo zásaditom prostredí a Au sa ním opäť prevádza do roztoku a extrahuje sa z neho elektrolyticky. Finálny produkt úpravníckeho procesu je Au-Ag zliatok, ktorý sa získava pyrometalurgicky z gravitačného a flotačného koncentrátu aj z elektrolyticky vyzrážaného Au-Ag kalu.

Častice zlata sa vzhľadom na ich špecifické správanie v technologických operáciách podľa veľkosti rozdeľujú na veľké (väčšie ako 70 μm), malé (menšie ako 70, ale väčšie ako 1 μm) a jemnodisperzné (menšie ako 1 μm). Niekedy je vhodné vyčleniť aj veľmi veľké častice (väčšie ako 0,5–0,6 mm) a v jemnodisperznom zlate koloidné (menšie ako 0,1 μm).

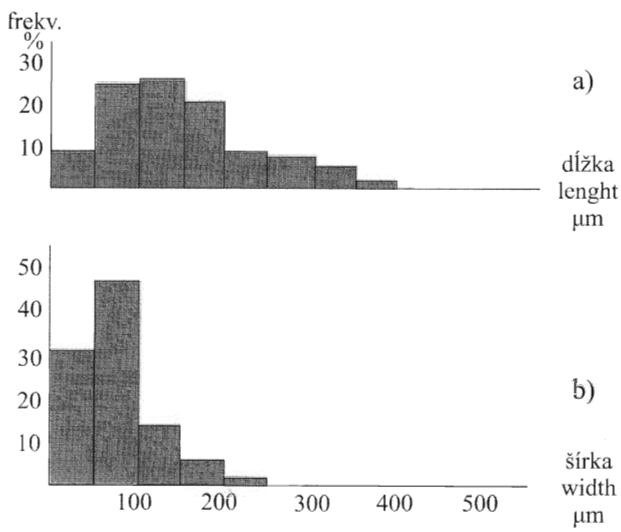
Veľké častice zlata sa pri drvení rúd oslobodzujú zo zrastov s minerálmi (voľné zlato), ľahko sa zachytávajú pri gravitačnom obohacovaní rúd, ale zle flotujú, a preto pri kyanizácii potrebujú relatívne dlhý čas.

Malé zlato je v rozdrobenej rude sčasti vo voľnom stave, sčasti v zrastoch s minerálmi. Voľné malé zlato dobre flotuje, rýchlo sa rozpúšťa pri kyanizácii, ale s ťažkosťami sa obohacuje gravitačnými postupmi. Aj malé zlato v zrastoch sa pri kyanizácii úspešne rozpúšťa a jeho flotácia sa určuje flotačnou spôsobilosťou s ním spojeného minerálu. Pri flotácii so sulfohydrylovými zberačmi zlato v zrastoch so sulfidmi flotuje dobre a v zrastoch s nesulfidickými minerálmi len pri určitom pomere medzi obnaženým povrchom zlata a povrchom s ním spojeného minerálu. Je nevyhnutné uvedomiť si, že zrasty zlata a striebra



Obr. 5. Štefultov, odkalisko Suchý tajch, sekundárne zlato agregované s tabuľkovitým anglesitom (vpravo).

Fig. 5. Štefultov, Suchý tajch tailings pound, secondary gold with anglesite plates (right).



Obr. 6. Banská Štiavnica, rozdelenie rozmerov prierezov zlatiniek. a – z flotačného odpadu, b – zo sedimentov odkaliska.

Fig. 6. Banská Štiavnica, distribution of gold grain size. a – from flotation waste, b – from tailings pound sediments.

s nekovovými minerálmi predstavujú značný podiel strát pri flotácii, no ich (elektrochemické, technologické a i.) vlastnosti prakticky nie sú preskúmané.

Jemnodisperzné zlato sa pri drvení rúd obnažuje nepatrne, jeho hlavná masa zostáva v mineráloch, najčastejšie v pyrite a arzenopyrite. Obsah jemnodisperzného zlata v niektorých pyritoch dosahuje stovky g/t. Pri gravitačnom a flotačnom obohacovaní sa takéto zlato získava spolu s minerálmi nositeľmi.

Pri modelovaní schémy úpravy treba už na laboratórnej úrovni sledovať prítomnosť a charakter väzieb drahých kovov v produktoch, medziproduktoch a v odpade jednotlivých stupňov mineralurgického procesu.

V posledných rokoch ťažby sa v banskoštiavnickom a banskohodrušskom ložisku analyzovali aj produkty flotačnej úpravy ťažených rúd, hlavne z hľadiska technogénnej redistribúcie Au a Ag. Gravitačnými obohacovacími postupmi sme získali voľné zlatinky z flotačného Pb-Cu koncentrátu, experimentálneho gravitačného pyritového koncentrátu zo štiavnickej úpravne, experimentálneho „zlatého" koncentrátu z hodrušskej úpravne a oveľa bohatšie zlaté koncentráty gravitačnými obohacovacími postupmi z 5–10 l vzoriek sedimentov šácht kalovodu, sedimentov odkalísk aj z čerstvého odpadového rmutu. Preukázalo sa, že tieto mineralurgické technológie nie sú postavené na vyšší obsah Au v ťaženej rude (obr. 6–8).

Popri elektre uzavretom v galenite a chalkopyrite do Pb-Cu koncentrátu prechádzajú aj jeho dokonale uvoľnené jedince takmer rovnako veľké ako zrná galenitu (od 0,01 do 0,07 mm). Toto elektrum sa vyznačuje rýdzosťou 710–720. Najhojnejšie zastúpeným nositeľom Ag v Pb-Cu koncentráte je Ag tetraedrit. Jeho zriedkavejšími nositeľmi sú sulfosoli Ag, akantit a elektrum. Do Zn koncentrátu prechádza viac sulfosolí Ag a akantitu ako Ag tetraedritu. Časť obsahu Ag v koncentrátoch sa zrejme izomorfne viaže aj v hlavných sulfidoch.

V gravitačných koncentrátoch z flotačného odpadu a zo sedimentov odkalísk (Lintich pri Antole, Suchý tajch pri Štefultove a Sedem žien pri Banskej Belej) sa v hojnej miere vyskytovali voľné zlatinky rozmanitých tvarov (obr 5) veľké od 0,03 do 0,87 mm. Väčšina zlatiniek získaných z úpravníckeho odpadu mala povrch so znakmi abráznej modelácie povlečený tenkým filmom až kôrkou hydroxidov, ktoré sťažovali ich identifikáciu. Rýdzosť zlatiniek z odpadu varíruje od 530 do 910. Značná časť študovaných prierezov zlatiniek získaných z odpadu sa v rovinných rezoch vyznačuje nehomogénnym, mozaikovitým usporiadaním plôch s rozličnou rýdzosťou. Často majú znaky agregátnej stavby, čo pravdepodobne svedčí o tom, že sa pri mletí rudy a transporte rmutu na odkalisko súbežne s tvarovou a abráznou moderáciou stretávajú a skúvaním spájajú menšie jedince rôznej rýdzosti do väčších teliesok. Medzi zlatinkami z odpadu je pomerne častá forma pripomínajúca makovník, v ktorom zlato predstavuje cesto a zrná sprievodných minerálov mak.

Podľa kvalifikovaného odhadu ekonomicky najvýznamnejšie revíry v neovulkanitoch za celú históriu exploatácie vyprodukovali okolo 56 t Au (Bakoš et al., 2004). Najväčším a najdôležitejším bolo kremnické ložisko, ktoré vydalo približne 35 t Au. V prvej etape bola ťažba drahých kovov prísne selektívna. Ručne preberaná rudnina sa po rozdrvení separovala gravitačne a z koncentrátu sa Au extrahovalo amalgamáciou. Výťažnosť drahých kovov bola okolo 50 %. Od roku 1935 gravitačnú technológiu dopĺňala flotácia pyritu. Gravitačný koncentrát sa naďalej spracúval amalgamačne a flotačný koncentrát sa podroboval kyanizácii. Sumárna výťažnosť bola okolo 70 %. V roku 1986 sa začalo využívať priame dynamické lúhovanie jemne zomletej rudy a výťažnosť stúpla na 80 %. Z uvedeného je zrejmé, že kremnické drahokovové rudy patria medzi ťažko upraviteľné. Príčinou okrem veľmi širokého tvarového a rozmerového spektra je aj väzba Au na sulfidy a kremeň, Ag na pestrú asociáciu vlastných minerálov, ktoré majú rozdielne fyzikálne a chemické vlastnosti

Podľa súčasných mineralogicko-geochemických poznatkov má nízka výdatnosť Au zavedenou flotačnou technológiou nasledujúce príčiny:

1. Výskyt vlastných Au a Ag minerálov v sulfidických i nesulfidických mineráloch hostiteľoch a ich veľké zrnitostné rozpätie býva príčinou toho, že sa dokonale neuvoľňujú (ak sú veľmi drobné) a nepremieľajú (ak sú extrémne veľké).

2. Morfologická rozmanitosť zlatiniek spôsobuje, že kontaktný povrch polootvorených zrastov šupinkovitých a drôtikovitých variet s nerudnými minerálmi a zámerne potláčanými sulfidmi (pyrit) nestačí na prechod takýchto agregátov do penových produktov.

3. Primárny alebo sekundárny povlak hydroxidov na drobných zlatinkách potláča ich hydrofóbnosť a umožňuje sekundárnu agregáciu s ílovými minerálmi. Takéto agregáty prechádzajú do odpadu.

Hlavné príčiny strát Ag pri flotačnom zušľachťovaní striebronosných polymetalických rúd sú.

1. Výskyt minerálov Ag v rozličných mineráloch hostiteľoch a široké rozpätie ich zrnitosti aj fyzikálnych a chemických vlastností.

2. Rôznorodé Ag minerály na tie isté flotačné činidlá reagujú odlišne.

3. Minerály Ag majú rozdielnu chemickú reaktivitu. Menej stabilné sa povliekajú redepozitmi rozpustných solí a potom flokulujú s ílovými časticami, čím strácajú flotovateľnosť.

4. Redepozícia sekundárnych sulfidov Ag na striebornych mineráloch (aj na potláčanom pyrite) spôsobuje, že získajú flotačné vlastnosti Ag sulfidov, a tak znižujú kvalitu koncentrátu (Gasparrini, 1984).

Naše poznatky naznačujú, že výťažnosť drahých kovov možno zvýšiť iba kombinovanou úpravníckou technológiou založenou na využívaní gravitačno-flotačných postupov s postupným zdrobňovaním a kontinuálnym znemožňovaním sekundárnej agregácie uvoľnených zŕn drahokovových minerálov s ílovými minerálmi. Pestrý sortiment drahokovových rúd v Slovenskej republike vyžaduje zaviesť mineralurgický výskum nielen do rutinnej úpravníckej praxe, ale aj do všetkých etáp prieskumu.

Banský a úpravnícky odpad a bezpečnostné riziká

Ložiská, v ktorých obsah Au a Ag v rude prekračuje 100 g/t, sú unikátne. Podzemne (v Južnej Afrike už z hĺbky vyše 3000 m) sa ťažia rudy obsahujúce aspoň 5 g/t Au a 50–500 g/t Ag. Ak je ložisko plytko pod povrchom, má priaznivý tvar a veľký objem, volí sa ťažba z povrchu lomovým spôsobom. Tak sa s ekonomickým ziskom dajú exploatovať aj chudobné rudy s priemerným obsahom aj od 1,5 g/t Au (ložisko Murun-tau v Uzbekistane).

Na vytvorenie názornejšej predstavy prevádzame hmotnostný obsah na objemový pomer Kocka Au s objemom 1 cm^3 má hmotnosť cca 19 g. Ak 1 t rudy obsahuje 1,5 g Au, potom 1 cm^3 Au je rozptýlený v 4,5 m^3 rudy, teda v pomere 1 : 4 500 000. Pri povrchovej ťažbe pripadá na 1 m^3 rudy 2–5 m^3 hornín bez obsahu Au alebo jeho nekondičného obsahu. Z uvedeného vychodí, že ťažba Au a Ag je vlastne ťažbou „odpadu", ktorý treba rozpojiť, premiestniť, zomlieť, uložiť a zabezpečiť proti možnému úniku polutantov a haváriám. Manipulácia s „odpadom" a jeho obhospodarovanie teda predstavuje podstatnú časť výrobných nákladov (v súčasnosti je to až vyše 60 %).

Hlavné bezpečnostné riziká kusového odpadu:

– akútna a potenciálna toxicita (obsah vysokoreaktívnych minerálnych fáz)

– tvorba a eolický (veterný) rozptyl prachu pri rozpojovaní, manipulácii a doprave

– potenciálne zmeny fyzikálnych vlastností ako výsledný efekt biooxidačných procesov a ich vplyv na stabilitu depónií

Hlavné bezpečnostné riziká jemnozrnného odpadu:

– akútna toxicita, ktorej nositeľmi pri hydrometalurgickom procese sú zvyškové, nezreagované kyanidy

– možnosť havarijného úniku rmutu z kalovodu medzi úpravňou a odkaliskom ako dôsledok abrázie materiálov kalovodu tvrdými a ostrohrannými minerálnymi časticami prúdiaceho rmutu

– rozptyl prachu z hrádze a pláže odkaliska vetrom

– poruchy hrádzového systému napr. prívalovou vodou, vodnou eróziou a pod.

– produkcia perkolačnej vody kontaminovanej ťažkými kovmi aj po uzavretí odkaliska

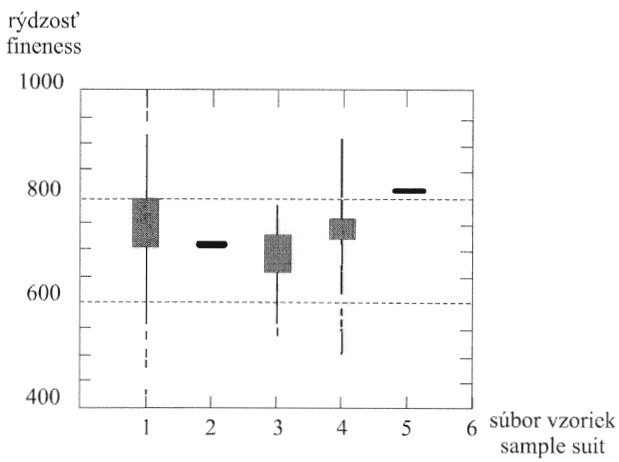
– potenciálne zmeny fyzikálnych vlastností sedimentov odkaliska spôsobené biooxidačnými procesmi

Bezpečnostné opatrenia:

– založenie priestorov v úpravni vyhradených na manipuláciu s toxickými chemikáliami na vani neprepúšťajúcej vodu s kolektorizáciou možného úniku a s monitoringom potenciálneho priesaku do podložia

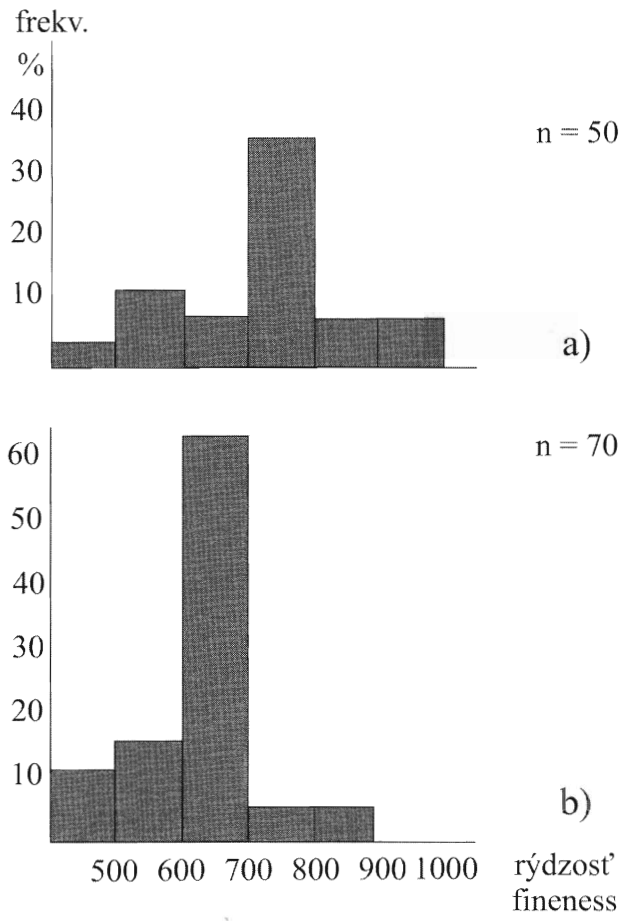
– vybudovanie transportného potrubia kalovodu z materiálu odolného voči abrázii a jeho zabezpečenie protivýronovým zapuzdrením, zdvojením a automatickým prepájaním pri havárii

– redukcia objemu odpadových produktov ich prepracovaním na použitie v priemysle stavív (lomový kameň, drvené kamenivo, maltársky piesok, plnivo do betónu,



Obr. 7. Rozdelenie rozpätia rýdzosti zlatiniek skúmaných súborov z vybraných západokarpatských ložísk. 1 – Banská Štiavnica, rudná žila Terézia, Bieber a Jozef, 2 – Pb koncentrát, 3 – šachty kalovodu, 4 – sedimenty odkaliska, 5 – Zlatá Baňa.

Fig. 7. Distribution of gold fineness from the studied sample suits from the selected Western Carpathian deposits. 1 – Banská Štiavnica, veins: Terézia, Bieber and Jozef, 2 – Pb concentrate, 3 – schafts of the sludge pipe, 4 – sediments of the tailings pound, 5 – Zlatá Baňa deposit.



Obr. 8. Banská Štiavnica, rozdelenie rýdzosti zlatiniek. a – z ťaženej rudy, b – z flotačného odpadu a zo sedimentov odkaliska.

Fig. 8. Banská Štiavnica deposit; distribution of gold fineness from tailings pound. a – from exploited ore, b – from waste and from sediments.

asfaltobetónu a hydrotermálne litifikovaných stavív, draselné hnojivo)

– kyanidový kódex (výroba, preprava, skladovanie, používanie, recyklácia, detoxikácia)

– zníženie spotreby kyanidov a intenzifikácia gravitačnej a flotačnej extrakcie voľného, v sulfidoch a v sulfosoliach viazaného Au s využitím efektov výkonového ultrazvuku a s automatickým dávkovaním kyanidu podľa jeho spotreby v reálnom čase

– náhrada hydrometalurgického cyklu technológiou COGA – aglomerácia jemnodisperzného Au z kremenno-ílovitej suspenzie na zmes oleja a uhlia – ako potenciálne optimálne riešenie

Podľa správy vyšetrovacej komisie Európskej únie nedostatočné bezpečnostné opatrenia pri konštrukcii akumulačnej nádrže jedovatého odpadu, nezodpovedné udeľovanie licencií a slabý dohľad nad prevádzkou boli hlavnou príčinou ekologickej pohromy v Baia Mare a Baia Borsa 30. januára a 10. marca 2000. Topiaci sa sneh spolu s výdatnými dažďovými zrážkami vymyl 25 m širokú trhlinu do akumulačnej nádrže jedovatého tekutého odpadu zo zlatej a striebornej bane v Baia Mare v Rumunsku. Vytekajúci kyanidový rmut zamoril Tisu až do susedného Maďarska, pričom uhynuli stovky t rýb. O niečo neskôr za podobných okolností vytieklo do Tisy z neďalekej Baia Borsa dvadsaťtisíc t kalu kontaminovaného ťažkými kovmi. Rumunské resp. rumunsko-austrálske spoločnosti vôbec nerátali s možným poškodením či pretečením hrádze s kapacitou na zadržiavanie vyše stotisíc t jedovatého banského odpadu. Neboli núdzové čerpadlá ani zabezpečovací odtokový kanál. Zo záverov vyšetrovacej komisie vyplynulo, že toxické látky už nesmú byť voľne vystavené vplyvom počasia a kyanidy sa musia hneď po použití pri úprave rúd chemicky neutralizovať. Dôležitým odporúčaním komisie do budúcnosti bolo, aby sa banské dielo mohlo uviesť do prevádzky, len ak preň bude spracovaný aj presný plán opatrení pre prípad porúch a havárií, ako aj bezpečný plán nakladania so zvyškovými látkami po skončení ťažby, a to aj pre problémy s opustenými banskými dielami, za ktoré nenesie nik zodpovednosť (Katastrofa..., 2001).

Záver

Každé, ale najmä drahokovové ložisko je svojím spôsobom unikátne. Pre neobnoviteľnosť zdrojov pri raste dopytu po takej cennej surovine, akou sú drahé kovy, sa skôr či neskôr budú exploatovať aj chudobné ložiská. Technológia je aj vzhľadom na veľmi nízky obsah zložiek, ktoré sa majú získať, náročná a súvisia s ňou aj environmentálne riziká. Príčiny sú predovšetkým v spracúvaní a premiestňovaní veľkého objemu materiálu, a to často aj z hĺbky, v ktorej prírodné zvetrávanie neprebiehalo, a tak sa integrita materiálu vynášaného na povrch veľmi rýchlo narúša a v exponovanom prostredí sa stáva vysoko reaktívnym. Chemooxidácii a biooxidácii podliehajú najprv vysokoreaktívne zložky (sulfidy a pod.), po nich aj pôsobením kyselín vznikajúcich pri zvetrávaní nastupuje intenzívny rozklad aj odolnejších minerálov (silikátov, kremeňa a pod.). Tlmivom by mohli byť karbonáty, lenže v týchto ložiskách nebývajú dominantne zastúpené. Preto je kľúčovou úlohou ťažobného a úpravníckeho výskumu hľadanie postupov minimalizujúcich environmentálnu záťaž, ako je recyklácia reagencií, recyklácia technologickej vody, hľadanie a využívanie nových fyzikálnych operácií vedúcich k zvýšeniu výťažnosti, zabezpečovanie všetkých technologických uzlov, transportných ciest a úložísk proti úniku toxických chemikálií a vzniku havárií.

Poďakovanie. Práca vznikla s podporou grantu GA-2/6094/26 a GA-1/1027/24 grantovej agentúry VEGA a Agentúry na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy LPP-0362-06 a APVV 51-015605.

Literatúra

ANDRÁŠ, P., RAGAN, M., WAGNER, F. E., FRIEDL, J. & HRNČÁROVÁ, M., 1993: The state of "invisible" gold in arsenopyrite on the Pezinok-Kolársky vrch antimony deposit. *Mineralia Slov., 25, 1, 51–54.*

ANDRÁŠ, P. & RAGAN, M., 1995: Sulphide ores with invisible gold in Slovakia (Western Carpathians). *Mineralia Slov., 27, 1, 57–63.*

BAKOŠ, F., CHOVAN, M., BAČO, P., BAHNA, B., FERENC, Š., HVOŽĎARA, P., JELEŇ, S., KAMHALOVÁ, M., KAŇA, R., KNÉSL, J., KRASNEC, Ľ., KRIŽÁNI, I., MAŤO, Ľ., MIKUŠ, T., PAUDITŠ, P., SOMBATHY, L. & ŠÁLY, J., 2004: Zlato na Slovensku – Sprievodca zlatou históriou, ťažbou a náleziskami na našom území. *Bratislava, Slovenský skauting, 298.*

CABRI, L. J., CHRYSSOULIS, S. L., DE VILLIERS, J. P. R., BAFLAMME, J. H. G. & BUSECK, P. R., 1989: The nature of "invisible" gold in arsenopyrite. *Canad. Mineralogist, 27, 3, 353–362.*

ĎUĎA, R. & KRIŠTÍN, J., 1978: Výskyt Te mineralizácie na lokalite Zlatá Baňa v Slanských vrchoch. *Mineralia Slov., 10, 1, 47–54.*

GASPARRINI, C., 1994. Mineralogy of silver and its importance for recovery of the metal. *CIM Bull., 77, 866, 99–110.*

HAYCOCK, M. H., 1937: The role of the microscope in the study of gold ores. *Canad. Inst. Mining Metall. Bulletin, 83–94.*

KOVALENKER, V. A., JELEŇ, S., GENKIN, A. D., ĎUĎA, R., SANDOMIRSKAJA, S. M., MALOV, V. S. & KOTUĽÁK, P., 1988. Metallic minerals of productive assemblages of the Zlatá Baňa deposit (Eastern Slovakia), specialities of chemical composition. *Mineralia Slov., 20, 6, 481–498.*

KOVALENKER, V. A., JELEŇ, S. & SANDOMIRSKAJA, S. M., 1993: Minerals of the system Ag-Cu-Pb-Bi-S from the polymetallic veins of the Banská Štiavnica-Hodruša ore field (Slovakia). *Geol. Zbor. Geol. carpath., 44, 6, 409–419.*

KRIŽÁNI, I., 1987: Zlato vo flyši a neovulkanitoch východného Slovenska. *In. Zlato v Západných Karpatoch. Bratislava, GÚDŠ, 139–145.*

MAŤO, Ľ., 1994. Minerály tetraedritovo-tennantitovo-goldfielditového radu z Kremnice. *Mineralia Slov., 26, 6, 433–444.*

MAŤO, Ľ. & HÁBER, M., 1990: Nová minerálna asociácia v kremnickom rudnom poli. *Mineralia Slov., 23, 5, 383–384.*

MAŤO, Ľ., HÁBER, M. & KNÉSL, J., 1987 Výskyt Te minerálov v kremnickom rudnom rajóne. *Mineralia Slov., 19, 6, 457–467.*

Katastrofa na Tise. 2001 Quark, mesačník o vede a technike. č. 9, september 2001, 32–33.

Rukopis doručený 21. 5. 2007
Rukopis akceptovaný 21. 5. 2007
Revidovaná verzia doručená 25. 6. 2007

The role of the mineralogy in ore-processing of precious metal ores and risk minimization

The optimalization of the technological scheme of the process of the precious metals processing needs the detail study of the mineral composition both the ores and the altered wall rocks. Similar technological-mineralogical study needs above all the very accurate determination of precious metals bearing minerals, of their shape and grain size spectrum and of their distribution in mineral bearers. Very important there is also to estimate the variability of chemical composition of precious metals mineral forms. In the most deposits several base methods are used: gravitation separation, flotation, leaching In the conditions of the highly populated and industrial countries the massive cyanization leaching is out of the question. It is necessary to minimize the volume of the leached ore material and use the combination of gravitational and flotation technologies, which may be completed by some unconventional modern technological operations being focused on maximal possible opening of the mineral grains (e. g. utilization of mineral biotechnologies – biohydrometallurgy, efficient ultrasound, microwave heating, mechanical chemical leaching etc.). Extraordinary important is the investigation and the application of gold leaching processes using ecologically more considerate agents (thiourea, thio-sulphates etc.) In use of any agent there is necessary to secure recuperation of the used agent as well as to stipulate all technically accessible possibilities to restrain the waste mud breakaway to the country.

Mineralia Slovaca, 39 (2007), 225–234

Návrh stanovovania pozaďových a prahových hodnôt v podzemnej vode

DUŠAN BODIŠ

Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava; bodis@gssr.sk

Proposal for estimation of background and threshold values in groundwater

The assessment of chemical status of groundwater is defined by Water Framework Directive 2000/60/ES and in more detail by the Directive of European Parliament and of the Council on the protection of groundwater against pollution 2006/118/ES. Both directives provide framework proposals for solution of this problem derived logically for specific natural conditions of member states of the European Union. Besides the application of different standards, the assessment of chemical status of groundwater requires also recognition of other criteria such as background and threshold levels etc. This paper deals with proposal of methodology for estimation of such values through data combination from geochemical mapping and results of groundwater quality monitoring. These input data are evaluated using conceptual geochemical model via selected statistical methods and groundwater with minimal anthropogenic influence. The final estimation of background and threshold values is the result of elaboration and combination of spatial and time-spatial data. The proposed methodology is applied for the example of selected groundwater body and is related to inorganic parameters of chemical composition of groundwater. All synthetic organic compounds produced and released into environmental cycle have the background value equal to their detection limits.

Key words: background values, threshold values, cenzored data, Water Framework Directive, groundwater body

Úvod

Rámcová smernica o vodách 2000/60/ES (Anonym, 2000) je kľúčovým dokumentom zjednocujúcim platnú legislatívu vo vodnom hospodárstve v členských krajinách EÚ. V zmysle jej požiadaviek (článok 17.2a) sa majú stanoviť kritériá hodnotenia dobrého chemického stavu podzemnej vody v súlade s prílohou II.2.2 a V 2.3.2 a 2.4.5, ktoré majú zároveň slúžiť na určenie počiatočných bodov zvrátenia trendov (článok 17.2b) použitých v súlade s prílohou V 2.4.4. Týmito kritériami sa podrobnejšie zaoberá smernica Európskeho parlamentu a Rady 2006/118/ES o ochrane podzemných vôd pred znečistením. Na dosiahnutie jednotnej úrovne ochrany podzemnej vody treba určiť normy kvality, prahové hodnoty a vyvinúť metodiky založené na rovnakom prístupe s cieľom poskytnúť kritériá na hodnotenie chemického stavu útvarov podzemnej vody. Členské krajiny EÚ pri hodnotení chemického stavu útvaru alebo skupiny útvarov podzemnej vody podľa oddielu 2.3 prílohy V Rámcovej smernici o vodách používajú:

a) normy kvality podzemnej vody, ako ich uvádza príloha I smernice o ochrane podzemných vôd pred znečistením a

b) prahové hodnoty, ktoré určia členské štáty v súlade s postupom uvedeným v časti A prílohy II pre znečisťujúce látky, skupinu znečisťujúcich látok a indikátory znečistenia, ktoré sa na území členského štátu stanovili ako faktor prispievajúci k charakterizácii útvarov alebo skupín útvarov podzemnej vody ako rizikových, pričom sa berú do úvahy aspoň zoznamy uvedené v časti B prílohy II smernice o ochrane podzemných vôd pred znečistením.

Prahové hodnoty sa môžu určiť na celoštátnej úrovni, na úrovni správneho územia povodia alebo jeho časti, ktoré je súčasťou územia členského štátu, na úrovni útvaru alebo skupiny útvarov podzemnej vody. Určenie prahových hodnôt by malo byť podložené kontrolným mechanizmom pre zozbierané údaje založeným na hodnotení kvality údajov, na analytických hľadiskách a na pozaďovej úrovni látok, ktoré sa môžu vyskytnúť prirodzene alebo aj ako výsledok antropogénnej činnosti.

Pritom sa musia zistiť vzťahy medzi prahovými hodnotami, v prípade prirodzene sa vyskytujúcich látok medzi pozorovanými pozaďovými hodnotami, medzi cieľmi environmentálnej kvality a ďalšími vnútroštátnymi, medzinárodnými normami, ako aj normami spoločenstva na ochranu vody.

Na Slovensku doteraz nie je spracovaná metodika stanovovania pozaďových a prahových hodnôt v podmienkach vyčlenených útvarov podzemnej vody, a preto ju treba pripraviť v prvej etape. Metodika, ktorú navrhujeme, je v súlade s rámcovou smernicou o vodách a smernicou na ochranu podzemných vôd pred znečistením. Rámcový metodický postup, ktorý by členské krajiny mohli zahrnúť do implementácie, nemá ani EÚ. Zaoberá sa ním projekt BRIDGE, ktorého prvé (nezáväzné) výsledky boli

publikované v roku 2006. Navrhnutá metodika zohľadňuje aj čiastkové návrhy projektu BRIDGE a zahŕňa aj špecifiká Slovenska, pokiaľ ide o prírodné pomery, povahu a dostupnosť informácií o chemickom zložení jeho podzemných vôd.

Základné pojmy a koncepčný model

Z hľadiska distribúcie prvkov sa v environmentálnej geochémii na rozličné účely všeobecne vyčleňujú pozitívne a negatívne anomálie, vyhľadávacie prospekčné príznaky a pod. V princípe ide o stanovenie významných koncentrácií látok (prvkov/zložiek), pozaďových a iných kritických hodnôt, ktoré sa od pozaďových odlišujú. V prevažnej miere sa udáva z rozličných hľadísk maximálne prípustný obsah, ktorý je z legislatívnej alebo aj zdravotnej stránky kontrolovateľný a záväzný (Bodiš a Rapant, 2000). Väčšinou ide o vyššie koncentrácie látok, ako je pozadie, ale na druhej strane sú dôležité aj negatívne koncentrácie a kritériá (rôzne sumy a pomery prvkov), napr. obsah F a I, alebo kritické záťaže, ich prekročenie a pod. V mnohých prípadoch je tento obsah veľmi nízky, približuje sa detekčným limitom bežne používaných analytických techník, a preto môžu vznikať rozdiely napr. v priemerných hodnotách prvku v tom istom horninovom prostredí zo starších a nových údajov.

V tejto súvislosti je nevyhnutné definovať najdôležitejšie pojmy environmentálnej geochémie týkajúce sa koncentrácie chemických látok (zahŕňa prvky, zlúčeniny a zložky) v prírodnom prostredí. Najdôležitejšie a zároveň najproblematickejšie je rozlišovanie prírodnej a antropogénnej koncentrácie, aj keď ich definícia je jednoznačná. Problém je v prístupe k ich rozlišovaniu rôznymi spôsobmi pri rozličných prírodných podmienkach (geologických, klimatických a pod.), médiách (podzemná, povrchová alebo zrážková voda, hornina, pôdne horizonty, riečne sedimenty a pod.), pri rôznom priestore (globálnom, regionálnom, lokálnom) a čase (najmä pri prírodnej vode v dôsledku dynamických kvantitatívnych a kvalitatívnych zmien). Prakticky iba pri identifikácii umelo vyrobených organických (syntetických organických) látkach v prírodnom prostredí možno konštatovať, že sú rýdzo antropogénneho pôvodu, lebo sa prirodzene nevyskytujú.

Vymedzenie pojmov

Dôležitou súčasťou metodického postupu je vymedzenie, a najmä definovanie základných pojmov, na základe ktorých sa odvíjajú ďalšie vzťahy a kritériá. V odbornej, najmä geochemickej literatúre býva veľa citácií s kľúčovým slovom pozaďová hodnota *(background value)* alebo prírodná pozaďová hodnota *(natural background value)*, alebo geochemické pozadie *(geochemical background)*. Definície sú v niečom podobné, iné sa odlišujú, ale dôležité je, že sa musia týkať istej plošnej/priestorovej jednotky. Ťažkosti vznikajú pri rôznych typoch matríc alebo geologického/geochemického prostredia, ktoré by malo byť pri každej pozaďovej hodnote kvázi homogénne. Príčinou býva to, že rozličné geologické/geochemické matrice sú odlišným zdrojom toho istého prvku. Z pohľadu plošnej/priestorovej jednotky teda možno usudzovať, že vytvoriť globálnu pozaďovú hodnotu podzemnej vody nie je reálne a rešpektuje to aj smernica o ochrane podzemných vôd pred znečistením. Na priblíženie sa k problematike definujeme dva základné termíny.

– Kontaminant je látka, ktorá je výsledkom ľudskej aktivity, vyskytuje sa vo vyššej ako prírodnej koncentrácii a spôsobuje odchýlku od normálneho zloženia prírodného prostredia. Dôsledkom jeho prítomnosti je kontaminácia prostredia (v našom prípade podzemnej vody).

– Polutant je látka, ktorá je výsledkom ľudskej aktivity, vyskytuje sa vo vyššej ako prírodnej koncentrácii a má škodlivý účinok na prírodné prostredie alebo niektorú z jeho zložiek. Ak sa škodlivý účinok prejavuje na človeku alebo na biote, pokladá sa za toxickú látku (toxín). Dôsledkom jeho prítomnosti je znečistenie prírodného prostredia (v našom prípade podzemnej vody).

Uvedené pojmy zatiaľ exaktne nečlenia (nekvantifikujú) reálne zistené koncentrácie resp. interval koncentrácií kontaminantov a polutantov podľa ich prírodného a antropogénneho podielu v prírodnom prostredí. Tento podiel nemožno vyčleniť priamo, ale dá sa k nemu iba priblížiť stanovením koncentrácií v pozaďovej, prahovej a anomálnej hodnote.

Ďalej sa venujeme definovaniu pozaďovej hodnoty. Nasledujúce definície týkajúce sa prírodnej vody podávajú obraz o istých nejasnostiach resp. o prístupe k definícii.

Podľa Európskej komisie (EC DG Environment, 2003) je pozaďová koncentrácia cieľových prvkov vo vodnom ekosystéme útvaru alebo podútvaru povrchovej vody hodnota zodpovedajúca nenarušeným podmienkam (nijaký alebo veľmi nízky stupeň antropogénneho ovplyvnenia).

US EPA (1998, 2000a) definuje pozaďové podmienky hodnotou horného 75. percentilu z údajov čiastkových povodí uvažovaných ako najmenej znehodnotených, t. j. s nijakým alebo s nízkym stupňom antropogénneho ovplyvnenia v definovanej oblasti (nenarušené podmienky).

Haggard et al. (2003) tento postup modifikoval a na stanovenie pozaďovej koncentrácie využili hodnoty mediánu (50. percentil) obsahu zo všetkých posudzovaných údajov.

Podľa US EPA je pozaďovou hodnotou koncentrácia látky v environmentálnom médiu (v ovzduší, vode a v pôde), ktorá sa v ňom vyskytuje prirodzene alebo nie je výsledkom ľudskej činnosti.

Tejto problematiky sa priamo dotýka projekt BRIDGE (Background Criteria for the Identification of Groundwater Threshold Values), iniciovaný riaditeľstvom EÚ pre výskum (vedecká podpora pre priority politiky). Jeho výsledkom je predbežný návrh rámcovej metodiky na rozličnej úrovni vstupných údajov na stanovenie prahových hodnôt kompatibilných pri klasifikácii chemického stavu útvarov podzemnej vody (Müller et al., 2006; Kunkel et al., 2006). BRIDGE prírodnú pozaďovú hodnotu definuje ako koncentráciu istého prvku alebo chemickej zložky v roztoku, odvodenej prírodnými procesmi z geologického, biologického alebo atmosférického zdroja.

Pre potreby tejto práce definujeme *pozaďovú hodnotu* ako priestorovo a časovo charakteristický rozsah

koncentrácie látky v podzemnej vode, ktorý nezahŕňa pozitívne ani negatívne antropogénne a kontrastné (resp. anomálne) geogénne vplyvy.

Pozaďová hodnota je hodnota horného intervalu zo štatistického spracovania vstupného súboru údajov.

Prahová hodnota je koncentrácia, pri ktorej sa mení hodnota, ktorá sa bežne ignoruje, na ďalšiu hodnotu s určitým významom resp. účelom. V súlade s projektom BRIDGE je prahová hodnota menšia ako referenčná (hodnota štandardu pre pitnú vodu) a väčšia ako pozaďová hodnota pre iné environmentálne ciele a podľa špecifických podmienok môže byť aj iná (napr. vyššia ako hodnota štandardu). Z uvedeného je zrejmé, že pozaďová a prahová hodnota majú zásadný význam, a preto ich nemožno stanoviť ani aplikovať mechanicky. Náročnosť ich stanovovania ešte znásobuje priestorový (regionálny, lokálny) a časový faktor. Časový faktor možno riešiť iba viacnásobným pozorovaním a pri prírodnej vode dlhodobým monitoringom až historickými časovými radmi.

Koncepčný model

Podzemná voda je dynamické médium, chemické zloženie jej prvkov je variabilné v priestore a čase, a preto jej pozaďové a prahové hodnoty treba charakterizovať komplexne. Metóda ich spracovania závisí od špecifických lokálnych podmienok.

Chemizmus prírodnej vody sa tvorí zložito vo viacerých fázach hydrologicko-hydrogeologického cyklu. Za počiatočný stav tohto procesu resp. za zdrojovú vodu možno pokladať chemické zloženie zrážkovej vody. Stupňom (prostredím), v ktorom sa chemické zloženie zdrojovej vody mení, je vegetačný pokryv, pôdny profil a horninové prostredie. Posledným stupňom, ktorý sa s nimi s rozličnou mierou vplyvu uplatňuje súbežne, je prínos prvkov/zložiek antropogénneho pôvodu, ktorý môže prebiehať v každom z týchto stupňov. V geograficko-klimatických podmienkach Slovenska chemické zloženie zrážkovej vody odráža najmä pôvod vzduchovej hmoty, globálne a lokálne znečistenie atmosféry a charakter suchého spadu.

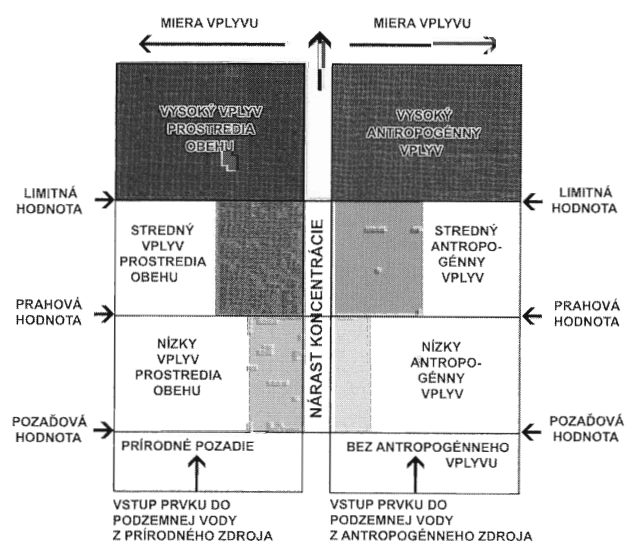
Pred vstupom zrážkovej vody do systému voda – hornina podzemnú, ale aj povrchovú vodu metamorfuje vegetačný kryt a pôdny pokryv. Podľa údajov z literatúry získaných experimentálnym meraním je kvantitatívny efekt reakcií prebiehajúcich pri prestupe zrážkovej vody týmito pokryvnými útvarmi značný. Často ide až o niekoľkonásobný nárast obsahu väčšiny iónových zložiek a celkovej mineralizácie, a to hlavne pri prechode pôdou. Veľký vplyv na ďalšie reakcie v systéme voda – hornina má pôdny CO_2, ktorý hydrolytickú kapacitu zrážkovej vody pri interakciách výrazne zvyšuje.

Podzemná a povrchová voda hlavnú a najcharakteristickejšiu časť soľného obsahu prírodného pôvodu získavajú interakciami prebiehajúcimi na fázovom rozhraní voda – hornina. Charakter mineralizačných procesov (rozpúšťanie karbonátových minerálov, hydrolýza silikátových minerálov, oxidačnoredukčné a iónovýmenné procesy a pod.) je podmienený mineralogicko-petrografickou skladbou horninového prostredia obehových ciest podzemnej vody, ktoré determinuje genetický typ podzemnej vody, a teda aj jej chemické zloženie.

Ďalšie primárne genetické faktory tvorby chemizmu vody – hlavne hydrodynamické podmienky, rýchlosť prúdenia podzemnej a povrchovej vody – sú v rozhodujúcej miere ovplyvnené špecifickými fyzickogeografickými podmienkami, najmä typom reliéfu.

Koncepčný model stanovovania pozaďových a prahových hodnôt (obr. 1) je zjednodušená účelová schéma na základe prírodného (ľavá časť) a antropogénneho (pravá časť) vstupu prvkov/zložiek do systému tvorby ich konečného zastúpenia v podzemnej vode, teda v stave jej prirodzeného alebo umelého výstupu na zemský povrch. Vstup prvku/zložky do podzemnej vody je všeobecne determinovaný vstupom prostredníctvom infiltrácie zrážkovej vody a prestupom vody z povrchového toku. Pod konečným zastúpením sa rozumie prirodzený (prameň) alebo umelý (vrt, studňa, štôlňa, drenáž a pod.) výstup na zemský povrch. Treba upozorniť na to, že sa vstupy z obidvoch zdrojov na konečnom zložení zúčastňujú v nerovnakej miere. Miera ich vplyvu je prakticky veľmi ťažko kvantifikovateľná, a preto sa v koncepčnom modeli vyjadruje iba slovne – nízka, stredná alebo vysoká. Pri strednej, pokiaľ povahu zdroja nemožno identifikovať priamo, sa geogénny resp. antropogénny podiel zisťuje ťažko alebo nijako. Kvantifikovateľným kritériom v modeli je pozaďová, prahová a limitná (referenčná) hodnota a sú v súlade s rastúcou koncentráciou sledovaného prvku/zložky.

Jedným z hlavných cieľov tejto práce je stanovenie pozaďovej hodnoty, v koncepčnom modeli základňu hodnoty prvku/zložky bez antropogénneho vstupu a s minimálnym prírodným vstupom, ktorý zodpovedá horninovej matrici a fyzikálnochemickým, biologickým a časovým podmienkam obehu.



Obr. 1. Koncepčný model.
Fig. 1. Conceptual model.

Stanovovanie pozaďovej hodnoty

Metodických postupov stanovovania pozaďovej hodnoty vôbec a jednotlivých médií abiotickej zložky prírody je v odbornej literatúre mnoho (Förstner et al., 1990; Matschullat et al., 2000, a pod.). Majú výhody aj nevýhody a ich aplikácia závisí od konkrétnych prírodných pomerov, od cieľa výskumu, a najmä od prírodného média. To znamená iný prístup k stanovovaniu, a najmä k odbornej recenzii pozaďových hodnôt podzemnej a povrchovej vody, pôdy, riečneho sedimentu a pod. Po analýze mnohých postupov a zvážení najmä vstupných informácií sme zvolili štatistický a geochemický prístup.

Štatistický prístup je založený na spracovaní dát, ktoré vo väčšine prípadov nespĺňajú podmienky normálneho rozdelenia a prevažuje v nich lognormálny resp. iný typ rozdelenia. Najlepšie sa to prejavuje pri chemickej analýze podzemnej vody, kde by normálne rozdelenie zložiek znamenalo ustálený termodynamický stav prakticky bez zmien a vývoja. V prírodných podmienkach je to dodržané napr. v marinogénnej geotermálnej vode hydrogeochemicky uzavretých neogénnych a mezozoických hydrotermálnych štruktúr. V obyčajnej podzemnej vode sa parciálna rovnováha ustaľuje okolo rovnovážneho stavu. Cieľom štatistických metód je eliminovať odľahlé a extrémne hodnoty, ktoré prakticky zodpovedajú anomálnej koncentrácii, a úprava na súbor s približne normálnym rozdelením. Štatistickými metódami možno pôvodný súbor dát redukovať, a tak ich „očistiť" od odľahlých a extrémnych hodnôt. So zvyškom súboru sa potom opisnými štatistickými metódami dá stanoviť interval pozaďovej hodnoty a jej hodnota. Dôležité je uvedomiť si, že odľahlé hodnoty majú iný environmentálno-geochemický význam, pre iné ciele sa nimi treba zaoberať resp. hľadať príčiny anomality a vo vodohospodárskej praxi ich minimalizovať.

Je zrejmé, že štatistický prístup je dôležitou možnosťou na stanovovanie pozaďovej hodnoty. Treba pri ňom zvážiť, či členy súboru (v našom prípade odberové body s chemickou analýzou) sú časovo alebo priestorovo späté. Ak áno, možno medzi nimi očakávať ohlas. V našom prípade je priestor/„plocha" oblasťou, pre ktorú stanovujeme pozaďovú hodnotu – vyčlenený kvartérny alebo predkvartérny útvar podzemnej vody.

Výber hodnotenia na stanovenie pozaďovej hodnoty závisí najmä od počtu vzoriek a od reprodukovateľnosti hodnôt (reprezentatívnosť súboru; Helsel a Hirsch, 1992). Pri reprezentatívnom vzorkovaní má každý prvok súboru rovnakú možnosť byť vybraný. V tomto prípade je dôležité uplatňovať časovú a priestorovú spätosť vzoriek.

Na hodnotenie celého územia Slovenska máme na tieto účely nasledujúce typy vstupných údajov.

• *Náhodné vzorkovanie* so štatistickou hustotou vzorkovania 1 vzorka/3 km^2 reprezentujúce výsledky geochemického mapovania podzemných vôd Slovenska (Rapant et al., 1996).

Vzorky boli odobrané z prvého zvodneného horizontu v širšom letnom období pri priemernej hladine podzemnej vody a v ustálených klimatických podmienkach. Vzorky podzemnej vody – spolu 16 359 – sa odoberali od mája do októbra v rokoch 1991–1994. V závislosti od prírodných podmienok Slovenska sa odoberali z prameňov (n = 8857), vrtov (n = 1537), štôlní (n = 51), studní (n = 5716) a z drenáže (n = 198), v horských oblastiach, kde je dosť prírodných výverov podzemnej vody, z prameňov, v nížinných prevažne zo studní a vrtov.

• *Účelové vzorkovanie* zohľadňujúce časový faktor koncentračných zmien.

Za také možno v súčasnosti považovať monitoring kvality podzemnej vody (garantom a správcom dát je SHMÚ v Bratislave).

Ďalším veľmi významným kritériom je vhodnosť štatistických testov pre súbory obsahujúce aj hodnoty pod detekčným limitom. Súbor zahŕňajúci detegované aj nedetegované výsledky sa v štatistickej praxi volá cenzorovaný. Takéto súbory sú veľmi charakteristické hlavne pre stopové prvky, ale aj pre niektoré hlavné katióny a anióny v chemickom zložení podzemnej vody.

V zmysle Helsela a Hirscha (l. c.) na odhad sumárnych štatistík z cenzorovaných dát slúžia

• jednoduché substitučné metódy (najbežnejšia je zaužívaná konvenčná metóda nahradenia „menšieho ako detekčného limitu" jeho polovičnou hodnotou)

• metóda založená na distribúcii používajúca charakteristiky predpokladanej distribúcie na odhad sumárnych štatistík

• robustné metódy využívajúce kombináciu pozorovaných hodnôt pod detekčným limitom a hodnôt pod detekčným limitom extrapólovaných z distribučnej krivky

Jednoduchá substitučná metóda, pri ktorej hodnotu detekčného limitu nahrádza jej polovičná hodnota, je použiteľná iba pri malom počte hodnôt pod detekčným limitom. Pri vyššom počte tento prístup zaťažuje pomerne veľká systematická chyba spôsobená rozdielom medzi polovičnou hodnotou detekčného limitu a detegovanými hodnotami. Takto vytvorený súbor údajov teda nie je kontinuálny a medzi polovičnou hodnotou detekčného limitu a detegovanými hodnotami je veľká medzera.

Pre štatistický prístup hodnotenia cenzorovaných dát na stanovenie pozaďových hodnôt sme vybrali niekoľko metód, pričom kritériom vhodnosti boli neistoty a limitácie vyplývajúce z počtu hodnôt pod detekčným limitom v súbore (Matschullat et al. (2000), US EPA, 1992b, 2000b; Helsel a Hirsch, 1992; Berthouex a Brown, 1994; Madansky, 1988; Cleveland, 1993; Tufte, 1983, a i.). Veľmi účinná je Kaplanova-Meierova analýza, ktorá sa využíva ako štandardná štatistická metóda pri práci s cenzorovanými dátami v medicíne. Ide o tzv. analýzu prežitia. Táto metóda sa po jednoduchej konverzii dá aplikovať aj v environmentálnej geochémii. Výhodou je, že ide o neparametrickú metódu maximálnej pravdepodobnosti a nezohľadňuje charakter distribúcie dát.

Projekt BRIDGE odporúča krajinám EÚ viac spôsobov odvodzovania pozaďových hodnôt, pričom vychádza iba z výsledkov monitoringu kvality podzemnej vody. Rozdielnosť v prístupe je založená na vstupných údajoch o kvalite podzemnej vody. Stupeň poznania (prvotné údaje, geochemická a hydrogeologická charakteristika útvarov podzemnej vody) je vysoký, stredný a nízky.

Pod vysokým stupňom sa v zmysle projektu BRIDGE rozumie reprezentatívny monitoring útvaru podzemnej vody a veľký počet monitorovacích objektov s množstvom chemických analýz. V takomto prípade možno pozaďové hodnoty vždy stanoviť všetkými troma navrhovanými postupmi, ale z nich iba v tomto prípade možno zvoliť osobitný postup. Pod stredným stupňom poznania sa rozumie, že sú k dispozícii isté údaje, ale na presné definovanie geochemických charakteristík útvaru podzemnej vody nie sú vhodné. V takom prípade sa na výpočet pozaďovej hodnoty odporúča použiť 90. percentil. Pri nízkom stupni poznania, čiže pri minime vstupných informácií schopných charakterizovať útvar podzemnej vody, sa odporúča použiť hodnotu 90. percentilu vypočítanú v iných krajinách pre útvar podzemnej vody s podobnou typológiou.

Navrhovaný kombinovaný postup (najmä spracované údaje z geochemického mapovania a monitoringu kvality podzemnej vody a ich porovnanie) je založený na aplikácii štatistického a geochemického prístupu

Štatistický prístup

• odhad sumárnych štatistík v prípade hodnôt menších ako detekčný limit. Na tento cieľ sme testovali niekoľko vhodných metód (US EPA, 1992b, 2000b; Helsel a Hirsch, 1992). Kritériom na výber najvhodnejšej boli neistoty a limitácie vyplývajúce z počtu hodnôt pod detekčným limitom v súbore. Ak do 60 % meraní nedosiahne koncentráciu na úrovni detekčného limitu, na spracovanie cenzorovaných údajov odporúčame použiť Kaplanovu-Meierovu analýzu na výpočeť strednej hodnoty a 75. percentilu, ktorý bude reprezentovať pozaďovú hodnotu. Pre súbory od 60 do 80 % cenzorovaných údajov odporúčame použiť maximum pravdepodobných metód *(likelihood methods)* a súbory nad 80 % cenzorovaných dát komentovať iba zmysluplnou prahovou hodnotou *(meaningful threshold)*

• charakter distribúcie spracúvaného prvku/zložky (vizuálne, histogram, testovanie charakteru rozdelenia)

• výpočet pozaďovej hodnoty (identifikácia a odstránenie odľahlých hodnôt). Tento krok je osobitný pri každom prvku/zložke a riadi sa charakterom vstupných údajov. Odporúčame použiť iteratívnu techniku 2 σ (Erhardt et al., 1998), ktorá spočíva v opakovanom odstraňovaní odľahlých hodnôt väčších resp. menších ako $x \pm 2\sigma$ dovtedy, kým sa rozdelenie nepribližuje k normálnemu. Potom sa za pozaďovú hodnotu pokladá horná hranica intervalu, t. j. $x + 2\sigma$ zo súboru upraveného poslednou iteráciou. Je to pomerne radikálna a matematicky robustná metóda a spomedzi všetkých sme ju odskúšali ako najvhodnejšiu.

Geochemický prístup

Súčasťou geochemického prístupu je porovnanie stanovených pozaďových hodnôt s prírodne a antropogénne minimálne ovplyvnenou podzemnou vodou v danom útvare podzemnej vody.

Pri minimálne ovplyvnenej vzorke odporúčame

• vylúčiť každú vzorku s nižšou koncentráciou, ako je polovičná referenčná hodnota (štandard pre pitnú vodu). (Vzorka sa vylúči aj vtedy, ak tomuto princípu nevyhovuje jedna zložka.)

• zo vzoriek vyhovujúcich predchádzajúcej podmienke pokladať za pozaďovú hodnotu koncentráciu 90. percentilu

Tento prístup zahŕňa geochemickú a hydrogeologickú recenziu výsledných pozaďových a vylúčených odľahlých hodnôt. Odhadnúť primárny a antropogénny podiel na určenej pozaďovej hodnote a overiť ho navrhujeme GIS technikou porovnaním s mapou využívania krajiny a s hydrogeologickými pomermi v útvare podzemnej vody. Na splnenie tohto cieľa navrhujeme identifikovať 1. oblasti, v ktorých sa dopĺňa zásoba podzemnej vody, 2. oblasti s odtokom z útvaru podzemnej vody a 3. generálne smery prúdenia podzemnej vody v rámci útvaru.

Stanovovanie prahovej hodnoty

Doterajšie výsledky projektu BRIDGE zhŕňa jeho domovská stránka http://www.wfd-bridge.net a sú dostupné od decembra 2006 (Müller et al., 2006). Je tam komentovaný stav vedeckých poznatkov v dvoch správach, ktoré sumarizujú informácie o polutantoch, geochemických procesoch kontrolujúcich ich vlastnosti, charakteristika útvarov podzemnej vody podľa kľúčových hydrogeologických parametrov, interakcia s povrchovými vodami, ako aj to, ako treba hodnotiť potenciálny negatívny vplyv na akvatické a terestrické ekosystémy závisiace od podzemnej vody

Je zrejmé, že prahová hodnota by sa mala stanoviť z intervalu medzi pozaďovou a referenčnou hodnotou. Pod referenčnou hodnotou sa rozumie napr. štandard pre pitnú vodu, ekotoxikologické štandardy a pod., teda koncentrácia prvku/zložky, ktorá môže byť škodlivá pre ľudský organizmus. Pri takto vysvetlenom pojme prahová hodnota možno vzhľadom na koncepčný model konštatovať, že z hľadiska ovplyvnenia resp. zdroja prvku môže mať prírodný, antropogénny, alebo zmiešaný pôvod. Kunkel et al. (2006) prezentovali prahové hodnoty pre 50 rozličných hydrogeochemických parametrov z okolo 1700 monitorovacích objektov z povodia vrchného Rýna v Nemecku a Francúzsku a výsledkom je návrh, aby prahovou hodnotou bola polovica z intervalu medzi pozaďovou a referenčnou hodnotou. Tento prístup je aplikovateľný aj na slovenské podmienky, pri ktorých sa na vyčlenenie potenciálne rizikových útvarov podzemnej vody použili kritériá zo štandardu pre pitnú vodu, čo je v súčasnosti najprísnejšie kritérium na hodnotenie kvality podzemnej vody Takto definovaná prahová hodnota by bola upozornením, že podzemná voda je v istej miere ovplyvnená a že by v pláne povodí bolo treba robiť opatrenia. Ak sa rozoberie podstata miery vplyvov a prenesie sa do praxe, bude zrejmé, že pri prírodne zvýšenom obsahu prvku/zložky bude možno robiť opatrenia iba technickým zásahom, čiže úpravu vody *in situ* napr pre zmenu redoxných podmienok zatláčaním O_2 na oxické prostredie alebo úpravu

Tab. 1
Výsledky stanovovania pozaďovej hodnoty z geochemického mapovania
Determination of background value from geochemical mapping results

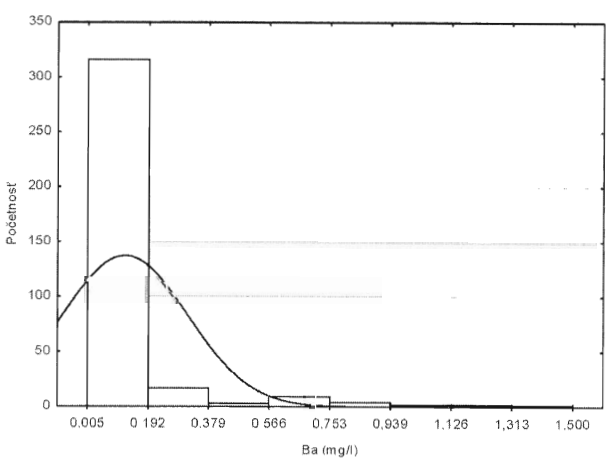
Ba – geochem. mapovanie	Iteračná metóda	Cohen	Aitchison	Upravený priemer	BRIDGE
priemer	0,12				
priemer z hodnôt nad DL		0,12	0,12		
pozaďová hodnota	0,1	0,12	0,12	0,07	0,20
počet vzoriek	354				
detekčný limit (DL)	0,01				
počet vzoriek pod DL	15				
% vzoriek pod DL	4,24				
počet vzoriek nad DL	339				
% vzoriek nad DL	95,76				

Tab. 2
Výsledky stanovovania pozaďovej hodnoty z monitoringu kvality
Determination of background value from quality monitoring data

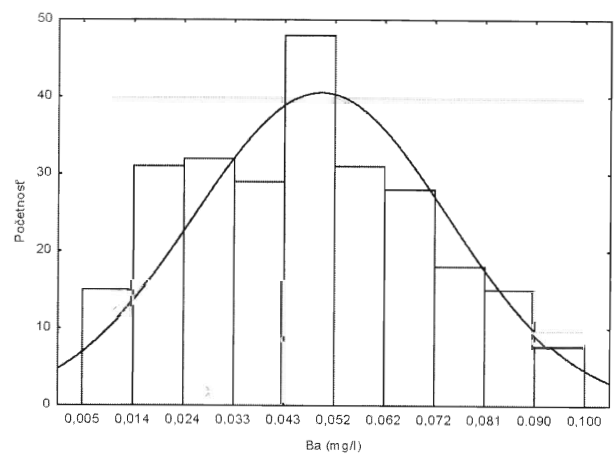
Ba – monitoring kvality	Iteračná metóda	Cohen	Aitchison	Upravený priemer	BRIDGE
priemer	0,12				
priemer z hodnôt nad DL		0,14	0,14		
pozaďová hodnota	0,06	–	0,12	0,07	0,23
počet vzoriek	192				
detekčný limit (DL)	0,001				
počet vzoriek pod DL	31				
% vzoriek pod DL	16,15				
počet vzoriek nad DL	161				
% vzoriek nad DL	83,85				

Tab. 3
Výsledky sumárnej štatistiky z Kaplanovej-Meierovej analýzy
Summary statistics from Kaplan-Meier analysis

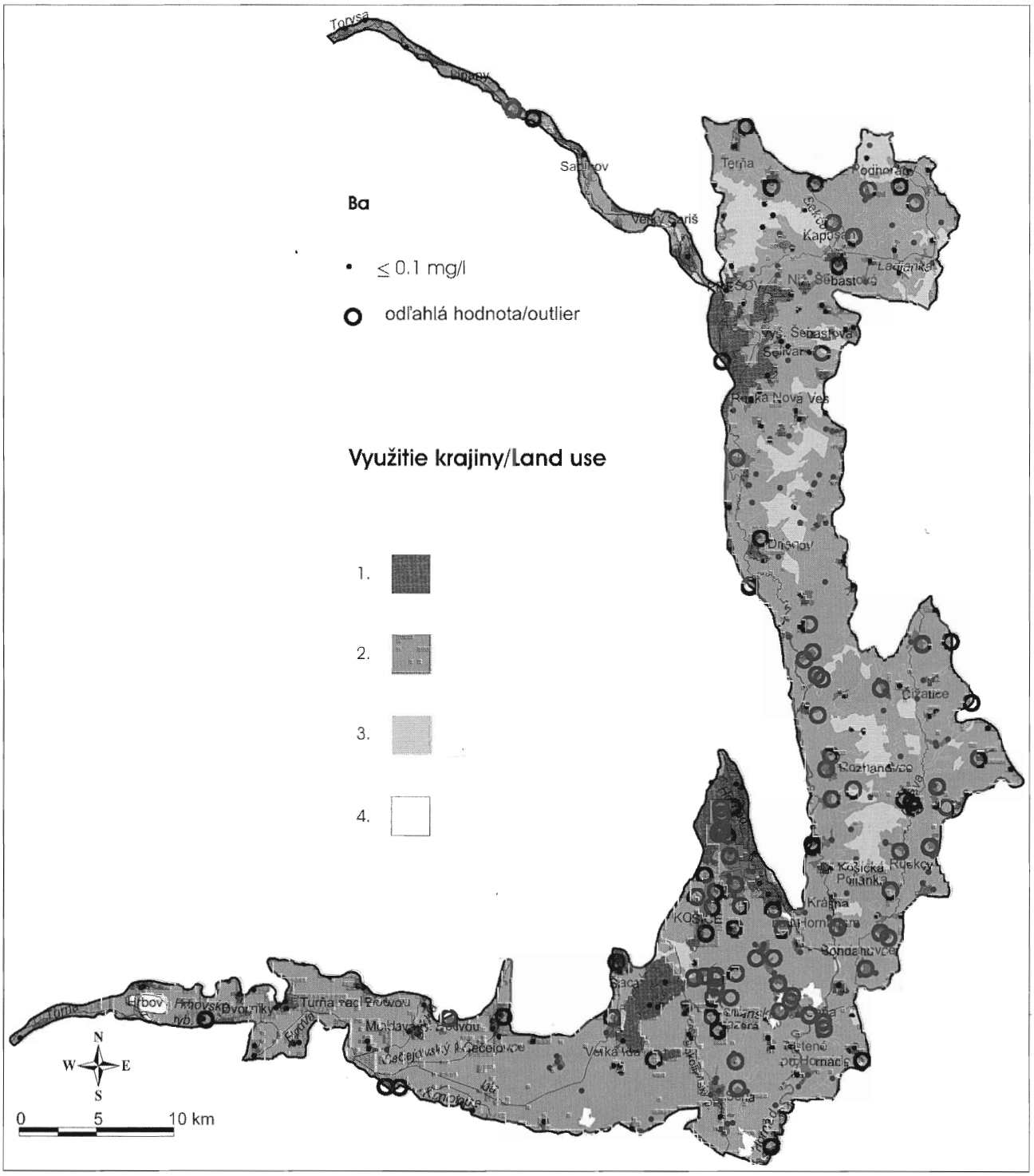
Cr (mg/l)	počet vzoriek necenzorovaných	cenzorovaných	medián	75. kvantil
geochemický atlas	192	52	0,0013	0,0028
monitoring kvality	478	90	0,0020	0,0040



Obr. 2. Histogram distribúcie Ba z celého súboru údajov.
Fig. 2. Histogram for Ba from all dataset.



Obr. 3. Histogram distribúcie Ba zo súboru upraveného technikou 2 σ.
Fig. 3. Histogram for Ba adapted by 2 σ technique.



Obr. 4. Distribúcia Ba vo vzťahu k potenciálnym plošným zdrojom kontaminácie (útvar podzemnej vody SK1001200P). 1 – mestské aglomerácie (sídelná zástavba, priemyselné, obchodné a dopravné areály, areály ťažby, skládok, výstavby, sídelnej zelene, športu a zariadení voľného času), 2 – poľnohospodárske areály (orná pôda, trvalé kultúry – vinice, ovocné stromy a plantáže ovocnín, lúky a pasienky, heterogénne poľnohospodárske areály – polia, lúky, trvalé kultúry, 3 – lesné a poloprírodné areály (listnaté, ihličnaté a zmiešané lesy, kroviny, trávnaté areály, prechodné lesokroviny, zamokrené areály), 4 – vnútrozemské vody (vodné plochy).

Fig. 4. Relationship between distribution of Ba and potential diffuse sources of contamination (groundwater body SK1001200P). 1 – artificial surfaces (urban fabric, industrial, commercial and transport units, mine, dump and construction sites, green urban areas, sport and leisure facilities), 2 – agricultural areas (arable agricultural areas – complex cultivation patterns, land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegation), 3 – forest and semi natural areas (broad-leaved forest, coniferous forest and mixed forest, natural grasslands, moors and heathland, transitional woodland-shrub), 4 – wetlands (water bodies).

vo vodárni. Takéto prípady budú v prírodných podmienkach Slovenska bežné. Ide o prirodzene zvýšený obsah Fe a Mn v redukčných podmienkach obehu. Horším prípadom bude vyšší obsah kovov v podzemnej vode spôsobený zvýšeným výskytom mineralizovaných rudných zón (hlavne Spišsko-gemerské rudohorie a pod.), kde je riešením iba úprava podzemnej vody. Tieto prípady uvádzame preto, lebo sa domnievame, že z odborného, a najmä ekonomického hľadiska pre plány manažmentu povodí bude pre prvky z preukázaných prírodných zdrojov rozhodne vyššia hodnota pozaďových a prahových koncentrácií

Pri syntetických organických látkach navrhujeme prahovú hodnotu ako polovicu medzi detekčným limitom a referenčnou hodnotou pre pitnú vodu.

Príklady stanovovania pozaďovej a prahovej hodnoty

Ako príklad sa použili postupy stanovovania pozaďových hodnôt z necenzorovaných (Ba) a cenzorovaných dát (Cr) pre vybraný útvar podzemnej vody *Medzizrnové podzemné vody kvartérnych náplavov oblasti povodia Hornádu*.

V kvartérnom útvare podzemnej vody SK1001200P (Malík a Švasta, 2006) je kolektorskou horninou najmä aluviálny a terasový štrk, piesčitý štrk, piesok, proluviálne sedimenty stratigrafického zaradenia pleistocén – holocén. V hydrogeologických kolektoroch útvaru prevažuje medzizrnová priepustnosť. Priemerná hrúbka zvodnencov je od 10 do 30 m a koeficient filtrácie sa pohybuje od 1.10^{-5} až do 1.10^{-4} $m \cdot s^{-1}$. V útvare podzemnej vody SK1001200P sú priemerné efektívne zrážky od 0 do 4,9 $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$ s priemerom okolo 1,6 $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$.

Merný odtok podzemnej vody v útvare závisí od veľkosti efektívnych zrážok, ako aj od hydrogeologických vlastností hornín, ktoré ho budujú. V danom prostredí je merný odtok podzemnej vody od 0 do 3,7 $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$, v priemere okolo 1,1 $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$. Generálny smer prúdenia podzemnej vody v aluviálnej nive kvartérneho útvaru SK1001200P je viac-menej paralelný s priebehom hlavného toku. Z hľadiska možnosti odlíšiť geogénny a antropogénny zdroj prvku/zložky v zmysle použitého koncepčného modelu sa na potenciálne difúzne zdroje využila informačná vrstva CLC90 – využitie krajiny (Slovenská agentúra životného prostredia).

Na zvýraznenie potenciálnej antropogénnej miery vplyvu sa charakteristiky využívania krajiny hierarchicky spojili do nasledujúcich celkov:

- najvyšší potenciálny vplyv difúznych zdrojov – urbanizované, technizované, priemyselné, obchodné, dopravné, priemyselné a obchodné areály, areály ťažby, skládok a výstavby, sídelná a nesúvislá sídelná zástavba
- stredný potenciálny vplyv difúznych zdrojov – poľnohospodárske areály, areály tráv, lúky a pasienky, heterogénne poľnohospodárske areály, orná a nezavlažovaná orná pôda, mozaika polí, lúk a trvalých kultúr, prevažne poľnohospodárske areály s výrazným podielom prirodzenej vegetácie
- nízky potenciálny vplyv difúznych zdrojov – lesné a poloprírodné areály, prechodné lesokroviny, listnaté, ihličnaté a zmiešané lesy, vresoviská a slatiny

Bárium

Pozaďová hodnota Ba sa stanovila z 354 vzoriek z tzv náhodného vzorkovania, geochemického mapovania SR. Výhodou bolo, že obsah Ba nad detekčným limitom zo všetkých vzoriek bol 95,76 % (tab. 1). Charakter distribúcie Ba v podzemnej vode znázorňujú histogramy spracované pre celý súbor údajov (obr. 2) a súbor po vylúčení odľahlých hodnôt metódou techniky 2 σ (obr. 3). Možno konštatovať, že výsledky prakticky všetkých použitých štatistických metód sa veľmi dobre zhodujú. Najreálnejšou pozaďovou hodnotou z tohto súboru je 0,1 mg/l, ktorá sa stanovila na základe údajov získaných iteračnou technikou 2 σ.

Podľa distribúcie obsahu Ba vo vzťahu k potenciálnym difúznym zdrojom kontaminácie (obr. 4) možno všeobecne konštatovať, že sa koncentrácie vyššie ako pozaďová (odľahlé, vylúčené hodnoty) z prevažnej časti viažu na výskyt difúznych zdrojov s najvyššou potenciálnou záťažou pre podzemnú vodu. Je zrejmé, že sa zvýšené koncentrácie Ba v danej mierke viažu na antropogénne zdroje.

Zhodnotené časové rady monitorovacích objektov (192 vzoriek) dokumentuje tab. 2. Z výsledkov aplikovaných štatistických metód je zrejmé, že v každom prípade majú o niečo vyššie hodnoty ako pri vstupných údajoch plošného vzorkovania. Pravdepodobnou príčinou je sústredenie monitorovacích objektov do oblastí s vyššou kontamináciou, pričom monitorovacia sieť daného útvaru podzemnej vody nie je reprezentatívna.

Z uvedeného možno potvrdiť pomerne dobrú zhodu z dvoch nezávislých súborov údajov postihujúcich plošný (priestorový) aj časový charakter distribúcie Ba v podzemnej vode. Na základe priemeru najradikálnejšej iteračnej metódy z obidvoch hodnotených súborov pokladáme za najreálnejšiu pozaďovú hodnotu 0,07 mg/l.

Chróm

Prístup k stanovovaniu pozaďovej hodnoty obsahu Cr v podzemnej vode sa zakladá na vyriešení určenia sumárnych štatistík z cenzorovaných dát. Použili sme odporúčanú Kaplanovu-Meierovu analýzu (jej sumárne štatistiky sú v tab. 3). Potom sa stanovila pozaďová hodnota ako stredná hodnota zo 75. kvantilu geochemického mapovania a monitoringu kvality podzemnej vody, čo predstavuje pozaďovú hodnotu Cr 0,0034 mg/l útvaru podzemnej vody SK1001200P.

Záver

Stanovovanie pozaďových a prahových hodnôt zložiek v podzemnej vode je pomerne zložitý proces a citlivá problematika z odborného, ako aj z ekonomického hľadiska (implementácia rámcovej smernice o vodách, plány manažmentu povodí) Navrhovaný postup vychádza z možností vstupných informácií, koncepčného modelu a hydrogeochemickej interpretácie. Pri synteticky vyrábaných organických zlúčeninách (nevznikajúcich prirodzenou

cestou) je pozaďovou hodnotou „nulová koncentrácia", ale z praktického hľadiska detekčný limit. Pri stanovovaní pozaďovej a prahovej koncentrácie je nevyhnutné osobitne pristupovať ku každému prvku útvarov podzemnej vody a brať do úvahy všetky špecifické podmienky v nich. Ak sú veľmi podobné, treba využiť jednu pozaďovú a prahovú hodnotu.

Literatúra

ANONYM, 2000: Smernica 2000/60/ES Európskeho parlamentu a Rady z 23. októbra 2000 ustanovujúca rámec pôsobnosti spoločenstva v oblasti vodnej politiky. *Úradný vestník Európskych spoločenstiev, Brusel, 67.*

BERTHOUEX, P. M. & BROWN, L. C., 1994: Statistics for environmental engineers. *Lewis, Boca Raton, FL.*

BODIŠ, D. & RAPANT, S., 2000: Environmental geochemistry and environmental geochemical mapping of the Slovak Republic. *Slov. geol. mag., 6, 1, 5–16.*

CLEVELAND, W. S., 1993: Visualizing data. *Hobart Press, Summit, NJ.*

EC DG ENVIRONMENT 2003: Agenda 4. Analysis and monitoring of priority substances. Background concentrations. Brussels, 14.

ERHARDT, W., HÖPKER, K. A. & FISCHER, I., 1998: Verfahren zur Bewertung von immissionsbedingten Stoffanreicherungen in standar disierten Graskulturen. *Umweltchem Ökotox, 8, 237–240.*

FORSTNER, U., AHLF, W., CALMANO, W. & KERSTEN, M., 1990: Sediment criteria development. *In: D. Heling, P. Rothe, U. Förstner & P. Stoffers (eds.): Sediments and Environmental Geochemistry. Springer-Verlag, 311–338.*

HAGGARD, B. E., MASONER, J. R. & BECKER, C. J., 2003: Percentile distributions of median nitrite plus nitrate as nitrogen, total nitrogen, and total phosphorus concentrations in Oklahoma streams, 1973–2001. Water-Resources Investigation Report 03-4084. US Geological Survey, US Agricultural Research Service, 23.

HELSEL, D. R. & HIRSCH, R. M., 1992: Statistical methods in water resources. Elsevier publ., U. S. Geol. Survey, Water Resources Division Reston, Virginia 22092. 522.

KUNKEL, R., BERTHOLD, G., BLUM, A., ELSASS, P., FRITSCHE, J. G., WENDLAND, F. & WOLTER, R., 2006: Assessment of natural background levels and threshold values for groundwater bodies in the Upper Rhine Valley (France and Germany). *Geophysical Research Abstract, 8.*

MADANSKY, A., 1988: Prescriptions for working statisticians. *Springer-Verlag, New York, NY.*

MALÍK, P & ŠVASTA, J., 2006: Charakterizácia útvarov podzemných vôd z hľadiska tvorby podzemných vôd, ich odvodňovania a smerov prúdenia podzemných vôd. *Manuskript – archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 121.*

MATSCHULLAT, J., OTTENSTEIN, R. & REIMANN, C., 2000: Geochemical background: Can we calculate it? Environmental Geology 39 (9). *Springer-Verlag, 990–1000.*

MULLER, D., FOUILLAC, A. M., HART, A. & QUEVAUVILLER, Ph., 2006: BRIDGE – Background Criteria for the Identification of Groundwater Threshold Values. European Groundwater Conference 2006 – Presentation Abstract – Chapter 1.3.4, 88–93.

RAPANT, S., VRANA, K. & BODIŠ, D., 1996: Geochemical atlas of Slovakia – Part I Groundwater *GSSR, Bratislava, 127.*

TUFTE, E. R., 1983: Envisioning information. Graphics Press, Chesire, CN.

U. S. Environmental Protection Agency 1998: National water quality inventory – 1998. Report to Congress: Office of Water, 41

U. S. Environmental Protection Agency 2000a: Nutrient criteria technical guidance manual: Rivers and streams. EPA 822/B-00/002. 141

Rukopis doručený 11. 5. 2007
Rukopis akceptovaný 11. 5. 2007
Revidovaná verzia doručená 15. 8. 2007

Proposal for estimation of background and threshold values in groundwater

The estimation of background and threshold values for single chemicals in groundwater is rather complicated and also "sensitive" dilemma not only from the scientific but also from the economic point of view (implementation of WFD, river basin management plans). The proposed methodology of their determination stems from the feasibility of the input information, conceptual model (Fig. 1) and hydrogeochemical interpretation in conditions of Slovak Republic.

The whole combined procedure (separately elaborated data from geochemical mapping and monitoring of groundwater quality and their comparison) is based on the application of two approaches:

Statistical approach

• Estimation of summary statistics in the case of data less-than the detection limit. For this purpose we have tested some of the convenient methods (US EPA 1998, 2000a; Helsel and Hirsch, 1992). The criterion of the convenience for the selection of the most suitable method included uncertainties and limitations resulting from the number of values below the detection limit within the dataset. In the case when over 60 % of measurements does not reach the concentrations at the level of detection limit we recommend to elaborate censored data using Kaplan-Meier's analysis for the calculation of the median value and 75th percentile which will represent the background value (Fig. 3). For the datasets with 60 to 80 % of censored data we recommend to use maximum likelihood methods and the datasets with above 80 % of censored data we recommend to be characterized only with meaningful threshold.

• Character of the distribution of evaluated chemical element/compound (visually, histogram, testing of character of distribution),

• Calculation of background value (identification and elimination of distant values). This step is individual for each element/compound and is managed by the character of the input data. We recommend to use iterative 2 σ technique (Erhardt et al., 1998) consisting of repeated elimination of distant data higher or lower than $x \pm 2\sigma$ until the approximation to the normal distribution (Tabs. 1 and 2; Figs. 2 and 3). Then the background value is considered to be $x + 2\sigma$ from

the dataset modified with the last iteration. It is relatively radical and mathematically robust method that we have applied from all methods as the most suitable one.

Geochemical approach

This represents the determination of background value with minimum naturally or anthropogenically influenced groundwater in respective groundwater body. We recommend following criteria for the selection of minimally influenced samples.

• Elimination of each sample which does not satisfy condition that the concentration is lower than a half of the reference value (drinking water standards). The sample elimination is done also in the case when only one compound does not satisfy this principle.

• From the samples satisfying the first condition the background value corresponds to the concentration determined as the 90th percentile.

Further, the final determination of the background value comprises the geochemical and hydrogeological review of the statistically and geochemically determined background values and eliminated distant values. The estimation of primary and anthropogenic rate on the determined background value and its verification was performed using GIS technique via the comparison with the map of land use and hydrogeological conditions in groundwater body. For this purpose we recommend following hydrogeological parameters:

a. Identification of the areas where groundwater reserves are supplied.

b. Identification of the areas where groundwater body is drained.

c. Identification of general directions of groundwater flow within the body.

For synthetic organic compounds (not originated in natural way) the background value is "zero concentration" and this is practically the value of the detection limit of single organic compound. The threshold value we propose in accordance with the project BRIDGE (http://www.wfd-bridge.net) as a half of the interval between determined background value and the reference one (drinking water standard).

The estimation of background and threshold values requires an individual approach to each chemical in respective groundwater bodies and to consider carefully all specific conditions in them using the possibility of one background and threshold value in the case of big similarity.

Mineralia Slovaca, 39 (2007), 235–242

Zdroje zlata v starovekom Egypte

PETER ANDRÁŠ[1,2]

[1]Geologický ústav SAV, Severná 5, 974 01 Banská Bystrica
[2]Katedra ekológie a environmentálnej výchovy Univerzity Mateja Bela, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica

Gold sources of the ancient Egypt

Egypt was during the ancient times considered as a legendary country, where *"gold was as plentiful as dust"*. The main sources of gold were in the Eastern Desert of Egypt and in Nubia and NE Sudan. The ancient Egyptians distinguished two main types of gold: *nub-en-mu*, gold from river (gold placers), and *nub-en-et*, gold from mountains (primary gold-quartz mineralization). Geological setting of the gold deposits, their main types and the development of the gold mining over time is outlined.

Key words: Arabian-Nubian shield, gold production, mining, periods of the ancient Egypt

V staroveku sa Egypt pokladal za krajinu zlata a to sa v ňom vyskytovalo naozaj v mimoriadne hojnom množstve. Volali ho *zlatom bohov,* lebo farbou pripomínalo slnko. Striebro – *kosti bohov* – bolo oveľa zriedkavejšie (Viegas, 2002) a v *zlatom veku Egypta* – za čias 18. dynastie (1550–1295 pr. Kr.) – sa cenilo väčšmi ako zlato (Lucas a Harris, 1962). Egypt svoje surovinové potreby kryl domácou ťažbou aj importom. Od čias 5. dynastie (2494–2354 pr. Kr.) vysielal výpravy do bližšie neidentifikovanej krajiny Punt, aby privážali zlato, vonnú živicu, ebenové drevo, slonovinu, otrokov a zvieratá (napr. paviány).

Zlato sa ťažilo hlavne vo Východnej púšti a v Núbii (sv. Sudán), ale aj v Západnej púšti (napr. ložisko Buchen Semma alebo nedávno objavená lokalita v okolí El-Oweinatu na najjužnejšom okraji tejto púšte v oblasti *Oweinat-Gabal Kamel*). Z Núbie sa do Egypta dovážalo zlato, meď, polodrahokamy, otroci, hodnotný stavebný kameň a slonovina. Egypt sprvu väčšinu zlata získaval ako korisť a neskôr ako tribút z Núbie, Sýrie a Palestíny.

Egypťania rozlišovali biele, zelené, rýdze zlato a pod. Zdrojom týchto jeho vlastností bola prímes kovov, najmä Fe, Ag a Cu. Väčšina egyptského zlata mala 17–23,5 karátov a prírodné často obsahovalo aj viac ako 20 % Ag. Rýdzosť Au Egypťania až do druhej polovice 1. tisícročia pr. Kr. nevedeli ovplyvniť, no veľmi skoro sa naučili pridávať doň iné kovy (Shaw, 2003).

Egypťanom patrí aj prvenstvo v mapovej dokumentácii banských diel. 3200 rokov stará „geologická" mapa sa zachovala na tzv. *Turínskom papyruse* (obr. 1), ktorý pochádza zo zbierok Bernardina Drovettiho. Zberateľ ho získal pred rokom 1824 a teraz je v Egyptskom múzeu v Turíne. Skladá sa z dvoch častí veľkých 280 x 41 cm. Vznikol asi za vlády Ramzesa IV. okolo roku 1150 pr. Kr. a zobrazuje 15 km dlhý úsek hornatej krajiny s prístupovými cestami z mesta Coptos do zlatých baní vo vadi Hammamat aj s cestou vedúcou do prístavu Quseir pri Červenom mori. Na kopcoch sú nápisy *„hory striebra a zlata"* a *„hory zlata"*. V *„mape"* je vyznačených viac orientačných bodov, napr. Amónova kaplnka, príbytky robotníkov, vodná cisterna, ako aj stéla Setiho I. a pieskovcové lomy Za dvomi poslednými orientačnými bodmi vidieť štyri banské štôlne a ďalšie šachty sú vyznačené na blízkom kopci. Egyptológovia (napr. Harrell a Brown, 1992) sa domnievajú, že „mapa" azda slúžila výprave, ktorá mala vylomiť obrovský blok pieskovca, z ktorého bola vytesaná socha pre zádušný chrám Ramzesa II. (1279–1213 pr. Kr.).

Aj keď ročná produkcia Au za čias faraónov neprekračovala 1 t, ak sa to porovná s desiatkami či iba s niekoľkými málo stovkami kg Au, ktoré sa na Slovensku vyťažia v súčasnosti, je to pozoruhodné množstvo.

Geologická pozícia zlatých ložísk

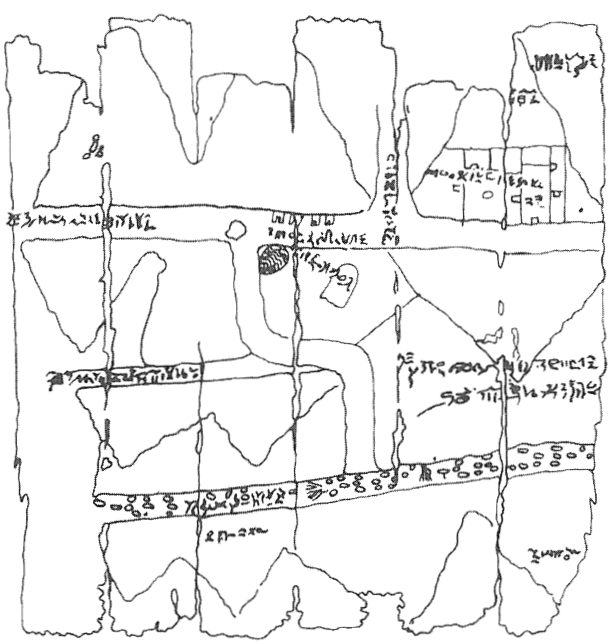
Ložiská zlata v Egypte a v Sudáne sú v prekambrickom fundamente arabsko-núbijského štítu (Kröner, 1979, Vail, 1988), ktorý vznikol nasunutím vulkanických horninových komplexov na panafrický fundament (Kröner et al., 1992) v období 1000–2000 Ma (Gass, 1982). Akrečná prizma sa skladá z mafických (bazaltovo-andezitických) až kyslých (ryolitovo-dacitových) vulkanitov a sedimentárnych hornín (z ílovca a konglomerátov) a mramoru (Kröner et al., 1992). Významnou súčasťou tohto komplexu sú aj ofiolitové sekvencie mafických a ultramafických hornín obsahujúcich xenolity vrchnoplášťových serpentinitov. Príkladom kompletnej ofiolitovej série môže byť oblasť okolo Umm Fawakhiru (El Gaby et al., 1988; Langwieder, 1994) vo Východnej púšti (Botros, 2002).

Stern a Hedge (1985) udávajú vek vulkanitov ostrovných oblúkov a ofiolitov 700–800 Ma. Tieto komplexy boli

prekryté produktmi vápenato-alkalického vulkanizmu a klastickými sedimentmi molasového typu. Nasledujúca kolízia akrečnej prizmy s panafrickým fundamentom viedla pred 620–570 Ma ku kompresii (Abdelsalam, 1993). V postorogénnej fáze v tomto teréne intrudoval granit (Hassan a Hashad, 1990). Hlavné poruchové zóny sa aj neskôr viackrát aktivovali a výskyt rojov dajok mafických hornín indikuje, že vo finálnom štádiu orogénneho procesu africko-núbijského štítu nastala extenzia (Stern et al., 1988). Po erózii v kriede (90 Ma) prekryli fundament pieskovcové telesá. Pri erózii krídel riftového systému Červeného mora sa pri zdvihu fundament s kremenno-Au mineralizáciou opäť obnažil (Klemm et al., 2001).

Názory na genézu zlatých ložísk arabsko-núbijského štítu prešli dlhým vývojom. Napríklad Hume (1937) predpokladal, že Au mineralizácia vznikla ako integrálna súčasť hydrotermálnych procesov spätých s dioritovými intrúziami proterozoického veku alebo že má, ako uvádza Amin (1955), vzťah k neskoroproterozoickým až staropaleozoickým granitom. Podľa Sabeta et al. (1976) vznikla v niekoľkých etapách a geneticky sa viaže na viacetapový (prekambrický až terciérny) vulkanizmus.

Podľa Langwiedera (1994) Au mineralizácia africko-núbijského štítu prednostne vystupuje v poruchových zónach ofiolitových súvrství, v komplexoch ostrovných oblúkov a v postorogénnych granitoidoch a jej vznik je geneticky spätý s granitoidnými horninami. Zlatonosné kremenné žily sú hojné priamo v granitoidných intrúziách alebo v ich bezprostrednej blízkosti. Vysoký obsah Au sa zistil iba v hydrotermálne alterovaných častiach hornín (Murr, 1999).



Obr. 1. Takzvaný Turínsky papyrus – najstaršia „geologická mapa" sveta.

Fig. 1. So-called Turín papyrus – the oldest "geological map" of the world.

Typy zlatých ložísk

Starovekí Egypťania rozlišovali 1. rozsypové zlato z aluviálnych náplavov – *nub-en-mu* („zlato z rieky"), ktoré sa často ťažilo na najnehostinnejších miestach, ako bola Akita vo Východnej púšti), a 2. *nub-en-et* („zlato z hôr"), získavané zo zlatonosných kremenných žíl.

V rámci primárnych zlatých ložísk („zlata z hôr") možno rozlíšiť:

1. Ložiská asociované s mafickými až ultramafickými jednotkami ofiolitového charakteru a s produktmi ich zvetrávania (Klemm et al., 2001; Botros, 2002, Hassaan, 2001). Do týchto sekvencií intrudovali proterozoické granitoidy. Zlatonosné kremenné žily vystupujú prednostne pozdĺž kontaktu intrúzií s horninami, do ktorých intrudovali (napr. ložisko Sukkari).

2. V južných oblastiach Východnej púšte, ale najmä v sv. Sudáne zlatonosné žily prerážajú vulkanické horniny ryolitovo-andezitového charakteru s preplástkami sedimentov a mramoru. Žilná Au-kremenná mineralizácia aj tam geneticky súvisí s intrúziami granitoidov (napr. ložisko Atud).

3. V západnej časti sv. Sudánu blízko Nílu sa zachoval rad starovekých baní, v ktorých sa ťažili zlatonosné kremenné žily v rule prepanafrického fundamentu. Obsah Au v tomto type mineralizácie bol až 30 $g \cdot t^{-1}$ (napr. ložisko Sarras, Duweishat a Abu Sari). Početné chrámy z obdobia Novej ríše z čias vlády Amenhotepa III a IV. (okolo 1380–1340 pr. Kr.) na druhom brehu Nílu dokumentujú význam týchto ložísk pre starovekú egyptskú ríšu (Klemm et al., 2001).

Väčšina zlatých ložísk vo Východnej púšti (napr. Hangaliya, Fatira, Gidami, Atalia...) vykazuje tri mineralizačné štádiá (Klemm et al., 2001):

1. pyritovo-arzenopyritové (± pyrotín, chalkopyrit sprevádzané intenzívnou sericitizáciou okolitých hornín),

2. kremenno-zlaté s pyritom, sfaleritom, galenitom a chalkopyritom (± digenit, hessit, calaverit, scheelit, hematit, tetraedrit) a

3. kremenno-pyritové (± Au).

Ťažba zlata v starovekom Egypte

I. Neolitické a predynastické obdobie (pred 2700 pr. Kr.)

Počiatky ťažby zlata súvisia s jeho získavaním z náplavov. Aluviálny zlatonosný piesok sa spracúval tak, že sa vložil do vaku z ovčej vlny, pričom jemné ovčie rúno tvorilo vnútornú časť vaku. Pridala sa voda a vak natriasali dvaja muži. Keď sa voda vyliala a ľahké zemité časti sa odplavili, v rúne zostali zachytené ťažké čiastočky zlata (Shaw, 2003).

Rudné pole vadi El Allaqi vo vadi Muelha má rozlohu 260 km^2 a zahŕňa ložisko Umm Garaiart, Haimur a ďalšie bane v nílskom údolí. Sú tu rôzne typy mineralizácie – rozsypový, žilný, impregnačný, pravdepodobne aj porfyrické Cu-Au rudy. Väčšina zrudnenia je vo výške vyše 500 m nad morom. Už asi pred 4000 rokmi sa tam vo vykopaných plytkých jamách premývali zlatonosné náplavy na plytkých drevených nádobách.

Geológovia v údolí Daghbag pri Červenom mori v južnom Egypte objavili aj niekoľko prastarých zlatých baní z obdobia rokov 5500–3100 pr. Kr. Ali Barakata (2002) na tomto základe predpokladal, že azda práve Egypt bol prvou krajinou, v ktorej sa zlato ťažilo banským spôsobom, no väčšina vedcov počiatky ťažby a technológie získavania Au z rudy hľadá v Mezopotámii, v Iráne alebo v Anatólii (Viegas, 2002).

Z Východnej púšte je známych vyše 100 starých zlatých ložísk, ktoré sa začali ťažiť už v predhistorických dobách. Ťažba sa sústreďovala na bohaté kremenné žily s Au hlavne v okrajových častiach granodioritových intrúzií (Kroeper a Wildung, 1994).

Výskyt baníckych nástrojov z neolitického a predynastického obdobia sa viaže na okolie kremenných žilných systémov obsahujúcich variabilné množstvo supergénne remobilizovanej Cu sulfidickej mineralizácie. Zdá sa, že pri hľadaní zlatonosných kremenných žíl prvým prospektorom dobre slúžil práve nápadne zelený malachit. Popri zlate sa ťažil aj malachit, a to ako Cu ruda a farbivo (Castel a Matheia, 1992).

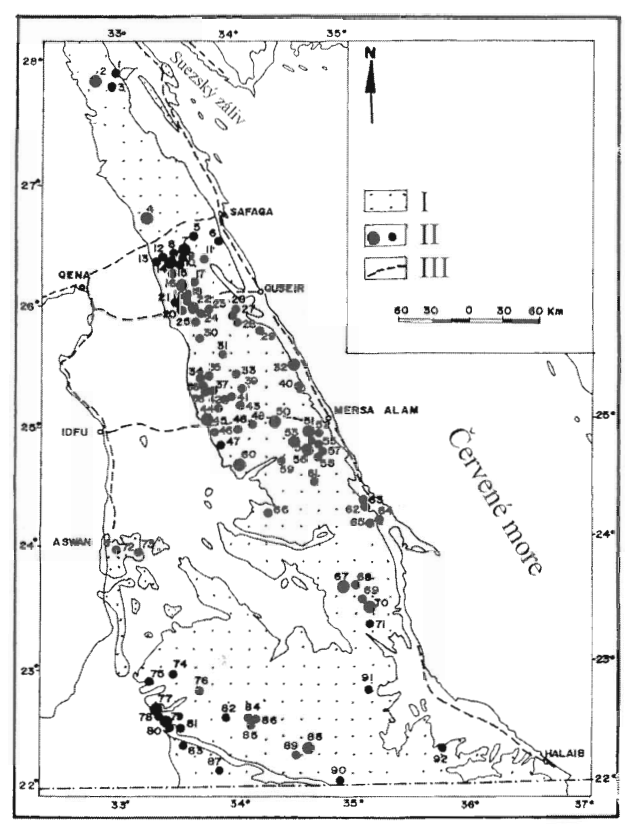
Ťažiť sa začalo otvorenými šachtami s obmedzenou podzemnou aktivitou. Egypťania vyvinuli efektívne extrakčné metódy na získavanie zlata z kremenných žíl. Vyťaženú žilovinu rozdrvili na prach veľkými obojručnými kamennými mlatmi s hmotnosťou 6–10 kg (Klemm et al., 2001). Au sa z rudy získavalo hydrodynamickou koncentráciou – premiešaním s vodou, aby sa rudnina lepšie rozrušila. Rmut preliali do bazénov zhruba kubického tvaru. Tam sa zachytával sediment a hromadilo zlato (Viegas, 2002). Zlato sa často ťažilo pod vojenským dozorom. Práca bola ťažká a mnohí baníci ju neprežili (Shaw, 2003).

Najdôležitejšími boli bane v Coptose, vo vadi Hammamat, ložisko Abu Marawat, Barramiya, Sukkari a náleziská rúd pri Ikoptose (obr 2). Už v preddynastickom období (3200–2686) vyrástlo aj mesto Ombos (*Nubt*, t. j. „mesto zlata," – neskorší názov mesta je Com Ombo). Cez mesto viedla dôležitá karavánová cesta do Núbie a k zlatým baniam (Bard, 2003), ako aj najkratšia cesta od Nílu z Gebtu alebo z Gízy k Červenému moru. Viedla cez vadi Hammamat, kde sa už v preddynastickom období ťažilo zlato, a využívala sa aspoň 5000 rokov. Vybudovali ju už za čias 1. dynastie alebo dokonca ešte skôr. Vozili sa tade mušle, rohy, slonovina, kadidlo, perá a kožušiny.

Medzi najstaršie zlaté bane na svete patrí aj ložisko Sukkari. Ťažilo sa z neho zlato (pôvodne štruktúrne viazané, tzv. *„neviditeľné zlato"* v zlatonosných sulfidických mineráloch, hlavne v pyrite a v arzenopyrite. V supergénnych podmienkach sa mobilizovalo do trhliniek a interstícií; Hemley a Kaindl, 2001; Hemley et al., 2004).

II. Stará (2700–2160 pr. Kr.) a Stredná ríša (2119–1794 pr. Kr.)

Podobne ako v preddynastickom období aj v časoch Starej ríše pokračovala prospekcia Au mineralizácie na báze malachitu. Novinkou bola ťažba Au kremenných žíl s hematitom (± baritom). V Starej ríši sa vyťažená zlatá ruda drvila novým typom kladív, ktoré sa skladali z oválnych kameňov s hmotnosťou 2–5 kg s drevenou rúčkou, alebo jednoručnými kamennými kladivami cylindrického tvaru (obr. 3). Zlato sa potom získavalo premývaním (Newberry, 1993) Väčšinu baníkov vo Východnej púšti netvorili Egypťania z nílskeho údolia, ale príslušníci púštnych kmeňov (Klemm et al., 2001).



Obr. 2. Ložiská a výskyty Au mineralizácie vo Východnej púšti (Kochine a Basyuni, 1968): I – východy geologického fundamentu, II – ložiská a výskyty, II – hlavné cesty. 1 – Umm Mongul, 2 – Umm Balad. 3 – vadi Dib, 4 – Fatira, 5 – Abu Marawat, 6 – vadi Gasus, 7 – Semna, 8 – Gebel Semna, 9 – Abu Quarahish, 10 – Kab Amiri, 11 – Sagi, 12 – Gidami, 13 – Hamama, 14 – Erediya, 15 – Abu Had, 16 – Atalla, 17 – Rebshi, 18 – Umm Esh, 19 – Umm Fawakhir, 20 – Hammamat, 21 – Umm Had, 22 – El Sid, 23 – Umm Selimat, 24 – Hammuda, 25 – El Nur, 26 – Kareim, 27 – Kab El Abyad, 28 – Tarfawi, 29 – Sherm El Baharri, 30 – Zeidum, 31 – vadi Zeidum, 32 – Umm Rus. 33 – Sigdit. 34 – Talat Adalla, 35 – Abu Muawaad, 36 – Daghbag, 37 – El Hisinat, 38 – Bokari, 39 – Umm Samra, 40 – Abu Dabbab, 41 – Abu Quaria, 42 – Umm Saltit, 43 – Bezah, 44 – Umm Selim, 45 – Barramiya, 46 – Dungash, 47 – Samut, 48 – Umm Hugab, 49 – Urf El Fahid, 50 – Atud, 51 – Sukkari, 52 – Umm Tundeba, 53 – Haglaliya, 54 – Kudeman, 55 – Sabahia, 56 – Umm Ud, 57 – Allawi, 58 – Lewewi, 59 – Dweig, 60 – Hamash, 61 – Geli, 62 – Qulan, 63 – Kab el Rayan, 64 – Sheialik, 65 – Abu Rahaya, 66 – Wadi Khashb, 67 – Umm Eleiga, 68 – Betan, 69 – Qurga Rayan, 70 – Hutit, 71 – Kalib, 72 – Kurtunos, 73 – El Hudi, 74 – Hariari, 75 – Umm Shira, 76 – Nequib, 77 – Haimur, 78 – nílske údolie, 79 – Umm Garaiart, 80 – Marahib, 81 – Atshani, 82 – Murra, 83 – Filat, 84 – Seiga I, 85 – Seiga II, 86 – Umm Shashoba, 87 – Abu Fass, 88 – Umm Tuyur, 89 – Betam, 90 – Umm Egat, 91 – Romit.

Fig. 2. Gold deposits and occurrences in the Eastern Desert of Egypt (Kochine and Basyuni, 1968): I – outcrops of basement, II – gold deposits and occurrences, III – main roads. Localities are named in Slovak explanation above.

Zachovali sa údaje o expedícii, ktorú do vadi Hammamat vyslal Pepi I. (panovník zo 6. dynastie). Kameň a zlato sa tam ťažili za čias Strednej a Novej ríše. Lomy osobne navštívil aj Ramzes IV.

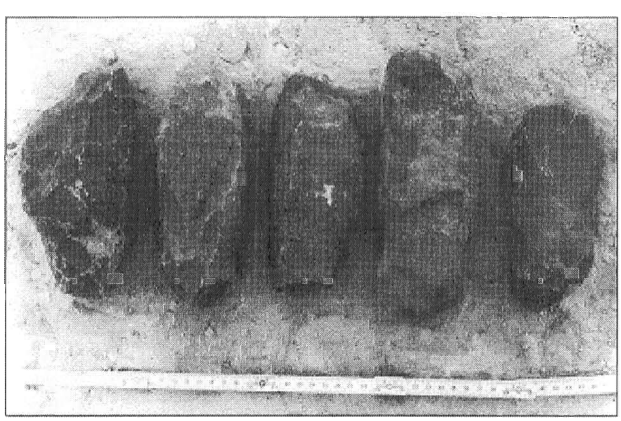
V období Starej ríše okolo roku 1800 pr. Kr. obsadil egyptský panovník Senvosret III. (asi 1870–1813) dolnú Núbiu, aby tak kontroloval obchod so zlatom.

Egyptské zlaté bane v Núbii (obr. 4) boli po obidvoch stranách Nílu, ale najdôležitejším centrom zlatého baníctva bolo vadi El Allaqi, ktoré sa tiahne na V do hôr v okolí Qubbanu (asi 107 km na J od Elefantine). Približne na rozlohe 150 km^2 boli do hĺbky 2 m spracované rozsypy. Do kopcov sa razili štôlne a šachty až do hĺbky 160 stôp. Hlavným nástrojom baníkov bolo kamenné kladivo.

Už Amenemhet I. (1985–1956 pr. Kr.) v 29. roku svojej vlády porazil Núbijcov a postavil pevnosti Ravatej v Mendéte a vojenské základne Senna a Kúhan v Núbii, aby tak zabezpečil ochranu zlatých baní vo vadi El Allaqi (Shaw, 2003).

Umm Garaiart je stará zlatá baňa z tohto obdobia. Starí Egypťania tam vyhĺbili šachty do hĺbky 30 m a v roku 1901 sa na ložisku obnovila ťažba. V podloží zrudnenia sú série metavulkanických hornín a metasedimentov. Zlato sa vyskytovalo v šošovkách a slučkovitých deformáciách kremenných žíl modrastobielej farby. Žily boli hrubé od 4–5 do 15 m. V jv. časti ložiska v granodioritoch a andezitoch s koncentrickými zónami hydrotermálnej alterácie vystupovali ložiská podobného charakteru ako Cu-Au porfýrová mineralizácia. Obsah Au bol do 16 g·t^{-1}.

Ďalšie staroveké egyptské zlaté bane z tohto obdobia boli: Marahiq, Atshan a Um-Rilan v severnej časti centrálnej zóny vadi El Allaqi a rozloha zóny 175 km^2 (Klemm et al., 2001). Prevažne ju tvorili metavulkanity a ich pyroklastiká, do ktorých intrudovali granodiority a granity. Pre ložisko Marahiq bola typická masa impregnácií hexaedrického pyritu. Metamorfované horniny pretínali početné plocho uložené žily bieleho kremeňa s malachitom a lokálne so zriedkavým pyritom. Po intenzívnej starovekej ťažbe zostali v alúviu pozdĺž pravého brehu vadi početné stopy (pingy, haldy, zvyšky premývacích bazénov) na úseku dlhom 2,6 km.



Obr. 3. Andezitové kamenné kladivá používané za čias Starej a Strednej ríše (Klemm et al. 2001)

Fig. 3. Andesitic stone hammers used in Old and Middle Kingdom times (Klemm et al. 2001)

III. Nová ríša (1550–333 pr. Kr.)

Diodorus Siculus (in Langwieder, 1994) v 2. stor. pr. Kr. opísal banské a metalurgické technologické postupy starých Egypťanov. Píše, že egyptskí panovníci na prácu v zlatých baniach využívali odsúdených zločincov a zajatcov, príležitostne dokonca aj ich rodinných príslušníkov a príbuzenstvo. Ak bola zlatonosná hornina veľmi tvrdá, údajne ju najprv rozpaľovali ohňom a potom polievali studenou vodou. Po rozrušení ju lámali kamennými kladivami a občas aj železnými dlátami. Oválne kamenné kladivá nájdené v Umm Fawakhire sú dlhé okolo 20 cm, boli zhotovené z bazaltu alebo dioritu a mali od 1 do 3 kg. Drevená rúčka bola zasadená do diery vyvŕtanej do kameňa. Používanie ohňa sa v nijakej z baní vo vadi Hammamat nepotvrdilo. Asi to nebolo ani potrebné. Zlatonosný kremeň bol húževnatý, ale okolitý granit rozrušený trhlinami a puklinami. V ďalších dvoch baniach sa granit niekedy rozsýpal pod nohami.

Diodorus (in Langwieder, l. c.) ďalej píše, že nalámanú skalu v baniach zbierali nedospelí chlapci a vynášali ju na povrch. Muži starší ako 30 rokov rozdrvili rudu železnými tyčami na kúsky a potom ju dvojice alebo trojice žien zomleli na jemný prach v niekoľkých do radu postavených ručných mlynoch (obr. 5). Zo zomletej rudy sa získaval zlatonosný prach. Skúsení robotníci ho napokon roztierali na naklonenej doske, prelievali vodou, až kým sa ľahké častice neodplavili a na stole nezostali len ťažké zlaté častice. Potom najprv jemne a neskôr silnejšie gumovali dosku špongiou, až kým neodstránili všetko pórovité a zemité, až na doske zostali len zlaté zrnečka (Meyer, 1997)

Fragmenty kamenných premývacích stolov sa zachovali. Boli zostavené z viacerých kusov kameňa spojených ílom alebo bahnom. Ich povrch pokrývala akási malta. Dĺžka stolov bola od 2,2 do 4 m, šírka od 40 do 60 cm, výška neprekračovala 80–100 cm a sklon dosky 15–20°. Použitá voda sa zachytávala približne v kubických cca 60 cm hlbokých kamenných nádobách omietnutých maltou (Klemm et al., 2001). Iným spôsobom sa získavalo zlato z prachu v sedimentačných jamách hlbokých asi 30 cm (Barakat, 2002). Úlomky kremeňa z týchto nádob sa zhromažďovali na depóniách, z ktorých mnohé sa zachovali dodnes. Voda použitá na premývanie rudy sa recyklovala primitívnymi vahadlovými čerpadlami, aké sa v Egypte a Núbii používajú aj v súčasnosti (Klemm et al., 2001).

Zlato sa ťažilo hlavne vo Východnej púšti na J od cesty Quena – Safaga vo vadi Allaqi (Umm Garaiyat, Hariri) a v sv. Sudáne. Ťažili sa zlatonosné žily v bazaltoch, serpentinitoch a amfibolitoch (s občasnými vložkami čiernej bridlice) v blízkosti granitových batolitov. Novým v ťažbe bolo systematické získavanie Au z hrubozrnnej brekcie. Na rozdiel od práce v podzemí, ktorú vykonávali desiatky baníkov, si využívanie tohto zdroja rudy vyžadovalo stovky baníkov.

V jednej z klenotníc chrámu Ramzesa III. (1184–1153 pr. Kr.) v Medinet Habu je zobrazených osem veľkých vakov. Sedem z nich obsahuje zlato a nápis 1 zlato z kraji-

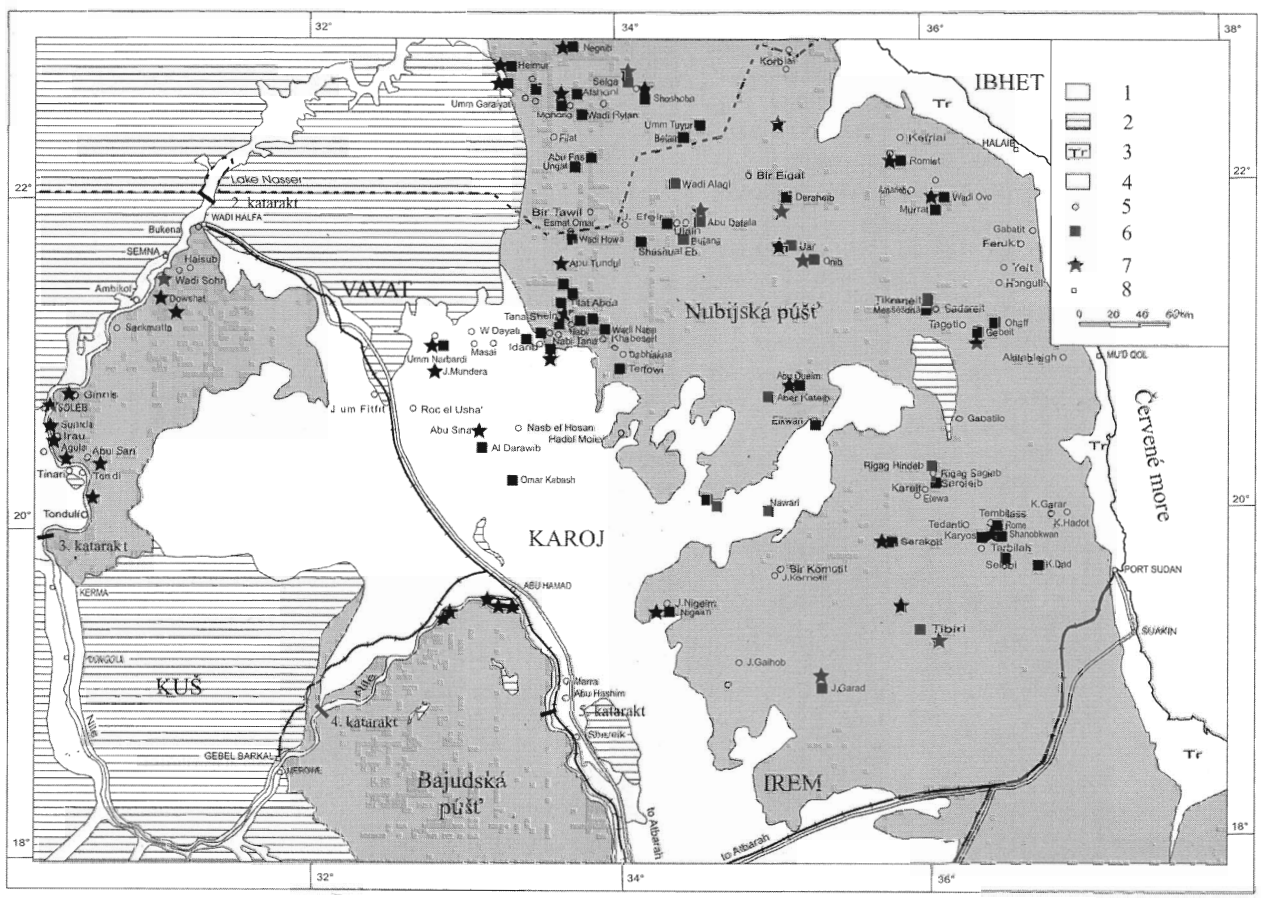
ny Kuš, 2. zlato 1000 debenov (základnou jednotkou egyptského systému merania hmotnosti bol 1 deben, ktorý mal približne 91 g), 3. zlato z hôr, 4. zlato z vôd 1000 debenov, 5. zlato z Edfu, 6. zlato z Ombosu 1000 debenov, 7. zlato z Coptosu. Ôsmy vak obsahuje lazurit *(lapis lazuli)* z Tefreru (Shaw, 2003).

Ložisko chudobnej Au rudy Umm Fawakhir je vo vadi Hammamat v Bakhenských vrchoch, 65 km na V od mesta Coptos, na polceste medzi Coptosom a Červeným morom v prekambrických horninách, do ktorých intrudoval granit, ktorý sa tam vo veľkom rozsahu ťažil za čias Rímskej ríše. Pozdĺž uzučkých puklín v granite presakovala voda na Z k ultramafickým horninám a v nich sa potom kopali studne. Granit prerážajú kremenné žily so zlatom, ktoré sa koncentruje na okraji žíl. Ďalším sprievodným rudným minerálom je pyrit, chalkopyrit a hematit, ktorý sfarbuje kremeň dočervena. Obsah Au v žilách je tam omnoho nižší ako v neďalekej staršej bani Wadi el-Sid, v ktorej sa ťažilo ešte aj v období Byzantskej ríše.

Archeológovia v Umm Fawakhire objavili banícku osadu, ktorú tvorilo 216 domov. Domy boli postavené po obidvoch stranách cesty a mnohé detaily stavieb sú veľmi dobre zachované. Každý dom mal dve až tri miestnosti, ale niektoré domy boli pospájané a tvorili väčšie jednotky. Najväčšia budova mala až 22 miestností. Okolo dediny sa zachovalo aj niekoľko cintorínov. Nijaké opevnenia na ochranu zlatej bane v pustatine sa nezachovali. Našli sa iba základy strážnych stanovíšť pre vojakov (Wilford, 1993).

Železné ani iné kovové nástroje sa v Umm Fawakhire nenašli, lebo kov a drevo boli také cenné, že robotníci nenechali na mieste ani ich úlomky. Ani trecích misiek na pulverizáciu rudniny sa nenašlo mnoho. Nájdené sú z vápenca, teda z mäkkého kameňa, nevhodného na rozotieranie tvrdej kremennej žiloviny. Zachovali sa však stovky drviacich kameňov z bazaltu a granitu s vyhladenými vrchnými časťami veľkých 20 x 20 cm s depresiou uprostred (Meyer, 1992).

O rozvoj ťažby zlatonosného kremeňa vo vadi Hammamat sa zaslúžil hlavne Seti I. Ale nie každé jeho úsilie



Iso the widely scattered localities all over

Obr. 4. Exploatované núbijské ložiská a výskyty Au mineralizácie v období Novej ríše (Klemm et al., 2001). 1 – prekambrický fundament, 2 – núbijský pieskovec, 3 – červenomorská litorálna fácia, 4 – púštny piesok a alúvium, 5 – ťažba zlata v ranoarabskom období (9.–14. stor.), 6 – ťažba zlata v období Novej ríše, 7 – archeologické lokality.

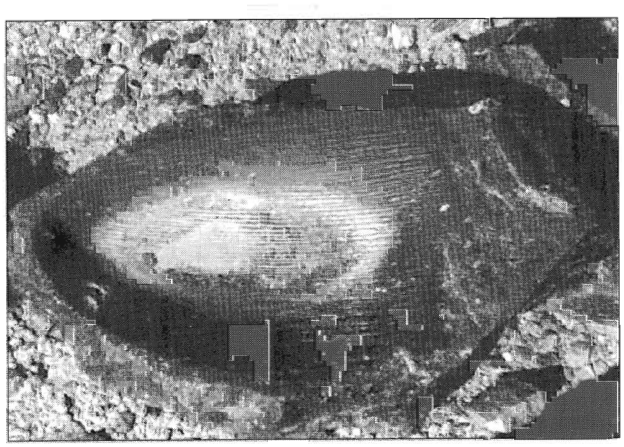
Fig. 4. Distribution of the New Kingdom gold production in Nubia (Klemm et al., 2001). 1 – Precambrian basement, 2 – Nubian sandstone, 3 – Red Sea littoral group, 4 – sandy desert and alluvium, 5 – gold production site, 6 – Early Arab gold production site (9th–14th centuries), 7 – New Kingdom gold production site, 8 – archeological site.

viedlo k úspechu. Jeden pokus sa skončil vykopaním 120 lakťov hlbokej šachty, no nepriniesla nijaký zisk, a tak bola opustená. Baníci používali dva hlavné spôsoby ťažby – 1. otvorené povrchové ryhy a 2. horizontálne alebo úpadné štôlne. *„Štôlne, ktoré egyptskí baníci vykopali, nie sú priame, ale sledujú zlatonosnú žilu,"* napísal v 2. stor. pr. Kr. Diodorus Siculus (in Langwieder, 1994). *„Robotníci pracujú v tme v týchto vetracích tuneloch, používajú fakle upevnené na ich čelách..."* Zlato z Coptosu Seti I. (1294–1279) daroval malému chrámu zasvätenému Amónovi, Ra, Ozirisovi a viacerým ďalším bohom, ktorý za tým účelom postavil Baníci ťažiaci *mäso bohov* pracovali len sezónne a boli oslobodení od iných prác. Aj nasledujúci panovníci chceli nasledovať Setiho príklad, ale neboli veľmi úspešní. Úspech dosiahol až Setiho syn Ramzes II (Shaw, 2003).

Ďalšie významné zlaté ložisko vo Východnej púšti Abu Marawat malo desať rudných štruktúr. Jeho mineralizáciu tvorili Au-Ag-Cu-Zn rudy v kremitej brekcii. Zrudnenie vystupovalo iba v horizonte alterových felzitických vulkanických a vulkanickoklastických hornín a v hĺbke pod 60 m sa strácalo (Botros, 2002).

Roku 1996 sa vo Východnej púšti preskúmali štyri staroveké bane. Dôkazy o ťažbe zlata vo Wadi el-Sid sú až z neskorej Novej ríše (1307–1070). V najväčšej bani bola štôlňa vysoká približne 2 m. Preniká 100 m do hĺbky kopca, má dve bočné chodby a jednu vetraciu šachtu. V čelbe vidieť pravouhlé stopy po štiepaní skaly (Meyer, 1997).

Okolo roku 1000 pr. Kr. začala moc Egypta slabnúť a Núbia zosilnela. V Napate vznikol samostatný štát, postupne rozšíril svoju moc na celú Núbiu, až napokon jeho vládca Kušta okolo roku 750 dobyl Horný Egypt. Kuštov syn Pianchi sa zmocnil aj Dolného Egypta a založil 25. dynastiu, ale už roku 671 Egypt podľahol Asýrčanom. Na začiatku 3. stor. pr. Kr. bolo hlavné mesto Núbie preložené na J do Méroe. Núbijská panovnícka dynastia z Napaty v 8. stor. nakrátko ovládla aj Egypt a kontrolovala karavánové cesty pozdĺž Nílu a cez Východnú púšť. Okolo roku 600 pr. Kr. sa vládcovia Núbie presídlili z Napaty (590–300 pr Kr.) proti prúdu Nílu do Méroe. Udržali si nezávislosť od Ríma a okrem Au, Cu, polodrahokamov, otrokov a slonoviny obchodovali aj s bojovými slonmi.



Obr. 5. Ručný mlyn so žliabkovaním (hĺbka žliabkov cca 3 mm) pravdepodobne určeným na ryžovanie zlata v záverečnom štádiu extrakcie.

Fig. 5. Grinder with striations up to 3 mm deep. These striations may have been used to pan gold in the final stage of the extraction.

Skutočná kríza nastala koncom Novej ríše v čase vlády 21. dynastie (1069–954 pr. Kr.). Núbia sa odtrhla od Egypta, a tak jeden z najvýdatnejších prameňov zlata vyschol. Krajina bola na pokraji hospodárskeho rozvratu (Klemm et al., 2001).

IV. Ptolemaiovské obdobie (332–30 pr. Kr.)

Podľa Diodora Sicula (in Langwieder, 1994) sa zlato v ptolemaiovskom období ťažilo na J Egypta pri hraniciach s Etiópiou, ako aj vo vadi Allaqi, ale presné miesta nie sú známe (Woelk, 1966). Naproti tomu Klemm et al. (2001) na základe vlastného výskumu predpokladajú, že sa zlato ťažilo len na omnoho severnejšie situovaných lokalitách. Podľa nich (l. c.) sa ťažba sústreďovala na spojniciach miest Quena – Sadaga, Quift – Qoseir, Edfu – Berenice a Laqeita – Berenice. Začali sa využívať nové metódy prospekcie zlata a veľmi sa zlepšila technika mletia a spracúvania rudy. Ruda sa mlela kameňmi konkávneho profilu (dlhými 70–80, širokými 30–40 cm so žliabovaním plochy hlbokým 2 mm). Približne kruhovými dvojito vyklenutými mlecími kameňmi s hmotnosťou 5–10 kg sa pohybovalo rukou po trecom kameni, a tak sa ruda rozomieľala na prach.

Ťažilo sa aj podzemnými štôlňami a šachtami v nových aj v obnovených baniach, z ktorých sa mnohé exploatovali už za čias Starej ríše. Banské práce prebiehali približne do hĺbky 30 m, lebo hlbšie sa pre nedostatok kyslíka už nemohli používať olejové lampy. Ťažilo sa iba v baniach blízko ciest (Murray, 1925).

Staršie archeologické štúdie (Stern et al., 1988) predpokladali, že bane vo Východnej púšti boli v ptolemaiovskom období opustené a že tam žili len púštne kmene, ale súčasný výskum (Mayer, 1993; Wilford, 1993) ukázal, že Umm Fawakhir bol aj v tom období kvitnúcim banským mestom. Dodnes sa v ňom zachovali základy 105 domov, ako aj rotačné mlyny z ptolemaiovského alebo rímskeho obdobia (Meyer, 1997). Ďalšie nálezy potvrdzujúce ťažbu zlata v tom období sa našli aj na ložisku Bie Samut vo vadi Samut (Východná púšť) 1 km na S od vadi Muwaylhah, Jarahish, na spojnici s vadi Muwaylhah 9 km na V od Bir Samutu, Rawd al-Liqahu, Bir lavvanu a Bir Umm Howeytatu (Wright a Herbert, 1993).

V centrálnej časti Východnej púšte je aj ložisko Atud, lokalizované v intruzívnom metagabro-dioritickom komplexe. Zlatonosné kremenné žily v ňom vypĺňajú pukliny v proterozoických dioritoch alebo prenikajú pozdĺž kontaktu okolitých hornín s metagabrami. Au mineralizácia vystupuje v hydrotermálne alterovaných častiach horninového komplexu (Harraz, 1999).

V Atshane možno nájsť aj niekoľko opustených banských diel so sekundárnou Cu mineralizáciou obsahujúcou Au. Okolitá hornina je epidotizovaná a veľmi jemnozrnná. Tvoria ju felzitické metavulkanity, metaandezity a metaandezitový tuf. Dve hlavné žily – dlhé 600 až 700 a hrubé

4–5 m – obsahujú asi 1 $g \cdot t^{-1}$ Au. Um-Rilan je baňa v metavulkanitoch a pyroklastických horninách, do ktorých intrudoval kremitý diorit. Vo vzorkách z alteračnej zóny je 0,3 až 1,25 $g \cdot t^{-1}$ Au. Tieto ložiská vystupujú v prekambrických horninách núbijského štítu. Hume (1937) a Sebet (1979) predpokladajú, že vznikli z horúcich roztokov, ktoré sa uvoľňovali z dioritovej magmy proterozoického alebo z granitovej magmy staropaleozoického veku, ale aj ako výsledok zložitých tektonických procesov. Iní vedci dávajú ich vznik do súvislosti s viacnásobnou vulkanickou činnosťou od prekambria až po terciér.

Budúcnosť zlatých baní v Egypte

Budúcnosť ďalšej ťažby zlata v Egypte je viac ako optimistická. Ložiská, ktoré ťažili starovekí Egypťania a neskôr po nich Rimania, Byzantínci a mnohí ďalší, stále poskytujú značné množstvo vzácneho žltého kovu. Len v rokoch 1902 až 1958 sa z ložísk arabsko-núbijského štítu vyťažilo asi 7 t Au (Kochine a Basyuni, 1968).

Ložisko Barramiya, ktoré po starých Egypťanoch ťažili aj Rimania a pravdepodobne aj Byzantínci, bolo v prevádzke až do začiatku 20. stor. a v rokoch 1906 až 1917 vyprodukovalo 1313 kg zlata. Predbežný geologický výskum potvrdil, že má stále 48 000 t rudy s priemerným obsahom Au 2,2 $g \cdot t^{-1}$. Vypočítaná zásoba rudy ložiska Abu Marawat je 407 808 t a obsah Au v rude kolíše od 2,4 do 7,0 $g \cdot t^{-1}$ (priemerný je 5,73 $g \cdot t^{-1}$). Obsah Ag je 31,4 až 63,8 $g \cdot t^{-1}$. Ložisko Umm Garaiart má obsah Au v kremeni v horných úrovniach 7,75 až 155,5 $g \cdot t^{-1}$ a priemerný okolo 12,1 až 31,7 $g \cdot t^{-1}$. Zásoba Au ložiska Sukkari je stále taká veľká, že by sa tam ročne dalo vyťažiť 23 t zlata (Thornton, 2004).

Na ložisku El-Oweinat, ktoré leží na hranici Egypta a Sudánu, tvoria zrudnenie tri druhy mineralizácie: 1. kremenno-magnetitová zlatonosná ruda, 2. malachit a sulfidy obsahujúce kremennú rulu a 3. alterované zóny v kremenných žilách s galenitom, pričom hlavným ťaženým kovom je Au a Ag (Hemley et al., 2004). Kremenno-magnetitové 200 m až 3000 m dlhé polohy sú konformne zvrásnené s pararulami a amfibolitmi. Obsah magnetitu v zrudnení je od 25 do 63 % a Au od 0,6 do 37,5 $g \cdot t^{-1}$. Druhý typ mineralizácie s malachitom tvorí až 50 m hrubé polohy, ktoré nesúvisle vystupujú na rozlohe 10 km^2. Obsah Au kolíše od 8,24 do 25,95 $g \cdot t^{-1}$ a obsah Cu je približne 0,7 %. Kremenné žily prerážajú cez okolité horniny, ktoré tvorí rula, serpentinit a granit. Sú hrubé 1 až 3 m a dlhé aj niekoľkotisíc metrov. Obsah Au v kremeni a v zónach alterácie je od 0,3 do 23,6 $g \cdot t^{-1}$ Vzorky s obsahom 53,24 $g \cdot t^{-1}$ Au sú výnimočné (Michalski, 1997).

Prieskumný projekt, ktorý mal cieľ oživiť ťažbu zlata vo Východnej púšti a v sv. Sudáne, v 60. a 70. rokoch 20. stor. vykonal Egypt (Egyptian Geological Research Authority) a Sudán (Geological Authority of Sudan). Výsledky sú veľmi povzbudzujúce. Odvtedy prieskum a výskum ložísk pokračuje a je dobrý predpoklad, že ložiská zlata, ktoré pred niekoľkými tisícročiami urobili z Egypta najbohatšiu krajinu sveta, môžu aj v budúcnosti významne prispieť k jeho prosperite.

Literatúra

ABDELSALAM, M. G., 1993: Structural evolution of the Oko shear zone, Sudan. *In. U. Thorweihe & H. Schandelmeier (eds.): Geoscientific research for northeast Africa. A. A. Balkema Rotterdam/Brookfield, 121–125.*

AMIN, M. S., 1995: Geological features of some mineral deposits in Egypt. *J. geol. Surv. Egypt, Tome V/I, 76–92.*

BARAKAT, A.. Ancient Egyptians were the first to use gold in jewellery. *Discovery, 2002, Febr 7.*

BARD, K., 2003: Vznik egyptského štátu (asi 3200–2686 pr Kr.). *In: I. Shaw (ed.). Dějiny starověkého Egypta. Praha, BB-art, 77–104.*

BOTROS. N. S., 2002: Metallogeny of gold in relation to the evolution of the Nubian Shield in Egypt. *Ore Geology Reviews, 19, 137–164.*

CASTEL, G. & MATHIEA, B., 1992: Les mines des cuivre du Wadi Dara. *BIFAO, 92, 51–56.*

EL-GABY, S., LIST, F K. & TEHRANI, R., 1988: Geology, evolution and metallogenesis of the Pan African Belt in Egypt. *In: S. El-Gaby & R. O. Greiling (eds.): The Pan African Belt of Northeast Africa and adjacent areas. Vieweg, Braunsweig, 17–63.*

GASS, I. G., 1982: Upper Proterozoic (Pan-African) calc-alkaline magmatism in northeastern Africa and Arabia. *In: R. S. Torpe (ed.): Orogenic andesites and related rocks. Wiley, New York, 591–609.*

HARRAZ, H. Z., 1999: Wall rock alteration, Atud gold mine, Eastern desert, Egypt: Processes and P-T-XCO_2 conditions of metasomatism. *J. African Earth Sci., 28, 3, 527–551.*

HARRELL, J. A. & BROWN, V M., 1992: The oldest surviving topographical map from ancient Egypt: Turin papyri. *J. Amer. Research Center in Egypt, 29, 81–105.*

HASSAN, M. A. & HASHAD, A. H., 1990: Precambrian of Egypt. *In: R. Said (ed.): The Geology of Egypt. A. A. Balkema Rotterdam/ Brookfield, 201–245.*

HASSAAN, M. M., 2001 Exploration for gold deposits in the Egyptian part of the Arabian Nubian shield. Plate tectonics and remote sensing interpretation. *In. Piestrzynski et al. (eds.): Mineral Deposits at the beginning of the 21st century. Swets Zeitlinger Publishers Lisse, ISBN 902651 846 3, 751–754.*

HEMLEY, H. M. & KAINDL, R., 2001 Pyrite zoning in the Sukkari gold mine, Eastern Desert Egypt: A possible mechanism of gold deposition. *In: Piestrzynski et al. (eds.): Mineral Deposits at the beginning of the 21st century. Swets Zeitlinger Publishers Lisse, ISBN 902651 846 3, 755–758.*

HEMLEY, H. M., KAINDL, R., FRITZ, H. & LOIZENBAUER, J., 2004: The Sukkari gold mine, Eastern desert – Egypt: Structural setting, mineralogy and fluid inclusion study. *Mineralium Depos., 6, 495–511.*

HUME, F., 1937· Geology of Egypt, Part III. *J. Geol. Surv. of Egypt, 123–148.*

ICHALSKI, B., 1997· The mineral industry of Egypt. Data of United Nations Statistical Office, New York, 81–97

KLEMM, D., KLEMM, R. & MURR, A., 2001: Gold of the Pharaohs – 6000 years of gold mining in Egypt and Nubia. *J. African Earth Sci., Elsevier, 33, 643–659.*

KOCHINE, G. G. & BASYUNI, F A., 1968: Mineral resources of the U. A. R., Part I., Metallic Minerals. *Reports of Geological Survey of Egypt, 234.*

KROEPER, K. & WILDUNG, D., 1994: Minshat Abu Omar I. *Mainz, 162.*

KRONER, A., 1979: Pan-African plate tectonics and its repercussions on the crust of north-east Africa. *Geol. Rdsch., 68, 565–583.*

KRONER, A., TODT, W., HUSSEIN, I. M., sour, M. & RASHWAN, A. A., 1992: Dating of the late Proterosoic ophiolites in Egypt and Sudan using the single grain zircon evaporation technique. *Precambrian Research, 59, (1–2), 15–32.*

LANGWIEDER, G., 1994: Die Geologie des Gebietes Wadi El-Sid/Umm el-Fawkhir und Geochemische Untersuchungenan Quarzgängen des Goldlagerstättenbezirkes El Sid/Fawakhir *Ludwig-Maximilianus Universität, 122.*

LUCAS, A. & HARRIS, J. R., 1962: Silver in Ancient Egypt. Mackay, W. K. & Co. Ltd. Chatham, UK, 9–11

MÁLEK, J., 2003: Stará říša (asi 2686–2125 pr Kr.). *In. I. Shaw (ed.): Dějiny starověkého Egypta. Praha, BB art, 105–133.*

MEYER, C., 1992: Gold, granite and water The Bir Umm Fawakhir survey project. *Annual of the American Schools of Oriental research, 52, 37–92.*

MEYER, C., 1997: Umm Fawakhir· Insights into ancient Egyptian mining. *J. Minerals, 49, 3, 64–68.*

MURR, A., 1999: Die Genese der Goldlagestättenbezirke Fatira, Gidami Atalla und Hangaliya in der Ägyptischen Ostwüste. *Münchner Geol. Hefte A27, 202.*

MURRAY, G. W., 1925: The Roman roads and stations in the Eastern Desert of Egypt. JEA 11, 138–150.

NEWBERRY, P E., 1993: Beni Hassan I. *Archeological Survey of Egypt, (ASE), 1, London, 8.*

SABET, A. H., TSCGOEV, M. H., BORDONOSOV, V P., BABOURIN, L. M., ZALATA, A. A. & FRANCIS, M. H., 1976: On gold mineralization in the eastern desert of Egypt. *Ann. Geol. Surv. Egypt, 6, 201–212.*

SHAW, I., 2003: Egypt a okolní svět. *In: I. Shaw (ed.): Dějiny starověkého Egypta. Praha, BB-art, 330–345.*

STERN, R. J. & HEDGE, C. E., 1985: Geochronologic and isotopic constraints on the late Precambrian crustal evolution in the Eastern Desert of Egypt. *Amer. Jar. Sci., 285 (2), 97–127.*

STERN, R. J., SELLERS, G. & GOTTFRIED, D., 1988: Bimodal dike swarm in the North Eastern Desert of Egypt: Significance for the origin of late Precambrian A-type granites io Northern Afro-Arabia. *In: El-Gaby & E. O. Greiling (eds.): The Pan African Belt of Northeast Africa and adjacent areas. Vieweg, Braunschweig, 147–179.*

THORNTON, J., 2004: Gold rush (Cairo). *Al Ahram, 1–4.*

VAIL, J. R., 1988: Tectonics and evolution of the Proterosoic basement of northeastern Africa. *In: El-Gaby & E. O. Greiling (eds.): The Pan African Belt of Northeast Africa and adjacent areas. Vieweg, Braunschweig, 195–226.*

VIEGAS, J., 2002: Egyptians first to mine gold? Discovery News. http://dsc.discovery.com/news/briefs/ 20020204/egyptian.html

WILFORD, J. N., 1993: Bir Umm Fawakhir (Egypt) in archeology and anthropology. *Archeology and Anthropology, 6, 11–18.*

WOELK, D., 1966: Agatharchides von Knidos. Über das Rote Meer Übers. U. Kommentar Babberg, 145.

WRIGHT, H. T & HERBERT, S., 1993: Archeological survey in the Eastern desert of Egypt. *In: Report of the University of Michigan, University of Asiut, 11–22.*

Rukopis doručený 21. 5. 2007
Rukopis akceptovaný 21. 5. 2007
Revidovaná verzia doručená 16. 8. 2007

Gold sources of the ancient Egypt

Egypt was considered as the most rich "gold country" of the ancient world. The gold occurrences and deposits of ancient Egypt are located in the Precambrian basement of Arabian-Nubian shield. According to Botros (2001) it is possible to distinguish three types of gold deposits: 1. gold mineralization connected with the island-arc stage, 2. gold mineralization formed during the orogenic stage and 3. post-orogenic gold.

Gold exploitation in pre- and early dynastic times (3500–2700 BC) started at gold placers. Numerous open pits after the gold panning were found in the Eastern Desert of Egypt. The gold exploitation continued by underground activities at occurrences of primary gold--quartz vein systems, which usually contained a variable Cu sulphide mineralization. The green secondary Cu minerals were used by early prospectors for the finding of auriferous quartz veins. Langwieder (1994), Klemm et al. (2001), Bottros (2002) and others presented that the gold-bearing ores were crushed to a fine powder fraction using both hands held discus-shaped stone hammers. However, until now no field evidence for a gold concentration procedure could be discovered.

During the Old and Middle Kingdom (2700–1794 BC) were exploited numerous gold deposits in the Eastern Desert of Egypt and later, in times of New Kingdom (1550–333 B. C.) also lot of Nubian deposits. The main exploitation activities were realized at Wadi Hammamat (i. g. deposit Umm Fawakhir), Wadi Allaqi and in Sukkari mine.

During the New Kingdom times in the mines was used also fire for the wall rock destruction. At the gold production sites the ancient miners constructed the washing tables from stone gold. The waste detritus of the gold--quartz ore was collected in the stone boxes and then recycled using primitive shadoufs.

The dramatic improvement of mining and ore processing techniques (mainly of milling technique) was introduced during the Ptolemai dynasty. The workers used concave--shaped mill stones with paralel incised grooves on the milling plane. Semi-circular two-lugged mill stones were moved by hand over the grinding plane. The crushed quartz was grinded into a powder fraction. This processing enabled make free the gold and silver grains.

The future of the gold production in Egypt and NE Nubia seems to be very promissing. The results of the investigation of the Egyptian Geological Research Authority and of the Geological Authority of Sudan in sixties and seventies of 20th century showed great resources of gold in the mineralized structures of abandoned ancient mines.

Mineralia Slovaca, 39 (2007), 243–246

Lučenská kotlina – nová perspektívna oblasť s geotermálnymi vodami

DIONÝZ VASS[1] a JÁN DZÚRIK[2]

[1]Matičná 5, 831 03 Bratislava
[2]GEOSPEKTRUM, s. r. o., Mliekarenská 10. 824 92 Bratislava

Lučenská kotlina Depression: New perspective area with geothermal water

The Lučenská kotlina Depression (Southern Slovakia) from the point of view of geothermal energy was considered to be irrelevant. The wells drilled in the northern depression margin got the cold or temperate water from the basal clastics of Cainozoic depression sedimentary fill. The pre-Cainozoic basement is built up by Paleozoic metamorphites of the Veporic and Gemeric units and such a basement was found to by impermeable, not able to collect any type of the fluids. Only two wells of the coal prospection situated to the south and southeast from town of Lučenec in the southwestern – central part of depression gave more perspective data concerning the water reserves in the depression including the thermal water. Well situated at the village Nitra nad Ipľom, drilled almost one hundred years ago have got a strong water eruption from the depth of 500–516 m, but the water reservoir was unknown. Water was mineralized (more than 11 $g \cdot l^{-1}$) basic-bicarbonate, slightly salt. Latter in the 1980s another well labelled LR-3 was drilled at the village of Rapovce to the south of the town Lučenec. The well penetrated in the depth about 636 m to 813 m several horizons of clastic reservoir rocks, Oligocene in age and than passed into Upper Triassic carbonates reaching the sedimentary basin fill bottom in the depth 831 m.

In the primary well documentation there is only one simple indice concerning the subsurface water – depth of the subsurface water level in 35 m. Both wells gave complementary data. The oldest one gave important information about the subsurface water and the second gave the informations about the subsurface reservoir rocks. Based on such information we decided to drill a new well at Rapovce village and we have got the thermal water from the thick carbonate reservoir rocks. The basic data about obtained water will be published in another paper, when the testing of the water will be finished.

Key words: geothermal water, Lučenská kotlina Depression, carbonates, Upper Triassic

Úvod

Geotermálny vrt GTL-2, hĺbený v roku 2007 v Lučenskej kotline pri Rapovciach na JV od Lučenca, sa skončil nad očakávanie úspešne. Overil novú, 27. geotermálnu štruktúru na Slovensku (porovnaj Fendek, 2000), ktorá je zdrojom geotermálnej vody s dostatočnou výdatnosťou, teplotou a so zaujímavým obsahom minerálnych látok a voľného CO_2. Je to artézska štruktúra s relatívne vysokým tlakom na ústí vrtu. Informácie o nej zverejníme v samostatnej práci po skončení príslušných meraní a analýz.

V tomto príspevku zhŕňame poznatky, ktoré nás viedli k vytýčeniu pionierskeho vrtu GTL-2, ukázali sa ako veľmi užitočné a doviedli nás ku konečnému efektu, t. j k objaveniu novej geotermálnej štruktúry, ktorá sa doteraz prehliadala. Zároveň chceme poukázať na to, že významnejšie hydrogeologické štruktúry možno úspešne interpretovať aj na základe veľmi skromných geologických a hydrogeologických údajov

Základné informácie o možnosti výskytu geotermálnych vôd v Lučenskej kotline

Relevantné informácie o možnom výskyte geotermálnej vody v Lučenskej kotline, ktorej sedimentárnu kenozoickú výplň prevažne podstielajú hydrogeologicky nezaujímavé horniny predkenozoického podložia (zväčša paleozoické metamorfity veporika a gemerika resp. neklasifikovanej jednotky na J od rapovsko-plešivského zlomu), poskytli celkom náhodne dva vrty hĺbené v južnom okolí Lučenca. Zhodou okolností sa obidva hĺbili v rámci uhoľného prieskumu, starší na začiatku 20. stor. pri Nitre nad Ipľom a novší v 80. rokoch 20. stor. pri Rapovciach (obr. 1).

Starší z vrtov hĺbila Salgótarjánska kameňouhoľná banská akciová spoločnosť. V preklade do slovenčiny by v jej názve malo byť adjektívum hnedouhoľná, lebo ťažila kenozoické hnedé, nie paleozoické kamenné uhlie. Spoločnosť uhoľným prieskumom *expandovala* z okolia Salgótarjánu do Lučenskej kotliny na základe mylného úsudku banských geológov (Emszt, 1911; Gerő, 1912) o súvekosti ílových polôh v nadloží uhlia (tzv. nadložné íly, dnes mátranskonovácke vrstvy; Hámor in Gyalog, 1996) salgótarjánskeho súvrstvia otnanského veku so „šlírmi" čiže vápnitými rozpadavými siltovcami a ílovcami dnešného šlíru lučenského súvrstvia egerského veku. Túto chybnú koreláciu prevzali maďarskí geológovia aj pri vyhľadávaní uhlia v Ipeľskej kotline, a preto neboli úspešní. Rozdiel medzi tzv. nadložnými ílmi, ktoré sú – s výnimkou ich najvrchnejšej časti – spravidla nevápnité a neobsahujú morskú faunu, a egerskými „šlírmi", ktoré sú vápnité

vždy a pomerne s hojnou morskou faunou, pobadal až Čechovič, ktorý tento poznatok zužitkoval pri úspešnom objave hnedouhoľného ložiska v Ipeľskej kotline (tzv. modrokamenská uhoľná panva) Čechovič svoje objavy urobil v druhej polovici 40. rokov 20. stor. a publikoval ich v roku 1952 (Čechovič, 1952).

Vychádzajúc z mylnej korelačnej koncepcie, banskí geológovia zo Salgótarjánu vytýčili vrt pri osade Slatinka (dnes časť Lučenca), ten v hĺbke 350 m vnikol do metamorfitov predkenozoického podložia a prevŕtal dva veľmi tenké uhoľné sloje (pravdepodobne ekvivalenty hostišovských vrstiev juhoslovenských kotlín resp. hárshegyského súvrstvia uhoľného rajónu na úpätí pohoria Bakony oligocénneho veku).

Ďalší vrt, vytýčený pri Nitre nad Ipľom, sa začal hĺbiť 11. januára 1911. Banský geológ Hugo Böckh a Nándor Gerő, banský inžinier a riaditeľ salgótarjánskych baní, predpokladali, že uhľonosné súvrstvie prevŕtajú v hĺbke 400 až 500 m. Ale keď vrt do tejto hĺbky prenikol, pochopili, že ich predpoklad nebol správny. Zdôvodňovali to abnormálnymi geologickými pomermi v okolí obce. 6. mája 1911 dosiahol vrt hĺbku 516 m a po vytiahnutí vrtného jadra a náradia na vrte eruptoval plyn, zrejme CO_2 a voda, čo nedovolilo pokračovať v hĺbení, ale po rozobratí vrtnej veže z vrtu vystrekla voda až do výšky 40 m. Podľa vizuálneho hodnotenia geológov bola čistá, priezračná, bez akýchkoľvek pevných prímesí. Erupcia nebola súvislá, ale opakovala sa s prestávkami 5 až 6 minút. Po zemetrasení s epicentrom v okolí Kecskemétu vodu eruptujúcu z vrtu zakalila piesčitá príme s, ktorá rýchlo sedimentovala, a tak sa voda vyčistila (Gerő, 1912). Zemetrasenie bolo v júli 1911 v noci zo soboty na nedeľu a bolo také silné, že rozkývalo zvon na veži kalvínskeho kostola v Lučenci.

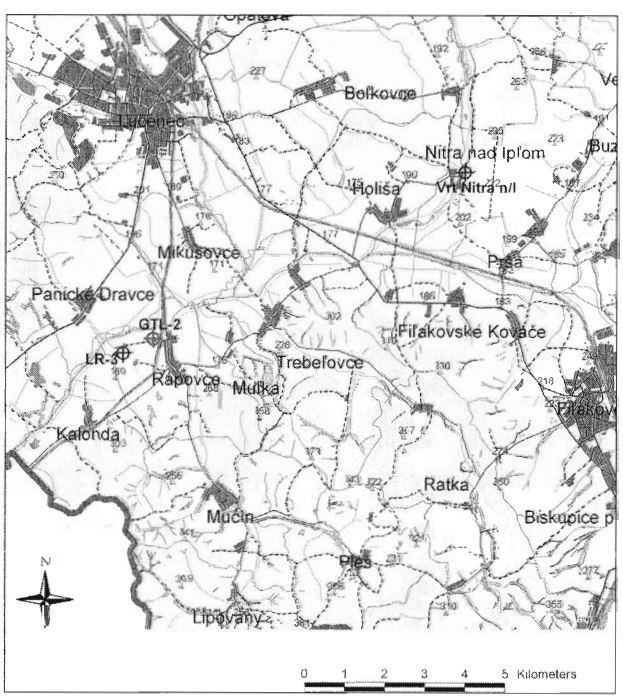
Erupcie s intervalom 5–6 minút trvali do novembra 1911 a potom sa interval skrátil na 3 sekundy. Vizuálne sa zdalo, že vrt eruptuje bez prestávok. Stĺpec vody dosahoval 40 m. Zaujímavý obraz poskytol eruptujúci vrt v zime. V januári 1912, keď boli tuhé mrazy, voda pri padaní na zem zamŕzala a na ústí vrtu vznikol ľadový stĺp vysoký 14 až 15 m. Pri veternom počasí eruptujúca voda tvorila osuheľ na stromoch okolitých záhrad a ich konáre obalené ľadom sa lámali.

Počiatočná teplota vody pri teplote vzduchu 27 °C bola 22,4 °C a merná hmotnosť vody 1,0053 $g \cdot cm^{-1}$ Analýza plynu vo vode ukázala, že ide o CO_2 (Szinei-Merse in Emszt, 1911). Duben (1926) uvádza dennú produkciu CO_2 150 m^3. Voda bola slaná s celkovou mineralizáciou 11,556 $g \cdot l^{-1}$. Zastúpenie jednotlivých zložiek ukazuje tab. 1 a 2 (Emszt, 1911).

Voda sa charakterizovala ako slaná zásaditobikarbonátová a pripisovali sa jej veľmi dobré liečivé vlastnosti, ale bez klinických skúšok, iba na základe porovnania s chemickým zložením vody niektorých uhorských kúpeľných žriediel (Emszt, 1911).

Salgótarjánska banská spoločnosť pozemok, na ktorom sa vrt hĺbil, kúpila a zamýšľala urobiť na ňom betónový bazén na kúpanie v minerálnej vode s perspektívou vzniku lokálnych kúpeľov. Tieto zámery prekazila 1. svetová vojna a po nej trianonská dohoda, podľa ktorej Nitra nad Ipľom pripadla Československej republike, kým Salgótarján zostal na maďarskom území.

Eruptujúci vrt nebol iba zaujímavosťou, ktorú obdivovali ľudia z blízkeho i ďalekého okolia, ale pre vysokú mineralizáciu vody mal aj nepriaznivý vplyv na životné prostredie v jeho okolí. V záhradách a na poliach v okolí vrtu sa tvorila inkrustová kôra, znehodnotila pozemky tak, že sa nedali poľnohospodársky obrábať, a preto po niekoľkých mesiacoch trvania erupcie banská spoločnosť vrt utlmila. Na jeho ústie bolo osadené koleno a naň liatinová rúra s priemerom 25 cm, čím sa eruptujúca voda usmernila horizontálne. Rúra ústila do provizórnej záchytnej jamy vyhĺbenej v zemi a obloženej drevenými doskami. Z jamy sa voda rozlievala po bezprostrednom okolí vrtu a rigolom sa odvádzala do rieky Ipeľ Jamu rýchlo zanášalo bahno



Obr. 1. Situácia vrtu Nitra nad Ipľom LR-3 a nového geotermálneho vrtu GTL-2.

Fig. 1. Situation of the wells Nitra nad Ipľom LR-3 and the new geothermal well GTL-2.

Tab. 1
(v 1000 g vody/in 1000 g of water)

katióny	K^+	0,1255 g	2,17 %	
	Na^+	2,6210 g	76,88 %	
	Ca^{2+}	0,2003 g	6,74 %	100 %
	Mg^{2+}	0,2553 g	14,15 %	
	Fe^{2+}	0,0025 g	0,06 %	
anióny	Cl^-	1,0029 g	19,01 %	
	I^-	0,0012 g	0,07 %	100 %
	HCO_3^-	7,3136 g	80,80 %	
	SiO_4^{3-}	0,0343 g	0,12 %	
Spolu		11,5566 g		

a sinter, a tak ju bolo treba čistiť. Kúpavali sa v nej miestni obyvatelia a verili, že voda je liečivá. Podľa jedného zdroja sa to stalo osudným trom osobám, podľa iného jednej, lebo sa nad hladinou hromadil CO_2, ktorý kúpajúcich sa udusil. Napriek tomu sa zvesť o liečivosti vody rozšírila po širokom okolí a k vrtu na kúru chodievali ľudia trpiaci reumou a bolesťami kĺbov (Polívka, 1928).

V druhej polovici 20. rokov 20. stor navštívil vrt Ing. V. Duben. Podľa jeho odhadu 1. apríla 1926 z vrtu vytekalo 13 $l \cdot s^{-1}$ minerálnej vody, ktorej teplota pri teplote vzduchu 19 °C bola 27 °C (Duben, 1926).

Podľa ústnej tradície obyvateľov Nitry nad Ipľom na jar roku 1927 aktivita vrtu ustala. Vodu posledných erupcií veľmi znečistilo bahno a piesok. Podľa písomných zdrojov (lučenské noviny Losonci hírlap a Polívka, 1928) vrt pravdepodobne občasne eruptoval. Jedno z jeho utlmení sa spájalo so zemetrasením v Bulharsku. Podľa obyvateľov obce erupcie ožili aj koncom 30. rokov a v roku 1942, ale boli krátkodobé (cca 15 minút). Vrt zrejme postupne zapĺňala inkrusta.

Chemický rozbor vody z roku 1965 (Tkáčik, 1965) ukázal značne modifikovanú, podstatne nižšiu mineralizáciu (tab. 3).

Tab. 2
(v 1000 g vody/in 1000 g of water)

$NaHCO_3$	7,1938 g
NaJ	0,0014 g
NaCl	1,6539 g
$KHCO_3$	0,2311 g
$Ca(HCO_3)_2$	0,8098 g
$Mg(HCO_3)_2$	1,5342 g
$Fe(HCO_3)_2$	0,0081 g
H_3SiO_3	0,0343 g
Spolu	11,5566 g

Celková mineralizácia vody bola 1865,0 $mg \cdot l^{-1}$, obsah rozpusteného CO_2 1500,00 $mg \cdot l^{-1}$, H_2S 0,35 $mg \cdot l^{-1}$ a výdatnosť v čase odberu vzorky iba 0,1 $\cdot s^{-1}$.

Podľa analýzy z roku 1965 minerálna voda pravdepodobne nereprezentuje pôvodnú vodu z hĺbky 500–516 m.

Posledná chemická analýza vody zo značne devastovaného a inkrustou takmer úplne upchatého vrtu urobila Okresná hygienicko-epidemiologická stanica v Lučenci (1987, tab. 4)

Vzorka sa odobrala načretím do potrubia na ústí vrtu, pričom sa rozvírili usadeniny a to ovplyvnilo analýzu, najmä obsah Fe, Mn alebo aj iných minerálnych zložiek. Vyšší bol aj obsah chloridov. Ani táto voda nezodpovedá pôvodnej zachytenej.

V súčasnosti je ústie vrtu bez kolena a potrubia, prakticky upchaté inkrustou a voda z neho iba trocha presakuje (obr. 2).

Relatívne novší vrt uhoľnej prospekcie LR-3 sa hĺbil pri sz. okraji Rapoviec na JV od Lučenca. Bol jedným z prieskumných vrtov série LR, ktoré mali overiť uhľonosnosť hostišovských vrstiev čížskeho súvrstvia oligocénneho

Tab. 3

Katióny	$mg \cdot l^{-1}$	Anióny	$mg \cdot l^{-1}$
K^+	21,00	Cl^-	165,00
Na^+	304,00	HCO_3^-	1080,00
Al	stopy	SO_4	83,53
Ca^{2+}	96,99	NO_3	3,00
Mg^{2+}	65,66		
Fe^{3+}	0,20		
NH_4^+	stopy		

Tab. 4
($mg \cdot l^{-1}$)

Ca^{2+}	388,90	Cl^-	6184,80
Mg^{2+}	88,80	HCO_3	1886,70
NH_4^+	42,10	SO_4^{2-}	0,0
Fe celkom	7,90	NO_2	0,0
Mn celkom	1,90	NO_3^-	1,10
		PO	0,18

veku. Keďže hostišovské vrstvy sú pozdĺž severného okraja Lučenskej a Rimavskej kotliny, bol veľmi slabý predpoklad, že ich LR-3 overí v centrálnej časti Lučenskej kotliny, ale vrt poskytol cenné údaje o litológii kenozoika v tejto časti panvy a o predkenozoickom podloží. Kým lučenské súvrstvie, reprezentované hlavne sečianskym šlírom, malo vo vrte štandardný vývoj ako na iných miestach v kotline, vývoj čížskeho súvrstvia bol významne diverzifikovaný. Vrt prenikol okolo 100 m hrubými vrstvami deltového piesku, ktorý sme formálne nazvali rapovské vrstvy (Vass a Elečko, eds., 1992, Vass, 2002). Tie vrstvy spolu s hruboklastickými bazálnymi blžskými vrstvami sú zaujímavým zvodnencom. Vápencové vrstvy navŕtané v podloží blžských vrstiev opísala Kullmanová (in Vass, ed., 1983) ako halštatské resp. dachsteinské vápence vrchného triasu silického príkrovu.



Obr. 2. Sintrom vyplnené ústie vrtu Nitra nad Ipľom (foto Dzúrik, 2007).

Fig. 2. The collar of the well Nitra nad Ipľom filled by calcareous sinter (Photo Dzúrik 2007).

Prítomnosť vrstiev mezozoického vápenca v podloží kenozoika Lučenskej kotliny bola prekvapením, lebo všetky okolité vrty, ktoré prenikli do predkenozoického podložia, overili metamorfity veporika a gemerika resp. neklasifikovanej jednotky na J od rapovsko-plešivského zlomu. Práve tento zlom sa prejavoval ako horizontálny posun *(strike slip)*, pozdĺž ktorého sa blok silického príkrovu dostal zo svojej pôvodnej polohy na okraji Slovenského krasu do okolia Rapoviec (Vass et al., 1993)

Vrt LR-3 sa hĺbil od 11. augusta 1982 do 15. februára 1983 a okrem litológie prevŕtaných hornín neposkytol nijaké údaje. V jeho prvotnej dokumentácii prakticky nie sú informácie o podzemnej vode (Klubert et al., 1986), a to napriek tomu, že prevŕtal významné kenozoické zvodnence a navŕtal vápencové vrstvy v ich podloží, ktoré tiež mohli byť kolektorom podzemných fluíd. Jediná relevantná hydrogeologická informácia v prvotnej dokumentácii vrtu bola o hladine podzemnej vody v hĺbke 35 m, čo nebol povzbudzujúci údaj na pozitívne hodnotenie využiteľnej zásoby podzemnej vody.

Obidva vrty z aspektu vyhľadávania geotermálnej vody v Lučenskej kotline poskytli komplementárne údaje, ale ani jeden dostačujúco neobjasnil, či oblasť je potenciálnou zásobárňou geotermálnej vody.

Vrt pri Nitre nad Ipľom overil artézsku vodu resp. vodu s výtlačným plynom s relatívne veľkou výdatnosťou (13 $l \cdot s^{-1}$) a teplotou zodpovedajúcou lokálnemu geotermickému stupňu (22,4 resp. 27 °C). Čo je kolektorom tejto vody, sa zistiť nepodarilo. Podľa chemického zloženia vody (zásaditohydrogénovouhličitanová s prímesou reliktnej morskej vody pochádzajúcej z bazálnych klastík oligocénu, porovnaj Emszt, 1911) a jej vlastností (bola číra, čistá, bez klastickej prímesi a nezakalená bahnom) sa dalo predpokladať, že pochádza z karbonátového kolektora, ale jeho akákoľvek litologická charakteristika, vek a príslušnosť k tektonickej jednotke zostali nejasné.

Vrt LR-3 pri Rapovciach dosiahol hĺbku 831 m, overil litológiu, vek aj tektonickú príslušnosť potenciálnych kolektorských hornín, ale nie geotermálnu vodu v deltových a bazálnych klastikách oligocénu ani v podložných karbonátoch.

Pri úvahách o možnom výskyte geotermálnej vody v Lučenskej kotline sa jeden z autorov tohto príspevku (Vass) spoľahol na poznatky o litológii, ktoré poskytol vrt LR-3, a zostavil ideový projekt geotermálnej štruktúry pri Lučenci, presnejšie v jz. časti Lučenskej kotliny. Do úvahy vzal aj geofyzikálne poznatky o predkenozoickom reliéfe kotliny s generálnym sklonom na J, a preto navrhol situovať pioniersky geotermálny vrt do okolia Rapoviec neďaleko od vrtu LR-3, no na S od predpokladaného rapovsko-plešivského zlomu, pozdĺž ktorého sa mohli karbonáty triasu silického príkrovu sinistrálnym posunom premiestniť do južného okolia Lučenca. Na základe tohto veľmi schematického projektu druhý autor (Dzúrik) spracoval podrobný projekt vrtu GTL-2 a podľa neho sa situoval a vyhĺbil hydrogeologický vrt vystrojený ako ťažobný. Vrt bol úspešný, overil novú geotermálnu štruktúru a po zhodnotení všetkých analýz o ňom podáme podrobnejšiu informáciu v samostatnom príspevku.

Záver

Na posúdenie možnosti výskytu geotermálnej vody v Lučenskej kotline, ktorá sa z tohto hľadiska doteraz považovala za neperspektívnu oblasť, sa využili poznatky získané z dvoch vrtov uhoľného prieskumu. Prvý hĺbila Salgótarjánska hnedouhoľná spoločnosť v roku 1911 a druhý sa hĺbil na začiatku 80. rokov 20. stor Kým prvý navŕtal artézsku mierne teplú vodu, no neoveril charakter kolektorských hornín, druhý naopak neoveril geotermálnu vodu, ale vnikol do triasových karbonátov. Na základe komplementárnych údajov z obidvoch vrtov sme vytýčili geotermálny vrt GTL-2 pri Rapovciach na J od Lučenca. Vrt v hĺbke 775 m vnikol do triasových karbonátov, ktoré sa v tejto oblasti neočakávali, a vŕtal v nich až do konečnej hĺbky 1501,5 m. Ukázalo sa, že karbonáty, ale aj nadložné terciérne klastiká sú zvodnené. Voda je teplá a jej výdatnosť vyššia, ako predpokladal projekt. Údaje o kvalitatívnych a kvantitatívnych vlastnostiach vody zverejníme po skončení hydrodynamických skúšok.

Poďakovanie. Príspevok podporila Agentúra pre vedu a výskum – projekt 51-011305 a 51-602804, ako aj granty VEGA 2/6045 a 2/6093.

Literatúra

ČECHOVIČ, V., 1952: Geológia juhoslovenskej uhoľnej panvy. *Geol. Práce, Soš., 33, 50.*

DUBEN, V., 1926: Gejsír u Lučence. *Vodní hospodářství, Praha, 155–157.*

EMSZT, K., 1911 Az Ipolynytrai időszakos szökőforrás. *Földt. Közl., 41, 11–12, 729–734.*

FENDEK, M., 2000: Geotermálna energia v treťom tisícročí. *Podzemná voda, 6, 2, 42–51.*

GERŐ, N., 1912: Az Ipolynyitrai időszakos szökőforrás télen. *Földt. Közl., 42, 1, 273–276.*

GYALOG, L., 1996: A földtani térképek jelkulcsa es a rétegtani egységek rövid leirása. *Áll. földtani Int. Alkalmai kiadványa, 187, 171.*

KLUBERT, J., ed., 1986: Záverečná správa úlohy Rimavská a Lučenská kotlina, hnedé uhlie. *Manuskript – archív Geofond Bratislava.*

POLÍVKA, V., 1928: Lučenec a kraj novohradský. *Banská Bystrica, Slovenská grafia, 132.*

VASS, D., 2002: Litostratigrafia Západných Karpát: neogén a budínsky paleogén. *ŠGÚDŠ, Bratislava, 202.*

VASS, D., ed., 1983: Vysvetlivky ku geologickým mapám 1 25 000, list Fiľakovo/3 a Salgótarján/1 *Manuskript – archív Geofond Bratislava.*

Rukopis doručený 15. 5. 2007
Rukopis akceptovaný 15. 5. 2007
Revidovaná verzia doručená 14. 6. 2007

Mineralia Slovaca, 39 (2007), 247–252

Rašelina a možnosti jej využívania

JÁN TABAK

Nerast, Brodno 120, 010 14 Žilina

Peat and possibilities of its application

The article presents the review of possibilities of nontraditional applications of peat. It resumes up-to-now applications of the natural raw material, but also large possibilities of peat for special ways of using. The article also documents the results of laboratory tests of the selected samples of peat during the geological works for the study Slovakia-bituminous rocks.

Key words: peat, applications, analyses, Slovakia

Úvod

Sú suroviny, ktoré sa v praxi uplatnili iba po dôkladnom vedeckom preskúmaní a zhodnotení, ale aj také, pri ktorých to bolo naopak. Človek ich poznal a využíval stáročia, niekedy aj tisícročia, no vôbec ho nezaujímalo, čo všetko skrývajú a či by sa nedali zužitkovať inak a hospodárnejšie. Takouto surovinou je napríklad i *rašelina* a *slatina*. Aj keď ich človek pozná tisícročia, do ich výskumu sa pustil iba nedávno.

Základy vedeckého hodnotenia rašeliny a slatiny sa položili iba v 20. stor. v Škandinávii, neskôr vo Švajčiarsku, Nemecku a i. Dnes sú stovky prác, ktoré umožňujú celkom detailne rekonštruovať napríklad vývoj klimatických zmien a vegetácie v holocéne a pleistocéne.

Rašelina patrí medzi recentné a subrecentné kaustobiolity. Vzniká rašeliním, t. j. rozkladom močaristých rastlín, ktorých korene stoja už vo vode. Stálym rastom nových a nových rastlín sa uloženiny odumretých rastlín hromadia, na väčších alebo menších plochách močaristých lúk so stojatou vodou sa preuhoľňujú, a tak vzniká rašelina.

Rašelina sa definuje rozlične. V najnovšej literatúre sa zvyčajne cituje Haděč (1953), ktorý materiály, ako je rašelina, vedno so slatinnými zeminami zaradil medzi humolity, a tie spolu s bahnami do rozsiahlej skupiny peloidov, teda látok prísne prírodného charakteru vznikajúcich kombináciou biologických, geologických a vodných vplyvov. Každý typ peloidov je unikátna, značne komplikovaná látka, ktorej vlastnosti sa menia v závislosti od času, ale predovšetkým od podmienok, ktorým je vystavená.

Rašeliny sa geneticky delia na

1. slatiny – ploché lúčne rašeliniská, močaristé lúky a pod. a

2. vrchoviská – bochníkovité vyklenuté telesá pravej rašeliny.

Medzi týmito základnými typmi býva častý prechod. Slatiny v podstate napája terestrická voda a ich porast je najmä zo sietiny, ostríc, šašiny, tráv a pod. Darí sa na nich hlavne rašelinníku (Sphagnum).

Minerály vyskytujúce sa v rašeline a slatine sú *anorganické* a *organické*.

Anorganické minerály sa vytvorili vylúčením z vody a je to hlavne limonit, siderit, vivianit, pyrit, sírany a chloridy, organické vznikajú v humolitoch hromadením pomaly a ťažko sa rozkladajúcich produktov rastlín, ako je pryskyrica, vosk a pod. Najdôležitejší a najbežnejší z nich je *fimmenit, fichtelit* a *dopplerit*.

Rašelina sa niekedy označuje ako humolit hnedej farby, nízkej objemovej hmotnosti (suchá rašelina = 330–410 $kg \cdot m^{-3}$) a s obsahom viac ako 50 % spáliteľných látok. Širšia klasifikácia sa zakladá na pôvodnej vegetácii. Napr rašelinníkový mach je hlavnou zložkou vláknitej rašeliny, ostrica a ďalšie bahenné rastliny pri vzniku humusovej rašeliny.

Možnosti využívania rašeliny

Rašelina sa u nás v súčasnosti využíva prevažne v poľnohospodárstve a v kúpeľoch na balneoterapiu, ale niektoré jej ložiská sú vhodné aj na náročnejšie používanie.

V snahe zistiť či dostatočne preveriť takéto možnosti vznikla štúdia Slovensko – bituminózne horniny. Jej cieľom bolo najmä získať prehľad možností netradičného využívania tejto suroviny a na to sa v kooperácii so špecializovanými pracoviskami pripravili rešeršné štúdie ako súčasť spomenutej práce.

Z rešeršných štúdií vyplýva, že rašelinu možno zužitkovať mnohorako, ale v prvom rade v poľnohospodárstve a v záhradníctve, kde slúži na úpravu pôdy, pri pestovaní sadeníc, húb, zeleniny, pri výrobe biokompostu, zmesných hnojív, ako substrát na pestovanie pre škôlky, pri balení kvetov a pod.

Tab. 1
Rašelinisko Suchá Hora
The peatbog Suchá Hora

Por. číslo	Lokalita	Druh rašeliny	Označenie vzorky	Poznámka
1	2	3	4	5
1	Suchá Hora	vrchoviskova	vz. 1	vrchná poloha
2	Suchá Hora	vrchoviskova	vz. 2	spodná poloha
3	Bobrov	vrchoviskova	vz. 3	zo zatopenej obl. priehrady
4	Hroboňovo-Ohrady	slatinný	vz. 4	ťažobňa
5	Rohožník	slatinný	vz. 5	rašelinná zemina

Medzi netradičné aplikácie rašeliny okrem iného patrí jej premena na rozličné pyrolýzne produkty, z ktorých najvýznamnejší je koks. Koks vyrobený z rašeliny je omnoho reaktívnejší ako z iných pevných palív a pri jeho výrobe vzniká menej vedľajších plynných produktov.

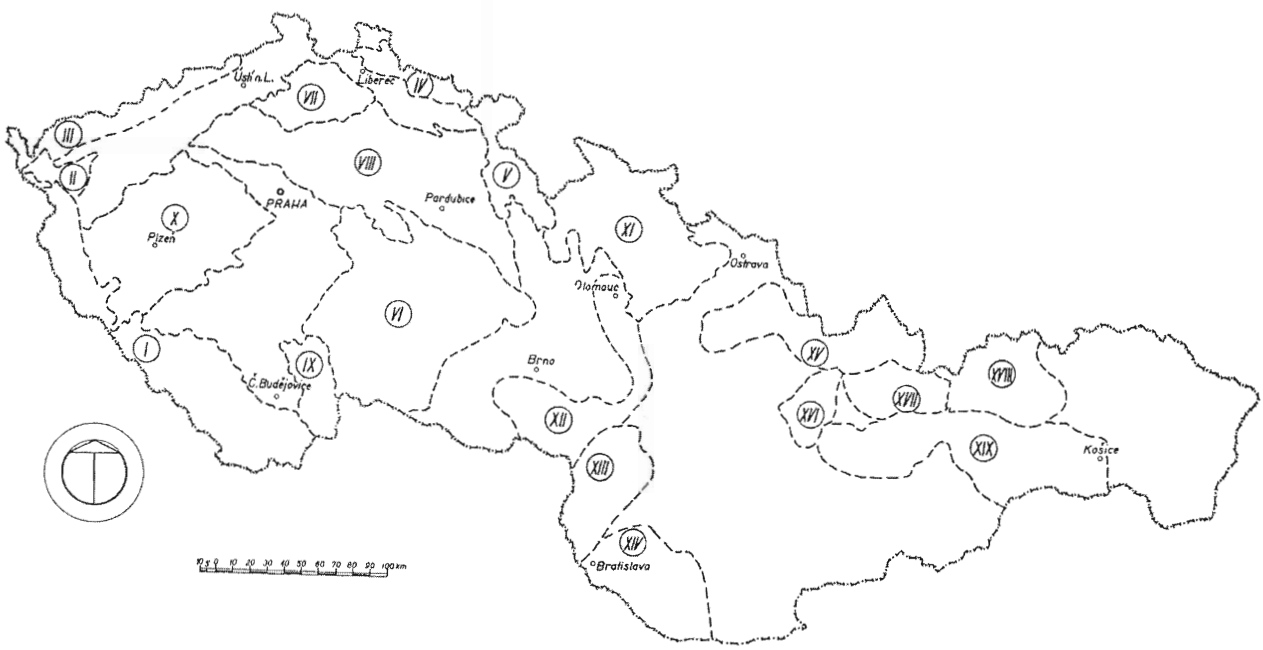
Viac autorov zistilo, že rašelina poskytuje kvalitnejšie aktívne uhlie ako lignit alebo uhlie. Špeciálnou technológiou z nej možno vyrobiť aktívne uhlie, ktoré sa dá využívať napr. ako katalyzátor pri odstraňovaní plynov. Z rašeliny možno získať bitúmeny ako kvapalné palivá. Pyrolýzou rašeliny na benzín a naftu sa veľmi intenzívne zaoberajú napríklad aj vo Fínsku.

V aplikácii rašeliny má osobitné postavenie separácia a izolácia humínových kyselín. Soli humínových kyselín (tzv. humáty) sa využívajú v rozličných odvetviach. Humáty sa vyznačujú výbornými filtračnými vlastnosťami dôležitými pre hydrofóbne látky, vysokou výmennou kapacitou pre katióny aj anióny z vodných roztokov. Veľmi dôležité je, že sú ekologické. Využívajú sa napríklad v kozmetických prípravkoch ako zvlhčovače pleti, do kúpeľových prípravkov, kozmetických obličajových masiek, zubnej pasty a i. Pri farmaceutických a kozmetických výrobkoch by sa mala využívať veľmi čistá rašelina, hlavne s minimálnym obsahom toxických ťažkých kovov.

Rašelina je vhodná aj na dekontamináciu (hlavne odstraňovanie Cu, Pb, Zn a Co), ďalej na prípravu substrátu ako pevného nosiča mikroorganizmov v biologických filtroch pri čistení vzduchu od škodlivých alebo pachových látok, teda pri ochrane životného prostredia. Používanie rašeliny alebo produktov z nej ako sorbentov patrí medzi najčastejšie a najperspektívnejšie moderné aplikácie tejto prírodnej suroviny.

Veľké možnosti aplikácie rašeliny sú v medicíne. Výluhy z rašeliny upravenej drvením, obklady z nej, ako aj extrahované humínové kyseliny sa veľmi úspešne používajú pri hojení pooperačných rán.

Z chemických vlastností sú v balneoterapii popri elementárnej S najdôležitejšie vylúhované látky v humolite – *elektrolyty* a *neelektrolyty*.



Obr. 1. Prehľadná mapa oblastí na území bývalej ČSFR s výskytom rašeliny. I – Šumava a Český les, II – Chebská pánev a Slavkovský štít, III – Krušné hory, Halštrovské hory a Smrčiny, IV – Jizerské hory a Krkonoše, V – Broumovská kotlina a Orlické hory, VI – Českomoravská vrchovina, VII – Dokská vrchovina, VIII – Severovýchodočeská křídová tabule, IX – Třeboňská pánev, X – Vrchovina Berounky, XI – Jeseníky, XII – Moravské úvaly, XIII – Záhorská nížina, XIV – Podunajská nížina, XV – Beskydy, Javorníky a Orava, XVI – Turčianska kotlina, XVII – Liptovská kotlina, XVIII – Popradská kotlina, XIX – Slovenské rudohorie.

Fig. 1. The general map of areas with peat appearance on the territory of the former ČSFR. I – Šumava and Český les forest, II – Cheb basin and Slavkovský štít peak, III – Krušné hory Mts., Halštrovské hory Mts. and Smrčiny, IV – Jizerské hory Mts. and Krkonoše Mts., V – Broumovská kotlina hollow and Orlické hory Mts., VI – Českomoravská vrchovina highlands, VII – Dokská vrchovina highlands, VIII – Severovýchodočeská křídová tabule chalk board, IX – Třeboň basin, X – Berounka highlands, XI – Jeseníky, XII – Moravské úvaly vales, XIII – Záhorská lowlands, XIV – Podunajská lowlands, XV – Beskydy, Javorníky and Orava, XVI – Turčianska kotlina hollow, XVII – Liptovská kotlina hollow, XVIII – Popradská kotlina hollow, XIX – Slovenské rudohorie Mts.

Rašelina obsahuje veľa vo vode nerozpustných látok. Najdôležitejšie z nich sú hemicelulózy, celulózy, bielkoviny, humusové látky, humíny, flobafény a lipoidy. To sú iba tie najdôležitejšie známe látky, ale v rašeline sú aj niektoré vitamíny, dokonca i hormonálne látky zo skupiny lipoidov.

Medzi dôležité fyzikálne vlastnosti rašeliny patrí merná hmotnosť, objem, napúčavosť, schopnosť udržiavať vodu a tvárnosť.

Z literatúry sa vie, že peloterapia čiže liečenie bahnom bola známa už v starom Grécku a Ríme. Na liečbu reumy, ischiasu, dny a podobných chorôb sa používali bahenné zábaly. U nás sa bežne a veľmi často rašelina a slatina označujú ako bahno. Je veľmi pravdepodobné, že aj v starej gréčtine a v latinčine sa ako bahno označovali aj humolity. Zo všetkých starých správ vyplýva, že sa bahno používalo iba na zábaly, ale nie je isté, či išlo iba o minerálne bahno (ako je napr. piešťanské alebo bojnické), alebo aj o slatinu a rašelinu.

Kto v Československu zistil, že sa slatina a rašelina dá v kúpeľoch využívať na balneoterapiu, nie je známe. Podľa nezaručených správ sa v Čechách slatina na zábaly prvý raz použila už koncom 18. stor. Vtedy sa už vo Františkových Lázňach po domácky podávali slatinné zábaly a prvým, kto túto terapiu zaviedol, bol asi Dr. Adler. V Mariánskych Lázňach sa prvýkrát použila slatina v kúpeľoch v roku 1815 a prvá budova určená iba na slatinnú prevádzku bola postavená vo Františkových Lázňach v roku 1827.

Doterajšie výsledky výskumu

Vzorky rašeliny na výskum sme odobrali po štúdiu jednotlivých lokalít a po konzultácii s ťažobnými organizáciami jestvujúcimi v čase výskumu – Rašelina Singer, spol. s r. o., Suchá Hora, Bora, spol. s r. o., Bobrov, EBA, Rašelinové závody Bratislava a špecializované pracoviská.

Vzhľadom na finančné prostriedky určené na úlohu sa odobralo iba obmedzené množstvo vzoriek, a to z hlavných typov rašeliny, ako aj podľa regionálneho rozloženia ložísk.

V tabuľkách sú zdokumentované výsledky skúšok z vybraných vzoriek rašeliny v rámci prípravy štúdie Slovensko – bituminózne horniny, ako aj základné výsledky prevzaté z monografie Š. Raučinu Výskyt rašelinísk na Slovensku a ich využitie v poľnohospodárstve.

Komentár k výsledkom laboratórnych skúšok rašeliny vykonaných v rámci prípravy štúdie

Z výsledkov sledovaných parametrov vidno, že medzi vzorkami sú značné rozdiely podľa jednotlivých komponentov, a to tak v základných údajoch o rašeline vyjadrených v percentách hmotnosti, ako aj v obsahu škodlivých kovov vyjadrených v mg/kg.

Obsah vody v percentách hmotnosti na ložisku Rohožník je iba 26,8 %. Markantné sú rozdiely v obsahu popola v sušine v percentách hmotnosti Na ložisku Suchá Hora sa pohybuje len od 1,05 do 1,55 %, kým na ložisku Bobrov už 46,19 % a na ložisku Hroboňovo a Rohožník dokonca 51,34 a 59,80 %.

Tab. 2
Rašelinisko Bobrov
The peatbog Bobrov

Sledovaný parameter	vz. 1	vz. 2	vz. 3
1	2	3	Raučin
Obsah vody v % hmotnosti	80,63	88,50	92,91
Obsah popola v sušine v % hmotnosti	1,55	1,05	2,31
Obsah sušiny v % hmotnosti	–	–	7,09
Obsah org. spáliteľných látok v % hmotnosti	–	–	97,69
Celkový obsah humínových kyselín v % hmotnosti	40,41	21,47	–
Obsah voľných humínových kyselín v % hmotnosti	35,80	21,36	–
Obsah bitúmenu v % hmotnosti	5,72	3,76	–
Obsah N v % hmotnosti	–	–	2,26
Obsah R_2O_3 v % hmotnosti	–	–	0,808
Obsah P_2O_5 v % hmotnosti	–	–	0,053
Obsah K_2O v % hmotnosti	–	–	0,026
Obsah Na_2O v % hmotnosti	–	–	0,044
Obsah CaO v % hmotnosti	–	–	0,154
Obsah MgO v % hmotnosti	–	–	0,037
aktívne pH	–	–	4,30
výmenné pH	–	–	2,80
Obsah Cu v mg/kg	4,9	5,5	–
Obsah Pb v mg/kg	3,6	2,5	–
Obsah Zn v mg/kg	4,8	3,3	–
Obsah Co v mg/kg	1,7	1,5	–
Obsah Li v mg/kg	0,45	0,38	–
Obsah Ba v mg/kg	8,1	6,6	–
Obsah Bi v mg/kg	0,34	0,29	–
Obsah Cd v mg/kg	0,31	0,21	–
Obsah Sb v mg/kg	0,37	0,50	–
Obsah Se v mg/kg	0,04	0,06	–
Obsah Mn v mg/kg	14,3	6,6	–
Obsah Hg v mg/kg	0,02	0,02	–

Tab. 3
Chemický rozbor
Chemical analysis

Vzorka (Raučin)	Hĺbka (m)	Sušina (%)	Voda (%)	Popol (%)	Organické látky	pH aktívne	pH výmenné
1	2	3	4	5	6	7	8
B_5P_3	0,0–0,4	13,9	86,1	19,9	80,1	3,4	3,4
	0,4–1,2	13,0	86,96	11,14	88,9	3,4	3,4
	1,2–2,0	11,2	88,8	15,2	84,8	3,4	3,4
	2,0–2,8	14,8	85,1	16,1	83,9	3,0	2,8
	2,8–3,3	77,4	22,5	96,5	3,5	3,4	3,4
B_9P_2	0,0–0,4	35,1	64,9	70,2	29,8	4,6	4,1
	0,4–0,8	24,8	75,2	46,6	53,4	4,8	3,7
	0,8–1,6	11,8	88,22	14,42	85,6	4,1	3,8
	1,6–2,4	14,5	85,5	23,6	76,4	4,1	4,0
	2,4–2,7	50,8	49,2	86,2	13,7	4,9	4,6
	2,7–2,8	22,7	77,3	54,8	45,2	4,9	4,9
	2,8–3,3	66,1	33,8	94,8	5,2	6,7	6,7



Obr. 2. Pohľad na povrch rašeliniska ložiska Suchá Hora, kde sú aj bochníkovité vyklenuté telesá pravej vrchoviskovej rašeliny sibírskeho typu s vysokým obsahom organických látok a s kyslou reakciou.

Fig. 2. The view of surface of the peat-bed Suchá Hora with presence of round bulging bodies of the unadulterated raised peatbog of the Siberian type with a high content of organic matter and acidic reaction.

Celkové množstvo humínových a voľných humínových kyselín je najvyššie na suchohorskom ložisku, najmä vo vzorke 1 (40.11 %. 35.80 %). Tam je najvyšší aj obsah bitúmenu – od 3.76 do 2.75 %, kým na ostatných ložiskách sa pohybuje od 0.88 do 1,76 %. Veľké rozdiely sú aj v obsahu kovov. najmä Cu. Zn, Li, Ba, Bi, a hlavne Mn.

Tab. 4
Chemicky rozbor
Chemical analysis

Vzorka (Raučin)	Hĺbka (m)	N_2O %	K_2O %	R_2O_3 %	CaO %	MgO %	P_2O_5 %
1	2	3	4	5	6	7	8
B_9P_2	0,0–0,4	0,14	0,28	9,38	2,80	1,15	0,14
	0,4–0,8	0,11	0,35	12,48	4,00	0,86	0,26
	0,8–1,6	0,05	0,02	3,26	4,00	0,86	0,00
	1,6–2,4	0,06	0,03	4,46	4,80	2,01	0,10
	2,4–2,7	0,07	0,14	6,20	3,20	1,15	0,00
	2,7–2,8	0,09	0,07	7,28	2,80	1,15	0,07
	2,8–3,3	0,10	0,07	5,98	2,00	0,57	0,13

Podľa výsledkov skúšok vidno, že profil B_9P_2 prechádza cez nekvalitnejšie časti ložiska

According to the test results it is seen that the B_9P_2 profile goes through the less-quality parts of the peatbog

Tab. 5
Rašelinisko Hroboňovo-Ohrady
The peatbog Hroboňovo-Ohrady

Vzorka (Raučin)	Hĺbka (m)	% v pôv. vzorke voda	% v pôv. vzorke sušina	% v sušine popol	% v sušine org. l	pH aktívne	pH výmenné
1	2	3	4	5	6	7	8
A_8O_1	0,0–0,5	75,6	24,4	50,3	49,7	6,4	6,1
	0,5–1,0	77,8	22,1	41,8	58,2	5,6	5,4
	1,0–1,5	78,9	21,1	43,6	56,4	2,2	2,0
	1,5–1,8	50,1	49,9	89,6	10,38	2,70	2,63

Obsah kovov:

Cu: Suchá Hora od 4,9 do 5,5 mg/kg, na ostatných ložiskách od 24,49 do 26,12 mg/kg

Zn: Suchá Hora od 3,3 do 4,8 mg/kg, pri ostatných ložiskách od 25,0 do 31,6 mg/kg

Li: Suchá Hora od 0,38 do 0,45 mg/kg, pri ostatných ložiskách od 7,1 do 8,3 mg/kg

Bi: Suchá Hora od 0,29 do 0,34 mg/kg, Hroboňovo 2,7 mg/kg a Rohožník 3,0 mg/kg



Obr. 3. Pohľad na vzorku vytriedenej slabo rozloženej jemnej vláknitej vrchoviskovej rašeliny z ložiska Suchá Hora. Ďalšie vzorky predstavujú prísady minerálnych hnojív (dolomitický vápenec, síran amónny a draselný, superfosfát).

Fig. 3. The view of the sample of sorted out slightly disintegrated fine threadlike raised peat from the bed Suchá Hora. Other samples represent ingredients of mineral fertilizers (dolomitic roe-stone, ammonium and potassium sulphates, superphosphate).

Ba: Suchá Hora od 6,6 do 8,1 mg/kg, pri ostatných ložiskách od 129 do 148 mg/kg

Markantný rozdiel je aj v obsahu Mn. Na ložisku Suchá Hora je od 6,6 do 14,3 mg/kg, na ložisku Bobrov dokonca až 500 mg/kg, na ložisku Hroboňovo 75,2 mg/kg a na ložisku Rohožník 117 mg/kg.

Rašelinisko Hroboňovo-Ohrady

Zo základných údajov o tomto ložisku sa uvádza len obsah organických látok – priemer od 50 do 75 %, ale niektoré časti ložiska majú aj kvalitnejšiu rašelinu, a to s obsahom organických látok od 83 do 94,41 %.

Z uvedených výsledkov vyplýva, že najkvalitnejšiu rašelinu má suchohorské ložisko. Je najvhodnejšia na špeciálne použitie, a to najmä pre vysoký obsah humínových kyselín, ktoré z nej možno získať. Tie slúžia napríklad aj na prípravu humínových solí (tzv. humátov), ktoré sa dajú využívať na špeciálne účely. Aj obsah bitúmenu na lokalite je veľmi zaujímavý, a preto je rašelina vhodná hlavne na netradičné využívanie.

Záver

Z predchádzajúcej analýzy vyplýva, že štruktúru spotreby rašeliny v krajinách jej tradičnej ťažby nové aplikácie doteraz významnejšie neovplyvnili. Veľa údajov z literatúry o netradičných aplikáciách pripadá na patenty a články z časopisov, z ktorých nie je zrejmé, do akej miery sa osvedčili v praxi. Napriek tomu treba hľadať nové uplatnenie hlavne kvalitnej rašeliny, a to aj preto, že na území bývalej ČSFR nie je veľká zásoba tejto suroviny, ktorá by napríklad umožnila rozvoj výroby syntetických palív, jej priame využívanie ako menejhodnotného paliva alebo jej väčšie uplatnenie v poľnohospodárstve.

Tento príspevok nie je vyčerpávajúcim pohľadom na sledovanú problematiku, čo do istej miery spôsobil aj malý objem finančných prostriedkov na výskum a tiež krátky termín na riešenie úlohy. V príspevku sú iba podstatné údaje o rašeline a o niektorých možnostiach jej aplikácie, a to hlavne netradičnej. Širší pohľad možnosti využívania tejto prírodnej suroviny môže čitateľ získať z uvedenej literatúry, rešeršnej štúdie *Netradiční využití rašeliny,* ktorú spracoval Ústav nerastných surovín, a. s., Kutná Hora, a z *Rešerše využitelnosti slovenských rašelinových zdrojů v biochemických aplikacích především na humánní medicinu* (Svěrák, Internacional spol. s r. o., Brno).

Je na škodu veci, že výskum bol značne obmedzený (zo spomenutých príčin), ale hlavne preto, že sa ďalšie predpokladané práce už nevykonali. V ich priebehu sa totiž malo urobiť niekoľko aplikačných modelových skúšok vo vybraných špecializovaných pracoviskách (Farmaceutický ústav 3. lekárskej fakulty UK v Prahe, Farmaceutická fakulta UK v Bratislave, Ústav chemických procesov AVČR v Prahe, Eveko, Ltd., Praha, Výskumný ústav pre petrochémiu v Prievidzi a i.), kde sa mali overiť najnápadnejšie typy rašeliny na netradičné používanie (odskúšanie v experimentálnej medicíne, overenie rašeliny ako sorbenta v ochrane životného prostredia a pod.).

Tab. 6
Výsledky ďalších laboratórnych prác z rašeliniska Bobrov, Hroboňovo-Ohrady a Rohožník
Results of other laboratory works from the peatbog Bobrov, Hroboňovo-Ohrady and Rohožník

Sledovaný parameter	vz. 3	vz. 4	vz. 5
1	2	3	4
Obsah vody v % hmotnosti	53,88	67,09	26,80
Obsah popola v sušine v % hmotnosti	46,19	51,34	59,80
Celkový obsah humínových kyselín v % hmotnosti	29,02	25,91	24,49
Obsah voľných humínových kyselín v % hmotnosti	26,12	17,88	17,93
Obsah bitúmenu v % hmotnosti	1,76	0,92	0,88
Obsah Cu v mg/kg	26,3	26,8	24,6
Obsah Zn v mg/kg	31,6	25,0	27,7
Obsah Pb v mg/kg	6,1	5,0	5,4
Obsah Co v mg/kg	2,7	4,4	4,2
Obsah Li v mg/kg	8,1	8,3	7,1
Obsah Ba v mg/kg	133	148	129
Obsah Bi v mg/kg	0,56	2,7	3,0
Obsah Cd v mg/kg	0,33	0,37	0,95
Obsah Sb v mg/kg	0,70	0,85	0,80
Obsah Se v mg/kg	0,06	0,07	0,09
Obsah Mn v mg/kg	500	75,2	117
Obsah Hg v mg/kg	0,04	0,05	0,06
Obsah Na mg/kg	105	136	114
Obsah K v mg/kg	908	720	630
Obsah P v %	0,17	0,23	0,27
Obsah Ca v %	1,10	10,37	1,99
Obsah Mg v %	0,17	1,35	0,18
Obsah S (SO_3) v %	0,70	10,99	329
Obsah amoniaku (NH_4) v %	0,10	0,10	3

Literatúra

Brožek, B., 1971: Peloidy. Belnea.

Czík, J., 1991 Sprievodná správa k oceneniu využitia zásob rašeliny v ložisku Suchá Hora. *Agrocons, š. p., Žilina.*

Červeňová, Ž., 1950: Slovenské rašeliniská. *Geol. Zbor. Slov. Akad. Vied a U1, 254.*

Červeňová, Ž., 1951 Príspevok k poznaniam slovenských rašelinísk. *Geol. Zbor. Slov. Akad. Vied a U2, 31–54.*

Dohnal, Z., ? Rašeliniště v Krásně – přírodní léčivý zdroj západočeských lázní. *Geologický průzkum, 3, 365–367*

Dohnal, Z. & Vrba, J., 1961 Výskum přírodných léčivých zdrojů. *Věst. Čs. fysiatr Společ., 39, 8–14.*

Dohnal, Z., Kunst, M., Mejstřík, V., Raučina, Š. & Vydra, V., 1967: Československá rašeliniště a slatiniště. Praha, ČSAV

Gadzhieva, N. Z., Tsoi, E. P., Turovskaia, S. I. & Ammosova, I. M., 1991. Antibakterialnaja aktivnost guminovogo preparata iz lečebnoj torfianojl griazi Dzhalal-Abadskogo mestorozhedenija Kirgizii. *Biol. Nauki (USSR), 10, 109–113.*

Haděč, E., et al., 1953: Československé peloidy. *Státní zdravotnické nakladatelství, Praha.*

Janczuk, Z., Banach, Syrynska, M., Pastusiak, J., Zakrzewski, J., Kuznicz, H. & Slezak, 1989: Oklady borowinowe w leczeniu chorob przyzebia. *Czas. Stomatol., 42, 4, 259–266.*

Jantunen, M., Reponen, A., Kauranen, P & Vartiainen, M., 1991 Chernobyl fallout in southern and central Finland. National Public Health Institute, Department of Environmental Hygiene and Toxicology, Kuopio, Finland, Helath Phys., 60, 3, 427–434.

Jordan, H., ? Dinamika nekotorych klinicheskich i parakliniches-kich kriterijev aktivnosti revmatoidnogo effekta griazelechenija (torfijanyje i ilovyje griazy).

KRÁSA, A., 1993: Využití rašeliny ve výživě hospodářských zvířat. *Pohořelice, Výzk. ústav zvířat.*

LECOMTE, J., LAGNEAUX, D., NAMUR, M. & JUCHMES, J., 1987: Sur les proprietes des tourbes acides de Spa. *Acta belg. med. phys., 10, 3, 127–129.*

LOTOSH, T. D., 1991: Eksperimentalńye osnovy i perspektivy primeneniia preparatov guminovych kislot torfa v meditsine i seľskokhoziaistvennom proizvodstve. *Biol. Nauki, (USSR), 10, 99–103.*

MADE, J., KURYSZKO, J. & SOBIECH, K. A., 1987: Badania morfologiczne i biochemiczne nad wplywem preparatu tor-opochodnego PF-290/II/2 na rozwoj naturalnej bialaczki limfatycznej u myszy. *Katedra Anatomii Patologicznej i Wetwrynarii Sadowej AR we Wroclawiu, Pol. Arch. Wetwr., 27, 1, 93–105.*

PĚTICKÝ, K., 1993: Využití rašeliny pro netradiční použití. *Výzk. ústav chemických zařízení, a. s., Praha.*

PUCHMAJEROVÁ, M., 1948: Přírodovědecké zhodnocení rašeliniště předpokladem pro výskum rašeliny jako léčivého zdroje. *Věst. Čs. fysiatr. Společ., 27, 1–6.*

PUCHMAJEROVÁ, M., 1948: Výskum rašelinísť na Slovensku. *Příroda, 41, 41–46.*

RAUČINA, Š., 1979: Výskyt rašelinísk na Slovensku a ich využitie v poľnohospodárstve. *Bratislava, Príroda.*

SVĚRAK, M., 1993: Rešerše využiteľnosti slovenských rašelinových zdrojů biochemických aplikacích s orientací především na humánní medicinu. *Svěrak Internacional, s. r. o., Brno.*

TABAK, J., 1993: Záverečná správa úlohy Slovensko – bituminózne suroviny *Ministerstvo životného prostredia SR, sekcia geologického výskumu a prieskumu, Bratislava.*

TREBATICKÝ, J., 1993: Netradiční využití rašeliny *Ústav nerostných surovin, a. s., Kutná Hora.*

VESKA, E. & EATON, R. S., 1991: Abandoned Rayrock uranium mill tailings in the Northwest Territories: environmental conditions and radiological impact. Environmental Radiation Hazards Division. Healt and Welfare Canada, Ottawa, Health Phys., 60, 3, 399–409.

VOŠTENÁK, J., 1991: Filozofia rašeliny. *Technické noviny, 39, 9, 3.*

Rukopis doručený 11. 1. 2007
Rukopis akceptovaný 12. 2. 2007
Revidovaná verzia doručená 8. 3. 2007

ERRÁTA

V *Mineralii Slovaca* 1/2007 došlo pri úprave obrázkov v grafickom štúdiu ku chybe v obr 1c, d, g, h na str. 8 (autori M. Radvanec, P. Konečný, Z. Németh a P. Grecula) a v *Mineralii Slovaca* 2/2007 v obr. 2 a 3 na str 132 a 133 (autori M. Huraiová, P. Konečný a V. Hurai).

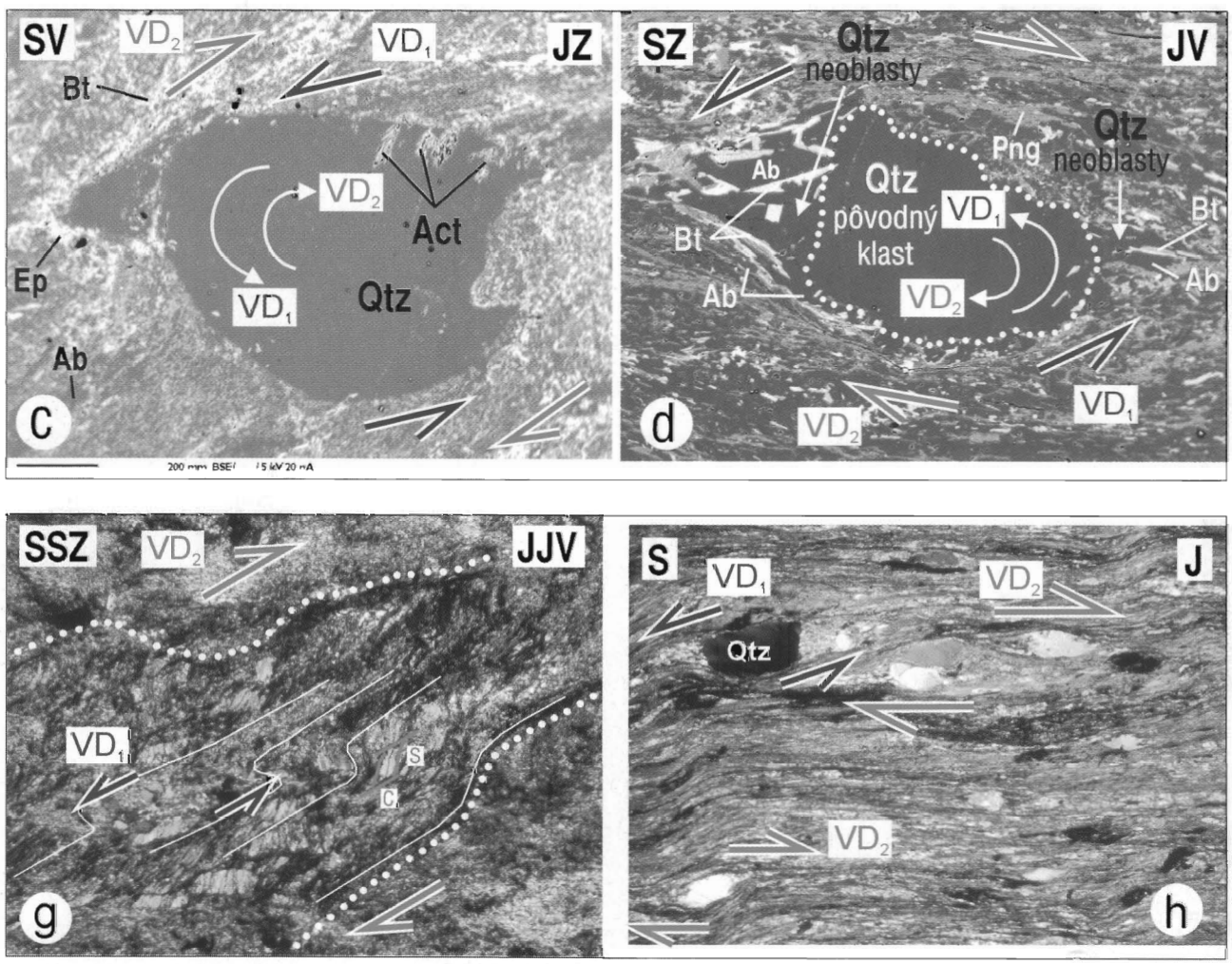
Grafické štúdio sa autorom ospravedlňuje.

Redakcia MS

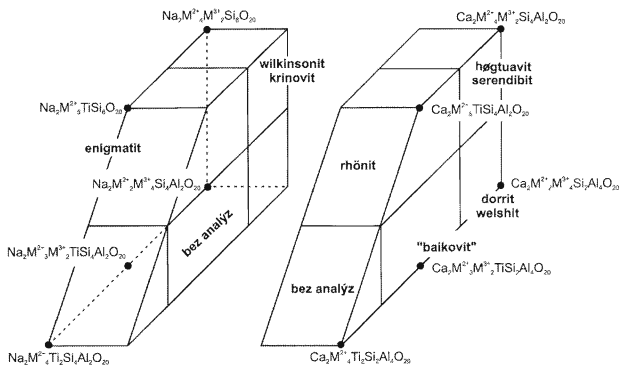
During computer data processing in the graphic studio for *Mineralia Slovaca* 1/2007 the errors occurred in Fig. 1c, d, g, h of the article by M Radvanec, P Konečný, Z. Németh and P Grecula (page 8) In *Mineralia Slovaca* 2/2007 errors occurred in description hogtuavit in Figs. 2 and 3 of the article by M Huraiová, P Konečný and V Hurai (pages 132 and 133).

The graphic studio apologizes to authors

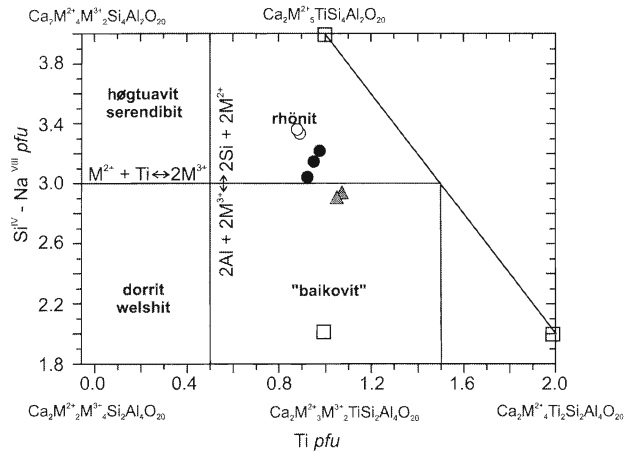
Editorial office of Mineralia Slovaca



Obr. 1 – Fig. 1 (*Mineralia Slovaca* 1/2007. 8)



Obr. 2 – Fig. 2 (*Mineralia Slovaca* 2/2007, 132)



Obr. 3 – Fig. 3 (*Mineralia Slovaca* 2/2007, 133)

Geovestník

Informačný spravodajca pre geológiu, baníctvo, úpravníctvo a životné prostredie

Príloha časopisu Mineralia Slovaca, roč. 39, č. 3

Obsah – Content

Zlato – to nie je len kyanizácia 1
Medzinárodná konferencia – Recyklácia odpadu XI 3
Paleontologický seminár 16
8. paleontologická konferencia 20
Mineralogicko-petrologický seminár SGS 20
Recenzia 22
Kronika 23
Nekrológy 28

Zlato – to nie je len kyanizácia

Gold: It is not only cyanization

Rast svetovej ceny Au v posledných piatich rokoch zvýšil záujem o ťažbu zlatonosných rúd aj na Slovensku. Pri pozitívnych výsledkoch vyhľadávania sa pred začatím jeho ťažby vynára rad otázok súvisiacich s technológiou úpravy rudy a s jej možným negatívnym vplyvom na životné prostredie. Okrem obávanej kyanizácie sa pri úprave zlatonosných rúd môžu použiť aj iné technologické postupy a metódy. Aplikácia konkrétnej metodiky vyžaduje odborné posúdenie suroviny z technologického, environmentálneho a ekonomického hľadiska.

Zlato, po latinsky aurum (Au), je veľmi mäkký žltý kov mernej hmotnosti 19,3 g/cm^3 s bodom tavenia 1063 °C. Je výborne kujný (možno z neho urobiť fóliu hrubú 10^{-4} mm) a veľmi ťažný (z 1 g Au možno vytiahnuť drôt dlhý až 3 km). 1 kg Au možno odliať do kocky s hranou asi 3,75 cm. Au má výnimočné aj fyzikálne vlastnosti – vysokú elektrickú a tepelnú vodivosť, výbornú spracovateľnosť, je mimoriadne chemicky stále a odolné voči zvetrávaniu. V bežných kyselinách sa nerozpúšťa, a preto ho alchymisti nazvali kráľom kovov. Kvalita (rýdzosť) Au sa udáva v karátoch alebo v podieloch na 1000 (napr. 14-karátové zlato 14/24 = 583 podielov v 1000).

Zlato sa v ložiskách vyskytuje prevažne v kovovej forme, no nejde o rýdze Au, ale vždy o prírodnú zliatinu so Ag (elektrum) alebo s inými kovmi (Cu, Hg a pod.). Chemicky viazané Au sa vyskytuje v zlúčeninách s Te (minerál sylvanit $AgAuTe_4$, calaverit $AuTe_2$, petzit Ag_3AuTe_2). Au sa vyskytuje aj v sulfidoch Sb, As, Cu, Fe, Ag a v iných a pri ich spracúvaní sa získava ako vedľajšia zložka.

Popri primárnych monometalických rudách sú v prírode druhým najdôležitejším zdrojom Au koncentráty rúd farebných kovov, hlavne Cu, Zn, Pb a Ni pripravené istým úpravníckym spôsobom a Au s vysokou výťažnosťou sa z nich získava pri hutníckom spracúvaní farebných kovov. Zdrojom Au sú aj sekundárne ložiská zlata – rozsypy a štrkopiesok.

Vo vzorkách pôvodných hornín resp. rúd s obsahom Au sa všeobecne predpokladá zlato

- voľné, s ojedinelými makroskopickými zlatinkami až s jemne dispergovaným „koloidným" zlatom
- viažuce sa na rozličné minerály
- viažuce sa na oxidy
- viažuce sa na minerály rozpustné v kyselinách
- uzavreté v sulfidoch
- viažuce sa na horninotvorné minerály

V súčasnosti sa ekonomicky povrchovo ťažia rudy s obsahom aspoň 1,5 až 2,5 g Au na 1 t rudy. Pri hlbinnej ťažbe je ekonomický obsah 5–10 g Au na 1 t rudy, a to v závislosti od typu rudy, jej technologického a ekologického spracúvania. Pre úpravu zlatonosných rúd sú charakteristické špecifické znaky, ktoré sú viac-menej všeobecne platné pre všetky spracúvané rudy.

Je to

- požiadavka vysokej výťažnosti, spravidla prekračujúca 90 % (výnimkou je lúhovanie na haldách)
- pri úprave Au rúd prevaha lúhovacích procesov – posudzovanie upraviteľnosti rudy podľa jej lúhovateľnosti v roztoku kyanidu

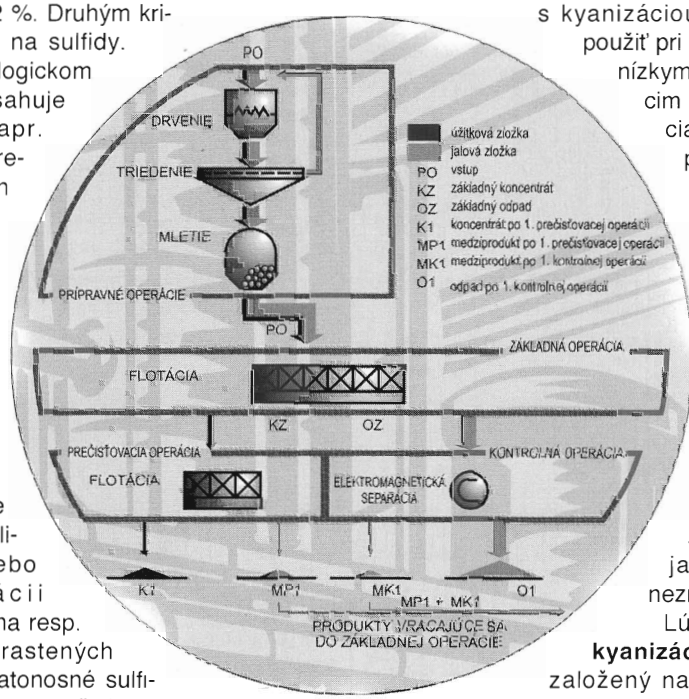
• pod vplyvom prechodu na ťažbu chudobnejších rúd s „koloidne" rozptýleným zlatom vývoj technológie úpravy smerujúci k priamemu lúhovaniu rudy

• nemeniaci sa princíp vývoja technológie, ale prispôsobujúci niektoré technologické uzly vlastnostiam hornín s obsahom Au

Základným kritériom delenia zlatonosných rúd na typy je výskyt S v nich, pričom sa za oxidické pokladajú rudy s obsahom sulfidov pod 2 %. Druhým kritériom je väzba Au prevažne na sulfidy. Pretože väčšina rúd v technologickom nevýznamnom množstve obsahuje rozličné rudné minerály, napr. pyritové a pyrotitové rudy sprevádzajúce sulfidy farebných kovov, v sulfidoch sa vyskytujúce teluridy a podobne, ruda sa vždy posudzuje podľa toho, ktorý typ prevažuje

Medzi základné metódy úpravy zlatonosných rúd patrí gravitačné rozdružovanie, flotácia, kyanizácia, amalgamácia a lúhovanie v biologickom prostredí a po nich nasledujúce hutnícke postupy. Tieto metodiky sa aplikujú alebo samostatne, alebo vo vzájomnej kombinácii

Vyťažená zlatonosná hornina resp. ruda je zmesou rozlične prerastených úžitkových minerálov (zlato, zlatonosné sulfidy) s jalovou horninou (napr. kremeň, karbonáty a pod.). Oddeleniu (rozdruženiu) úžitkovej a jalovej zložky predchádza jej **mechanické rozpojenie drvením a mletím** v závislosti od druhu a spôsobu prerastenia, väzby a veľkosti zŕn úžitkových a jalových zložiek. Na drvenie a mletie sa používajú drviče a mlyny. Drvenie, mletie a triedenie je tzv. prípravnou časťou pred vlastným rozdružovaním.



Gravitačné metódy rozdružovania sa zakladajú na rozdielnej hustote úžitkovej zložky (Au, príp. Au viazané v sulfidoch) a jalových zložiek (sprievodné minerály) v hornine alebo v rude.

Klasickým príkladom gravitačného statického rozdružovania je rozdružovanie v ťažkých suspenziách. Pri dynamických metódach je okrem hustoty zŕn rozhodujúca aj ich veľkosť a tvar. Oddeľovanie jednotlivých zŕn využíva rozdielnu rýchlosť pohybu zŕn v tekutom, spravidla vodnom prostredí. V úpravníckej praxi sú veľmi rozšírené gravitačné metódy – rozdružovanie na koncentračných splavoch, v žľaboch, v „sadzačkách" a pod. Gravitačné rozdružovanie s amalgamáciou možno použiť aj pri rudách obsahujúcich hrubšie vtrúsené zrnká zlata, ale pokryté povlakom alebo vystupujúce spolu so sulfidmi (neovplyvňujúcimi amalgamáciu), ako aj pri rudách s nízkym obsahom voľného zlata, napr. z ryžovísk.

Flotácia je rozdružovanie založené na rozdielnych fyzikálno-mechanických a chemických vlastnostiach povrchu minerálov. Pôsobením rozličných chemických reagencií na jemne rozomleté minerálne zrná sa povrch niektorých druhov minerálov ľahko spája so vzduchovými bublinkami, tie vypĺavajú na hladinu a utvoria na nej mineralizovanú penu. Pena sa odoberá, získava sa z nej koncentrát bohatý na úžitkový minerál, kým nevyplavená zložka rudy odteká ako flotačný odpad. Flotácia sa môže kombinovať s gravitačným rozdružovaním, s amalgamáciou a kyanizáciou alebo iba s kyanizáciou. Prvé dva prípady sa môžu použiť pri rude s vysokým obsahom pyritu, nízkym obsahom kovov a so Au viažucim sa prevažne so sulfidmi. Flotácia iba s kyanizáciou sa používa pri rudách, v ktorých sa Au viaže na sulfidy, pričom sa na zvýšenie výťažnosti Au kyanizácia zameriava na získanie Au z flotačného odpadu.

Pri **chemickej úprave rúd – kyanizácii a amalgamácii,** využívanej pri spracúvaní chudobných, komplexných a ťažko upraviteľných rúd, chemické činidlo pôsobí až do úplného rozpustenia a vylúhovania úžitkovej zložky – kovu, pričom základná jalová látka suroviny zostáva nezmenená.

Lúhovanie v roztoku kyanidu – **kyanizácia** – je spôsob získavania Au založený na jeho rozpúšťaní v roztokoch kyanidových solí a vyzrážaní z roztoku, napr. Zn.

Princíp dvoch hlavných technologických uzlov vyjadruje chemická rovnica

kyanizácie Au

$$4\,Au + 8\,CN^- + 2\,H_2O + O_2 \rightarrow 4\,[Au(CN)_2]^- + 4\,OH^-$$

a

zrážania Zn

$$2\,[Au(CN)_2]^- + Zn \rightarrow [Zn(CN)_4]^{2-} + 2\,Au$$

Kyanizácia je priama alebo v kombinácii s inými rozdružovacími metódami, napr. predkoncentrácia zlata na splavoch. Priama sa aplikuje napr. pri úprave čistých kremičitých rúd s jemne vtrúseným kovovým zlatom a s nízkym obsahom sulfidov, na ktoré sa viaže „malé" množstvo Au. Druhý spôsob sa využíva napr. pri rudách obsahujúcich pyrit, na ktorý sa viaže „jemné" zlato.

Amalgamácia je jednoduchý, ale už zastaraný spôsob, ktorý spolu s gravitačným rozdružovaním možno využívať na získavanie makroskopického až mikroskopického zlata. Pri styku Au s Hg Hg zmáča povrch zlatiniek a difunduje do vnútra zŕn zlata, ale pri dlhšom styku Hg s Au sa tuhé čiastočky amalgámu homogenizujú a zložením sa približujú zlúčenine $AuHg_2$. Tekutá Hg sa odstráni pod tlakom filtráciou a jej zvyšky sa z amalgámu postupne oddestilujú (kovová Hg a jej výpary sú toxické).

Lúhovanie v biologickom prostredí je spôsob získavania Au zo zlatonosných rúd pomocou bakteriálnych druhov, napr. Aeromonas, ktoré žijú v banskej vode zlatých baní.

V praxi sa podstatnejšie nerozšírilo. Ekologické riziko z prípadného enormného rozšírenia bakteriálnych druhov sa doteraz detailne neskúmalo.

Všeobecne možno konštatovať, že dominantné pri úprave oxidických rúd s obsahom Au je **lúhovanie** a pri úprave náplavov **gravitačné postupy**. Sulfidické, napr. Pb-Zn-Cu rudy s obsahom Au, sa upravujú hlavne **flotáciou doplnenou lúhovaním** alebo **hutníckymi procesmi**. .

Výťažnosť Au pri gravitačnom rozdružovaní alebo amalgamácii ľahko upraviteľných rúd je od 60 do 90, kyanizáciou vyše 90–95, flotáciou od 70 do 90 a lúhovaním v biologickom prostredí od 50 do 80 %. Výťažnosť závisí hlavne od typu horniny, väzby, veľkosti a distribúcie zŕn zlata a od ostatných chemicko-mineralogických vlastností spracúvanej rudy

Pri prechode na ťažbu rúd s nízkym obsahom Au, ktoré je najmä v jemnejšej až koloidnej forme (cca 0,01 až 0,001 mm), význam priamej kyanizácie celého množstva vyťaženej rudy alebo v kombinácii s flotáciou stúpa a výťažnosť Au je viac ako 90–95 %. Podľa smerníc EÚ (IPPC, 96/61/EC a 2006/21/ES) sa kyanid pri aplikácii najlepšej dostupnej technológie smie používať Použitý sa po regenerovaní vracia späť do lúhovania alebo sa priamo v úpravníckej jednotke zlikviduje a na odkalisko sa nevypúšťa. Vo svete sa lúhovanie kyanidom na získavanie Au využíva v cca 90 % zariadení. *V krajinách EÚ sa z celkového vyrobeného množstva kyanidov (vyše 160 000 t ročne) používa ako reagencia pri rozpúšťaní Au z horniny približne iba 15 % produkcie. Prevažná časť kyanidov sa využíva napr. v priemysle plastov, lepidiel, v kozmetike, farmaceutickom, automobilovom priemysle a pod.*

V apríli 2007 bola prijatá novela banského zákona a podľa nej s používaním kyanidovej technológie bude musieť súhlasiť príslušná samospráva na miestnej aj regionálnej úrovni rozhodnutím zastupiteľstva a MŽP SR až potom odsúhlasí ťažbu a získavanie Au kyanidovým lúhovaním za predpokladu, že vzhľadom na ekonomické a environmentálne aspekty úpravy **nebude vhodná nijaká iná technológia**.

Ak sa potvrdí, že sa Au dá získavať napr. **iba gravitačnou (neškodnou, netoxickou úpravou) alebo flotačnou úpravou (ekologické reagencie), alebo kombinovanou gravitačnoflotačnou úpravou,** v takom prípade možno dosiahnuť o niečo nižšie technologické ukazovatele (napr. výťažnosť Au od 60–90 %), ale **negatívny vplyv týchto technológií predúpravy z hľadiska používaných reagencií na životné prostredie by bol iba minimálny alebo nijaký.**

Uvedené konštatovania platia za predpokladu, že sa laboratórnym výskumom v závislosti od prevládajúceho typu rudy, väzby, veľkosti a distribúcie Au v hornine, chemického resp. mineralogického zloženia horniny a prítomných minerálov, ako aj štruktúry a textúry horniny preverí najvhodnejší spôsob úpravy rudy samostatne alebo v kombinácii.

S kyanidovým lúhovaním a s typom upravovanej rudy súvisia ekologické problémy technologickej upraviteľnosti zlatonosnej horniny. V tejto súvislosti treba hlavne

- obsah kyanidov v kvapalnom odpade znižovať na minimum maximálnym stupňom recirkulácie alebo regenerácie kyanidového roztoku a jeho obsah úplne eliminovať pred vypúšťaním z úpravníckeho závodu na odkalisko
- likvidovať As z odpadu a previesť ho do formy, v akej sa smie deponovať na odkalisko, alebo nájsť spôsob jeho ďalšieho využívania
- ukladať veľký objem jemne mletého odpadu na odkalisko s možnosťou zaistiť prevádzku odkaliska z naplaveného kalu

Príspevková organizácia ŠGÚDŠ Bratislava, ktorej zriaďovateľom je MŽP SR, má v Košiciach laboratóriá s potrebnými prístrojmi a zariadeniami (flotačné prístroje a koncentračné splavy), ako aj odbornú kapacitu, ktorá v predchádzajúcom období v laboratórnom až modelovom meradle úspešne riešila technológiu upraviteľnosti zlata gravitačným, flotačným alebo kombinovaným spôsobom lokalít, ako je Banská Štiavnica, Zlatá Baňa, Pezinok-Zlatá žila, Pezinok-Trojárová, Uderiná, Kremnica a náplavy Veľký Lel. V súčasnom období, keď sa rozhoduje o principiálnej otázke ťažiť či neťažiť a akou technológiou získavať Au, môže táto organizácia svojím kvalifikovaným posúdením pomôcť zaujať relevantné stanovisko.

Ľ. Tuček a Z. Németh

Medzinárodná konferencia – International conference

RECYKLÁCIA ODPADU XI – RECYCLING OF WASTE XI

Medzinárodná konferencia RECYKLÁCIA ODPADU XI – RECYCLING OF WASTE XI sa bude konať 6. a 7. decembra 2007 v Košiciach. Jej prvý ročník v roku 1997 sa uskutočnil vďaka aktivite hlavného garanta prof. Ing. P. Fečka, CSc., z Katedry úpravníctva HGF Vysokej školy banskej v Ostrave, ktorý bol v tom čase zástupcom vedúceho inštitútu environmentálneho inžinierstva, neskôr prodekanom a v súčasnosti je vedúcim oddelenia odpadového hospodárstva a biotechnológií spomenutej fakulty.

Do roku 2001 išlo o českú konferenciu so zahraničnou účasťou a prebiehala vždy v Ostrave. V roku 2001 sa jej

The International conference RECYKLÁCIA ODPADU XI – RECYCLING OF WASTE XI will be held this year in December 6–7, 2007, at the Institute of Geotechnics of the Slovak Academy of Sciences in Košice. Organization of the conference began in 1997 owing to Prof. Ing. P Fečko, CSc., from the Technical University in Ostrava, Faculty of Mining and Geology, Institute of Environmental Engineering where he was that time the Subhead of the Institute of Environmental Engineering and later Vice-dean of the Faculty of Mining and Geology Recently he is the Division Head of the Section

účastníci dohodli, že v ďalších rokoch bude medzinárodná a na jej organizácii sa za poľskú stranu bude zúčastňovať Krakovská polytechnika zastúpená prof. Dr. Ing. A. Jarosinským a za slovenskú Ústav geotechniky SAV zastúpený garantkou doc. Ing. M. Kušnierovou, PhD. Zároveň sa rozhodlo, že sa miesto konferencie bude v dvojročných intervaloch meniť a popri Ostrave (ČR) ním bude aj Krakov (PR) a Košice (SR).

Konferencia sa spočiatku zameriavala na odpad z banskej, úpravníckej a hutníckej činnosti, neskôr sa predmet jej rokovania aktualizoval a rozšíril aj o recykláciu stavebného odpadu, autovrakov, komunálneho a poľnohospodárskeho odpadu, a to hlavne v nadväznosti na ich energetické zužitkovanie, ako aj o recykláciu iných druhov odpadu, napríklad rádioaktívneho, nemocničného a pod. Na konferenciách sa diskutuje aj o legislatívnych otázkach súvisiacich s recyklačnými postupmi, s opätovným využívaním a likvidáciou uvedeného odpadu.

Do rokovania konferencií sa pravidelne aktívne zapájajú aj odborníci z praxe a prezentujú najmä nové trendy, otázky a problémy späté s aplikovanými priemyselnými technológiami spracúvania odpadu. Už tradičnými účastníkmi konferencií bývajú aj študenti Banícko-geologickej fakulty Vysokej školy banskej – TU v Ostrave, Krakovskej polytechniky, Baníckohutníckej akadémie v Krakove, Fakulty BERG a Hutníckej fakulty TU v Košiciach.

Garanti konferencie sa systematicky usilujú o úzke a všestranne prospešné pracovné vzťahy medzi zástupcami výskumu, praxe a pedagogickými pracovníkmi s akcentom na tvorbu a rešpektovanie postupne sa meniacich pripravovaných a platných legislatívnych noriem kompatibilných s normami EÚ.

Zo všetkých doterajších konferencií vyšli rozsiahle zborníky a ich editorom bol prof. Ing. P. Fečko, CSc. V zborníkoch v kategórii ISBN (vydalo ich edičné stredisko VŠB TU Ostrava, IGSMiE PAN Kraków a Copycentrum, s. r. o., Košice), ktoré sú od roku 2005 recenzované, sa doteraz publikovalo 504 odborných referátov. Výber z obsahu tohtoročnej konferencie poskytujú nasledujúce abstrakty prijatých referátov.

Ďalšie informácie o konferencii RECYKLÁCIA ODPADU XI – RECYCLING OF WASTE XI možno získať na adrese http://homen.vsb.cz/hgf/546/konference.html

of Waste Management and Biotechnology at the Institute of Environmental Engineering. Until 2001 the conference was held in Ostrava (Czech Republic) with the foreign participants. In 2001 the participants of the conference agreed to extend the conference to international level. Two other institutions took part in the conference organization. It was the Cracow University of Technology represented by Prof PhD. Eng. A. Jarosińsky and Institute of Geotechnics of the Slovak Academy of Sciences represented by Assoc. Prof. M. Kušnierová, PhD. It was also stated that the conference will be held every two years variantly in Ostrava (Czech Republic), Cracow (Poland) and Košice (Slovakia). At the beginning the topics of conference were aimed at wastes from mining, processing and metallurgical activities. Topic scope has been updated and extended gradually on recycling of building wastes, wreck cars, communal waste, agricultural waste, mainly in relation to their energetic use and other types of wastes, e. g. radioactive and medical waste. Topics from legislative of recycling procedures, utilization and elimination of listed wastes have been discussed at the conference as well. Specialists from many areas presenting new trends and problems in realized industrial technologies of waste processing have been participated. The permanent part of the conference presents the students from the Technical University in Ostrava, Cracow University of Technology and Technical University in Košice. The Organization Committee has been trying to establish strong work relationships between representatives from praxis and pedagogical areas. Extensive proceedings were issued from all conferences being edited by Prof. Ing. P. Fečko, CSc. Proceedings of the conferences were published by Publishing Center at the Technical University in Ostrava, IGSMiE PAN in Cracow and Copycentrum Ltd. in Košice and are classified in ISBN category. Until 504 scientific and technical papers were published altogether. The proceedings have been reviewed since 2005. Selection from the content of this year's conference provides the abstracts of accepted papers. Further information on the Conference RECYKLÁCIA ODPADU XI – RECYCLING OF WASTE XI is obtainable on the web site http://homen.vsb.cz/hgf/546/konference.html.

M. Kušnierová

S. BARTUSEK[1] a P. MLČOCH[2]: **Stanovení podmínek pro recyklaci jemných konvertorových kalů v podmínkách hutního závodu**

[1]Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, katedra FMMI 616, 708 33 Ostrava-Poruba
[2]Třinecké železárny, a. s., Průmyslová 1000, Třinec

Problematika jemných konvertorových kalů vznikajících při výrobě oceli je obecně problematikou velice aktuální, protože až dosud byly a jsou tyto odpady ukládány na zabezpečené skládky, případně využívány při výrobě cementu. Již v dřívějších experimentálních pracích byl prokázán vysoký obsah železonosných surovin v těchto odpadech, a proto byly hledány možnosti jejich opětovné recyklace v podmínkách vlastního hutního závodu.

Navrhované řešení je vedeno cestou úpravy těchto kalů formou zkusovění za použití různých pojiv a posléze prosazováním zpět do kyslíkového konvertoru příslušné ocelárny. Při použití této varianty řešení byly připraveny a laboratorně testovány různé formy briket o různém chemickém složení. V praktických podmínkách pak byly takto upravené jemné konvertorové kaly prosazovány v průběhu tavby do konvertoru

za současného využití metody „časové separace" vedoucí k eliminace nepříznivého obsahu Zn v závislosti na časovém průběhu tavby. Současně nebyl prokázán žádný znatelný negativní vliv na chod uvedeného technologického zařízení.

Výsledky prvních měření ukazují na velice perspektivní kombinovanou metodu návratu tohoto hutnicky hodnotného materiálu a budou dále využity v následných experimentálních provozních zkouškách.

J. BREHUV, T. ŠPALDON, O ŠESTINOVÁ, P. SLANČO a J. HANČUĽÁK: **Vplyv banských záťaží na obsah vybraných prvkov v nánosoch z povodia rieky Hnilec**

Ústav geotechniky SAV, Watsonova 45, 043 53 Košice

Príspevok obsahuje informáciu o obsahu vybraných prvkov – ťažkých kovov – vo vzorkách nánosu odobraných v povodí Hnilca, v ktorom je od prameňa po pôvodný sútok s Hornádom rad lokalít s bývalou banskou a na ňu nadväzujúcou úpravníckou a hutníckou činnosťou. Vzorky nánosu (sedimentov) sa odobrali od pôvodného vyústenia Hnilca do Hornádu (v súčasnosti je to rameno nádrže VD Ružín I) po koniec vzdutia vodnej nádrže Palcmanská Maša. Išlo o vybrané profily v hnileckom ramene VD Ružín I, v koryte Hnilca a potoka Smolník, výtok zo starej banskej šachty Pech nad Smolníckou Hutou, profily na výtokoch z drénov banského odkaliska v Smolníckej Hute, profil na povrchu odkaliska Smolnícka Huta a o profily vo vodnej nádrži Palcmanská Maša. Vzorky sa odobrali v rámci projektov zameraných aj na štúdium úpravy dnových sedimentov vodných tokov a nádrží so súčasnou aj skončenou banskou činnosťou a na sledovanie aktuálnych kvalitatívnych a kvantitatívnych ukazovateľov na vybraných miestach odberu vzoriek. V závere je návrh na priame využitie nánosu alebo po jeho úprave (recyklácii) vzhľadom na úroveň kontaminácie ťažkými kovmi a kubatúru jednotlivých lokalít.

V. ČABLÍK[1], R. TOMANEC[2] and P. FECKO[1]: **The possibilities of utilization of red mud from bauxite processing**

[1]VSB-Technical University of Ostrava, Faculty of Mining and Geology, 17 listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, Czech Republic, vladimir.cablik@vsb.cz, peter.fecko@vsb.cz
[2]Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, 7 Djusina Str., 110 00 Belgrade, Serbia; tomanec@rgf.bg.ac.yu

This work describes the characterization of red mud – a waste generated by the Bayer process in the aluminium industry – which causes environmental problems. Residue of the alumina leaching from bauxite was analysed for mineral compositions of the mineral ore and its residue for chemical composition, density, and grain-size composition. The residue was calcinated and finally tested as a pigment for the use in the building material industry. The used analytical methods encompassed differential thermal analysis and thermogravimetry, ore microscopy, X-ray of ore and red mud samples. The test blocks were tested on the compressive strength.

S. ČUVANOVÁ[1], M REHÁKOVÁ[2] a Ľ. FORTUNOVÁ[2]: **Využívanie prírodného zeolitu typu klinoptilolitu v environmentálnej oblasti**

[1]Ústav geotechniky SAV, Watsonova 45, 043 53 Košice, cuvanova @saske.sk
[2]Ústav chemických vied – Katedra anorganickej chémie Prírodovedeckej fakulty Univerzity P J. Šafárika v Košiciach

V súčasnom ekologickom poľnohospodárstve je na využitie prírodného zeolitu typu klinoptilolitu z nižnohraboveckého ložiska veľa možností. Vďaka svojej štruktúre a vlastnostiam je využiteľný ako nosič pomaly uvoľňujúci rozličné agrochemikálie vrátane hnojív, ako aj farmaceuticky a biochemicky účinné látky určené pre veterinárnu farmáciu. Efektívny je aj pri zlepšovaní pôdnych fyzikálnych vlastností a pri úprave kontaminovanej pôdy.

Štúdium dynamiky uvoľňovania živín zo zeolitických hnojív ZEOMIX NPK a KlinoFert NPK potvrdilo, že uvoľňujú živiny postupne, pomalšie ako štandardné hnojivo NPK. Zeolitické hnojivá majú pozitívny účinok na úrodu a jej kvalitu, na pôdne prostredie a na niektoré zložky prírodného prostredia. Pri ich používaní bývajú rastliny v dobrej kondícii a úspešnejšie odolávajú tlaku hubovitých patogénov.

Prírodný klinoptilolit a hnojivá vyrobené na jeho báze sa skúmali aj z hľadiska znižovania obsahu ťažkých kovov v priemyselne kontaminovanej pôde. Prírodný klinoptilolit sorboval do svojich voľných priestorov ťažké kovy a iné toxické látky a tým blokoval ich príjem do rastlín.

Prácu podporila Agentúra na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy APVV-51-035505 a grantový projekt VEGA 2/7163/27

P. FECKO[1], M. KUŠNIEROVÁ[2], V. ČABLÍK[1], E. PERTILE[1], I. JANÁKOVÁ[1] and N MUCHA[1]: **Biotechnology for Clean Development Mechanism**

[1]VSB-Technical University of Ostrava, Czech Republic
[2]Slovak Academy of Science in Košice, Institute of Geotechnics, Slovakia

In compliance with the conclusions of European Federation for Bio-Technology from 1981, biotechnologies are defined as a set of procedures based on the technological utilization of metabolisms of microscopic organisms. They are interdisciplinary fields incorporating and making use of knowledge of microbiology, biochemistry, chemistry and relevant industrial branches. The mentioned article deals with general knowledge from the field of environmental biotechnologies and it presents the results of research carried out in the laboratories of the Institute of Environmental Engineering. It is divided into the following points:

Biotechnology and its development
Mineral biotechnologies
Application of mineral biotechnologies
Biotechnologies in the research on the Institute of Environmental Engineering
Examples of biotechnology utilization
– The results of application of biotechnologies in decontamination of sediments in the Cerny Prikop River
– Bacterial desulphurization of coal

K. FELA, A. JAROSIŃSKI, A. KOZAK and A. PIETRASZEK: **Comparative study of magnesium removal from zinc concentrates**

Cracow University of Technology, Institute of Chemistry and Inorganic Technology, ul Warszawska 24, 31-155 Cracow, Poland, ajar@chemia.pk.edu.pl

The influence of sulphuric acid concentration on the magnesium removal from raw zinc concentrates deriving from the enrichment process of zinc and lead sulphidic ores as well as from ZnS-ZnO-Ca, $Mg(CO_3)_2$ is discussed in this paper. The investigations were carried out at temperature 25 °C. It was stated that the best conditions of leaching process are as follows: acid concentration of 35 % H_2SO_4 and the short time of leaching. The obtained results from this series of tests were compared with the results obtained in exemplary system. In the sulphuric acid solution the suspension in all volume of liquid was observed after phase separation.

K. GORAZDA, Z. WZOREK and J. MRÓZ: **Phosphorus recovery from post-neutralization sludge from STPP production**

Cracow University of Technology, Institute of Chemistry and Inorganic Technology, ul. Warszawska 24, 31-155 Cracow, Poland

This work presents the research on phosphorus recovery from the post-neutralization sludge formed by the production of sodium tripolyphosphate, which contains significant amounts of total and soluble in water phosphorus, which can be reused in production process.

Typically the industrial production unit consists of two sections, wet and dry. The wet section includes neutralization of phosphoric acid with soda ash. The solution obtained contains mono- and di--sodium orthophosphate. During spray drying they undergo the condensation process yielding pyrophosphate. Afterwards, the powder is polymerized into the STPP form in the rotary calciner.

The suspension formed during the neutralization of the phosphorus acid with soda is directed to the drum filters, where filtrate is separated from the sludge, which is in turn rinsed with water. The sludge after filtration on rotary filters is submitted to the process of repulpation with water. After the process, the suspension is submitted to the second stage of filtration on the pressure press. The sludge after unloading is send to the landfill.

The application of phosphoric acid, instead of water itself, in-creases the recovery degree of water-soluble phosphorus and total phosphorus. The degree of phosphorus recovery depends on the ratio of solid to liquid phase in the repulpation process and the application of rinsing of sediment after filtration and attains values between 61.9–97.91 % P_2O_5 in relation to water soluble phosphates.

J. HANČUĽÁK, O. ŠESTINOVÁ, M BOBRO, E. FEDOROVÁ a P. SLANČO: **Kontaminácia pôdy a asimilačných orgánov vybraných drevín ortuťou v okolí starých banských záťaží stredného Spiša**

Ústav geotechniky SAV, Watsonova 45, 043 53 Košice

Stredný Spiš je známy vysokou koncentráciou Hg vo všetkých zložkách životného prostredia. Je to dôsledok najmä historickej banskej a úpravníckej činnosti a jej vysokého chemického pozadia v oblasti Obsah Hg sa sledoval prevažne vo vzorkách lesnej pôdy a v asimilačných orgánoch vybraných drevín. Pri drevinách sa zisťovala koncentrácia Hg v listoch brezy a v dvojročnom ihličí smreka a borovice. V pôdnych vzorkách sa okrem obsahu Hg stanovilo aj pH, organický podiel a EH. Vzorky boli odobraté v novembri 2006 z 34 lokalít v bližšom a širšom okolí bývalého rudnianskeho banského závodu a starej ortuťovne v Štefanskej hute. Analyzovalo sa 37 pôdnych vzoriek a 76 vzoriek bioty. Obsah Hg v pôdnych vzorkách sa pohyboval od 0,130 až do abnormálne vysokého – vyše 100 $mg \cdot kg^{-1}$. Listy brezy obsahovali 0,012 až 0,676, ihličie smreka 0,022 až 0,827 a borovice 0,021 až 0,624 $mg \cdot kg^{-1}$ Hg Najvyšší obsah Hg bol vo vzorkách z blízkosti bývalého závodu Železorudných baní v Rudňanoch a bývalej ortuťovne v Štefanskej hute. Najvyššie koeficienty pomeru obsahu Hg v asimilačných orgánoch drevín a v pôde sa zistili vo vzorkách s relatívne nízkou koncentráciou Hg v pôde. Lineárna závislosť medzi obsahom Hg v pôde a v asimilačných orgánoch sledovaných drevín sa nezistila. Nezaregistroval sa ani korelačný vzťah medzi obsahom Hg v asimilačných orgánoch drevín a sledovanými parametrami zemín pH, EH a obsahu organického podielu.

M. HLAVATÁ[1], P. FEČKO[1], V. ČABLÍK[1], J. ZÁVADA[1], J VALEŠ[2] a P. SEDLÁČEK[2]: **Možnosti využívání úletů z termického sušení černouhelných kalů**

[1]Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 17 listopadu 15, 708 32 Ostrava-Poruba
[2]VÚHU, a. s., Most

Problematika využívání úletů z termického sušení černouhelných kalů je zkoumána v rámci projektu GA ČR 105/06/0083.

Současná světová spotřeba fosilních paliv se neustále zvyšuje a výsledkem je snaha o využívání veškerých dostupných zásob uhlí. Jedná se i o ty méně kvalitní zdroje, které vznikaly po celá desetiletí jako vedlejší produkt z úpravy uhlí. Cílem zkoumání je ověření možností využití úletů vznikajících při sušení černouhelných kalů, které jsou zpětně odtěžovány z již dříve vzniklých odkališť, k výrobě nového vícesložkového paliva. Při úpravě hnědého uhlí vznikají nízkovýhřevné druhy hnědého uhlí, jehož spalování je omezeno nízkou výhřevností a vysokým obsahem S. Jejich vhodná kombinace s dalšími testovanými složkami – např mletý odpadní polyethylentereftalát – PET, t. j. odpadními látkami s významným energetickým obsahem a biomasou, umožní snížení obsahu S. Přítomnost úletů z termického sušení černouhelných kalů přispívá ke zvýšení výhřevnosti a tím ke zlepšení užitných vlastností těchto paliv Takto připravená paliva zvyšují užitné a komerční vlastnosti v dnešní době používaných paliv a zároveň eliminují negativní vliv na životní prostředí, ke kterému dochází jejich spalování.

A. JAROSIŃSKI, L. MADEJSKA and W. NATANEK: **Assessment of possibilities of sphalerite concentrates quality improvement during phosphoric acid leaching**

Cracow University of Technology, Institute of Chemistry and Inorganic Technology, ul Warszawska 24, 31-155 Cracow, Poland, mad@chemia.pk.edu.pl

Research was made on removal of some metallic components of sphalerite concentrate by leaching with phosphoric acid, containing respectively 10 % and 20 % of H_3PO_4. Initial results confirm possibility of this concentrate quality improvement. A special attention was paid on management of leachates formed additionally to purified concentrates.

A. JAROSIŃSKI: **Exemplary solutions of zinc raw materials processing**

Cracow University of Technology, Institute of Chemistry and Inorganic Technology, ul Warszawska 24, 31-155 Cracow, Poland, ajar@chemia.pk.edu.pl

In this project some problems connected with primary sources of zinc in aspect of improvement of zinc concentrate quality as well as abilities of tailings use are discussed. Characteristics of zinc waste material and necessary conditions of this material utilization are presented. The ways of primary source and recyclable material of zinc are given. In conclusion the use of this materials in an industrial scale in domestic conditions is recommended. Exemplary solutions of zinc raw material processing are discussed.

J. KADUKOVÁ, A. OTÁVKOVÁ and M. ŠTOFKO: **Influence of alga *Chlorella kessleri* immobilization by sodium alginate for copper sorption**

Technical University of Košice, Faculty of Metallurgy, Department of Non-Ferrous Metals and Waste Treatment, Letná 9, 042 00 Košice, Slovak Republic; jana.kadukova@tuke.sk

Industrial development in environmental biotechnology prefers using of immobilized cells to free cells in biosorption application. Using of immobilized cells is better and easier in the practice. By immobilization it is possible to prepare biosorbents with right size, mechanical resistance, rigidity and porosity. Biosorbents prepared by this way are more usable in the industry and offer more advantages such as stability at different pH, temperature and various ionic composition of the solution and facilitation of liquid flow in the column.

In the present work possibility of *Chlorella kessleri* immobilization by sodium alginate was studied. Biosorption of copper by beads formed during the process was examined. The influence of immobilization to biosorption capacity as well as the influence of the particle size, biomass – immobilization agent ratio and other parameters were compared.

In the case of Cu^{2+} ions sorption from solutions with the initial copper concentration 16 mg/l the highest sorption capacity was observed by immobilized alga. At higher initial concentrations (160 mg Cu/l) the sorption by immobilized cells was rather reduced in the comparison with free cells. But at the equilibrium the sorption capacity of free powdered biomass was comparable with the biomass immobilized by sodium alginate.

This work was supported by Slovak Grant Agency – project VEGA 1/3220/06.

J. KONDÁS, P KURILLA and S. MIČANÍK: **Thermodynamical study of heavy non-ferrous metal oxides reduction from spent industrial catalysts by most advanced technology – PlasmaEnvi® in SAFINA, a. s.**

SAFINA, a. s., Vídeňská 104, Vestec, 252 42 Jesenice, Czech Republic

Spent catalysts are traditional source of metals for SAFINA's production. SAFINA, a. s. with regard to the experience in the field of catalyst treatment had decided to enter into the project of plasma arc reactor facility classified as BAT (Best Available Technique) for treatment of this kind of waste from both economical and environmental points of view. Using plasma technology SAFINA, a. s. has developed unique process called PlasmaEnvi® specifically designed to treat spent industrial catalysts with particular aim to precious metals catalysts and catalysts based on heavy non-ferrous metals.

Since the catalysts based on heavy metal oxides have been classified as hazardous wastes, they must be disposed in controlled landfill sites or convert to environmentally friendly materials. Because the major interest from the viewpoint of environmental protection is replacement of landfill by processing to inert or useful materials, this article presents a thermodynamic analysis of possible treating of these waste catalysts by PlasmaEnvi® process to recover metal alloy utilizable in ferrous or non-ferrous industry and inert slag

M. KONOPKA, Z. KOWALSKI and M. BANACH: **The implementation of liquids containing nanosilver for disinfections of meat industry production rooms**

Cracow University of Technology, Institute of Inorganic Chemistry and Technology, Warszawska 24, 31-155 Cracow, Poland

Biocides are used in many industries to decrease development of such micro organisms population that cause hazard for people and animals and have an disadvantageous effect on quality factors of the industrial products. According to Directive 98/8/EC biocides are *"active substances or preparation contained minimum one active substance in the form as delivered to the user and oriented on destruction, render harmless, prevention or control of action with any other ways on harmful organism through chemical or biological performance"*.

After getting into people or animal organism the harmful micro organisms could cause different infectious diseases. Micro organisms could be transported from the environment to the organism by air, water and food products contaminated with vector or having contact with contaminated surface.

At the food industry a very good condition for micro organisms development are the raw materials residues remained in the technological equipment and machinery. Just the microbiological recontamination results in contamination of the technologically treated food. Probability of the food contamination, infection of the people or animal organism is not outstanding if only neighbourhood of the technological line is maintained as properly clean. The proper cleanness in time of the technological process could be assured with suitable washing and disinfections. The goal of these processes is removal of mechanical, chemical and microbiological contamination from surfaces of the packages, machinery, equipment and also production rooms.

M. KOVÁČOVÁ a M. LOVÁS: **Hodnotenie vylúhovateľnosti popolčeka zo spaľovne odpadu stabilizovaného mikrovlnnou energiou**

Ústav geotechniky SAV, Watsonova 45, 043 53 Košice

Mikrovlnná energia sa používa pri spracúvaní odpadu rozličného druhu (rádioaktívny, elektronické obvody, kal z galvanizovní, sanácia kontaminovanej pôdy, regenerácia sorbentov, recyklácia pneumatík atď.). Hlavnou výhodou mikrovlnného ohrevu oproti klasickému je selektívnosť ohrevu materiálu na základe jeho dielektrických vlastností, objemový charakter (ohrieva sa pri ňom materiál v celom objeme zvnútra smerom k vonkajším stenám), zrýchlenie procesov, úspora času a energie, možnosť spracúvať odpad *in situ* (je to výhodné hlavne pri nebezpečnom odpade), ako aj zníženie rizika vzdušnej kontaminácie.

Príspevok hodnotí vylúhovateľnosť popolčeka z košickej spaľovne odpadu stabilizovaného v mikrovlnnej peci. Skúmal sa vplyv prímesí, výkonu pece a času ohrevu na vylúhovateľnosť.

G KRATOŠOVÁ: **Možnosti získávání kovů z kovonosného odpadu bioloužením**

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, centrum nanotechnologií, 17. listopadu 15, 708 32 Ostrava-Poruba

S výrobou železa i neželezných kovů je spojen vznik značného množství tuhého metalurgického odpadu. Tyto odpadní materiály (zejména odprašky) patří převážně do „nebezpečného odpadu" z důvodu vysokého obsahu potenciálně toxických kovů a pro obsah nízkotavitelných kovů, hlavně Zn a Cd, nemohou být zcela využity v metalurgické recyklaci. Pro tyto druhotné suroviny může být biologická oxidace efektivní a je považována za významnou metodu recyklace prvků a proto byla sledována možnost bioloužení zájmových kovů z těchto druhotných surovin s bakteriemi rodu *Acidithiobacillus*.

Testy bioloužení s čistou kulturou thionových bakterií byly aplikovány na vybrané vzorky odpadu pocházejícího z různých metalurgických provozů, případně jejich směsi. Na základě dosažených výsledků byla posouzena schopnost bakterií adaptovat se na problematické odpadní materiály metalurgického průmyslu a ovlivnit mobilitu zájmových kovů, především Zn, Cd, Mn a Pb, z tohoto odpadu nebo směsí do výluhu

Experimenty prokázaly, že vzorky kamínku a strusky ze šachtové pece na přetavování olověných akumulátorů mohou být v průběhu deponace atakovány acidofilními thionovými bakteriemi. Stejně tak se kal z kalolisu čistírny plynů kyslíkového konvertoru i přes poměrně vysoký obsah zásaditých složek může v průběhu času stát vzhledem k vysokému obsahu Fe^{2+} vhodným substrátem pro bakterie rodu *Acidithiobacillus*. Čistá bakteriální kultura *Acidithiobacillus ferooxidans* se poměrně dobře adaptovala také na směs strusky a odprašků z výroby litiny.

Po aplikaci adaptovaných bakteriálních kultur na vzorky metalurgického odpadu a jeho směsi lze předpokládat vyšší výtěžnosti Zn a ostatních kovů ve výluhu, což by bylo přínosné jednak z důvodu dalšího využití bioloužením upraveného odpadu, jednak vzhledem k možnosti recyklace kovů z výluhu.

K KRUPA-ŻUCZEK, Z. KOWALSKI and Z. WZOREK: **Direction of processing to take advantage of bone semi-finished products and waste from meat industry**

Cracow University of Technology, Institute of Inorganic Chemistry and Technology, Warszawska 24, 31-155 Cracow, Poland

European Union generates about 18 million tone of phosphorus-containing waste per year. The appearance of BSE disease caused the necessity of using the new solutions of waste management. This work was focussed on investigation of physical and chemical properties of wastes from meat industry in Poland. The proposed systems of waste management from meat industry which converts this part of industry into waste-free process which take advantage of "cleaner technologies".

Cleaner production techniques include protection of natural resources of raw materials and energy, elimination of toxic raw materials, reduction of quantity and toxicity of all types of waste (the protein recovery from bones). The most important from cleaner production methods is the pollution prevention in using of liquid and gas wastes. The results of scientific work show that transformation of by-products from me at industry using inside and outside processing recycling is possible. Moreover it also allows to recovery the energy from wastes. New technologies of waste applications enable to avoid problems with their expensive utilization.

The aim of this work was to investigate physical and chemical properties of products of thermal utilization of deproteinization bone sludge and another waste from meat industry. Bone sludge was calcined at temperatures 600–950°C, in a stationary furnace at air atmosphere for three hours. X-ray analysis of phase composition showed that hydroxyapatite is the main component of calcination products. Phosphorus contents in ashes – calcination products were close to the concentration of this element in typical phosphoric raw materials. That confirmed the possibility of using such ashes as substitute phosphoric raw materials.

M. KUŠNIEROVÁ, A. LUPTÁKOVÁ a A. ŠLESÁROVÁ:

Bezodpadová technológia komplexného spracovania a využitia čiernouhoľného popolčeka

Ústav geotechniky SAV, Watsonova 45, 043 53 Košice, Slovenská republika; kusnier@saske.sk

Tepelná energetika ročne vyprodukuje stovky miliónov ton odpadového popolčeka, z ktorého sa v súčasnosti bez akejkoľvek úpravy v ďalšej priemyselnej výrobe využíva iba okolo 10 %. Zvyšný objem tohto odpadu sa deponuje na skládkach a odkaliskách a s tým súvisí rad negatívnych vplyvov na životné prostredie, pričom nie je zanedbateľný ani záber úrodnej pôdy. Takýto nepriaznivý stav trvá aj napriek tomu, že popolček obsahuje viac priemyselne zužitkovateľných zložiek, ako je napr. nespálené uhlie (20–35 %), Fe minerály a ďalšie zložky.

Na základe výsledkov rozsiahleho úpravníckeho výskumu v rámci riešenia štátneho programu SP 26/028/2004 bola navrhnutá bezodpadová technológia komplexného spracovania a využitia čiernouhoľného popolčeka zahŕňajúca suché triedenie, flotáciu, elektromagnetickú separáciu, hydrotermálnu alteráciu, mechanickú aktiváciu a termickú úpravu, ktorej finálnym produktom je

- čiernouhoľný flotačný koncentrát vhodný na spaľovanie v tepelných elektrárňach na výrobu energie
- sorbent zeolitového typu s výmennou kapacitou 1,2 mól·kg^{-1} využiteľný pri čistení niektorých typov odpadovej vody
- nový typ vysokožiaruvzdorného materiálu s obsahom 60 % mullitu a 23 % korundu využiteľný pri výrobe vysokožiaruvzdorných hmôt

Potvrdila sa aj možnosť používať čiernouhoľný popolček ako prímes pri výrobe kompozitných tehál, čo zvyšuje ich pevnosť v ohybe, nasiakavosť, objemovú hmotnosť kapilaritu a tepelný odpor.

Na depóniách je uložený a stále sa na ne ukladá veľký objem stabilizovanej popolčekovej zmesi z odsírovania elektrárenských plynov, ktoré sa pri spaľovaní čierneho uhlia priemyselne nijako nevyužívajú. Pre tento druh popolčekového odpadu sa vyvinula samostatná technológia biologicko-chemickej regenerácie desulfurizačných médií spočívajúca v utilizácii SO_4^{2-}iónov síran redukujúcimi baktériami. Jej finálnym produktom je regenerovaný $CaCO_3$, elementárna S a popolček spracovateľný navrhnutou bezodpadovou technológiou. Navrhované technologické postupy umožňujú minimalizovať množstvo energetického odpadu, šetriť životné prostredie a primárne suroviny.

M. KUŠNIEROVÁ, A. LUPTÁKOVÁ and A. ŠLESÁROVÁ.

Non-waste technology of complex processing and utilization of black-coal fly ash

Institute of Geotechnics of Slovak Academy of Sciences, Košice, Slovak Republic; kusnier@saske.sk

Heat-power engineering produces hundreds of million tons of waste fly ash. Nowadays only 10 % of waste fly ash is used in others industrial productions without treatment. Residual parts of this waste are deposited at the dumps and tailings impoundments. It is connected with the various negative influences on environment and occupation of fertile land. Even through, the fly ash contains various industrially utilizable components such as unburned coal (20–35 %) and Fe minerals. Non-waste technology of complex processing and utilization of black-coal fly ash was proposed on the base of results obtained within solution of State Order SP 26/028/2004. The technology includes the following processes: dry size preparation, flotation, electro-magnetic separation, hydrothermal alternation, mechanical activation, thermal treatment. The final products of the proposed technology are following:

– black-coal flotation concentrate appropriate for combustion in heat power plants to energy production,

– sorbents of zeolite type with exchange capacity 1.2 mol/kg utilizable in water treatment,

– new type of composite high heat-resistant material with 60 % of mullite and 23 % of corundum content which can be utilizable in production of refractory materials. The possibility of black-coal fly ash utilization in the form of additive in the production of composite bricks was confirmed. It improves their bending strength, adsorptive capacity, bulk density, capillary attraction, and their thermal resistance increases as well. At the present time, great volumes of stabilized fly ash mass have been deposited at the dumps. It proceeds from the desuphurization of power-plant gases which do not have any industrial utilization in the case of black coal combustion. The technology of biological-chemical regeneration of desulphurization agents was developed for this type of fly ash waste. The technology consists in utilization of sulphate ions by sulphate-reducing bacteria. The final product of the proposed technology is regenerated $CaCO_3$, elementary sulphur and fly ash treatable by proposed non-waste technology. Listed technological methods enable to minimize the quantity of energy wastes, protect environment and primary raw materials.

R. LACKO:

Aktivácia cementácie kovov prúdovými impulzmi

Katedra neželezných kovov a spracovania odpadov Hutníckej fakulty Technickej univerzity v Košiciach, Letná 9, Košice, rastislav.lacko@tuke.sk

Príspevok sa zaoberá možnosťou využívať impulznú metódu ako aktivátor cementačných procesov. Pri cementácii kovov, ako je Ni, Co a Cd, sa na povrchu elektronegatívnejšieho kovu (cementátora) vytvára kompaktný málo porézny depozit, čo znižuje kinetiku alebo zastavuje cementáciu. Impulzná metóda umožňuje zmenou parametrov (katódová a anódová prúdová hustota, tvar impulzu a pod.) ovplyvniť charakter depozitu. Vrstva vylúčeného kovu sa môže zmeniť od nepóreznej a adhéznej na slabo adhéznu vrstvu s množstvom pórov.

M. LAUBERTOVÁ, M. ZAJACOVÁ a T. HAVLÍK: **Hydrometalurgické spracovanie vyradených mobilných telefónov**

Katedra neželezných kovov a spracovania odpadov Hutníckej fakulty Technickej univerzity v Košiciach, Letná 9, 040 01 Košice, martina.laubertova@tuke.sk

Problematika nakladania s elektroodpadom vo svete aj na Slovensku je veľmi aktuálna najmä z environmentálneho hľadiska. Súčasný vývoj telekomunikačnej techniky rastie s dopytom po nových a modernejších zariadeniach. Mobilný telefón má z chemického hľadiska heterogénne zloženie, obsahuje nebezpečné aj užitočné látky, ktoré by sa dali využiť.

Práca sa zaoberá možnosťou spracovať vyradené mobilné telefóny hydrometalurgicky. Vyskúšala sa možnosť ich predúpravy pred lúhovaním. V prvej fáze sa lúhovali vzorky vyradených mobilných telefónov po magnetickej separácii v HCl a bez nej. Lepšia výťažnosť sa dosiahla lúhovaním bez magnetickej separácie. V druhej fáze sa lúhovala vzorka po magnetickej separácii v rozličných lúhovacích činidlách, v tretej sa najprv tepelne upravila a porovnala so vzorkou bez tepelnej úpravy a v poslednej sa tepelne vopred upravená vzorka lúhovala v $FeCl_3$, ako aj v HCl. Pre relatívne veľký odpad použitých mobilných telefónov sa ako reálna ukazuje možnosť spracovať ich a na to sa navrhla principiálna schéma.

P. LEBER, J. LEDERERROVÁ, M. SVOBODA a L. ZAVŘEL: **Hodnocení stavebních materiálů na bázi průmyslových odpadních materiálů ve vztahu k jejich životnímu cyklu**

Výzkumný ústav stavebních hmot, a. s., Hněvkovského 65, 617 00 Brno, Česká republika; svoboda@vustah.cz

Průmyslové odpadní materiály ve funkci druhotných surovin mohou být velmi dobře uplatňovány při výrobě stavebních hmot a výrobků jako náhrada přírodních zdrojů. Kromě posuzování technologické a ekologické vhodnosti těchto materiálů během vlastní výroby stavebních hmot a výrobků je nutno sledovat i vliv jejich vlastností po ukončení procesu zrání a tvrdnutí hmoty, a to ve vztahu k prostředí, v němž budou dané výrobky používány. Jedním z dlouhodobě sledovaných parametrů je objemová stálost hmoty, stanovována na zkušebních tělesech v závislosti na čase a na zkušebním prostředí, v němž jsou tělesa uložena. Objemové změny se projevují smršťováním nebo roztažností zkušebních těles a jsou způsobovány vedle faktoru vlhkosti a teploty také přítomností rizikových složek v použitých odpadních materiálech. Pro každý typ odpadního materiálu, který má být využit pro výrobu stavebních hmot a výrobků, je tedy nutné provést důkladné zmapování vstupních vlastností po stránce chemické, fyzikálně chemické, fyzikálně mechanické a ekologické se zaměřením na rizikové složky a rizikové parametry. Dále je třeba stanovit limitní hodnoty těchto rizikových složek pro každý technologický směr zpracovávání odpadních materiálů ve vztahu k účelu a prostředí, v němž budou budoucí výrobky použity. K ověření této vhodnosti používaných průmyslových odpadních materiálů po stránce všech požadovaných parametrů se využívají metody zkoušení urychlené trvanlivosti, které zahrnují kombinované působení jednotlivých faktorů venkovního prostředí tak, aby se jejich účinky mohly projevit stejně jako v reálném venkovním prostředí. Patří mezi ně zejména stanovení trvanlivosti urychlenou metodou cyklováním (ČSN 72 2071) a urychlená zkouška trvanlivosti ZKM-13/93.

Příspěvek vznikl za finanční podpory projektu MSM2623251101 z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy.

H. LORENCOVÁ: **Využívání odpadů v podzemních prostorách a na povrchu terénu v podmínkách těžební organizace**

Mostecká uhelná, a. s., V Řezáče 315, 434 67 Most, Česká republika

Zákon o odpadech a navazující předpisy kladou důraz na předcházení vzniku a minimalizaci odpadů. Pokud dojde ke vzniku odpadu, je povinností původce zajistit jeho přednostní využití před jeho odstraněním. Zvýšení podílu využívaných odpadů je jedním z hlavních cílů Plánu odpadového hospodářství České republiky. Novela zákona o odpadech upravila a sjednotila postup pro využívání odpadů v podzemních prostorách a na povrchu terénu (např. k rekultivaci vytěžených prostorů). Zkušenosti s uplatňováním zákonných povinností týkajících se využívání odpadů v podzemních prostorech a na povrchu terénu v rámci Mostecké a. s. jsou obsahem tohoto příspěvku.

A. LUPTÁKOVÁ and E MAČINGOVÁ. **Biosorbents for elimination of heavy metals from industrial waste waters**

Institute of Geotechnics of Slovak Academy of Sciences, Watsonova 45, 043 53 Košice, Slovak Republic; luptakal@saske.sk

Heavy metals occur naturally within the environment, and, at low concentrations, are utilized by microbes for metabolic processes. Anthropogenic use of heavy metals has increased their concentration in the environment. Their potential ecological or public health hazards depend largely on the form in which the metals occur. Used microorganism can remove heavy metal ions from solution. Biogenic iron sulphides are excellent adsorbents for numbers ions of heavy metals. In consequence they have practical application for the elimination of heavy metals from waste waters. One of the principle for the iron sulphides preparation is the application of sulphate-reducing bacteria. It is biological--chemical method based on the ability of these bacteria to reduce sulphates to hydrogen sulphide, which binds with the cations of heavy metals to form insoluble precipitates – sulphides.

The aim of this work is to study the possibility of using SRB for the preparation of iron sulphide nanoparticles. Experiments were realized in the batch reactor at discontinuous conditions. The culture of sulphate-reducing bacteria (genera *Desulfovibrio* and *Desulfotomaculum*), isolated from the mineral waters, was used.

The process of the iron sulphides preparation with the biologically produced hydrogen sulphide was studied in a discontinuous bioreactor during 15 days at 30 °C in anaerobic conditions under the influence of SRB – GJ and pH of the liquid phase was 7.5. Anaerobiosis was generated by introducing an inert gas (N_2) into the reactor at the beginning of the experiment i. e. at the filling of reactor by: Postgate's medium C, the synthetic solution with Fe^{2+} in the concentration of 100 mg/ml and the inoculum containing SRB. Residual iron in liquid phase samples taken from the reactor was measured by atomic absorption spectrometry. After 15 days originating precipitates were removed from liquid phase by filtration through the membrane filter, next dried and analysed by the qualitative EDS analysis. Experimental studies confirm that the sulphate-reducing bacteria obtained from a potable mineral water sample collected at Gajdovka spring, can be used for the preparation of the iron sulphide.

J. MACUDA[1], A. LEWKIEWICZ-MAŁYSA[1] and E. KONOPKA[2]: **Technical and technologic aspects of reservoir water injection to the rock mass**

[1]Faculty of Drilling, Oil, Gas, AGH-UST
[2]Faculty of Mining and Geoengineering, AGH-UST

Reservoir water injection to the rock mass through disposal wells should meet mining and environmental safety requirements. This problem is of special significance in the case of wells that are either abandoned or closed.

The selection criteria for disposal wells and range of necessary tests and analyses of post-exploitation wells' construction designed for injection of reservoir water are presented in the paper. The results of laboratory analyses of reservoir water of known physicochemical properties were used for determining and eliminating original factors favorable to the colmatation of the near-well zone.

A. LEWKIEWICZ-MAŁYSA[1], E. KONOPKA[2] and J. MACUDA[1] **Waste reservoir water management by the injection to the rock mass method**

[1]Faculty of Drilling, Oil, Gas, AGH-University of Science and Technology, Cracow, Poland; macuda@agh.edu.pl
[2]Faculty of Mining and Geoengineering, AGH-University of Science and Technology, Cracow, Poland

Injection of reservoir water into the rock mass through disposal wells is possible when assuring certain technical, technologic as well as environmental and safety requirements. This issue is especially important in the case of oil wells that were abandoned or designed for closing.

The reservoir water is injected into the rock mass through a column of production pipes, which has been fastened to the wellhead on top, and fixed in the sealing device (packer) in its lower part. The space between the production pipes and casing is filled up with a fluid which is supposed to decrease the difference of pressures acting on the packer, and also facilitating control of tightness of the pipes and the packer.

The interval of disposal strata is most frequently opened with perforated casing, and in the case of highly stable strata – through a filter or open hole. The effectiveness of the injection process is also influenced by the permeability of the near-well zone and the physicochemical properties of the injected brine, especially the presence of colmatogenic components. The colmatation of rocks in the near-well zone may be caused either by the presence of macroscopically visible mineral suspended solids in the reservoir water, or solid products of chemical reactions in the oxidation environment. Therefore it is necessary to remove primary and secondary colmatogenic components from the reservoir water to be disposed in the rock mass. Accordingly, laboratory experiments were made on the removal of colmatogenic components from reservoir water sampled from one of the wells within the depleted gas field "Borzęcin".

V. MIKLÚŠOVÁ: **Premena priemyselného odpadu a odpadu z biomasy na brikety určené na spaľovanie**

Ústav geotechniky SAV, Watsonova 45, 043 53 Košice

Príspevok sa zaoberá možnosťou využívať priemyselný odpad a odpad z biomasy s vysokým energetickým potenciálom na výrobu alternatívnych palív a ich premenu na tepelnú energiu čiže na spaľovanie. Konkrétne ide o možnosť zhutňovať vybrané odpadové energetické suroviny s odpadom z biomasy ako spájacím materiálom. Surovinou je drevené uhlie nevyhovujúcej zrnitosti, popolček z teplárenských komínov a odpad z dendromasy. Vlastnosti zhutnených výrobkov z týchto materiálov ovplyvňuje lisovací tlak, pomer vstupných surovín, teplota pri lisovaní, čas státia a i. V príspevku sa posudzujú vstupné veličiny vyplývajúce z laboratórnych experimentov. Ide o lisovací tlak a pomer jednotlivých vstupných komponentov namiešaných zložených materiálov. Výrobky sa porovnávajú z hľadiska tepelnej efektívnosti.

N. MUCHA, K. CECHLOVÁ, P. FEČKO a V. ČABLÍK: **Sorpce vybraných kationtů kovů na jílových minerálech**

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 17 listopadu 15, 708 32 Ostrava-Poruba; nikolas.mucha@vsb.cz

Znečišťování půdního a vodního prostředí průmyslovými odpadními vodami s vysokým obsahem těžkých kovů je vážným environmentálním problémem. I když jsou některé kovy ve stopovém množství pro život organismů nezbytné, při vyšších koncentracích mají toxický účinek jak na přítomné organismy, tak i na člověka. Jednou z možností, jak odstraňovat kovy z průmyslových odpadních vod, je využití sorpce na řadě různých materiálů. Při odstraňování těžkých kovů z různých typů průmyslových odpadních vod se pozornost v současnosti zaměřuje na přírodní organické a anorganické materiály, které mají vysokou sorpční kapacitu, jsou lehce dostupné a finančně přijatelné. Mezi takové materiály patří např. jílovce či bentonity. Cílem práce bylo ověřit možnost využití jílovců, bentonitu a tufu, jako sorbentů kationtů Cu, Zn, Fe, Pb a Cr

z modelových roztoků. Z laboratorních testů vyplynulo, že analcimický karbonatický jílovec vykázal největší úbytek pro kationty Cu (86 %), Fe (80 %), Cr (31 %) a Zn (38 %), kdežto slabě bitumenní karbonatický jílovec pro kationty Pb (96 %).

Práce vznikla s přispěním Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava v rámci řešení interního grantu hornicko-geologické fakulty a grantové agentury České republiky v rámci řešení grantového projektu 105/06/0124.

M. NEJEDLÍK a M. SUCHARDOVÁ: **Ekonomické a legislativní aspekty využití vedlejších energetických produktů v praxi**

Výzkumný ústav stavebních hmot, a. s., Hněvkovského 65, 617 00 Brno, Česká republika

V rámci výzkumného centra 1M06007 (MŠMT ČR) Centrum výzkumu integrovaného systému využití vedlejších produktů z těžby, úpravy a zpracování energetických surovin byla zpracována metodika hodnocení technologické, ekologické i ekonomické vhodnosti různých typů popelů a popílků pro výrobu stavebních hmot. Za účelem stanovení technologické vhodnosti jsou definovány základní parametry, které musí finální stavební hmota ve vztahu k účelu použití splňovat. Zkoušky ekologické vhodnosti jsou navrženy tak, aby byl u navržených výrobků ověřen vliv na životní prostředí a především na lidské zdraví. Stavební hmoty se zapracovanými pojivy a dalšími chemickými látkami (na bázi přírodních i druhotných surovin) budou muset být nově posouzeny a deklarovány v souladu s požadavky legislativy REACH. Ekonomická vhodnost spočívá ve volbě technologií s minimální možnou energetickou náročností a maximálním využitím všech surovin (tzv. nízkoodpadové nebo bezodpadové technologie). Výsledky ukazatelů efektivity, rentability, návratnosti investic a dalších parametrů u navržených technologií nesmí být horší než u klasických výrobních technologií. V článku je uveden příklad hodnocení výroby umělého kameniva.

Příspěvek vznikl za finanční podpory projektu 1M06007 z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR.

A. PETRŮ: **Možnost využití čistírenských kalů a dřevěných pilin v cihlářském střepu**

Ústav technologie stavebních hmot a dílců Stavební fakulty VUT v Brně

Pro zlepšení tepelně izolačních vlastností tvarovek se v technologii výroby těchto cihel používají lehčiva. Článek popisuje možnost využití kalů z ČOV v kombinaci s dřevěnými pilinami, které se běžně využívají v praxi, kdy zde najdeme i výsledky zkoušek jednotlivých příměsí v porovnání se základní cihlářskou zeminou. Cílem výzkumu bylo posouzení surovinové směsi s přídavkem kalů z ČOV a dřevěných pilin jako lehčiva pro výrobu cihelných cihlářských tvarovek a to nejen z hlediska vlastností plastického těsta a vypáleného střepu, ale také zjištění množství vznikajících emisí CO a SO_2 při výpalu.

M. PULLMANOVÁ: **Hodnocení rekultivovaných území v důlním prostoru dolu Dukla a Lazy z hlediska studia půdních živočichů – *Coleoptera***

Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 17 listopadu 15, 708 32 Ostrava-Poruba

Práce vychází z hodnocení rekultivovaných území po hlubinném dobývání černého uhlí na území dolu Dukla a Lazy Ostravsko-karvinského revíru jak z pohledu fytocenologického tak i zoologického. Studované rekultivované i nerekultivované plochy byly vytypovány na základě sukcesního stádia rostlinného pokryvu. Každá plocha představuje jiné stadium vývoje narušeného ekosystému, ať již rekultivovaná či nerekultivovaná plocha, tak, aby bylo možné najít odpověď na vztah mezi stářím, navážkou, druhovou bohatostí a stabilitou rostlinných i živočišných společenstev (zvláště pak organismy žijící na povrchu půd – *Coleoptera*).

Práce vznikla s přispěním Vysoké školy báňské – TU Ostrava v rámci řešení interního grantu hornicko-geologické fakulty.

G. SLAFKOVSKÁ: **Charakteristika drevnej biomasy ako sorpčného materiálu na získavanie kovov z odpadovej vody**

Katedra neželezných kovov a spracovania odpadov Hutníckej fakulty Technickej univerzity v Košiciach, Letná 9/A, 042 00 Košice, gabriela.slafkovská@tuke.sk

Pri environmentálnom tlaku, ako aj vysokej cene a neľahkej dostupnosti ťažkých kovov ustavične rastie potreba zavádzať nové environmentálne biotechnológie, ktorými by sa účinne odstraňovali kovy z odpadovej vody a ktoré by zároveň umožňovali opätovne ich získať vhodným ekologickým a ekonomickým spôsobom. Schopnosť zachytiť kov na svoj povrch má veľa druhov biomasy, ale nie všetky sú priemyselne využiteľné. V súčasnosti sa vo veľkej miere vykonávajú experimenty s cieľom nájsť vhodnú biomasu, ktorá je vedľajším alebo odpadovým produktom priemyselnej výroby a mohla by mať vynikajúce sorpčné vlastnosti. Na biosorpciu kovov sa testovali rozličné biomateriály – celé organizmy, časti rastlín alebo živočíchov – a dosiahli sa povzbudzujúce výsledky. Drevná biomasa sa na sledovaný účel využívala zriedka, ale dostupnosť rozličných druhov dreva z prírody vyvolal a o tento druh výskumu mimoriadny záujem. Cieľom príspevku je charakterizovať drevo z hľadiska jeho využívania v rámci biosorpčného procesu.

M. SVOBODA, J. LEDEREROVÁ a I. CHROMKOVÁ: **Podpůrný prostředek pro úpravu a výživu půd na bázi fluidních popelů a popílků**

Výzkumný ústav stavebních hmot, a. s., Hněvkovského 65, 617 00 Brno, Česká republika; svoboda@vustah.cz

Pro úpravu půdy – zvýšení půdního pH – se užívá vápnění, tj. rozmetání minerálů obsahujících oxid vápenatý, především mletého vápence. V současné době se však náklady na těžbu vápence a výrobu vápenných hnojiv podstatně zvýšily

a zmenšila se jejich dostupnost, a proto došlo k výraznému snížení jejich spotřeby a v důsledku toho i k poklesu průměrného pH půdy. Tento pokles v mnoha případech znamená výrazné okyselení půd a snížení jejich bonity. Tepelné elektrárny produkují velký objem popílku, který je dosud nedostatečně využíván. Signifikantní množství sloučenin vápníku obsahují zejména fluidní popely a popílky, protože se při technologii fluidního spalování přidává na odsiřování uhlí vápenný sorbent.

V říjnu 2003 bylo v rámci mezinárodního programu EUREKA zahájeno řešení výzkumného projektu Ekonomické a ekologické využití vybraných zbytkových průmyslových materiálů při tvorbě krajiny, který se zabýval možnostmi využití velkoobjemových odpadů energetického a metalurgického průmyslu v zemědělství a pro rekultivační účely. Zástupci České republiky – Výzkumný ústav stavebních hmot, a. s., Brno a Výzkumný ústav pícninářský Troubsko, spol. s r. o. – se zabývali výrobou granulátu na bázi fluidních popelů a popílků pro zemědělské a krajinotvorné účely. V rámci projektu byly zpracovány soubory informací o uplatnění popelů a popílků z fluidního spalování v zemědělské a lesnické praxi, zejména s akcentem na úpravu pH půd, případně jako zdroj hlavních živin důležitých pro produkci rostlin i jejich kvalitu. Ukazuje se, že některé složky vedlejších produktů z fluidního spalování uhlí mají vlastnosti, které otevírají nové možnosti jejich komerčního využití i v zemědělské a lesnické výrobě. V souvislosti s těmito poznatky byl ve Výzkumném ústavu stavebních hmot, a. s., vyvinut podpůrný prostředek pro úpravu a výživu půd na bázi produktů fluidního spalování uhlí, který splňuje specifické technologické požadavky i požadavky na ekologickou vhodnost a umožňuje kromě zvýšení pH půdy i obohatit půdu o živiny za výhodnějších ekonomických podmínek než vápenná hnojiva.

Příspěvek vznikl za finanční podpory projektu EUREKA E!3824 a E!2936 z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR.

O. ŠESTINOVÁ, J. HANČUĽÁK a J. BREHUV: **Formy výskytu ťažkých kovov Cu, As, Zn a Pb v starej banskej zátaži rudnianskeho závodu stanovené sekvenčnou extrakciou**

Ústav geotechniky SAV, Watsonova 45, 043 53 Košice

Rudňany územne patria do stredného Spiša. Z priemyselných podnikov sú aktuálnymi znečisťovateľmi okolia hlavne Kovohuty Krompachy, ktoré v roku 2001 obnovili činnosť, a v minulosti to boli Železorudné bane Rudňany. Ťažba rúd v oblasti Rudnian kulminovala v rokoch 1978–1979 a útlm nastal v rokoch 1992–1993, keď sa skončila ťažba sideritovej rudy. V pôde sa ťažké kovy vyskytujú v rozličných formách a väzbách v závislosti od pôdnych vlastností. Na rozlíšenie foriem kovov v pôde sa vypracoval rad sekvenčných extrakčných postupov odlišujúcich sa počtom extrakčných krokov, použitými extrakčnými činidlami a postupom extrakcie. Sekvenčné postupy sú najvhodnejšou formou hodnotenia mobility prvkov v pôdnom prostredí. V príspevku sú výsledky jednorazovej extrakcie sekvenčného lúhovania kontaminovanej pôdy z ôsmich lokalít Rudnian, ktoré potvrdzujú kontamináciu pôdy ťažkými kovmi, najmä Cu. Obsah As, Cu, Zn a Pb sa stanovil vo frakciách A–D, tie charakterizujú jednotlivé väzby kovov v mobilizovateľných a mobilných formách, ktoré majú pri posudzovaní biotoxicity pôdy najväčší význam.

T. ŠPALDON, J. BREHUV a O. ŠESTINOVÁ: **Testy desulfatácie kyslej banskej vody pomocou vybraných činidiel**

Ústav geotechniky SAV, Watsonova 45, 043 53 Košice

Príspevok sa zaoberá možnosťami znížiť obsah síranov z kyslej banskej vody, osobitne z bývalej smolníckej bane, ktorá v súčasnosti voľne a bez akejkoľvek úpravy vyteká do Smolníckeho potoka, čím sa tento tok dostal do 5. triedy, najhoršej kategórie kvality, ako vysoko znečistený. Koncentrácia síranov banskej vody z bane Smolník dosahuje 3000–5000 mg/l. Cieľom práce bolo porovnať účinok vybraných druhov chemických činidiel, ako je napr. aktívne uhlie, syntetický ionomenič katex a anex, hlinitan sodný, vápenný hydrát, nižnohrabovecký zeolit a anorganický kompozitný sorbent Slovakit. Použili sa aj rozličné kombinácie týchto činidiel. Záver príspevku obsahuje hodnotenie výsledkov a odporúčanie najvhodnejších a najúčinnejších spôsobov eliminácie síranov z kyslej vody

B. TORA[1] and P. FECKO[2]: **Some words on flying ash utilization compared in Poland, Slovakia and Czech Republic**

[1]AGH – Cracow, Poland; tora@uci.agh.edu.pl
[2]VSB-TU, Ostrava, Czech Republic; peter.fecko@vsb.cz

Nowadays we have to deal with lack of some raw materials. That is why attention is paid to utilization of different industry wastes and secondary raw materials. The content of used components in wastes lead to wastes utilization using different technologies. This causes high savings of basic raw materials and energy.

It is evident that it is not possible to give a universal receipt of fly ashes utilization because their composition is very variable. Composition of fuel and their incidental incombustible ingredients that are basis of fly ashes is variable in the same way. Main presuppositions for consideration about utilization of fly ashes as secondary raw materials is unconditionally knowledge of physical, morphological, chemical and mineralogical parameters of the fly ash from various types of combustion apparatus from individual power plants.

Poland, as well as Czech Republic and Slovakia, have signed a number of international agreements regarding environment protection, including adopting all obligations from the Framing Convention on Climate Change (FCCC) as well as other agreements to control transboundary emissions. Specific environmental needs related to energy sector include: improving coal quality through desulphurization or enrichment of coal dust; modernization of combustion technologies in power plants (e. g., fluidized bed combustion and low-emission

burners); substitution of natural gas for coal; improvement of heating system efficiencies; and the use of alternative energy sources (e. g., geothermal, hydroelectric, and wind).

M. TORA: **The possibilities of waste utilization as chemical admixtures in the grinding of cement clinker process**

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 17 listopadu 15, 708 32 Ostrava-Poruba; maciej@tora.cc
PZU Warszawa, Poland

Grinding of cement may be enhanced by the use of grinding aids, substances which either reduce the energy of grinding or produce a better cement powder or both. Typical grinding aids include amines, particularly alkanolamines.

In this paper the possibilities of some types of waste materials in cement grinding process are shown.

This invention relates to the grinding of cement clinker and more particularly to chemical admixtures which are used in this process.

The production of cement from the basic raw materials – calcium oxide source (typically limestone) and silica source (typically clay or silt) is well known. The materials are blended and heated in a kiln. The cement emerges from the kiln in nodules known as clinker which must be ground to make cement in the familiar powder form. This is generally done, for example, by ball-milling of the clinker until a suitable size is reached. Grinding of cement may be enhanced by the use of grinding aids, substances which either reduce the energy of grinding or produce a better cement powder or both. Typical grinding aids include amines, particularly alkanolamines.

It has now been found not only that cement clinker can be ground much more efficiently by using particular substances, but also that the cement produced thereby has much enhanced properties. The invention therefore provides a cement clinker grinding aid which comprises a styrene-maleic anhydride copolymer superplasticiser.

S. UBALDINI[1], A. LUPTÁKOVÁ[2], M. KUŠNIEROVÁ[2], A. ŠLESÁROVÁ[2], E. MAČINGOVÁ[2], C. ABBRUZZESE[1] and P. FORNARI[1]: **New applications for remediation of acid mine drainage from Italian and Slovak deposits**

[1]Institute of Environmental Geology and Geoengineering, C. N. R., 00138 Roma, Italy
[2]Institute of Geotechnics of Slovak Academy of Sciences, 043 53 Košice, Slovak Republic

The main aim of the present experimental work – carried out in the framework of the S&T Cooperation Programme between Italy and Slovakia (active in 2004–2007) – was to remediate Acid Mine Drainage (AMD) by the application of new technologies, cheap and environmentally friendly, to eliminate the heavy metals content (Zn, Cu, Mn, Al and Fe).

The studied processes included electrowinning and bioprecipitation. The used samples were collected from the abandoned and flooded deposit of Smolník, located in Slovak Republic and from the zinc mine located in Montevecchio (Italy).

Electrowinning tests have been carried out after chemical iron-aluminum precipitation, that permitted a complete Fe-Al removal. By electrochemical experiments, high metals removal, with a low energetic consumption, has been achieved: In particular, by Zn electrodeposition, it was possible to achieve about 95 % Zn removal.

The culture of sulphate-reducing bacteria (SRB) of genera *Desulfovibrio* sp. was used for the bioprecipitation tests. The treatment of AMD by SRB is based on the ability of SRB to reduce sulphates to hydrogen sulphide, which binds readily with metals to form sparingly soluble precipitates. The kinetic of the selective precipitation of Cu and Zn has been investigated. This method has been performed in two interconnected reactors. Achieved results demonstrate the 98–99 % elimination of Cu and Zn by bacterially produced H_2S.

Both the electrowinning and bioprecipitation processes have been demonstrated the technical feasibility to decrease the heavy metals concentration.

L. VUŽŇÁKOVÁ: **Získavanie paládia z odpadových roztokov**

Katedra neželezných kovov a spracovania odpadov Hutníckej fakulty Technickej univerzity v Košiciach; lenka.vuznakova@tuke.sk

Nedostatok primárnych surovín s obsahom ušľachtilých kovov (Au, Ag, Pt, Pd, Rh, Ir, Ru a Os), nízky obsah týchto kovov v surovinách a vysoké náklady na ich získavanie podnietili zvýšený záujem o hľadanie nových možností ich získavania. Ako vhodná alternatíva sa ukazuje ich získavanie z druhotných surovín. Pyrometalurgické spracúvanie druhotných surovín je možné, ale jeho veľkou nevýhodou je, že býva málo selektívne a ekonomicky nákladné, a preto sa pozornosť sústreďuje najmä na vývoj hydrometalurgických spôsobov spracúvania tohto odpadu.

Ušľachtilé kovy sa z druhotných surovín v hydrometalurgii najčastejšie získavajú lúhovaním v lúčavke kráľovskej, no pritom sa do roztoku s ušľachtilými kovmi dostávajú aj sprievodné neželezné kovy, a tak sa strategickým uzlom technológie stáva oddelenie ušľachtilých kovov od neželezných kovov v roztoku.

V súčasnosti je viac technológií odstraňovania ušľachtilých kovov z odpadovej vody založených na fyzikálnochemických procesoch. Medzi nimi dominuje cementácia a elektrolýza, ktoré sú vhodné na spracúvanie koncentrovanejších roztokov s obsahom ušľachtilých kovov. Pre nízky obsah ušľachtilých kovov v odpade (okolo 1 %) sa lúhovaním v lúčavke kráľovskej získavajú roztoky s nízkym obsahom týchto kovov. Najvhodnejším spôsobom selektívneho získavania nízkej koncentrácie ušľachtilých kovov z kyslých roztokov je kvapalinová extrakcia, adsorpcia a iónová výmena, ktoré sa vyznačujú vysokou selektívnosťou a účinnosťou.

M. VYVÁŽIL, J. LEDERERROVÁ, M. SVOBODA a M. SUCHARDOVÁ: **Posuzování technologické a ekologické vhodnosti stavebních hmot na bázi průmyslových odpadních materiálů**

Výzkumný ústav stavebních hmot, a. s., Hněvkovského 65, 617 00 Brno, Česká republika; svoboda@vustah.cz

Při vytváření stavebních hmot na bázi průmyslových odpadních materiálů hrají zásadní roli jejich vstupní vlastnosti (chemické, fyzikálně-chemické, fyzikálně-mechanické, ekologické, eventuelně další), a to zejména ve vazbě na jejich obsah a na skladbu dalších použitých komponent hmoty Proto je nutné provádět posuzování tzv. technologické a ekologické vhodnosti u všech navrhovaných typů stavebních hmot s těmito materiály. Technologická vhodnost se ověřuje měřením vybraných technologických parametrů při vytváření zkušebních těles v laboratorních nebo poloprovozních podmínkách, tj. během simulované výroby daného stavebního výrobku. Na zkušebních tělesech se po ukončení procesu zrání a tvrdnutí hmoty dále provádí fyzikálně-mechanické zkoušky (zejména stanovení pevnostních charakteristik) a ekologické analýzy, které jsou nutné k posuzování navrhovaného výrobku pro daný účel využití. Kromě technologické vhodnosti se hodnotí tzv. ekologická vhodnost, která posuzuje daný stavební materiál ve vztahu k životnímu prostředí. Ekologická vhodnost se ověřuje zkouškami ekotoxicity, stanovením obsahu škodlivých látek ve výluhu a v sušině, stanovením hmotné aktivity radionuklidů, event. dalších předepsaných parametrů ve vztahu k legislativě REACH. Tuto legislativu je nutno zohledňovat ve všech případech, pokud budou odpadní materiály dále využívány pro výrobu stavebních hmot a výrobků, ve stavebnictví a v dopravním stavitelství, ale i při terénních úpravách, v krajinářství, zemědělství nebo v dalších příbuzných oblastech.

Příspěvek vznikl za finanční podpory projektu MSM2623251101 z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR.

Z WZOREK and K. GORAZDA: **Phosphorus recovery methods review**

Institute of Chemistry and Inorganic Technology, Cracow University of Technology, ul Warszawska 24, 31-155 Cracow, Poland, wzor@chemia.pk.edu.pl,

According to sustainable development principles, searching for alternative phosphorus sources, especially possible ways of its recycling from waste, should be treated as a preferential problem of the phosphorus industry. The ways admitted as the most important are:

– phosphorus recovery from municipal and industrial sewage and from sewage sludge,

– utilization of phosphorus from manure,

– management of waste from meat industry

The forecasts elaborated at the end of the last century, indicate that over 50 % of the world phosphorus resources in use today will be depleted during the next 60–70 years. That fact contributes to increase of market prices of phosphorus products.

This work presents possible directions for the recovery and management of sewage sludge, meat meal and manure as a phosphorus source for chemical industry.

Š. ZELENÁK: **Skúsenosti s využívaním odpadu pri dobývaní uhlia v Hornonitrianskych baniach Prievidza, a. s.**

Hornonitrianske bane Prievidza, a. s., 971 01 Prievidza

Význam vyhľadávania a druhotného využívania veľkoobjemového odpadu ustavične rastie. V tejto súvislosti sa v podzemí ponúkajú možnosti v prevencii proti požiarom, pri zatváraní a likvidácii banských diel, pri základkách a pod. Prípustné limity kontaminantov v častiach životného prostredia, ako je voda, pôda, ovzdušie atď., sa musia nevyhnutne garantovať aj pri skládkovaní a využívaní odpadu. Príspevok sa zaoberá možnosťami zužitkovania odpadu pri dobývaní uhlia a výsledkami získanými pri tejto činnosti.

S. ŻELAZNY and A. JAROSIŃSKI: **Properties of the calcium sulphate waste obtained during chemical treatment of the zinc concentrate**

Politechnika Krakowska, Instytut Chemii i Technologii Nieorganicznej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków; Sylwek@chemia.pk.edu.pl

The industry is associated with the generation of huge amounts of wastes and thus disposal of these wastes becomes a serious environmental problem.

This problem concerns Trzebionka Mining Works, because mining and processing of zinc and lead concentrate production generated a lot of tailings. The basic waste come into being during ore treatment is a post flotation tailings, but the gypsum is formed during the magnesium removal process.

Dolomite ($MgCO_3 \cdot CaCO_3$) contained in zinc blende reacts with sulphuric acid according to the following chemical equations:

$$MgCO_3 + H_2SO_4 \Rightarrow MgSO_4 + CO_2 + H_2O \quad (1)$$

$$CaCO_3 + H_2SO_4 + H_2O \Rightarrow CaSO_4 \cdot 2\,H_2O + CO_2 \quad (2)$$

As a result of this reaction magnesium sulphate is obtained, which passes to the solution and calcium sulphate dihydrate, which forms colloid suspension in water In the next stage the flotation takes place, that removes gypsum from solution and as a result zinc blende concentrate is obtained, as well as post flotation tailings.

The aim of this research was determination of chemical and physical properties of calcium sulphate which were created during this process. This research could be used for gypsum quality assessment in aspect of its use as a raw material for sulphates binders compositions.

The grain composition and chemical analyses of this waste were made. Additionally, the X-ray analysis for each fraction of the gypsum waste was made.

The research will be auxiliary for a settle of strategy for management of this waste.

Paleontologický seminár

Paleontological seminary

19. januára 2006 sa v rámci paleontologickej skupiny pri SGS konal seminár k vzácnemu životnému jubileu významnej predstaviteľky povojnovej paleontologickej generácie a dlhoročnej pracovníčky Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra RNDr. Anny Ondrejičkovej, CSc.

Na seminári odznelo deväť odborných prednášok. Ich abstrakty sú publikované v tomto čísle.

RNDr. Anna Ondrejičková, CSc.

Anna Ondrejičková sa narodila 20. decembra 1935 v Lipovom v Komárňanskom okrese. Po štúdiách na Karlovej univerzite v Prahe sa špecializovala na biostratigrafický výskum dvoch významných skupín organizmov – mäkkýšov oligocénu a miocénu Západných Karpát a rádiolárií mezozoika.

Jubilantka bola členkou komisie RCMNS (Regional Commitee on Mediterranean Neogene Stratigraphy) pre sekciu Mollusca za ČSSR (1975–1979), členkou geologickej a paleontologickej spoločnosti a Slovenskej komisie pre udeľovanie vedeckých hodností.



Ako paleontologička biostratigrafička sa aktívne zúčastňovala na riešení dôležitých stratigrafických, paleoekologických a paleofaciálnych otázok Západných Karpát aj v medzinárodnom meradle v rámci Paratetydy, na plnení projektov IGCP a spolupracovala s albánskymi, francúzskymi, gruzínskymi, maďarskými, poľskými, rakúskymi a talianskymi špecialistami. Výsledky jej práce slúžili ako podklad do geologických a hydrogeologických máp a na výskum nerastných surovín, hlavne kaustobiolitov. Pilierom jej štúdia mäkkýšov bola paleontologická charakteristika typových fácií stupňov oligocénu a miocénu ako podkladu na stanovenie neostratotypov a fáciostratotypov Paratetydy. Tento cieľ sledoval výskum sedimentov rupelu až sarmatu v Podunajskej nížine, Ipeľskej, Lučenskej a Rimavskej kotline, ako aj vo viedenskej panve. Výsledky bádania, ktoré jubilantka dosiahla v spolupráci s významnými odborníkmi na Paratetydu, sú publikované v piatich zväzkoch monografického diela medzinárodného významu *Chronostratigraphie und Neostratotypen* (Bratislava, VSAV, 1967, 1971, 1973, 1975, 1978).

Vo výskume rádiolárií sa jubilantka zamerala na zisťovanie veku rádiolaritov a rádioláriových vápencov, ktoré sa v minulosti – bez priamych paleontologických dôkazov – zaraďovali iba na základe ich postavenia vo vrstvovom slede. V týchto sedimentoch sú rádiolária často jediným zdrojom biostratigrafických informácií súvisiacich s ich vekovým zaradením. Na ich základe sa prvý raz stanovil vek v krížňanskom príkrove, a to v Strážovských vrchoch, Veľkej a Malej Fatre, v Nízkych a Belianskych Tatrách, a podľa nich sa dokázal stredný trias a stredná jura v meliatiku, ako aj stredná jura v podloží paleozoika brusníckej antiklinály. Významným výsledkom výskumu rádiolárií bolo zistenie meliatika v severných Vápencových Alpách a v spolupráci s francúzskymi a talianskymi geológmi sa pomocou rádiolárií dokázala spodná jura v podloží mauretánskeho flyšu v maghrebskej Tetyde. Na základe rádiolárií sa stanovila aj nová litostratigrafická jednotka krížňanského príkrovu Tatier – ždiarske súvrstvie.

Jubilantka je ako osobnosť a geologička paleontologička známa nielen na Slovensku. Výsledky jej odbornej a vedeckovýskumnej činnosti sú obsiahnuté vo vyše sto záverečných správach a v päťdesiatich publikáciách.

Dr. Anne Ondrejičkovej, CSc., do ďalších rokov želáme veľa zdravia, pohody a osobných úspechov.

A. Zlinská

B. CHALUPOVÁ: **Sarmatská rybia fauna podunajskej panvy**

Geologický ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 840 05 Bratislava; geolchal@savba.sk

Neogénne lokality podunajskej panvy poskytli na výskum bohaté spoločenstvo fosílnych rýb, aj keď sa sarmatská rybia fauna našla iba na dvoch lokalitách. Ide o vrt ŠVM-1 Tajná a JVM-2. Obidva vrty sú blízko Mochoviec a ich širšiu oblasť budujú neogénne sedimenty podunajskej panvy – jednotky od vrchného bádenu (báhonské súvrstvie), sarmatu (vrábeľské súvrstvie), panónu (ivanské súvrstvie), pontu (beladické súvrstvie) a pliocénu (volkovské súvrstvie). V sarmatských sedimentoch podunajskej panvy sa vo vrábeľskom súvrství našli fosílne zvyšky rýb. Na tomto území (Komjatická priehlbina) má vrábeľské súvrstvie pestrú litologickú stavbu. Dominuje v ňom íl, piesok a na sv. a východnom okraji sú uhoľné sloje.

Vo vrte JVM-2, vyhĺbenom na SZ od Mochoviec do hĺbky 50 m, bolo možno sledovať neogénne sedimenty sarmatského a panónskeho veku. Spracovaný materiál (ofiolitová fauna) sa nachádzal v nie veľmi hrubom úseku vrábeľského súvrstvia vo výrazne laminovanom sivom ílovci vo vrstvách hrubých od 30,0 do 30,2 m. Opísali sa odtiaľ otolity patriace druhu *Gobiidarum triangularis* Weiler, 1943, *Gobius* sp., *Atherina* sp., čeľaď Soleidae gen. et spec. indet., Gadidae gen. et spec. indet. a Clupeidae gen. et spec. indet., ako aj ostrakóda, mäkkýše a gastropóda.

V štruktúrnom vrte ŠVM-1 Tajná, situovanom na JZ od Tajnej na prieskum podložia podunajskej panvy do hĺbky 211 m, sa dali pozorovať neogénne sedimenty bádenského, sarmatského a panónskeho veku. Spracovaný materiál sa nachádzal v silne laminovanom sivom ílovci vrábeľského súvrstvia vo vrstvách od 121,45 do 142,30 m. Z vrtu sa opísali rybie zvyšky patriace druhu *Atherina* sp., čeľadi Clupeidae gen. indet., Engraulidae gen. indet., Triglidae gen. indet. a Gobiidae gen. indet. a rovnako ako z vrtu JVM-2 aj ostrakóda, mäkkýše, gastropóda a palinoflóra.

Z paleogeografického štúdia rybej fauny vyplynulo, že v oblasti vrtu JVM-2 bola rybia fauna vo vrchnosarmatských sedimentoch a jej vek sa určil podľa výskytu ostrakód *Aurila hispidula* (Reuss) a *Callistocythere naca* (Mehes). Prostredie bolo plytkovodnejšie – litorálna oblasť do hĺbky 100 m blízko pevniny v spodných vrstvách brakického charakteru. Klimatické pásmo malo subtropický až mierny ráz. V oblasti vrtu ŠVM-1 malo prostredie povahu plytkého neritika – sublitorálu (100–200 m) s brakickými podmienkami, a to v subtropickom až miernom pásme počas stredného sarmatu.

J. KERNÁTSOVÁ: **Zmeny v malakocenózach Podunajskej nížiny v období 35 až 10 ka BP ako výsledok klimatického vývoja posledného glaciálu**

Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava; kernat@gssr.sk

Zložitosť klimatického vývoja posledného glaciálu sa prejavila aj v stavbe malakocenóz deponovaných v sprašových oblastiach Slovenska.

Interpretácia výsledkov vychádza zo spracovania okolo 437 vzoriek eolitických a eoliticko-deluviálnych sedimentov prevažne z Podunajskej nížiny a vyplýva z nej, že v poslednom štadiáli würmu na študovanom území bolo v charaktere fosílneho ekosystému päť významnejších zmien a že sa prejavili stavbe schránok niektorých druhov mäkkýšov (napr. *Succinella oblonga*), existenciou ekologickej rasy, tvorbou prechodných morfotypov, ako aj izotopovým zložením stavby schránok (δ O18, δ C13). Rádiometrickou metódou AMS sa pozorovali chronologicky usporiadané javy (35–31 ka BP, 31–24 ka BP, 24–21 ka BP, 21–16 ka BP, 16–10 ka BP).

Výsledky výskumu prinášajú celkom nový pohľad na vývoj posledného glaciálu na území Slovenska a sú príspevkom do riešenia zložitej stratigrafie terestrických sedimentov kvartéru v celej strednej Európe.

H. VANĚKOVÁ: **Paleobotanické nálezy ako indikátory zmeny klímy v kvartéri**

Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava; vanekova@gssr.sk

Paleobotanici pri floristickom výskume úzko spolupracujú s archeológmi a pri determinácii druhov sa stále častejšie využíva nielen palynológia, ale aj spermatofytológia a antrakotómia. Príčinou je fakt, že sa palynomorfy v kvartérnych sedimentoch zachovávajú veľmi zle a hodnotenie iba jednej skupiny fosílnych rastlinných zvyškov na celkovú charakteristiku vegetácie v istom čase nestačí. Paleobotanici kombináciou spomenutých metód pomáhajú archeológom rekonštruovať prehistorickú krajinu, určovať stupeň jej zalesnenia a v mladších obdobiach identifikovať aj prevažujúci typ poľnohospodárstva (Rybníčková a Rybníček, 1976). Sledovanie skladby vegetácie vo vzorkách z vybraných profilov pomáha aj pri zisťovaní klímy skúmanej lokality v určitom časovom úseku.

Z kvartérnych uložení je na uchovanie peľových zŕn najvhodnejšia rašelina, slatina a jazerné sedimenty, ale peľová analýza sa využíva aj pri datovaní mladoholocénnej povodňovej hliny a subfosílnej pôdy. Z nášho výskumu napr. mnohé nálezy peľu vlhkomilných bylín rodu *Chenopodium* (mrlík) a iných vo fosílnej pôde z hĺbky 6,6–6,7 m vrtu TPM-15 Brestovany po konfrontácii s výsledkami analýzy iných fosílnych nálezov dokumentujú prítomnosť travinovobylinného spoločenstva zamokrených lúk – vlhký biotop (Kernátsová, Vaněková a Harčová, 2005). Rašelinové profily umožňujú rekonštruovať prírodné prostredie a osídlenie mikroregiónov najmä v holocéne (Svobodová, 1990). Vývoj vegetácie treba sledovať aj rádiokarbónovým datovaním.

Makroodtlačky častí rastlín v kvartéri bývajú v chemogénnych sedimentoch, najmä v spevnenom penovci. Z našich nálezov, napr. z Bojníc (nad Prepoštskou jaskyňou), pochádza niekoľko odtlačkov listov vŕby (*Salix* sp.). Ďalšie rastlinné makrozvyšky, ako sú spermatofyty, uhlíky alebo kalcifikované fragmenty, možno nájsť v deluviálnych a eoliticko-deluviálnych sedimentoch, v spraši, v sprašovej a piesčitej hline, v zaílovanom štrku, v nespevnenom sypkom penovci, no najmä vo fosílnej pôde. Z našich nálezov, napr. z Bojníc (na SV od Prepoštskej jaskyne), vlhké až vodné prostredie indikuje bohatý nález kalcifikovaných úlomkov chár (najmä *Chara vulgaris*) v penovci spolu s ďalšími nálezmi fosílnych zvyškov vlhkých až vodných druhov rastlín a živočíchov (Kernátsová, 2005).

M. GOLEJ: **Fosílne spoločenstvo plytkovodných sedimentov severozápadne od Čiernej Lehoty (krížňanská jednotka, Strážovské vrchy)**

Geologický ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 840 05 Bratislava, geolmgol@savba.sk

Spodnojurské súvrstvia krížňanského príkrovu medzi Valaskou Belou a Čiernou Lehotou jz. časti Strážovských vrchov majú nielen netypické zloženie, osobitné postavenie, no najmä mimoriadne bohatý obsah fosílnej fauny (Maheľ, 1961; Rakús, 1975; Kochanová, 1961). Maheľ (1985) tento komplex nazval šupinovým pásmom kremenín (podľa vrchu Kremenisté, v ktorého okolí plytkovodná sekvencia vystupuje). Najvýznamnejšie lokality fosílií sú v Hluchej doline približne 2 km na S od Čiernej Lehoty a v okolí samoty Mokrišovci pri Valaskej Belej. Pliensbašská brekcia a bioklastický vápenec vystupujú ako skalné bradlá zložené prevažne z intraklastov vápenca veľkých až 40 cm. Obsahujú množstvo rostier

belemnitov a časté nerovnako veľké telieska silicitov, ktoré niekedy nahrádzajú schránky organizmov. Na skameneliny je najbohatšia fosfátová brekcia hrubá 25 cm, vo vrchnej časti miestami s hojnými hematitovými konkréciami rovnakej brekcie (obr. 1).

Dnes je zrejmé, že hetanžské až vrchnopliensbašské litologické jednotky sa (najmä v Hluchej doline) laterálne aj vertikálne rýchlo striedajú a to niekdajším autorom sťažovalo mapovanie tejto oblasti. Fosfáty sa tvorili od vrchného hetanžu/spodného sinemúru až do vrchného sinemúru a fosfátová brekcia vznikla niekedy na rozhraní karixu a doméru.

Podrobná stratigrafia sa robila na základe amonitov zbieraných od 60. rokov 20. stor. s pomocou M. Rakúsa, pričom všetky fosílne zvyšky z fosfátových klastov a z matrixu brekcie sa hodnotili samostatne. Najstarším z druhov amonitov nájdených v Hluchej doline je *Charmasseiceras martinischmidti* a najmladším *Amaltheus subnodosus*. Takmer všetky amonitové zóny sinemúru s. l. boli doložené indexnými amonitmi. V spodnopliensbašských (karixských) vrstvách, v ktorých indexové amonity chýbajú, sa v matrixe brekcie vyskytujú lastúrniky typické pre pliensbach druhu *Agerchlamys subreticulata, Oxytoma (Oxytoma) inaequivalvis,* ako aj *„Praechlamys" rollei.*

J. MICHALÍK[1] a J. SCHLÖGL[2]: **Paleoekológia tecideidných ramenonožcov z jurských vápencov czorsztynskej jednotky na Vršatci (pieninské bradlové pásmo)**

[1]Geologický ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 840 05 Bratislava, geolmich@savba.sk
[2]Katedra geológie a paleontológie Prírodovedeckej fakulty UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava; schlogl@nic.fns.uniba.sk

V bradle czorsztynskej jednotky na lokalite Vršatec je teleso vápnitých sedimentov impregnovaných Mn a Fe oxidmi. Sediment obsahuje mimoriadne bohatú a dobre zachovanú asociáciu fosílnych organizmov vo forme hrubého kôrovitého povlaku na pevnom skalnom podklade. Primárnymi budovateľmi týchto biokonštrukcií boli solitérne koraly a serpulidné červy, sekundárnymi tecideidné ramenonožce, machovky, sesílne foraminifery, ustricovité lastúrniky, zriedkavejšie aj kremité a vápnité hubky. Celé biokonštrukcie podľahli niekoľkonásobnej bioerózii, potom ich impregnovali Mn oxidy a detailne enkrustoval mikrobiálny povlak.

Schránky tecideidných ramenonožcov sú pevne pricementované uprostred serpulových porastov. Bohato zastúpené (vyše tretina schránok) sú juvenilné jedince a pomerne veľká časť schránok nebola po smrti jedincov disartikulovaná. Vo vnútri niekoľkých jedincov sa našli zvyšky jednoduchých, nečlenených plodiskových vakov *(brooding pouches).*

Okrem tecídií sa v asociácii zriedka vyskytujú pricementované misky inartikulátnych kraniidných ramenonožcov. Podobne ako obdobné asociácie ramenonožcov z kriedových rozsadlín na Štramberku alebo z príbojových cenomanských fácií na okraji českej panvy aj pri vršateckých ramenonožcoch možno pozorovať ich usmernené prisadanie na skalnej stene ovplyvnené prúdením vodného média. Pomerne nevýkonný ramenný aparát týchto živočíchov nebol schopný odstraňovať väčšie množstvo klastických častíc na dne s rýchlejšou sedimentáciou ani zabezpečovať efektívny prísun potravnej suspenzie v prostredí so slabým prúdením, a preto je zrejmé, že boli odkázané na strmé až previsnuté steny skalných útesov a na podpovrchové pukliny skalného masívu.

Asociácie organizmov z opisovanej lokality obývali podmorské kryptické priestory charakteru polouzavretých puklín a dutín vzniknutých v telesách krinoidového vápenca bajockého veku v plytkej neritickej zóne czorsztynskej elevácie. Pozorované pukliny boli veľké aj niekoľko dm. Z povahy vzájomného prerastania, ako aj z geopetálnych štruktúr je zrejmé, že biokonštrukcie rástli zhora nadol od stropu puklín, osídľovaného najprv solitérnymi koralmi a potom serpulidnými červami. Amonity nájdené v mikritickej vrstvičke usadenej na dne týchto dutín a puklín poukazujú na spodnotitónsky vek.

V ŠIMO[1] a M. OLŠAVSKÝ[2]: **Ichnofosília *Diplocraterion* na spodnotriasovej lokalite Vlkanová (drienocký príkrov)**

[1]Geologický ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 840 05 Bratislava, geolsimo@savba.sk
[2]Štátny geologický ústav D. Štúra, Kynceľovská 10, 974 01 Banská Bystrica; olsavsky@gssrbb.sk

Údaje o výskyte ichnorodu *Diplocraterion* a o jemu morfologicky podobných fosílnych stopách (*Rhizocorallium* igen.) v mezozoických súvrstviach Západných Karpát sú veľmi zriedkavé. Skúmaná lokalita vo vrchnej časti spodnotriasovej sekvencie drienockého príkrovu odkrýva 40 m sedimentačného záznamu, v ktorom je zastúpený jediný ichnorod. Stoponosná sekvencia je určená ako vrchná časť bódvaszilašských (griesbach) a spodná časť sinských vrstiev (namal) drienockého príkrovu (silicikum s. l.). Sedimentárny záznam sa skladá z pieskovcových polôh so šikmým zvrstvením, čerinami a šošovkami siltovca, prachovca a ílovca. Z fauny sú zastúpené dva najfrekventovanejšie druhy lastúrnikov, a to *Myophoria* sp. a *Anodontophora* sp. Jednotvárne zloženie ichnospoločenstva je typické pre skolitovú ichnofáciu, ktorá vznikala v plytkých subtidálnych podmienkach silnej turbulencie, vlnenia a prúdenia. Morfológia ichnorodu *Diplocraterion* je málo premenlivá. Najväčšia variabilita sa týka rozmerov fosílnych stôp a fluktuácie „spreite" štruktúr. Prítomnosť ichnofosílií typu *Diplocraterion* dopĺňa interpretáciu sedimentačných podmienok a charakterizuje najmä transgresívny povrch v sedimentárnej sekvencii.

S. OZDÍNOVÁ: **Spoločenstvo vápnitého nanoplanktónu na rozhraní zón NN5/NN6 v neogénnych panvách Západných Karpát**

Geologický ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 840 05 Bratislava, geolsisa@savba.sk

Vápnitý nanoplanktón bádenu sa skúmal v troch vrtoch z troch neogénnych paniev v Západných Karpatoch, a to Gajary 23 z viedenskej, Semerovce ŠV-8 z podunajskej a Zbudza P3 z východoslovenskej panvy.

V bádenskych sedimentoch vrtu Gajary 23 sa identifikovala nanoplanktónová zóna NN5 – *Sphenolithus heteromorphus,* a NN6 – *Discoaster exilis.* Vo vrchnej časti zóny NN5 sa našli

druhy s užším stratigrafickým rozpätím – *S. heteromorphus* Deflandre, *Helicosphaera walbersdorfensis* Müller a *Discoaster variabilis* Martini a Bramlette, ojedinele *Discoaster musicus* Stradner. Prevažnú časť spoločenstva vápnitého nanoplanktónu tvoril druh *Coccolithus pelagicus* (Wallich) Schiller, *Reticulofenestra minuta* Roth, *Reticulofenestra pseudoumbilicus* (Gartner) Gartner a *Cyclicargolithus floridanus* (Roth a Hay) Bukry. Tieto druhy boli dominantnou zložkou aj nanospoločenstva zóny NN6. Na rozhraní obidvoch zón mal svoj posledný výskyt druh *S. heteromorphus*, ktorý sa potom v zóne NN6 vyskytoval veľmi sporadicky. V tejto zóne mal prvý výskyt druh *Sphenolithus abies* Deflandre a bežný výskyt zaznamenal druh *Discoaster exilis* Martini a Bramlette, *D. variabilis* a *Calcidiscus premacintyrei* Theodoridis. Na hranici zón NN5/NN6 sa vo zvýšenej miere vyskytoval druh *H. walbersdorfensis*.

Vo vrte Semerovce ŠV-8 sa určila nanoplanktónová zóna NN5 a NN6. Prevažnú časť nanospoločenstva zóny NN5 tvoril druh *C. pelagicus, R. pseudoumbilicus, Cy. floridanus* a *H. carteri*, ale dominantný, tvoriaci 50 % zo zistených druhov, bol druh *R. minuta*. Tieto druhy prešli do nanoplanktónovej zóny NN6 a i v nej mali dominantné postavenie. V zóne NN5 sa našiel stratigraficky významný druh *S. heteromorphus, Ca premacintyrei, D. musicus, D. exilis* a *D. variabilis*, a sporadicky sa vyskytoval druh *Helicosphaera waltrans* Theodoridis, ktorý mal v tejto zóne posledný výskyt. Na rozhraní zón mal bežný výskyt druh *H. walbersdorfensis*, podobne ako vo vrte Gajary 23. Nástup zóny NN6 signalizovala absencia druhu *S. heteromorphus* a nástup *S. abies*. V spodnej časti zóny NN6 bol hojnejší výskyt diskoasterov.

Vrt Zbudza P3 je charakteristický soľonosnými vrstvami. V ich podloží sa definovala zóna NN5 a v nadloží NN6. V zóne NN5 sa našlo spoločenstvo vápnitého nanoplanktónu s najväčším zastúpením druhu *C. pelagicus, R. pseudoumbilicus, R. minuta* a *Cy. floridanus*, ktoré boli typické aj pre zónu NN6. Rozhranie zón definovala absencia druhu *S. heteromorphus* a prvý výskyt druhu *S. abies*, bežný výskyt *D. exilis, H. walichii, H. walbersdorfensis* a *D. variabilis*.

Podľa výsledkov štúdia bolo možno spoločenstvo vápnitého nanoplanktónu na rozhraní zón NN5/NN6 charakterizovať takto: Pre vrchnú časť zóny NN5 bol významný posledný výskyt druhu *S. heteromorphus*, bežný výskyt *H. walbersdorfensis, D. musicus* a *D. variabilis*, pre spodnú časť zóny NN6 bola charakteristická absencia druhu *S. heteromorphus* a bežný výskyt druhu *H. walbersdorfensis*, zvýšenie počtu jedincov diskoasterov (*D. exilis, D. musicus* a *D. variabilis*) a objavenie sa druhu *S. abies*. Pre túto zónu bol významný aj ojedinelý výskyt druhu *Discoaster kugleri* Martini a Bramlette a *Triguetrorhabdulus rugosus* Bramlette a Wilcoxon. Druh *C. pelagicus, R. minuta, R. pseudoumbilicus, Cy. floridanus* a *H. carteri* tvorili prevažnú časť spoločenstva a vyskytovali sa v obidvoch zónach.

Paleoekologické podmienky pri sedimentácii charakterizoval druh *Braarudosphaera bigelowi* (Gran a Braarud) Deflandre a *Pontosphaera multipora* (Kamptner) Roth, ktoré najmä vo vrte Zbudza P3 signalizovali zmenu salinity v podloží a v nadloží soľného ložiska. Druh *Thoracosphaera* sp. značil zmenu obsahu O_2 v prostredí a vo väčšom množstve sa vyskytol vo vrte Gajary. Zastúpenie druhu *R. minuta* vo vrte Semerovce (23,50 %) bolo výsledkom veľmi dobrých paleoekologických podmienok sedimentačného priestoru, ktorým sa otvoril oceán s dobrým prísunom živín.

J. SOTÁK: Revízia stratigrafickej príslušnosti magurského pieskovca z pohľadu foraminifer – nové dáta z profilu Oravská Jasenica

Geologický ústav SAV, Severná 5, 974 01 Banská Bystrica, sotak@savbb.sk

V súvislosti s meniacimi sa interpretáciami veku súvrstvia magurského pieskovca v poľskej časti flyšových jednotiek sa revidovalo jeho stratigrafické zaradenie aj na Orave. Vek súvrstvia sa pôvodne stanovil na najvyšší paleocén a eocén. Jeho determinácia sa opiera najmä o aglutinované foraminifery a nanoplanktón z rozpätia zóny NP 11 – *Discoaster binodosus* – až NP 13/14 – *Discoaster tani tani* (Potfaj, 1983).

Stratigrafický výskum v oblasti Babej hory však už dávnejšie indikoval mladší vek sledovaného súvrstvia (Bieda et al., 1967), datovaný foraminiferami zóny *Globigerapsis index* v podmagurských vrstvách (spodný priabón) a faunou drobných globigerín zóny *Globigerina officinalis* (spodný oligocén) v nadložných vrstvách. V etape najnovšieho stratigrafického výskumu vrstiev magurského pieskovca v Poľsku (Oszcypko-Clowes, 2001; Leszczynski a Malata, 2002, atď.) sa štúdiom nanoplanktónu už spoľahlivo doložil spodnooligocénny vek. Podľa výsledkov štúdia vápnitého nanoplanktónu tam vek skúmaného súvrstvia dosahuje až zónu NP 24 z rozhrania rupelu a chatu. Pri výskume na Slovensku sa spodnooligocénny vek magurského pieskovca doteraz nepotvrdil.

Sledované súvrstvie sa analyzovalo na typovom profile pri Oravskej Jasenici v oravskomagurskej jednotke. Sedimentárne sekvencie tam tvoria nahor hrubnúce cykly piesčitých lalokov. Foraminiferová mikrofauna sa zistila v slieňovcových polohách vyššej časti súvrstvia. Asociáciu foraminifer tvorí planktonický druh *Paragloborotália opima nana, P. (Tenuitella) inequiconica, P.* aff *siakensis, Tenuitella munda, T. liverovskae, Tenuitellinata angustiumbilicata, Pseudohastigerina* cf. *micra, Turborotalia ampliapertura* a *Subbutina* cf. *tapuriensis* a bentickú zložku spoločenstva hlavne prvky infauny tolerujúce znížený obsah O. Je to druh *Bolivina elongata, B. reticulata, Bulimina tenera, Kareriella chilostoma, Nonionella liebusi, Anomallina hantkeni* a i.

Pre stratigrafickú interpretáciu opísaného spoločenstva je dôležitá koexistencia druhov s poslednými výskytmi v spodnom oligocéne (napr. *P. micra*), ale hlavne zástupcov paraglo-borotálií a tenuitelíd s prvými výskytmi posunutými do stredného až vyššieho rupelu (napr. *P. opima nana, T. munda* a *T. ampliapertura*). Na základe foraminiferovej mikrofauny možno vek súvrstvia magurského pieskovca lokality Oravská Jasenica datovať na rupel až spodný chat (zóna P 18 až P 20). Charakter foraminiferovej mikrofauny tam pripomína asociácie spodných krosnianskych vrstiev vonkajších flyšových jednotiek (porov. Bąk, 2005) alebo oligocénnych sedimentov podtatranskej skupiny centrálnych Západných Karpát.

8. paleontologická konferencia

8. paleontological conference

8. paleontologická konferencia sa konala 14.–15. júna 2007 v Štátnom geologickom ústave Dionýza Štúra pri príležitosti okrúhlych výročí narodenia deviatich významných československých paleontológov – 110. akademika Dimitrija Andrusova, 85. RNDr. Viery Kantorovej a RNDr Jána Bystrického, CSc., 80. RNDr. Margity Vaňovej, CSc., a RNDr Ruženy Lehotayovej, 75 RNDr. Paulíny Snopkovej, CSc., RNDr. Evy Planderovej, DrSc., a RNDr Jozefa Salaja, DrSc., a 70 prof Ing. Zdenka Vašíčka, DrSc.

Na konferencii sa zúčastnilo okolo 100 paleontológov z Poľska, z Českej republiky a zo Slovenska, predniesło sa na nej 48 odborných prednášok



a prezentovalo 13 posterov o súčasných problémoch a trendoch v paleontológii, a to vo fytopaleontológii aj v zoopaleontológii v celej chronostratigrafickej škále Ich abstrakty sú publikované v zborníku, ktorý za 100 Sk (bez DPH a balného) možno kúpiť v predajni ŠGÚDŠ v Bratislave

Usporiadateľom konferencie – Štátnemu geologickému ústavu Dionýza Štúra a paleontologickej skupine Slovenskej geologickej spoločnosti – patrí poďakovanie za jej výbornú organizáciu a úspešný priebeh

9 paleontologická konferencia bude v roku 2008 v Poľsku

A. Zlinská

Mineralogicko-petrologický seminár SGS

Bratislava 22. marec 2007

Mineralogical-petrological seminary of Slovak Geological Society

Poznámky ku genéze a stabilite fosfátových akcesorických fáz v kyslých magmatických systémoch

IGOR BROSKA[1], MARIÁN JANÁK[1] a JAROSLAW MAJKA[2]

[1]Geologický ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 840 05 Bratislava
[2]AGH University of Science and Technology, Department of Mineralogy Petrography and Geochemistry, al Mickiewicza 30, 30-059 Cracow

Najbežnejšie fosfátové akcesorické minerály – apatit, monazit a xenotím – sú pomerne hojné v kyslých magmatitoch a apatit v niektorých prípadoch možno považovať až za horninotvorný minerál. Amfibolicko-biotitické tonality v Tribeči predstavujúce skoré diferenciáty granitoidov typu I majú koncentráciu apatitu prekračujúce až 5000 g/t.

Distribúcia apatitu, monazitu a xenotímu je značne odlišná. Apatit je veľmi typický akcesorický minerál v granitoidoch typu I, monazit a xenotím naopak v type S. V prvom prípade frakcionácia apatitu a allanitu veľmi účinne znižuje koncentráciu P a prvkov vzácnych zemín v hornine, čím množstvo kryštalizujúceho apatitu s postupujúcou diferenciáciou pozvoľne klesá. Apatit pritom v granitoidoch vzniká v dvoch maximách, ako (1) ranomagmatický a (2) neskoromagmatický minerál. Ranomagmatický býva najčastejšie v biotite, neskoromagmatický tvorí paragenézu s titanitom a magnetitom, pretože vzniká v čase zvýšenej aktivity Ca, ktorý sa do systému uvoľňuje pri deanortizácii živcov. Známy je aj sekundárny apatit vznikajúci z plagioklasu. Aj monazit je hojný ako ranomagmatická fáza. Jeho koncentrácia postupom času s diferenciáciou klesá,

a keď začne byť P blokovaný jeho vstupom do alkalických živcov vo forme berlinitovej molekuly, je veľmi obmedzená. Vtedy nastáva prechodná akumulácia vzácnozeminových prvkov v hornine, čo časom opäť iniciuje kryštalizáciu hojného monazitu. Táto oscilácia koncentrácie monazitu pri diferenciácii peraluminóznej magmy je teda kontrolovaná najmä dostupnosťou P a prvkov vzácnych zemín. Ak sú apatit a monazit predovšetkým primárne ranomagmatickou fázou, xenotím je najčastejšie sekundárnou minerálnou fázou. Vzniká hlavne odmiešavaním zo zirkónu a menej často aj z apatitu. Ak je v granite primárny xenotím, je v rovnováhe s monazitom.

Pri metamorfóze stredných stupňov sa monazit najčastejšie mení na apatit a allanit, prípadne na epidot obohatený o ľahké vzácne zeminy. Xenotím poskytuje podobný obraz premeny, keď okolo neho vzniká korona apatitu a epidotu, ale obohateného o Y a ťažké prvky vzácnych zemín. V ultravysokotlakých podmienkach má monazit vyššiu koncentráciu stredných prvkov vzácnych zemín, ale hlavne Gd. Najčastejšie býva derivovaný z granátu, no môže sa odmiešavať aj z apatitu.

Horečnatý ferberit až „magneziovolframit" z kremenných žíl v exokontakte rochovského granitu na lokalite Ochtiná-Zlatá baňa

ŠTEFAN FERENC[1] a PAVEL UHER[2]

[1]Štátny geologický ústav D. Štúra, regionálne centrum, Kynceľovská 10, 974 01 Banská Bystrica
[2]Katedra ložiskovej geológie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

Na halde opustenej štôlne Zlatá baňa pri Ochtinej sa študovala W-Mo mineralizácia s volframitom, scheelitom, molybdenitom a pyritom viažuca sa na hydrotermálne kremenné žily vo fylitoch a metapsamitoch rimavského súvrstvia v exokontakte rochovského granitu na styčnej zóne veporika a gemerika.

Volframit sa vyskytuje v podobe tmavohnedých až čiernych xenomorfných až hypidiomorfných agregátov intenzívne zatláčaných scheelitom veľkých do 2 cm. Jeho detailné štúdium elektrónovou mikroanalýzou odhalilo, že má unikátne chemické zloženie. Ide o nepravidelne zonálny ferberit s neobyčajne vysokým obsahom Mg až o fázu, ktorá zodpovedá doteraz neopísanému minerálu s prevládajúcou molekulou $MgWO_4$ („magneziovolframit") Volframit obsahuje 2,7–7,8 % MgO resp. 20–58 mol % „magneziovolframitu", 35–64 mol. % ferberitu a 7–16 mol. % hübneritu (Ferenc a Uher, 2007), čo je doteraz najvyšší obsah Mg zistený v mineráloch skupiny volframitu vo svetovom meradle. Maximálna koncentrácia Mg sa viaže na xenomorfné do 10 μm veľké domény v horečnatom ferberite. Obsah ostatných prvkov vo volframite je nízky, do 0,2 % Nb_2O_5, UO_2 a Sc_2O_3, max. 0,1 % Ta_2O_5, ZrO_2 a CaO. Obsah Ti, Sn a Zn je pod detekčným limitom elektrónovej mikrosondy. Prášková rtg. difrakčná analýza volframitu z Ochtinej indikuje mierny pokles parametra *c* základnej bunky zrejme pre zvýšený obsah Mg – a = 4,732(6), b = 5,701(3), c = 4,932(6) a β = 90,2°.

Hydrotermálne kremenné žily s volframitom, scheelitom a molybdenitom sú geneticky späté s neďalekou skrytou intrúziou kriedového rochovského granitu, ktorý vykazuje W-Mo špecializáciu. Zdrojom anomálne zvýšenej koncentrácie Mg vo volframite mohli byť okolité horniny obohatené o Mg, pravdepodobne báziká až ultrabáziká resp. magnezit ochtinskej skupiny

Poďakovanie. Prácu podporila Agentúra na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy APVV-0557-06 a projektu Ministerstva životného prostredia SR 2898.

Paragenetická asociácia minerálov mangánu z oxidačnej zóny žily Terézia v Banskej Štiavnici

STANISLAV JELEŇ

Geologický ústav SAV, Severná 5, 974 01 Banská Bystrica

V južných pripovrchových častiach žily Terézia, reprezentujúcich oxidačnú zónu banskoštiavnického ložiska sa zistila asociácia minerálov Mn a Fe. Spolu s todorokitom (Háber et al., 2002) sa identifikoval aj kryptomelán, pyroluzit a coronadit. Agregáty vypĺňajú voľné priestory medzi kryštálmi kremeňa alebo tvoria kôru pripomínajúcu ich vznik zvetrávaním na ložiskách. Pyroluzit tvorí drobné idiomorfné tabuľkovité striebornosivé lesklé kryštáliky narastajúce na kryštály kremeňa v podobe kôrky hrubej 1–2 mm. Jeho drobné kryštáliky sa vyskytujú aj na okrajoch obličkovitých agregátov minerálov Mn a Fe. Kryptomelán spravidla v podobe čiernych celistvých más vypĺňa medzizrnové priestory agregátov kremeňa. Coronadit tvorí mikroskopické nepravidelné zhluky uprostred vláknitých agregátov Fe-Mn oxidov a hydroxidov. Chemické zloženie pyroluzitu, kryptomelánu a coronaditu sa skúmalo na elektrónovom mikroanalyzátore CAMECA SX 100. Okrem Mn sa v kryptomeláne stanovil obsah K (3,10–3,82 hmot. %), v coronadite Pb (18,28–20,42 hmot. %) a v menšom množstve sa v mineráloch vyskytuje aj Zn, Fe, Na, Ca, Mg, Sr a Ba. Prepočtom kvantitatívnych analýz chemického zloženia kryptomelánu a coronaditu majú ich vzorce tvar $(Na_{0,10}K_{0,72}Ca_{0,02}Zn_{0,05})_{0,91}Mn_{8,03}O_{16}$ a $(Pb_{0,80}K_{0,03}Ba_{0,02}Zn_{0,11}Ca_{0,06}Sr_{0,01})_{1,03}(Fe_{0,72}Mn_{7,06}Si_{0,10})_{7,88}O_{16,07}$. Rtg identifikácia pyroluzitu a kryptomelánu sa vykonala na difraktografe DRON-2 (pyroluzit 3.1118 (100), 2.4013 (15), 2.1113 (4), 1.6205 (27.5), 1.5573 (19.5), 1.4334 (1.5) a taktiež Debyeho-Schererovou metódou v komôrke RKG-86 (λ_{Fe}, priemer preparátu 0,3 mm – pyroluzit 3.109 (10), 2.386 (9), 2.101 (4), 1.618 (7), 1.552 (3), 1.426 (1), kryptomelán 6.96 (8), 4.81 (6), 3.109 (9), 2.39 (10), 1.54 (5)) a poukazuje na zhodu so základnými reflexmi etalónového kryptomelánu, pyroluzitu (N-416, N-264; Micheev, 1957) Pri interpretácii genézy týchto agregátov predpokladáme, že sa v oxidačnej zóne žily Terézia sformovala stromatolitická štruktúra postupným narastaním relatívne sa meniacich pôdnych hubovitých

foriem. Po ich odumretí v každej vrstvičke prebiehala ich mineralizácia predovšetkým oxidmi a hydroxidmi Mn. Zistila sa aj prítomnosť nemineralizovaných hýf a idiomorfné romboedrické kryštáliky pravdepodobne karbonátov, čo poukazuje na to, že tento proces pokračuje aj v súčasnosti. Formy podobné stromatolitom a tvorené todorokitom skúmal Boston et al. (2001) na stenách a strope v jaskyni Hidden Cave, Lechuguilla a Spider Caves v Novom Mexiku (USA). V nátekoch zistili elektrónovým mikroskopom útvary vytvorené mikroorganizmami, ktoré okrem iných minerálov tvorí zmes todorokitu, buseritu a amorfných oxidov Mn *(filomenous manganese „snow")*.

Poďakovanie. Výskum bol finančne podporený z projektu VEGA 2/6094/26.

Roscoelit – vanádová sľuda z pelagických metasedimentov kryštalinika Strážovských vrchov

ŠTEFAN MÉRES a PETER IVAN

Katedra geochémie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského, Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava

Muskovit, v ktorom významnou mierou V^{3+} v pozícii VI nahrádza Al^{3+}, je známy ako roscoelit (Roscoe, 1877). Zistil sa v pelagických metasedimentoch v Strážovských vrchoch. Vystupuje tam ako metamorfný minerál. Obsah V v študovaných V sľudách je variabilný, od 1–21 hmot. %. Spolu s V je vo V sľudách zvýšený aj obsah Cr (< 2,8 hmot. %). V projekcii odrazených elektrónov BSE sa pozorovala vnútorná nehomogenita V sľúd. V centre jej lupeňov je spravidla vyššia koncentrácia V ako na okraji.

Pelagické metasedimenty zo Strážovských vrchov, v ktorých sa roscoelit vyskytuje, majú vysoký obsah SiO_2 (~ 85 hmot. %), C_{org} (8–10 hmot. %), V (~ 1000 ppm) a U (~10 ppm) a priemerný Cr (~ 150 ppm). Z hlavných prvkov je charakteristický nízky obsah Al_2O_3 (~ 3 hmot. %), FeO (< 0,3 hmot. %), MgO (< 0,3 hmot. %), CaO (~ 0,01 hmot. %), Na_2O (~ 0,02 hmot. %) a K_2O (~ 1 hmot. %). Normalizované obrazy REE z pelagických metasedimentov sú ochudobnené o LREE, obohatené o HREE a charakteristická pre ne je výrazná negatívna Ce a negatívna Eu anomália. Pomer prvkov (Th/U, La/Sc, Th/Sc, Th/Yb a Ta/Yb), ktoré sa využívajú ako indikátory materských hornín a prostredia sedimentácie, je podobný bazaltom typu N-MORB a pomer Th/Yb vs. Ta/Yb v pelagických metasedimentoch podobný pomeru týchto prvkov v horninách vystupujúcich v oceánskych riftových systémoch. Spoločný výskyt pelagických metasedimentov a metabazitov v Strážovských vrchoch, ako aj mnohé podobné geochemické charakteristiky poukazujú na synsedimentárny bázický vulkanizmus. Silná negatívna Ce anomália a tiež vysoký obsah V a U poukazujú na výrazné anoxické prostredie sedimentácie. Z porovnania chemického zloženia pelagických metasedimentov Strážovských vrchov a malokarpatských čiernych bridlíc (Cambel a Khun, 1983, 1985; Khun, 1985; Méres, 2005; Ivan a Méres, 2006) vyplýva, že sú podobné čiernym bridliciam z perneckej skupiny (Ivan et al., 2001; Méres a Ivan, 2003) a majú aj rovnakú genézu.

Poďakovanie. Prácu podporila Agentúra na podporu vedy a výskumu prostredníctvom finančnej podpory APVT-20-016104, APVV-0571-6 a grant VEGA 1/4035/07

Recenzia

J. Slouka a kol.: **Kámen. Od horniny k soše.** 1. vyd. Praha, Grada Publishing 2007. 148 s.

Recenzovaná knižná publikácia vznikla z iniciatívy redakčnej rady časopisu Kámen a jej podtitul sa zhoduje s názvom výstavy usporiadanej v Galérii plastík v Hořiciach v roku 2004. Kniha formátu A4 s prevažne farebnými fotografiami sa skladá z dvanástich kapitol, slovníka vybraných odborných termínov, prehľadu literatúry a registra a podľa autorov má stručne populárnou formou poskytnúť komplexný pohľad na kameň. Zhŕňa poznatky o vzniku a výskyte hornín, o ťažobných a spracúvateľských technikách, o kamenárskom remesle, sochárskom umení, reštaurovaní a o konzervovaní kameňa. Hlavnú pozornosť venuje prírodnému kameňu ako výtvarnému prvku a práci s ním v Českej republike. Jej súčasťou je aj súbor informácií a výskyte ušľachtilej kamenárskej suroviny v Čechách, ako aj stručný prehľad využívania kameňa.

V úvode autori vysvetľujú, že publikácia nechce byť encyklopédiou ani učebnicou, že má iba stručne charakterizovať širokú záujmovú oblasť, akou je problematika prírodného kameňa, no pozabudli napr na hodnotenie vlastností a výrobkov z prírodného kameňa podľa noriem Európskej únie.

Pri mikrofotografiách hornín (s. 18) som našiel neprijateľnú formuláciu, podľa ktorej „horniny sú zobrazené v bežnom a polarizovanom svetle." Pravdepodobne to vyplynulo z neskúsenosti autorov s polarizačným mikroskopom, lebo správna by bola konštatácia, že sa horniny fotografovali pri jednom nikole a v skrížených nikoloch v prechádzajúcom polarizovanom svetle. Rovnaká chyba je aj v texte (s. 19) a potom pri obrázkoch (s. 21).

Oceňujem to, že autorský kolektív do publikácie zaradil aj historické fotografie z výstavby Stalinovho pomníka na Letnej v Prahe a z momentu jeho odstrelu v roku 1962 (s. 30), ako aj fotografiu z konca 20. rokov 20. stor zobrazujúcu inštaláciu pomníka Jana Husa v Moste (s. 127)

Ako vidno z nasledujúceho citátu, autori termín vápenec a mramor (s. 32) nespresnili, ale zahmlili. Píšu:

„Jak známo, existují vápence usazené i přeměněné, krystalické. Proto někteří geologové rozlišují sedimentární vápenec od metamorfovaného mramoru. Nejde ovšem o žádnou závaznou normu, a tak se i v geologické

literatuře setkáme s pojmem sedimentární mramory. Děje se tak zejména v oboru ložiskové geologie, tedy tam, kde je hornina klasifikována z hlediska účelu – v tomto případě ušlechtilé kamenické výroby. Proto neuděláme žádnou chybu, budeme-li hovořit o dekoračním vápenci a o pravém (krystalickém) mramoru – a oba podle situace zahrneme někdy i pod společný pojem mramor."

To treba nevyhnutne spresniť a upozorniť na to, že záväzná norma už jestvuje. Ide o európsku normu EN 12 670 *Natural stone. Terminology* (2001), z ktorej sa spracovala slovenská (STN) a česká (ČSN) verzia. Slovenská verzia (2003) definuje (vysvetľuje) tieto dva termíny takto:

„Vápenec je sedimentárna hornina, zložená predovšetkým z kalcitu, $CaCO_3$. Mramor definovaný vedecky je metamorfovaná hornina s obsahom viac ako 50 % karbonátov (kalcit alebo dolomit), ktorá vznikla metamorfnou rekryštalizáciou karbonátovej horniny. Obchodne je definovaný ako hutný a leštiteľný prírodný kameň, ktorý sa používa na stavebné a dekoračné účely; obsahuje predovšetkým minerály s tvrdosťou medzi 3. a 4. stupňom Mohsovej stupnice tvrdosti (ako kalcit, dolomit alebo serpentín), napr. mramor podľa vedeckej definície a mramory Cipollino, pokiaľ leštením získavajú zrkadlový lesk; vápencové mramory, vápence, dolomity, vápenaté brekcie, travertíny a serpentinity."

Na doplnenie uvádzam ešte dva termíny z normy STN EN 12 670: „Mramor Cipollino je vápenato-silikátový mramor s farebnou pruhovanou štruktúrou zloženou z polôh kalcitových alebo dolomitových zŕn, ktoré sú zmiešané s rôznym množstvom silikátových minerálov. Ónyxový mramor je kompaktná pruhovaná odroda travertínu (jemnozrnný sladkovodný vápenec, ktorý vznikol rýchlym vyzrážaním $CaCO_3$ z vody), ktorá sa skladá z farebných a priesvitných vrstiev kalcitu a/alebo aragonitu a je leštiteľná."

V prehľade českých a moravských lokalít mramoru (s. 48–49) sa neuvádzajú Nedvědice, aj keď nedvědický mramor sa ako dekoračný ťažil už v stredoveku a použil sa aj na vnútornú výzdobu hradu Perštejn (Pauliš, 2001). Pri obrázkoch (s. 60) sú textové vysvetlivky umiestnené chaoticky až na nasledujúcej strane. V časti o travertíne (s. 72) je nesprávna lokalizácia tzv zlatého ónyxu. Nevyskytuje sa v Bešeňovej, ale pochádza z okolia Levíc, a to z Mýtnych Ludian. V minulosti sa používal názov „bešeňovský zlatý travertín", nie ónyx. V rovnakej časti autori zabudli spomenúť najvýznamnejšie slovenské ťažené travertínové ložisko Dreveník v Spišskom Podhradí. V ďalších kapitolách nie sú závažnejšie nedostatky, na ktoré by bolo treba reagovať.

Recenzovanú publikáciu ako celok hodnotím pozitívne a verím, že zaujme široký okruh čitateľov, ktorých fascinuje krása hornín umocnená estetickým stvárnením finálnych výrobkov.

Literatúra

PAULIŠ, P., 2001 Nejzajímavější mineralogická naleziště Moravy a Slezska. Kutná Hora, Martin Bartoš – Kuttna. 100 s.

STN EN 12 670, 2003: Prírodný kameň. Terminológia. Bratislava, Slovenský ústav technickej normalizácie. 102 s.

P. Ružička

Kronika

RNDr. Milan Háber, CSc., sedemdesiatročný



Koncom tohto roka sa okrúhleho životného jubilea dožíva pedagóg a popredný vedecký pracovník slovenskej geologickej obce RNDr. Milan Háber, CSc. Jubilant sa narodil 5. novembra 1937 v Košiciach v učiteľskej rodine. Základné vzdelanie získal na cvičnej škole pri Učiteľskej akadémii v Spišskej Novej Vsi v rokoch 1943–1952. Záujem o geológiu, ktorý sa uňho prejavil už v prvých rokoch dospievania, ho priviedol na Priemyselnú školu banícku a geologickú v Spišskej Novej Vsi, kde roku 1956 maturoval. V štúdiu pokračoval na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Komenského v Bratislave. Roku 1961 obhájil diplomovú prácu Metalometrický výskum na Trohanke v Spišsko-gemerskom rudohorí a univerzitné štúdiá uzavrel štátnou skúškou.

Ako vynikajúci študent hneď po absolvovaní univerzity pracoval na Katedre nerastných surovín Prírodovedeckej fakulty UK. Roku 1966 vykonal rigorózne skúšky a získal titul RNDr. Od roku 1968 do roku 1983 bol tajomníkom katedry.

Milan Háber sa vyprofiloval na vynikajúceho a obetavého pedagóga. Mnoho rokov odovzdával generáciám študentov bohaté poznatky o ložiskách najmä nerastných surovín. Bol známy priateľským prístupom k študentom, stálou ochotou poradiť, pomôcť i povzbudiť. Študenti si ho pamätajú aj z mnohých odborných exkurzií po domácich i zahraničných ložiskách ako neúnavného vykladača tajomstiev prírody a príjemného spoločníka od táborových ohňov.

Jubilant sa oženil s botaničkou doc. RNDr. Izabelou Háberovou (rodenou Beličkovou), CSc. Z manželstva sa narodili dve deti – dcéra Dana a syn Peter. Jubilant sa celý život vyznačoval obdivuhodným a nevšedným citom pre vyváženosť rodinných a pracovných povinností.

Roku 1969 absolvoval študijný pobyt v Holandsku (Instituut vor Aarwettenschapen, Vrije Universiteit, Amsterdam) a potom dva roky (1971–1972) pôsobil v Havane (na CIPIMM). Po návrate z Kuby roku 1973 obhájil kandidátsku dizertačnú prácu Mineralogicko-geochemický a paragenetický výskum

hydrotermálnych žíl v oblasti medzi Prakovcami a Kojšovom, Spišsko-gemerské rudohorie a získal titul CSc. Roku 1975 sa stal predsedom komisie Slovenského zväzu ochrany prírody a krajiny pre anorganickú prírodu, v tom istom roku bol na študijnej ceste v Štátnej Lomonosovovej univerzite v Moskve a v rokoch 1982–1983 vo Švédsku (Inst. on f. Mineral o Prosekter. Teknik, Teknisk Högskolan, Luleå). V rokoch 1976–1987 bol podpredsedom výboru aplikovanej mineralógie pri ČSVTS v Prahe a v rokoch 1993–1997 podpredsedom výboru mineralogickej spoločnosti pri Českej geologickej spoločnosti v Prahe. Od roku 1990 pracuje v komisii Slovenskej agentúry životného prostredia pre ochranu anorganickej prírody.

1. marca 1984 sa jubilant stal vedúcim oddelenia nerastných surovín Geologického ústavu Slovenskej akadémie vied v Banskej Bystrici (vo funkcii zotrval do roku 1991) S nevšedným zápalom organizoval vedecký výskum oddelenia, rozširoval ho, konzultoval s kolegami, venoval sa školeniu vedeckých ašpirantov a zúčastňoval sa na tvorbe laboratórnej základne ústavu v Banskej Bystrici. V nasledujúcich rokoch sa stal vedúcim spoločného pracoviska Geologického ústavu SAV a Rudných baní, tzv. realizačnej základne pri závode v Banskej Štiavnici.

Milan Háber vždy uprednostňoval celospoločenské záujmy pred osobnými výhodami a pohodlím. Neúnavne pracoval v mnohých organizáciách. Z jeho bohatej činnosti treba spomenúť aspoň niekoľko hlavných funkcií. V období rokov 1987 až 1992 bol členom Československého národného geologického komitétu a po rozdelení ČSFR ho kooptovali do Slovenského národného geologického komitétu. Od roku 1988 do roku 1992 bol členom československého a od roku 1993 predsedom slovenského výboru IAGOD. Roku 1988 sa stal členom výboru Slovenskej geologickej spoločnosti v Bratislave a predsedom jej pobočky v Banskej Bystrici. Bol členom komisie pre štátne záverečné skúšky na Prírodovedeckej fakulte Masarykovej univerzity v Brne, členom spoločnej odbornej komisie pre odbor 12-07-9 Mineralógia pre doktorandské štúdium na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave podpredsedom spoločnej odbornej komisie pre odbor 12-04-9 Ložisková geológia, ekonomická geológia pre doktorandské štúdium na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave.

Z jubilantovej bohatej vedeckej činnosti treba vyzdvihnúť aspoň najvýznamnejšie výskumné úlohy. Ide o spracovanie metalogenetických pomerov východnej časti Spišsko-gemerského rudohoria medzi Prakovcami a Kojšovom (1971), prípravu genetického modelu hydrotermálneho žilného zrudnenia v perme severného gemerika (1982), štúdium drahokovovej a volfrámovej mineralizácie v rude a v produktoch jej úpravy z ložísk stredoslovenských neovulkanitov (1991–1993), spracovanie genetického modelu epitermálnej drahokovovej a polymetalickej mineralizácie v centrálnej zóne banskoštiavnického stratovulkánu (1994).

Z ocenení jubilanta treba spomenúť aspoň nasledujúce.

1997 – Medaila Jána Slávika za dlhoročnú aktívnu organizačnú prácu v Československej a Slovenskej geologickej spoločnosti.

1987 – predsedníctvo SAV Strieborná čestná medaila Dionýza Štúra za podiel na rozvoji prírodných vied

1987 – rektor UK Bronzová medaila Univerzity Komenského za zásluhy v pedagogickej a vedeckej činnosti

1987 – dekan Prírodovedeckej fakulty UK Bronzová medaila Prírodovedeckej fakulty UK za zásluhy v pedagogickej a vedeckej činnosti

1987 – predsedníctvo Slovenského zväzu ochrancov prírody: Vyznamenanie II. stupňa za zásluhy o rozvoj činnosti SZOP

Aj keď jubilant 1. januára 2006 odišiel do dôchodku, stále udržiava živý kontakt s kolegami a s predchádzajúcimi pracoviskami, zúčastňuje sa na činnosti vedeckej obce a delí sa s ňou o cenné dlhoročné skúsenosti. Je vyhľadávaným konzultantom a oponentom vedeckých prác.

V mene priateľov a spolupracovníkov želáme RNDr. Milanovi Háberovi, CSc., pri jeho významnom životnom jubileu všetko najlepšie a do budúcich rokov pevné zdravie, pracovný elán, pohodu v súkromnom živote a mnoho zadosťučinenia a uznania za jeho doterajšie úsilie, ako aj elán do ďalšej práce.

Výber významnejších publikácií

HÁBER, M., 1980: Mineralogisch-geochemische und paragenetische Erforschung hydrothermaler Gänge im Gebiet zwischen Prakovce und Kojšov (Zips-Gömörer Erzgebirge) *Západ. Karpaty, Sér Mineral. Petrogr Geochém. Metalogen., 7, 132.*

HÁBER, M., 1983: K problému vzniku epigenetického žilného zrudnenia v perme severného gemerika. *In: Zbor. Vplyv geologického prostredia na zrudnenie. GÚDŠ, Bratislava, 151–156.*

LOBERG, B. E. H., HÁBER, M. & WESTBERG, S. B., 1985: Microhardness, reflectance and unit cell lenght of pyrites from Swedish base metall ores. *Geol. Fören. Förh. (Stockholm), 107, 1, 45–52.*

ROJKOVIČ, I., NOVOTNÝ, L. & HÁBER, M., 1993: Stratiform and vein U, Mo and Cu mineralization at Novoveská Huta area, CSFR. *Mineralium Depos., 28, 1, 58–65.*

CHOVAN, M., HÁBER, M., JELEŇ, S. & ROJKOVIČ, I., 1994. Ore textures in the Western Carpathians. *Slov. Acad. Press Ltd., Bratislava, 219.*

HÁBER, M., JELEŇ, S., MAŤO, Ľ. & KOVALENKER, V., 1997 Modelling of mineral – forming processes at the Banská Štiavnica epithermal deposit (Western Carpathians, Slovak republic) *Proceeding of the 9th IAGOD Symposium, Beijing, Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.*

CHOVAN, M., HÁBER, M., JELEŇ, S. & ROJKOVIČ, I., 1994. Ore textures in the Western Carpathians. *Slov. Acad. Press Ltd., Bratislava, 219.*

HÁBER, M., JELEŇ, S., KOVALENKER, V & ČERNYŠEV, I., 2001 Model epitermálneho zrudnenia banskoštiavnického rudného poľa. *Mineralia Slov., 33, 3, 215–224.*

P. András

K blahoželaniu sa pripája aj redakcia časopisu *Mineralia Slovaca*.

RNDr. Vladimír Hanzel, PhD., jubiluje



Ani veriť sa nechce, že od chvíle, keď sme mu blahoželali k šesťdesiatke, uplynulo už desať rokov. Vtedy sme mu okrem iného želali aj veľa pracovných úspechov v ďalších rokoch života. Nesklamal nás a ako jeden z najvýznamnejších slovenských hydrogeológov splnil očakávania a priania a vyriešil pekný rad významných projektov pre viaceré organizácie aj štátne orgány. Teraz je príležitosť aspoň stručne zhrnúť jeho doterajšiu činnosť a pripomenúť výsledky, ktoré dosiahol na vedecko-výskumnom, odbornom aj organizačnom poli.

V Ladomerskej Vieske v rodine Hanzelovcov sa 4. septembra 1937 narodil syn a dostal meno Vladimír. Vtedy ešte ani zďaleka nebola známa jeho životná dráha. Najprv spoznával svet a vstrebával nové a nové poznatky z okolia. Po základnej škole študoval na Gymnáziu v Kremnici a tam v roku 1955 s vyznamenaním zmaturoval. Záujem o prírodné vedy ho viedol k štúdiu inžinierskej geológie na Fakulte geologicko-geografických vied Univerzity Komenského v Bratislave, ktoré úspešne zavŕšil v roku 1960. Po obhájení rigoróznej práce v roku 1968 na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave získal titul doktora prírodovedy (RNDr.) a v roku 1972 po obhájení kandidátskej dizertácie *Puklinovokrasové vody chočskej jednotky a série Veľkého boku Nízkych Tatier* vedeckú hodnosť kandidát geologicko-mineralogických vied (CSc.). Osvedčenie o hodnosti PhD. mu v marci 1998 vydala Univerzita Komenského v Bratislave.

Od skončenia vysokoškolských štúdií v roku 1960 pracoval v Geologickom ústave Dionýza Štúra. Zúčastnil sa na riešení viacerých výskumných úloh z hydrogeológie a neskôr vykonával aj riadiacie funkcie. Bol vedúcim oddelenia hydrogeológie (1970–1986), ktoré pod jeho vedením úspešne plnilo rad veľmi významných štátnych výskumných úloh. Ako námestník riaditeľa GÚDŠ (1986–1990) organizačne a odborne vybudoval špeciálny odbor zaoberajúci sa dôležitými úlohami environmentálnej geológie. Ako špičkový odborník bol konzultantom a vedúcim diplomových prác študentov hydrogeológie, čím sa aktívne zapojil aj do výchovy novej generácie odborníkov.

Jeho priam srdcovou záležitosťou bola a zostala problematika obyčajnej podzemnej vody a jej ochrana. Sám alebo v tímoch riešil výskumné úlohy z tejto oblasti, najmä v horninách mezozoika a v glacigénnych kvartérnych sedimentoch. Výsledky jeho výskumu severovýchodných svahov Nízkych, Belianskych a Vysokých Tatier, ako aj severozápadných svahov Pezinských Karpát sú stále prospešné pre naše hospodárstvo, predovšetkým pokiaľ ide o zásobovanie pitnou vodou Popradu, Kežmarku, Spišskej Novej Vsi, Liptovského Mikuláša a ďalších miest. Bol zodpovedným redaktorom listu Poprad (1984) a Košice (1986) základnej hydrogeologickej mapy v mierke 1 : 200 000 a v rámci celoštátnej edície sa zúčastnil na tvorbe mapového listu Svidník a Žilina. Ako zodpovedný redaktor so spolupracovníkmi vytvoril hydrogeologickú mapu Nízkych Tatier, Kriváňskej Fatry a Tatier v mierke 1 : 50 000. Bol vedúcim štyroch štátnych výskumných úloh (1971–1986), z ktorých najvýznamnejšia bola edícia základných hydrogeologických máp Slovenska v mierke 1 : 200 000 (1987) a vyústila do komplexného spracovania poznatkov v úlohe *Podzemné vody Slovenska a prognózy ich využitia*.

V rámci medzinárodnej vedeckej spolupráce sa zúčastnil na príprave mapy odtoku podzemných vôd strednej a východnej Európy v mierke 1 : 1 500 000 a monografie o odtoku podzemných vôd strednej a východnej Európy, ktoré boli súčasťou medzinárodného hydrologického programu UNESCO, ako aj na riešení vplyvu antropogénnych faktorov na režim podzemných vôd (1984–1990). Zapojil sa aj do prípravy monografie o podzemných vodách Európy. V rámci vedecko-technickej spolupráce s bývalým ZSSR sa zúčastnil na príprave monografie o hydrogeologických otázkach ochrany podzemných vôd pred znečistením (1978). Je spoluautorom mapy hydrogeofaktorov Vonkajších Západných Karpát a ich predpolia ako súčasti geologického atlasu Vonkajších Západných Karpát (vydal ho Państwowy Instytut Geologiczny vo Varšave a GÚDŠ).

Po 43-ročnom pôsobení v ŠGÚDŠ odišiel do dôchodku, ale nebol to koniec jeho aktívnej vedeckovýskumnej a odbornej činnosti, a preto nemôžem nespomenúť jeho významné výsledky z riešenia úloh dosiahnuté už v dôchodkovom veku. V roku 2002 zostavil hydrogeologickú mapu Kysúc v mierke 1 : 50 000 a bol spoluautorom hydrogeologickej mapy stredného Považia v tej istej mierke. Ako zodpovedný hydrogeológ v spoluautorstve urobil pre Ministerstvo zdravotníctva SR revíziu ochranných pásiem prírodných liečivých zdrojov v Turčianskych Tepliciach (2005) a ochranných pásiem prírodných minerálnych vôd v Budiši (2006). V súčasnosti je zodpovedným riešiteľom úlohy MŽP SR *Výpočet množstiev minerálnych vôd v Turčianskych Tepliciach* a spoluriešiteľom úlohy *Výpočet množstiev minerálnych vôd v Lúčkach*.

Pracoval v rozličných odborných komisiách a v redakčných radách odborných časopisov, ale bol aj vedeckým redaktorom časopisu Západné Karpaty – séria hydrogeológia a inžinierska geológia a Vysvetliviek k základným hydrogeologickým mapám SR v mierke 1 : 200 000. Bol dlhoročným členom vedeckej rady GÚDŠ, spoločnej vedeckej rady GÚDŠ a Ústredného ústavu geologického v Prahe, členom komisie pre výpočet zásob podzemných vôd v Prahe. V roku 2002 ho vymenovali za člena komisie pre klasifikáciu množstva podzemných vôd pri MŽP SR. Bol členom mnohých komisií pre udeľovanie akademických a vedeckých hodností – štátnych záverečných, rigoróznych, kandidátskych a doktorských

dizertačných prác z hydrogeológie, ako aj školiteľom doktorandov. V roku 2006 sa opäť stal členom redakčnej rady časopisu Slovak Geological Magazine. Bol členom slovenskej geologickej rady pri MŽP SR, aprobačnej komisie pre vydávanie geologických máp a je členom komisie pre overovanie odbornej spôsobilosti na vykonávanie geologických prác. Zaslúžil sa o založenie a od roku 1995 aj o vydávanie odborného periodika Slovenskej asociácie hydrogeológov Podzemná voda a členom jeho redakčnej rady je doteraz.

Jeho zásluhou ako iniciátora a spoluzakladateľa v roku 1991 vznikla Slovenská asociácia hydrogeológov (SAH). Do roku 2000 bol jej generálnym tajomníkom a získal jej medailu. Neskôr sa zúčastnil na príprave a založení Únie geologických asociácií Slovenska a bol jej tajomníkom (1994–1996). Ako odborný garant alebo člen organizačného výboru bol organizátorom alebo spoluorganizátorom mnohých vedeckých či odborných domácich aj zahraničných kongresov, sympózií a konferencií, napr. 23. medzinárodného kongresu v Prahe (1968), 10. kongresu Karpatsko-balkánskej geologickej asociácie (1973), konferencie o výskume, prieskume a využívaní horúcich podzemných vôd (1977), medzinárodného sympózia o západokarpatskom perme (1979), ako aj 3., 6. a 8. celoštátnej hydrogeologickej konferencie. Bol aj v organizačnom výbore 29. kongresu Medzinárodnej asociácie hydrogeológov (6.–10. septembra 1999 v Bratislave) a vykonával funkciu organizačného sekretára.

V Československej spoločnosti pre mineralógiu a geológiu v Prahe i v Bratislave pracoval ako člen výboru aj ako predseda odbornej skupiny hydrogeológie (1970–1978). Bol podpredsedom závodnej pobočky ČSVTS pri GÚDŠ, členom výboru Československého národného komitétu pre hydrogeológiu v Prahe (1970–1978) a podpredsedom komisie pre inžiniersku geológiu a hydrogeológiu pri Karpatsko-balkánskej geologickej asociácii na Slovensku (1992–1996). Bol členom Medzinárodnej asociácie hydrogeológov.

Výsledky, ktoré získaval vedeckovýskumnou a organizačnou prácou, boli ocenené viacerými uznaniami a vyznamenaniami, ktoré poukazujú aj na širokú spoluprácu s rozličnými organizáciami. Bolo to napr. štátne banícke vyznamenanie Za pracovnú vernosť (1976), zaslúžilý pracovník rezortu SGÚ (1987), Bronzová medaila Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave (1987). Za rozvoj a úspešnú spoluprácu v oblasti hydrogeológie s geologickou službou v Poľskej republike mu udelili vyznamenanie zaslúžilý pracovník Geologického ústavu vo Varšave (1983) a Zlatú medailu Ministerstva ochrany životného prostredia Poľskej republiky (1989). Jeho vysoko humánny skutok – mnohonásobné bezpríspevkové darcovstvo krvi – bol ocenený Zlatou Jánskeho plaketou. V roku 1999 pri príležitosti Dňa baníkov mu udelili ocenenie ministra životného prostredia.

Okrem toho, že je autorom mnohých projektov výskumných úloh a vyše 200 odborných záverečných správ a štúdií, výsledky vedeckovýskumnej a odbornej práce ako autor alebo spoluautor odovzdal odbornej verejnosti vo viac ako 170 príspevkoch, v niekoľkých monografiách, v konferenčných a iných príspevkoch publikovaných doma aj v zahraničí. Jeho biografiu a úplný zoznam publikovaných vedeckých a odborných prác zverejnil L. Melioris v časopise Mineralia Slovaca (29, 1997, 6) a ďalšie biografické údaje sú v publikácii Geologický slovník, Hydrogeológia (Ed. V. Hanzel. 1. vyd. Bratislava, GSSR, Vyd. Dionýza Štúra 1998. 303 s.) a B. Cambela, M. Slavkaya a M Kaličiaka Významní slovenskí geológovia (Bratislava, Veda, VSAV 2000).

Vlado, isto si prijímal gratulácie od Tvojich najbližších, od priateľov, súčasných aj bývalých kolegov či od Slovenskej asociácie hydrogeológov, a tak dovoľ aj mne ako Tvojmu dlhoročnému priateľovi a spolupracovníkovi pripojiť sa ku gratulantom a zaželať Ti hlavne dobré zdravie a veľa šťastia, aby si aj v ďalších rokoch tvorivo prispieval k riešeniu hydrogeologickej problematiky, takej potrebnej pre naše obyvateľstvo a hospodárstvo.

M. Slavkay

Z publikácií jubilanta po roku 1997 uvádzam aspoň niektoré:

HANZEL, V (ed.), 1998: Geologický slovník – hydrogeológia. *Bratislava, Vyd. Dionýza Štúra, 301.*

MELIORIS, L., FRANKO, O. & HANZEL, V., 1999: Slovenská hydrogeológia – jej história a vývoj. *Podzemná voda, 5, 1, SAH Bratislava, 5–36.*

HANZEL, V., MELIORIS, L. & MARTOŇ, J., 1999: Groundwater of Slovakia and its issue. *Slov. geol. mag., 5–14.*

BÍM, M., HANZEL, V & MELIORIS, L., 2000: Trendy rozvoja hydrogeológie po roku 2000. *Podzemná voda, 6, 2, SAH Bratislava, 8–14.*

MELIORIS, L., HANZEL, V. & FRANKO, O., 2001. Slovenská hydrogeológia – jej história a vývoj. *In: P. Grecula et al. (eds.): História geológie na Slovensku. Zv. 1. ŠGÚDŠ Bratislava, 748.*

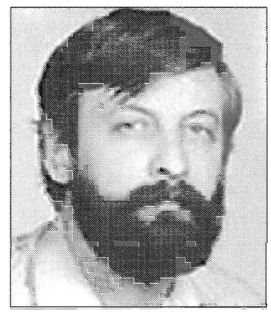
BUJALKA, P & HANZEL, V., 2001 Desať rokov Slovenskej asociácie hydrogeológov. *Podzemná voda, 7, 2, SAH Bratislava.*

HANZEL, V & MELIORIS, L., 2002: Hydrogeológia Tatier a ich predpolia. *Podzemná voda, 8, 1, SAH Bratislava, 37–61.*

HANZEL, V., 2003: Hydrogeológia regiónu Kysúc. *Podzemná voda, 9, 2, SAH Bratislava, 46–65.*

HANZEL, V., 2004. Podzemné vody Tatranského národného parku. Štúdie o TANAPE. Tatranská Lomnica, 147–162.

RNDr. Ján Soták, CSc., päťdesiatročný



RNDr Ján Soták, CSc., sa narodil 30. novembra 1957 v Michalovciach Vyrastal v Trhovišti. rodisku plejády význačných slovenských geológov Geológiu študoval na Masarykovej Univerzite v Brne. tam ako asistent pôsobil až do roku 1985. keď nastúpil na vedeckú ašpirantúru pod vedením Dr J. Michalíka v Geologickom ústave SAV v Bratislave. V SAV vykonával rad funkcií – od predsedu vedeckej rady až po vedúceho detašovaného pracoviska v Banskej Bystrici.

Už na štúdiách v Brne sa prejavila jeho schopnosť pozorovať, dôkladne registrovať geologické javy, hĺbavo ich analyzovať, ako aj široký rozhľad a syntetické schopnosti. Spracoval materiál triasových hornín zo zlepencových úlomkov vonkajších jednotiek Západných Karpát. Jeho závery o smeroch transportu týchto klastov a o zložení ich zdrojových oblastí prispeli k zmene náhľadu o paleogeografickom usporiadaní paleoalpínskeho príkrovového frontu. Bohatý a kladný ohlas vzbudili aj jeho práce o mikrofáciách, mikrobiostratigrafii a mikropaleontológii mezozoických foraminifer a vápnitých rias. V krátkom čase sa dostal medzi uznávaných odborníkov na mezozoické karbonátové fácie.

Dr. J. Soták sa pri výskume nikdy neobmedzoval na klasické, „osvedčené" metódy výskumu zloženia hornín. Patrí medzi priekopníkov katódovoluminiscenčnej analýzy karbonátových hornín, pri štúdiu často a úspešne využíva rastrovací elektrónový mikroskop, izotopové analýzy, ako aj poznatky z výskumu organickej hmoty a ílových minerálov.

Jubilant si všímal aj výsledky vyplývajúce z jeho štúdia na usporiadanie horninových komplexov. Jeho práce sú dôležitým zdrojom údajov a poznatkov pre odborníkov zaoberajúcich sa stavbou spišskej panvy, šambronskej zóny, Humenských vrchov i celého podložia východoslovenskej nížiny.

V projekte medzinárodnej geologickej korelácie UNESCO Kriedové oceánske červené vrstvy (CORB) sa Dr. J. Soták stal národným zástupcom. Jeho štúdie o vývoji púchovských slieňov a ich ekvivalentov na Slovensku a Zakarpatskej Ukrajine prispeli k dobrému menu slovenskej geológie vo svete.

Novú výskumnú etapu jubilanta znamenalo jeho štúdium paleogénnych paniev a ich výplne. Osvojil si metódu analýzy flyšových komplexov a jej skĺbením s klasickým mikrofaciálnym a mikrobiostratigrafickým štúdiom dospel k závažným poznatkom o rozdielnej príslušnosti a prostredí vzniku pucovských a tokárenských zlepencov, o stavbe flyšových komplexov na Orave, Podhalí a na Spiši, o stratigrafii spodných častí výplne spišskej panvy a mechanizme jej vzniku. Osvojil si metodiku sekvenčnej analýzy a s jej pomocou rekonštruoval sedimentárny záznam paleogénneho obdobia. Závažné poznatky priniesol z oblasti paleogeografickej syntézy pomerov v oblasti vrchnokriedových aj terciérnych paniev Západných Karpát.

Počas troch desiatok rokov vedeckej a odbornej práce si jubilant našiel rad nasledovníkov a žiakov. Svoje poznatky sprostredkúva študentom na Komenského Univerzite v Bratislave. Univerzite Mateja Bela v Banskej Bystrici aj na univerzite v Ružomberku Vedie viac doktorandov

Dr Ján Soták. CSc.. je dobre známy medzi kolegami rovnako doma. ako aj v zahraničí. Jeho práce sa často citujú a využívajú na celom svete. Navyše je evidentné. že jeho výskumná aktivita neustáva a že k vrcholu svojho odborného rastu ešte len smeruje. Jeho prirodzená autorita aj priateľská, skromná povaha ho vždy privádza do centra riešiteľských tímov, k novým a novým objavom. Želáme mu veľa úspešných terénnych sezón, nových prekvapujúcich zistení a osobných úspechov!

Najdôležitejšie výsledky:

1999	Najstaršie fosílne zvyšky v Západných Karpatoch
1998	Identifikácia pohltených segmentov peninckej zóny v Západných Karpatoch
1985–1990	Analýza mikrofácií a fosílnych spoločenstiev z mezozoických vápencov

Členstvo vo vedeckých organizáciách:

European Union of Geosciences
International Association of Sedimentologists
Karpatsko-balkánska geologická asociácia
Slovenská geologická spoločnosť pri SAV

Projekty:

Biochronológia mezozoických a kenozoických súvrství Západných Karpát: globálne eventy vo vývoji planktónu a ich stratigrafická kalibrácia

Geologická stavba a tektonický vývoj pieninského bradlového pásma

Climate & Biota of the Early Paleogene – CBEP

Zrudnenie v sedimentoch ako indikátor paleogeografických podmienok

Vybrané publikácie:

SOTÁK, J., GEDL, P & STAREK, D., 2006 The Central-Carpathian Paleogene stratigraphy revised: implications from micropaleontological study of the Pucov section (Orava region, Slovakia). *Proceedings XVIIIth Congress of the Carpathian-Balkan Geological Association, Belgrade, Serbia.*

STAREK, D., JABLONSKÝ, J., MARSCHALKO, R. & SOTÁK, J., 2006: Sedimentary evidence of the large-volume gravitation flows in the Central-Carpathian Paleogene Basin (Orava region, Slovakia). *Proceedings XVIIIth Congress of the Carpathian-Balkan Geological Association, Belgrade, Serbia.*

HU, X. H., JANSA, L., WANG. Ch., SARTI, M., BAK, K., WAGREICH, M., MICHALÍK, J. & SOTÁK, J., 2005. Upper Cretaceous oceanic red beds (CORB) in the Tethys occurrences, lithofacies, age, and environments. *Cretaceous Research, 26, 3–20.*

SOTÁK, J., SLIVA, Ľ. & STAREK, D., 2005: Paleoúdolia a kanály v systéme náplavových kužeľov centrálnokarpatskej paleogénnej panvy – interpretácia rozdielnej príslušnosti a prostredia vzniku pucovských a tokárenských zlepencov. *Mineralia Slov., Geovestník, 37, 1, 9.*

STAREK, D., JABLONSKÝ, J., MARSCHALKO, R. & SOTÁK, J., 2005: Sedimentárny záznam veľkoobjemových gravitačných tokov a ich postavenie vo vývoji centrálnokarpatských paleogénnych súvrství na Orave. *Mineralia Slov., Geovestník, 37, 1, 9.*

SOTÁK, J., 2004: Biotic responce of Mid-Cretaceous palaeoceanographic changes: data sets from planktic foraminiferal analysis of red beds. *Geolines, 17, 81–82.*

SOTÁK, J., 2003 High-nutrient conditions at the end of the Triassic Period: the evidence of the last complex foraminifers and dasycladaceans from the Western Carpathians. *In: J. Michalík (ed.): Triassic/Jurassic boundary events. Stará Lesná, Slovakia, 33–34.*

SOTÁK, J. & KOVÁČ, M., 2002: Paleogeographic changes of the West Carpathian Paleogene basins in time of Paratethyan separation. *Geol. Carpath., 53, 7–8.*

SOTÁK, J., PERESZLÉNYI, M., MARSCHALKO, R., MILIČKA, J. & STAREK, D., 2001: Sedimentology and hydrocarbon habitat of the submarine-fan deposits of the Central Carpathian Paleogene Basin (NE Slovakia). *Mar. Petrol. Geol., 18, 87–114.*

SOTÁK, J. & STAREK, D., 1999: Depositional stacking of the Central-Carpathian Paleogene Basin sequences and cycles. *Geol. Carpath., 50, 69–72.*

PLAŠIENKA, D., SOTÁK, J. & PROKEŠOVÁ, R., 1998. Structural profiles across the Šambron-Kamenica Periklippen Zone of the Central Carpathian Paleogene Basin in NE Slovakia. *Mineralia Slov., 30, 3, 173–184.*

SOTÁK, J. & BEBEJ, J., 1996: Serpentinitic sandstones from the Tertiary collisional zone in the Eastern Slovakia (Šambron-Kamenica Zone). *Geol. Carpath., 47, 4, 227–238.*

SOTÁK, J. & MIŠÍK, M., 1993: Jurassic and Lower Cretaceous dasycladalean algae from the Western Carpathian Mts. *In: Barattolo et al. (eds.). Studies on Fossil Benthic Algae. Boll. Soc. paleont. ital. (Modena), 1, 383–404.*

SOTÁK, J., RUDINEC, R. & SPIŠIAK, J., 1993: The Penninic "pull-apart" dome in the pre-Neogene basement of the Transcarpathian Depression (Eastern Slovakia). *Geol. Carpath., 44, 1, 11–16.*

KOVÁČ, M., NAGYMAROSY, A., SOTÁK, J. & ŠUTOVSKÁ, K., 1993: Late Tertiary paleogeographic evolution of the West Carpathians. *Tectonophysics, 226, 1–4, 401–416.*

SOTÁK, J., 1992: Evolution of the Western Carpathian suture zone – principal geotectonic events. *Geol. Carpath., 43, 6, 355–362.*

MICHALÍK, J. & SOTÁK, J., 1990 Lower Cretaceous shallow marine buildups in the Western Carpathians and their relationships to pelagic facies. *Cretaceous Research, 11, 211–227.*

SOTÁK, J., HOUŠA, V., MIŠÍK, M. & SÝKORA, M., 1988: West Carpathian algae of the genus *Triploporella* STEINMANN, 1880 – application to Barattolo's classification. *Geol. Zbor. Geol. carpath., 39, 3, 323–352.*

SOTÁK, J., 1987 Protopeneroplide foraminifers from Lowermost Cretaceous of Štramberk carbonate platform (Outer Western Carpathians). *Geol. Zbor. Geol. carpath., 38, 6, 651–667.*

SOTÁK, J., 1985: Basinal developmental types of the Triassic (Reifling and "Pseudohallstatt" limestones) in outer units of the West Carpathians. *Scr. Univ. Purkyn. brun., Geol., 15, 2, 89–113.*

J. Michalík

Nekrológy

†RNDr. Mária Kochanová, CSc.

Touto krátkou spomienkou chcem v mene bývalých spolupracovníkov z GÚDŠ i vo svojom mene vzdať hold vzácnej a šľachetnej žene pani doktorke Márii Kochanovej, CSc.

Mária Kochanová sa narodila v Bojnej pri Topoľčanoch 19. februára 1920 a svoju ušľachtilú dušu odovzdala Stvoriteľovi 19. augusta 2007. V krajine žijúcich zotrvala presne 87 a pol roka.

Rodáčka zo západného Slovenska svoju mladosť i časť zrelého veku prežila na Zemplíne v Michalovciach. Po maturite na michalovskom gymnáziu sa rozhodla študovať prírodné vedy na Slovenskej univerzite



v Bratislave. Štúdiá úspešne zavŕšila v roku 1944 a zaradila sa medzi vtedy nemnohých slovenských stredoškolských profesorov prírodovedcov. Viacerí z jej rovesníkov totiž po prvej štátnej skúške opúšťali univerzitu a bez úplnej kvalifikácie učili na slovenských gymnáziách. Krátko pôsobila na Gymnáziu v Topoľčanoch a v Zlatých Moravciach a potom až do roku 1956 na Gymnáziu v Michalovciach.

Ako profesorka prírodopisu študentom vštepovala lásku k prírode, predstavovala im nevyčerpateľnú pestrosť živočíšnej i rastlinnej ríše a zasväcovala ich do tajov

neživej prírody. Širokú učebnú látku podávala tak zasvetene a presvedčivo, že pre štúdium prírodovedy nadchla viacerých študentov. Jej žiakmi boli aj neskorší vysokoškolskí pedagógovia. Spomedzi geológov spomeniem doc. Krivého, doc. Slivovského, z erudovaných vedcov Dr. Salontayovú-Kullmanovú a Dr. Peržeľa, azda najvýznamnejšieho slovenského ropného geológa Dr. Čverčka, no a medzi jej žiakov patrím aj ja.

V roku 1956 prijala pozvanie svojho generačného druha akademika Maheľa, opustila pedagogickú dráhu, a to isto aj preto, aby sa ako stredoškolská profesorka nemusela tváriť ako materialistka, lebo materialistický svetonázor jej bol cudzí, a nastúpila vedeckú kariéru v GÚDŠ v Bratislave. Stala sa platnou členkou oddelenia mezozoika – druhohôr. Skúmala druhohorné fosílie, pozostatky druhohorných evertebrát – mäkkýšov. Túto mravčiu prácu, ktorá vyžadovala trpezlivosť a vedecké zanietenie, vykonávala pri zbere fosílneho materiálu v teréne a potom v laboratóriu či v pracovni, kde nazbieraný materiál určovala, opisovala a hodnotila biostratigraficky. Výsledky jej práce zhodnocovali geológovia pri tvorbe geologických máp a pri vekovom zaraďovaní druhohorných morských sedimentov. Časť svojich vedeckých poznatkov publikovala v odbornej literatúre, časť zostala zachovaná v jej správach uložených v Geofonde, kde sú súčasťou poznatkov o geologickej stavbe Západných Karpát, ku ktorým sa vracajú mladší pokračovatelia v jej práci. Niektoré z jej prác prekročili hranice Slovenska a rešpektujú ich stredoeurópski a európski, no hlavne alpskí geológovia a paleontológovia.

Keď dozrel čas, pani doktorka odišla na dôchodok, ale kontakt so svojím vedeckým pracoviskom nestratila. Vracala sa doň a ochotne odovzdávala svoje bohaté vedecké skúsenosti mladším kolegom. Na pôde ústavu sa stretávala aj so svojimi rovesníkmi dôchodcami, aby pookriala a vymanila sa zo zajatia a samoty svojho bytu, samoty, ktorá sa ostatne s pribúdajúcimi rokmi zmocní každého z nás.

Pred troma rokmi pri príležitosti medzinárodnej paleontologickej konferencie v Bratislave jej riaditeľ GÚDŠ odovzdal ďakovný list, v ktorom vyzdvihol jej nemalé zásluhy za rozvoj slovenskej paleontológie a biostratigrafie.

Je mi skutočne úprimne ľúto, že pani doktorku už nikdy nestretnem v bratislavských uliciach alebo v kostoloch, ktoré, pokiaľ jej zdravie slúžilo, často navštevovala.

Nech Pán prijme dušu svojej pokornej služobníčky Márie a nech ju hojne odmení vo večnosti za všetko dobré, čo v živote urobila.

Pani doktorka, moja pani profesorka, je nám smutno, ale na Vás, skromnú vedkyňu, dobrého a šľachetného človeka, nezabudneme.

D. Vass

†Doc. Ing. Rudolf Rudinec, DrSc.

27. apríl 1935–7. júl 2007

V prvom júlovom týždni slovenskú geologickú obec navždy opustil popredný ropný geológ nielen slovenského významu a dlhoročný člen redakčnej rady časopisu Mineralia Slovaca doc. Ing. Rudolf Rudinec, DrSc. Po zápase s ťažkou chorobou naposledy vydýchol 7. júla 2007.



Rodák z Kysúc (narodil sa v Divine, v časti Lúky) po absolvovaní štúdia na Geologickej fakulte Vysokej školy banskej v Ostrave v roku 1958 svoju celoživotnú kariéru ropného geológa spojil s prospekciou tejto vzácnej suroviny v rámci podniku Československé naftové doly (ČND). Na začiatku krátko pracoval v ČND v Gbeloch, od roku 1959 až do odchodu do dôchodku v roku 1995 pôsobil v závode ČND v Michalovciach, no aj potom svoje bohaté mnohoročné skúsenosti odovzdával michalovskému závodu Nafta Gbely ako konzultant špecialista.

Prierez odbornej a vedeckovýskumnej aktivity zosnulého treba začať jeho úspešnou prácou a veľmi významnými výsledkami v ložiskovej geológii, teda pri vyhľadávaní ložísk zemného plynu a ropy na východnom Slovensku. Na michalovskom pracovisku prešiel prakticky všetkými funkciami Začínal ako obyčajný geológ s rovesníkmi – s RNDr. Jozefom Čverčkom a RNDr Cyrilom Tereskom – v malom, ale veľmi erudovanom tíme pod vedením Ing. Dušana Ďuricu, CSc. Po Ďuricovom odchode z ČND sa stal hlavným geológom michalovského závodu a túto zodpovednú funkciu vykonával desať rokov (1966–1976) Pre nekompromisný odmietavý postoj k okupácii Československa sovietskymi vojskami v roku 1968, ktorého sa nevzdal ani v rokoch „normalizácie", ho z tejto funkcie odvolali, čo zamestnávateľ, vážiac si jeho pracovnú zanietenosť a mimoriadne bohaté skúsenosti z prospekcie ropy, sčasti kompenzoval tým, že ho postavil do čela novozriadeného oddelenia predneogénnych útvarov. V tomto postavení Ing. R. Rudinec zotrval až do roku 1990, keď sa po „nežnej" revolúcii stal riaditeľom michalovského závodu podniku Nafta Gbely a bol ním až do svojho odchodu do dôchodku v roku 1995. V tejto funkcii sa významne

zúčastňoval na transformácii slovenskej ropnej geológie na podmienky trhového hospodárstva a vedno s Dr. J. Čverčkom rozpracoval novú filozofiu ropného podnikania na východnom Slovensku.

Ing. R. Rudinec ako ložiskový ropný geológ, hlavný geológ, vedúci oddelenia predneogénnych útvarov i ako riaditeľ závodu bol vždy protagonistom ropnej prospekcie na východnom Slovensku. Pod jeho vedením a v spolupráci najmä s Dr. J. Čverčkom, neskôr s Dr. Maďarom a Ing. Jungom boli objavené doteraz ťažené alebo potenciálne ložiská zemného plynu a ropy na východnom Slovensku. Popri ropnej a plynovej prospekcii sa venoval aj problematike geotermálnej energie, teplotným a tlakovým podmienkam východoslovenskej panvy a otázkam súvisiacim s hydrogeologickou situáciou na východnom Slovensku. Nie jeho vinou sa ďurkovská geotermálna štruktúra, ktorú opísal a zhodnotil ako prvý, dodnes ekonomicky nevyužíva.

Popri svojej náročnej praktickej a ekonomicky nákladnej, a teda nanajvýš zodpovednej práci ropného geológa si Ing. R. Rudinec, DrSc., našiel čas aj na riešenie vedeckých a výsostne teoretických otázok dotýkajúcich sa distribúcie ložísk zemného plynu, ich geologickej stavby, tektoniky, vulkanizmu, soľonosných formácií východoslovenskej panvy, stavby jej predneogénneho podložia, paleogeografie neogénu, a to nie iba na východnom Slovensku, ale aj v celej transkarpatskej panve, ktorej je východoslovenská panva autonómnou súčasťou. Osobitne vysoko treba hodnotiť jeho priekopnícke práce o teplotných a tlakových podmienkach východoslovenskej panvy, ktoré sú nosnou a najhodnotnejšou časťou jeho doktorskej dizertácie, za ktorú získal hodnosť doktora vied (DrSc.). Bol aj spoluautorom prác týkajúcich sa organickej geochémie a generačných zón uhľovodíkov vo východoslovenskej panve na základe *rock-evalovej* pyrolýzy a odraznosti vitrinitu. Spolupracoval aj pri podrobnejších analýzach hornín predneogénneho podložia a pri ich – svojím spôsobom – prevratnej interpretácii. Osobitnú zmienku si zaslúžia pionierske práce zosnulého pri oceňovaní prognóz výskytu uhľovodíkov v centrálnokarpatskom paleogéne, ktoré završil objav ropného ložiska pri Lipanoch, ale aj práce vo východoslovenskom flyšovom a bradlovom pásme.

Ing. R. Rudinec svoje bohaté praktické a vedecké poznatky odovzdával aj mladšej generácii geológov a pracovníkov v aplikovanej geológii na Fakulte BERG Technickej univerzity v Košiciach. Na tejto univerzitnej pôde sa habilitoval a získal vedecko-pedagogickú hodnosť docenta.

Ing. R. Rudinec, DrSc., hodne publikoval v prestížnych slovenských a zahraničných vedeckých periodikách. Takýchto prác s jeho menom vyšlo vyše sto. Okrem toho bol autorom alebo spoluautorom viacerých monografií, z ktorých v prvom rade treba spomenúť *Zdroje ropy, zemného plynu a geotermálnej energie na východnom Slovensku* (Bratislava, Alfa 1989). Zoznam publikácií R. Rudinca pri jeho jubileách publikoval odborný časopis Mineralia Slovaca (17, 1985, č. 4 a 27, 1995, č. 2).

O odbornom uznaní predností Ing. R. Rudinca, DrSc., svedčí aj jeho členstvo vo vedeckej rade časopisu Mineralia Slovaca, vo vedeckej rade Fakulty BERG Technickej univerzity v Košiciach a v banskej rade pri Ministerstve hospodárstva Slovenskej republiky.

Odchodom doc. Ing. Rudolfa Rudinca, DrSc., do večnosti stratila slovenská geológia významného vedca aj praktika, ale jeho dielo sa natrvalo zapísalo do histórie ropného a geologického výskumu na východnom Slovensku.

Milý Rudo, nezabúdame, nezabudneme a budeme na Teba vždy v dobrom a s veľkou úctou k Tvojej práci, ktorú si pre slovenskú geológiu vykonal, spomínať.

D. Vass

Inštrukcie autorom

Všeobecne

1 **Rukopis v dvoch exemplároch a originály obrázkov musia byť zhotovené podľa inštrukcií pre autorov časopisu Mineralia Slovaca.** V opačnom prípade redakcia článok vráti autorovi pred jeho zaslaním recenzentovi.
2. **Článok môže mať najviac 30 rukopisných strán včítane literatúry, obrázkov a vysvetliviek.** Uverejnenie rozsiahlejších článkov musí schváliť redakčná rada a ich zaradenie do tlače bude zdĺhavejšie.
3. **Články sa uverejňujú v slovenčine, češtine alebo v angličtine.** Abstrakt a skrátený text článku (resumé) sú v angličtine (ak je článok v angličtine, v slovenčine).
4. **Text článku treba poslať redakcii na diskete 3,5" alebo CD spracovaný v editore MS Word (PC) alebo MS Word a QuarkXPress (Mac).**
5. Súčasne s článkom treba redakcii zaslať **autorské vyhlásenie, že nijaká časť článku ešte nebola publikovaná a originálne sú aj obrázky. Prevzaté obrázky musia byť legalizované získaním práva na opätovné publikovanie (copyright).** Vyhlásenie musí obsahovať meno autora (autorov), akademický titul, rodné číslo a trvalé bydlisko.

Text

1. Úpravu textu včítane zoznamu literatúry treba prispôsobiť súčasnej úprave článkov v časopise.
2. **Text sa má písať s dvojitou linkovou medzerou (riadkovačom 2), na strane má byť 30 riadkov a v riadku asi 60 znakov.**
3. Abstrakt aj s nadpisom článku treba písať na samostatný list. Má obsahovať hlavné výsledky práce (neopakovať to, čo vyjadruje už nadpis), má byť bez citácií a nemá mať viac ako 200 slov (Abstraktu treba venovať náležitú pozornosť, lebo slúži na tvorbu anotácií.)
4. **Text má obsahovať úvod, charakteristiku (stav) skúmaného problému, metodiku práce, zistené údaje, diskusiu a záver.**
5. Zreteľne treba odlíšiť východiskové údaje od interpretácie.
6. Neopakovať údaje z tabuliek a obrázkov, iba ich komentovať a odvolať sa na príslušnú tabuľku alebo obrázok.
7. Text treba členiť nadpismi, hlavné písať dostredu a vedľajšie na ľavý okraj strany. Používať možno najviac tri druhy hierarchických nadpisov Ich dôležitosť má autor vyznačiť ceruzkou na ľavom okraji strany takto: 1 — najvyšší, 2 — nižší, 3 — najnižší.
8. V texte uprednostňovať citácie v zátvorke, napr. (Dubčák, 1987; Hrubý et al., 1988), pred formou .. podľa Dubčáka (1987). Ani v jednom prípade neuvádzať krstné (rodné) mená.
9. Umiestnenie obrázkov a tabuliek treba označiť ceruzkou na ľavom okraji rukopisu alebo stĺpcového obťahu.
10. Grécke písmená použité v texte treba identifikovať na ľavom okraji slovom (napr sigma).
11 Pri písaní treba dôsledne rozlišovať pomlčku od spojovníka.
12. Symboly, matematické značky, názvy skamenelín, slová a pod., ktoré sa majú vytlačiť kurzívou, treba v rukopise podčiarknuť vlnovkou.
13. **Pri článkoch písaných v slovenčine treba abstrakt, kľúčové slová a resumé predložiť redakcii aj v angličtine. Názov článku, vysvetlivky k obrázkom a názvy tabuliek sa predkladajú redakcii v slovenčine aj v angličtine.**

Ilustrácie

1. Ilustrácie musia byť vysokej kvality, majú dokumentovať a vysvetľovať text. **Ilustrácie sa musia pripravovať s vedomím, že budú zmenšené na šírku stĺpca (81 mm) alebo strany (170 mm).** Tomu treba prispôsobiť ich veľkosť a formu resp. zoskupenie. Vhodne upravený obrázok (veľkosť písmen, hrúbka čiar) možno reprodukovať aj v pomere 1 . 1, ale odporúča sa kresby (perovky) urobiť väčšie, ako budú vytlačené. Perovky majú byť zhotovené sýtym čiernym tušom. Úmerne k predpokladanému zmenšeniu treba zvoliť hrúbku čiar, veľkosť písma, čísiel, hustotu šrafovania a pod. Text možno napísať väčším aj menším písmom (nie verzálkami – veľkými písmenami), a to podľa toho, čo sa má zvýrazniť Obrázky treba popisovať šablónou, nie voľnou rukou. Optimálna veľkosť písma v časopise po zmenšení je pri veľkých písmenách a číslach 2 mm a pri malých 1,6 mm. Ak je článok v slovenčine, popisy v obrázkoch musia byť v slovenčine a pri článkoch v angličtine musia byť aj ilustrácie v angličtine.

Originál (pred zmenšením) môže mať najviac 340 x 210 mm. **Maximálny rozmer ilustrácie vytlačený v časopise je 170 x 230 mm.** Skladacie ilustrácie treba úplne vylúčiť

Obrázky urobené na počítači treba redakcii poslať vytlačené laserovou tlačiarňou v kamerálnej podobe pri vysokom rozlíšení (min. 300 DPI) a tiež pôvodné súbory na diskete 3,5" alebo na CD. **Pri tvorbe obrázkov redakcia odporúča pracovať s programami vo vektorovom zobrazení (napr. Corel Draw),** nepoužívať veľmi tenké čiary (tzv. vlasovej hrúbky) ani na obrysy, ani vo výplni. Neodporúča sa používať softvérové výplne (napr v Corel Draw). Výplne sa musia skladať zo samostatne vysádzaných objektov. Nevhodná je aj rastrová výplň.
2. Všetky ilustrácie včítane fotografií musia obsahovať grafickú (metrickú) mierku.
3. Zoskupené obrázky, napr fotografie a diagramy, musia byť pripravené (nalepené) ako jeden obrázok a jeho časti treba označiť písmenami (a, b, c atď.). Takto zoskupené obrázky sa citujú ako jeden obrázok. Zoskupené fotografie treba starostlivo upraviť a nalepiť na biely kriedový papier
4. Fotografie musia byť ostré, čiernobiele, kontrastné a na lesklom papieri. Je vhodné zmenšiť ich minimálne o 50 %. **Prípadné fotografie vo forme počítačových súborov (vo formáte JPG alebo TIF) musia mať vysoké rozlíšenie, najmenej 600 DPI.**
5. Na všetkých obrázkoch na okraji (na fotografiách na zadnej strane) treba ceruzkou uviesť číslo, meno autora a na fotografiách šípkou aj orientáciu obrázka.
6. Na mapách a profiloch treba používať jednotnú formu vysvetliviek, aká je pri prvom obrázku.
7 Názvy obrázkov a vysvetlivky treba priložiť k textu na osobitnom liste v slovenčine a v angličtine.
8. Všetky ilustrácie sa musia citovať v texte.
9. Ilustrácie sa zasielajú redakcii už imprimované. Pri korektúre ich už nemožno opravovať a dopĺňať
10. Farebné ilustrácie sú vítané, ale náklady na ich tlač hradí autor

Tabuľky

1 Tabuľky sa píšu na osobitný list. Ich rozsah a vnútornú úpravu treba voliť tak, aby sa tabuľka umiestnila do stĺpca (81 mm) alebo na šírku strany (170 mm) Rozsiahlejšie tabuľky sa neprijímajú.
2. Údaje sa zaraďujú do tabuľky, iba ak sa nedajú uviesť v texte.
3. Nadpis tabuľky a prípadný sprievodný text sa uvádza na osobitnom liste v slovenčine a v angličtine (úpravu nadpisov pozri v časopise).
4. Vertikálne čiary v tabuľkách nepoužívať.
5. Tabuľky sa číslujú priebežne a uverejňujú sa v číselnom poradí.

Literatúra

1 V zozname literatúry sa v abecednom poradí uvádza iba literatúra citovaná v danom článku. Citácia označená „v tlači" sa môže uviesť v zozname, len ak je z citovaného článku aspoň stĺpcová korektúra. Citácia „osobná informácia" sa cituje iba v texte (Zajac, os. informácia, 1988).
2. Používať nasledujúci spôsob uvádzania literatúry:
Knižná publikácia
Gazda, L. & Čech, M., 1988: Paleozoikum medzevského príkrovu. Bratislava, Alfa, 155.
Časopis
Vrba, P., 1989: Strižné zóny v komplexoch metapelitov. Mineralia Slov., 21, 135–142.
Zborník
Návesný, D., 1987: Vysokodraselné ryolity In: V Romanov (red.): Stratiformné ložiská gemerika. Špec. publ. Slov geol. spol., Košice, 203–215.
Manuskript
Radvanský, F , Slivka, B., Viktor, J. & Srnka, T., 1985: Žilné ložiská jedľoveckého príkrovu gemerika. Záverečná správa z úlohy SGR-geofyzika. Manuskript – archív ŠGÚDŠ Spišská Nová Ves, 28.
3. Pri článku viac ako dvoch autorov sa v texte cituje iba prvý autor s dodatkom et al., ale v zozname literatúry sa uvádzajú všetci.
4. Ak sa v článku (v knižnej publikácii) cituje názov, údaje a pod. iného autora, ktorý nie je spoluautorom publikácie, v texte sa cituje vo forme (Gerda in Kubka, 1975). ale v zozname literatúry sa uvádza iba Kubka, J., 1975.

V prípade nejasností si možno vyžiadať podrobnosti e-mailom na adrese mineralia@gssr-ke.sk