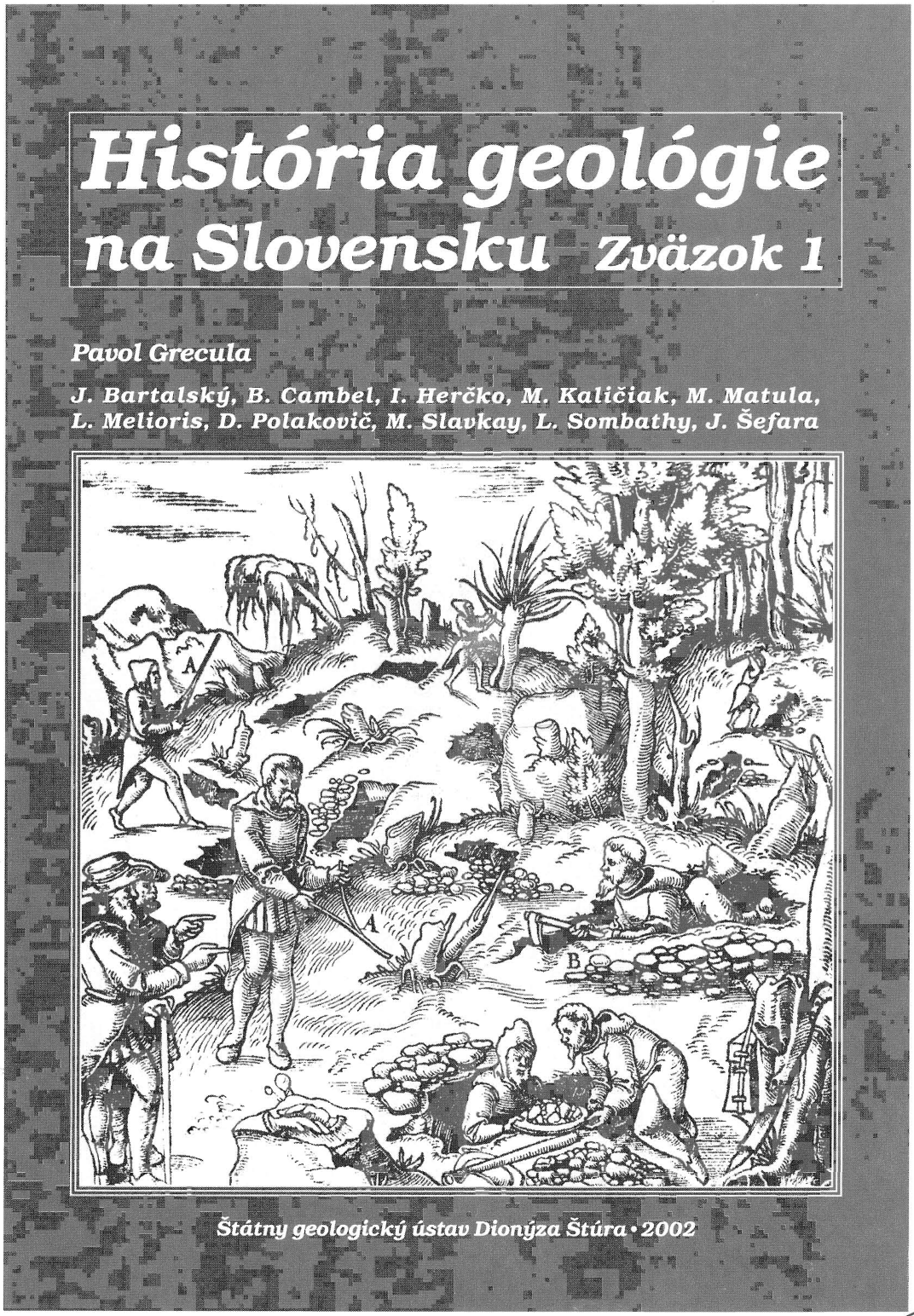
5-6/34/2002
ISSN 0369-2086

Mineralia Slovaca

Vyšiel prvý zväzok dvojdielnej knižnej monografie História geológie na Slovensku



Publikáciu, ktorej prvý diel predkladáme odbornej geologickej aj ostatnej verejnosti, pripravili poprední odborníci zo všetkých odvetví geológie na Slovensku a redakčne spracovali najmä geológovia, ktorí stáli pri zrode a organizovaní geológie na Slovensku po druhej svetovej vojne.

Prvý zväzok obsahuje históriu geológie od najstarších čias do roku 1762, obdobie od založenia Ríšskeho geologického ústavu vo Viedni roku 1850, históriu mineralogického a geologického výskumu od založenia Ríšskeho geologického ústavu roku 1850 do vzniku ČSR roku 1918, geologické práce, ich metodiku a rozvoj v ťažobných závodoch v rokoch 1919–1945, geologické inštitúcie a spoločnosti v ČSR a ich podiel na geologickom výskume Slovenska v rokoch 1919–1945, geologickoprieskumné organizácie a ich nadriadené štátne orgány v období 1945–2000 a hodnotenie výsledkov výskumu a prieskumu ložísk nerastných surovín a rozvoja ložiskovej geológie v rokoch 1945–2001.

Druhý zväzok diela zahrnie históriu geologických organizácií, inžinierskej geológie, hydrogeológie, geofyziky, ako aj geologických ústavov a katedier univerzít, vysokých škôl, SAV a geologických spoločností.

Publikáciu vydal Štátny geologických ústav Dionýza Štúra. Má 748 strán, 673 fotografií, rad tabuliek a perokresieb. Možno ju kúpiť v predajniach odbornej literatúry Štátneho geologického ústavu D. Štúra v Bratislave, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava, a v Košiciach, Jesenského 8, 040 01 Košice. Na objednávku sa posiela aj poštou (k cene sa účtuje poštovné aj balné).

E-mail: gabina@gssr.sk, velgos@gssr-ke.sk. Cena prvého zväzku je 350,- Sk.

NOVÁ KNIHA
NEW BOOK

Obsah - Contents

Mineralia Slovaca 34 (2002) • 5–6

Jetel, J.
Stanovovanie hydraulických parametrov hornín hydrodynamickými skúškami
Determining hydraulic parameters of rocks by aquifer tests 251

Vandrová, G., Fendek, M., Štefanovičová, D. & Friedlová, S.
Ochrana prírodných liečivých zdrojov a prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody na Slovensku
Protection of natural healing sources and natural sources of mineral-rich potable waters in Slovakia 263

Marsina, K. & Baňacký, V.
Geochemické mapovanie povodňových sedimentov východného Slovenska
Geochemical mapping of overbank sediments in the Eastern Slovakia 275

Vavrová, J., Kraus, I. & Ondrášik, M.
Vplyv ílových minerálov na vlastnosti vulkanických hornín Západných Karpát využívaných v stavebníctve
The influence of clay minerals on properties of volcanic rocks of the Western Carpathians used for building industry 289

Mišík, M. & Rojkovič, I.
Mangánová mineralizácia v Lednici a Mikušovciach – pieninské bradlové pásmo
Manganese mineralization at Lednica and Mikušovce, Pieniny Klippen Belt, Slovakia 303

Durmeková, T. & Ondrášik, R.
Niektoré aspekty inžinierskogeologického hodnotenia poloskalných hornín
Aspects of the soft rocks evaluation in engineering geology 321

Ondrášik, R., Matejček, A. & Šamajová, E.
Mineralogické zloženie a napúčavosť ílovcov vnútrokarpatského paleogénu v prieskumnej štôlni tunela Ovčiarsko
Mineralogy and swelling of the Inner Carpathian Paleogene shale in the pilot tunnel Ovčiarsko, Northwest Slovakia 329

Hovorka, D., Mlatec, R. & Kolník, T.
Cífer-Pác (western Slovakia): an example of the Neolithic site of local stone raw materials used for implements construction
Cífer-Pác (západné Slovensko) – príklad neolitickej lokality s použitými lokálnymi surovinami na výrobu kamenných nástrojov 335

Salaj, J., Puškelová, Ľ., Števula, L. & Holický, I.
Fe-horizons in Carnian- and Eocene- sediments of Western Carpathians in Slovakia
Fe horizonty v karnských a eocénnych sedimentoch Západných Karpát na Slovensku 343

Šarinová, K.
Granáty, turmalíny a stuhnuté taveniny v rutiloch lukáčovských vrstiev (kvartér)
The garnets, tourmalines and solidified melts in rutile of the Lukáčovce Members (Quaternary) 347

Holec, P., Kováč, M., Sliva, L., Vojtko, R. & Joniak, P.
Nález mastodonta *Mammut borsoni* (Hays, 1834) pri Cerovinách – litologické pomery a stratigrafia
Finds of Mastodon *Mammut borsoni* (Hays, 1834) near Cerovíny village, stratigraphy and lithological conditions 353

GEOvestník

OBÁLKA: Vyšné Ružbachy – travertínové jazierko Kráter – chránený prírodný útvar. Je geologickou atrakciou na území ružbašského mezozoického ostrova. Výstup minerálnych vôd (teplota 22 °C) podmienil vznik travertínových sintrov vo forme krátera. Detail – pri poklese hladiny vody sa obnažili travertínové steny jazierka. Foto J. Halečka

COVER: The travertine lake "Crater" in the Vyšné Ružbachy village, the protected natural product, is the main attraction of the Ružbachy Mesozoic island. The ascent of mineral waters (temperature 22 °C) caused the origin of travertine sinters having the crater shape. Detail – the decrease of water level uncovered the travertine rim of the lake. Photo J. Halečka

Mineralia Slovaca

Časopis Slovenskej geologickej spoločnosti a slovenských geologických organizácií
Journal of the Slovak Geological Society and Slovak geological organizations

Vydáva Združenie Mineralia Slovaca
Published by Mineralia Slovaca Corporation

Vedúci redaktor – Chief editor
PAVOL GRECULA
Štátny geologický ústav Dionýza Štúra
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, Geofyzikálny ústav SAV, 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, Štátny geologický ústav D. Štúra, Košice
Vlastimil Konečný, Štátny geologický ústav D. Štúra, Bratislava
Ivan Kraus, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava
Jozef Lanc, Geocomplex, a. s., Bratislava
František Marko, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava
Karol Marsina, Štátny geologický ústav D. Štúra, Bratislava
Jozef Michalík, Geologický ústav SAV, Bratislava
Ľubomír Petro, Štátny geologický ústav D. Štúra, Košice
Miroslav Pereszlényi, SPP-OZ VVNP, š. p., Bratislava
Martin Radvanec, Štátny geologický ústav D. Štúra, Sp. N. Ves
Peter Reichwalder, Slovenská geologická spoločnosť, Bratislava
Igor Rojkovič, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava
Ján Soták, Geologický ústav SAV, Banská Bystrica
Dionýz Vass, Štátny geologický ústav D. Štúra, Bratislava
Ivan Vrubel, Geospektrum, s. r. o., Bratislava
Ján Zuberec, Štátny geologický ústav D. Štúra, Bratislava

REDAKCIA – EDITORIAL STAFF

Vedúci redakcie – Managing editor
Alena Wolfová
Redaktor – Editorial assistent
Mária Dryjová
Technické spracovanie – Production editor
Alena Wolfová
Jazykový redaktor – Lingual editor
Pavol Kušnír – Zoltán Németh

Združenie MINERALIA SLOVACA Corporation

Predseda – Chairman
Jozef Franzen
Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava
Členovia združenia – Members of the corporation

Envigeo, s. r. o., Banská Bystrica
Esprit, s. r. o., Banská Štiavnica
Geocomplex, a. s., Bratislava
Geofos, s. r. o., Žilina
Geospektrum, s. r. o., Bratislava
MŽP SR, Bratislava
Slovenská banská spoločnosť, Banská Bystrica
Slovenská geologická spoločnosť, Bratislava
Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava
Uranpres, s. r. o., Spišská Nová Ves

Mineralia Slovaca (ISSN 0369-2086) vychádza šesťkrát ročne. Vydavateľ: Geocomplex, a. s., Bratislava. Sadzba v redakcii Mineralia Slovaca systémom DTP Apple Macintosh. Tlač: Grafika, s. r. o., Košice.
Predplatné v roku 2002: Členovia Slovenskej geologickej spoločnosti 90,- Sk (+ 10 % DPH), organizácie 250,- Sk (+ 10 % DPH). Cena jednotlivého čísla je 50,- Sk (+ 10 % DPH), cena dvojčísla je 100,- Sk (+ 10 % DPH). Časopis možno objednať v redakcii.
Inzeráty: Požiadavky zasielať redakcii. Adresa redakcie: Mineralia Slovaca, Jesenského 8, 040 01 Košice. Telefón: 055/625 00 46, e-mail: mineralia@gssr-ke.sk

Mineralia Slovaca (ISSN 0369-2086) is published bimonthly by the Geocomplex, a. s., Bratislava.Text was written, edited and composed on a DTP system using Apple Macintosh computers in the editorial office Mineralia Slovaca.
Subscription for 2002 calendar year: 92 USD including postage. Claims for nonreceipt of any issue will be filled gratis. Subscription can be sent Mineralia Slovaca, Werferova 1, 040 11 Košice, Slovakia and SLOVART - G.T.G., Krupinská 4, P. O. Box 152, 852 99 Bratislava.
Advertising: Contact managing editor. Address of the Editorial office: Mineralia Slovaca, Jesenského 8, 040 01 Košice, Slovakia: Phone:++ 421/55/625 00 46, e-mail: mineralia@gssr-ke.sk © Geocomplex, a. s., Bratislava.

Mineralia Slovaca, 34 (2002), 251–262

Stanovovanie hydraulických parametrov hornín hydrodynamickými skúškami

JÁN JETEL

Šrobárova 48, 058 01 Poprad

(Doručené 5. 11. 2002)

Determining hydraulic parameters of rocks by aquifer tests

To a proper choice of an interpretation procedure the aquifer test is classed according to the provided quality and assortment of information. The data of category I allow to determining the strictly defined hydraulic parameters such as transmissivity *(T)* or hydraulic conductivity *(k)* by unsteady state flow analysis (type curve method, straight-line plot). Attention is paid to propriety of input data considering deformations of the analysed relationships in real conditions. The input data are corrected with respect to wellbore storage effects, skin effect, flow turbulence and partial penetration effect. The data of category II are insufficient to the unsteady state flow analysis. They can be used to estimate hydraulic coefficients T and k by means of approximative logarithmic parameters derived from specific capacity q (transmissivity index Y and permeability index Z). Estimating the hydraulic coefficients from the specific capacity is based on an optimum estimate of the logarithmic conversion difference $d = \log T - \log q$. The difference d can be determined analytically or empirically for particular types of wells and environments. It is used to advantage also to diagnosing the representative straight-line section of a semilogarithmic graph at straight-line plot (in identifying the proper slope to calculate the actual transmissivity and hydraulic conductivity).

Key words: aquifer test, transmissivity, hydraulic conductivity, transmissivity index Y, permeability index Z

Úvod

Jedinou metódou stanovovania hydraulických parametrov hornín (geohydraulických parametrov) schopnou v praxi prinášať ich hodnoverné a reprezentatívne hodnoty je interpretácia údajov hydrodynamických skúšok vo vrtoch. V hydrogeologickej praxi z nich prichádzajú do úvahy predovšetkým *prítokové skúšky* (hydrodynamické skúšky, pri ktorých priteká podzemná tekutina do skúšobného objektu), a to *odberové* (*čerpacie* a *prelivové*) skúšky v kombinácii so *stúpacími* skúškami. Usporiadanie týchto skúšok musí rešpektovať špecifické požiadavky na stanovovanie hydraulických parametrov v konkrétnych podmienkach. Voľba optimálnej interpretácie údajov skúšok závisí od kvality údajov skúšky a sortimentu informácií, ktoré je daná skúška schopná poskytnúť.

Kategorizácia kvality údajov hydrodynamickej skúšky

Pri posudzovaní kvality a sortimentu informácie údajov hydrodynamickej skúšky vychádzame z kvalitatívnej kategorizácie údajov (Jetel, 1985a) s členením na tri základné kategórie. Sú to:

I – podklady najvyššej kvality obsahujúce všetky potrebné informácie v miere umožňujúcej priamo stanoviť hodnoty striktne hydraulicky definovaných koeficientov, spravidla s použitím princípov neustáleného prúdenia;

II – podklady nezodpovedajúce požiadavkám na I. kategóriu, ale umožňujúce výpočet alebo odhad aproximatívnych (porovnávacích) parametrov odvodených z mernej (špecifickej) výdatnosti a nepriamy odhad striktne hydraulicky definovaných koeficientov z charakteristík aproximatívnych (porovnávacích) parametrov;

III – podklady orientačne doplnkového charakteru neumožňujúce ani hodnoverný odhad aproximatívnych parametrov.

Kategória I zahŕňa údaje skúšok vykonávaných spravidla s konštantnou výdatnosťou a so záznamom časových zmien úrovne hladiny alebo tlaku vo vrte počas skúšky. Môžu sem patriť aj údaje skúšok, pri ktorých sa počas odberovej fázy zmeny hladiny či výdatnosti nesledovali, ale priebeh časových zmien výdatnosti počas odberovej fázy pri nich bolo možno aproximovať ako konštantnú výdatnosť odoberanú po určitý čas a na hodnotenie podľa princípov neustáleného prúdenia použiť údaje stúpacej skúšky. Napokon sú to aj odberové skúšky, pri ktorých pre blízkosť napájacej hranice nastalo skutočné ustálene prúdenie.

V kategórii I podľa sortimentu poskytnutej informácie rozlišujeme subkategórie, a to:

Ia – podklady umožňujúce popri stanovení vodivostných (odporových) striktne hydraulicky definovaných koeficientov (koeficient filtrácie k, koeficient priepustnosti K, koeficient prietočnosti T, koeficient absolútnej prietočnosti T_a) stanoviť aj kapacitné (koeficient zásobnosti S)

a kapacitno-odporové parametre (koeficient hydraulickej difuzivity D) a súčasne kvalitatívne aj kvantitatívne charakterizovať okrajové podmienky skúšky;

Ib – podklady odpovedajúce kategórii Ia okrem možnosti kvantitatívne charakterizovať okrajové podmienky a

Ic – podklady umožňujúce stanoviť iba vodivostné hydraulicky definované koeficienty, ale neposkytujúce možnosť určiť kapacitné a kapacitno-odporové parametre.

V kategórii II rozlišujeme nasledujúce subkategórie:

IIa – podklady umožňujúce hodnoverne stanoviť mernú výdatnosť pri malom znížení, blízkom zníženiu $s = 1$ m;

IIb – podklady umožňujúce priamo stanoviť mernú výdatnosť iba pri veľkom znížení s nevyhnutnosťou značne vzdialenej extrapolácie k hodnote štandardnej mernej výdatnosti, niekedy z hodnôt zníženia väčších ako polovica pôvodnej bazálnej tlakovej výšky, a

IIc – podklady nedovoľujúce priamo stanoviť mernú výdatnosť a umožňujúce iba jej veľmi nepresný odhad nahradením skutočnej mernej výdatnosti hodnotou okamžitého merného prítoku pri stúpacej skúške.

Pri projektovaní skúšok sa v zásade treba usilovať o usporiadanie skúšky poskytujúce údaje I. kategórie. S údajmi II. kategórie sa vyhodnocovateľ údajov skúšok stretáva predovšetkým pri hodnotení staršej archívnej dokumentácie vrtov, kde sám nemohol ovplyvniť kvalitu poskytovaných informácií. Pri silne deformovanom priebehu skúšky účinkom výrazných odchýlok podmienok skúšky od ideálneho modelu neustáleného radiálneho prúdenia (Theis, 1935), a to najmä pri nedostatočnej dĺžke trvania skúšky vo vzťahu k trvaniu prejavov počiatočných faktorov deformácie semilogaritmického grafu $s = f(\log t)$, klesajú na úroveň II. kategórie aj údaje skúšky projektovanej na získanie údajov I. kategórie.

Voľba vhodnej metódy pri určovaní geohydraulických parametrov interpretáciou údajov prítokových skúšok závisí hlavne od povahy dátových podkladov, ktoré sú k dispozícii. Pri údajoch *I. kategórie* sa využíva hodnotenie podľa princípov neustáleného prúdenia. Výsledkom by mali byť hodnoverné hodnoty vodivostných (odporových) parametrov – koeficientu prietočnosti (resp. koeficientu absolútnej prietočnosti) a koeficientu filtrácie (resp. koeficientu priepustnosti) a pri údajoch subkategórie Ia aj kapacitných (koeficient zásobnosti) a kapacitno-odporových (koeficient hydraulickej difuzivity) parametrov.

Kým prevažná väčšina metód hodnotenia prítokových skúšok pri neustálenom prúdení v zložitejších podmienkach bola odvodená pre údaje z pozorovacích vrtov, v praxi sa hydrogeológ musí spravidla uspokojiť s údajmi o hladine meranej iba v odberovom vrte bez možnosti využívať pozorovacie objekty. Na hodnotenie geohydraulických vlastností poskytujú väčšinu vstupných údajov práve skúšky v samostatných vrtoch bez pozorovacích objektov, lebo využívanie pozorovacích objektov v praxi limitujú náklady na ich realizáciu. Pozorovacie vrty sú spravidla k dispozícii nanajvýš v kvartérnych náplavoch a ich realizácia v predkvartérnych útvaroch a vo väčšej hĺbke je u nás celkom ojedinelá.

Údaje *II. kategórie* umožňujú iba menej presne a menej jednoznačne stanoviť geohydraulické parametre prostredníctvom aproximatívnych logaritmických parametrov, a to iba vodivostných (odporových) charakteristík. Stanoviť geohydraulické parametre prostredníctvom aproximatívnych logaritmických parametrov je nevyhnutné aj vtedy, keď sa pri spracúvaní údajov I. kategórie ukáže, že ich podľa princípov neustáleného prúdenia nemožno interpretovať jednoznačne alebo že trvanie skúšky nepostačuje na jednoznačné stanovenie hydraulických parametrov podľa týchto princípov.

Určovanie hydraulických parametrov hornín z údajov I. kategórie

Metóda typovej krivky a metóda priamkovej transformácie

Hodnotenie prítokových skúšok podľa princípov neustáleného prúdenia je základným postupom pri určovaní hydraulických parametrov hornín a nevyhnutným podkladom preň sú kvalitné údaje I. kategórie. Vodivostné (odporové) geohydraulické parametre sa v takom prípade stanovujú rozborom priebehu závislosti znižovania hladiny vo vrte s_v od času t vo vzťahu k odoberanej výdatnosti Q. Pritom sa používajú aplikácie metódy typových kriviek, ktorú odvodil Theis (1935), alebo – čo je zväčša výhodnejšie a jednoduchšie – metódy priamkovej transformácie, t. j. interpretácie priebehu grafu $s_v = f(\log t)$ na základe logaritmickej aproximácie Theisovej studňovej funkcie (Cooper a Jacob, 1946; Jacob, 1950).

Metódu typovej krivky opisujú bežné príručky a učebnice (u nás napr. Jetel, 1982; Mucha a Šestakov, 1987). Pri určitých schematizovaných druhoch podmienok odlišných od pôvodného Theisovho modelu sa používajú modifikované typové krivky. Výsledky tejto metódy sú často značne neurčité a nejednoznačné tam, kde súčasne pôsobí viac rozličných vplyvov deformujúcich priebeh ideálnej krivky, a preto v zložitejších podmienkach treba modelovať priebeh skúšky podľa konkrétnej kombinácie podmienok, teda pripraviť model *ad hoc*. V bežnej praxi pri rutinnom spracúvaní výsledkov hydrodynamických skúšok vo vrtoch je však oveľa jednoduchšie a vhodnejšie aplikovať metódy priamkovej transformácie.

Na rozdielnu informačnú hodnotu výsledkov bilogaritmickej metódy typovej krivky a semilogaritmickej metódy priamkovej transformácie upozornil Butler (1990). Vo zvodnencoch s neuniformným rozdelením prietočnosti tieto dve skupiny metód prisudzujú hydraulickým vlastnostiam rôznych častí zvodnenca odlišnú váhu. Výsledky metódy typovej krivky výrazne odrážajú vlastnosti blízkeho okolia vrtu, kým výsledky metódy priamky vo väčšej miere vlastnosti zvodnenca vnútri celého depresného kužeľa. Interpretácia výsledkov metódy typovej krivky je teda vhodná najmä pri prognóze zníženia v odberovom vrte a metóda priamky vhodnejšia na odhad využiteľnej výdatnosti vrtov. Pri spracúvaní údajov z pozorovacieho vrtu sa rozdiely vo výsledkoch získaných metódou typovej krivky a metódou priamky s rastúcou vzdialenosťou pozorovacieho vrtu od odberového zmenšujú.

Metóda priamkovej transformácie, využívajúca logaritmickú aproximáciu Theisovej studňovej funkcie (Cooper a Jacob, 1946; Jacob, 1950), sa podrobne opisuje v učebniciach a príručkách (pozri napr. Jetel, 1982; Mucha a Šestakov, 1987, a i.). Postup je všeobecne známy. Po vynesení grafu v súradniciach $x = \log t$, $y = s$ (resp. $x = \log t'$, kde t' = bezrozmerný čas) sa po diagnóze reprezentatívneho priamkového úseku (RPÚ) odrážajúceho vlastnosti zvodnenca v dosahu vyvolaného depresného kužeľa zvolia na tomto reprezentatívnom úseku dva body so súradnicou (s_1, $\log t_1$) a (s_2, $\log t_2$). Smernica RPÚ

$$i = (s_2 - s_1) / (\log t_2 - \log t_1),$$

sa dosadí do vzorca na výpočet koeficientu prietočnosti

$$T = 0{,}183\ Q/i\ .$$

Voľba nesprávneho priamkového úseku so smernicou s väčším sklonom i, ako je sklon RPÚ, evidentne vedie k podhodnoteniu koeficientu prietočnosti aj koeficientu filtrácie a naopak.

Metóda priamkovej transformácie je základnou a najjednoduchšou metódou stanovovania vodivostných hydraulických parametrov hornín z údajov I. kategórie, ale správnosť interpretácie je podmienená správnou diagnózou reprezentatívneho priamkového úseku. Tak ako pri metóde typovej krivky sa pri nej prejavujú odchýlky reálnych podmienok od ideálnych formou odchýlok skutočného priebehu grafu $s = f(\log t)$ od ideálnej priamky, odrážajúcej vlastnosti zvodnenca v dosahu depresného kužeľa. O faktoroch deformujúcich ideálnu priamku $s = f(\log t)$ podrobne informuje Jetel (1982). Pozícia prejavov deformačných efektov na časovej osi grafu je úmerná štvorcu vzdialenosti r, v ktorej sa nachádza zdroj deformácie. Efekty podmienené deformáciami prúdenia pri stene vrtu alebo vo vrte sa teda prejavujú pri malých hodnotách času t od začiatku skúšky, a preto deformujú počiatočné úseky grafu $s = f(\log t)$. Naproti tomu efekty okrajových podmienok (nepriepustná bočná hranica, napájacia hranica, pretekanie) sa prejavujú až pri veľkých hodnotách času t, a tak deformujú koncové úseky grafu.

V praxi sú veľmi časté prípady úplne nesprávnej voľby priamkového úseku na výpočet geohydraulických parametrov a jej dôsledkom až rádové chyby pri stanovovaní týchto parametrov. Veľa ráz sa pri skúškach skončených ešte v štádiu prejavov počiatočných deformácií, t. j. v čase, v ktorom sa ešte nevytvoril RPÚ, dosadzuje do výpočtu smernica priamkového úseku, ktorý môže byť vizuálne výrazný a presvedčivý, ale v skutočnosti je napr. prejavom silného skinového efektu, a tak jeho sklon nemá s hľadaným sklonom reprezentatívneho priamkového úseku (ďalej RPÚ) nič spoločné. Preto je vždy nevyhnutné presvedčiť sa o správnosti voľby priamkového úseku porovnaním *logaritmických prepočtových diferencií d* postupom, ktorý opisujeme ďalej. Orientačnou vizuálnou indikáciou priamkového úseku, ktorý je odrazom kladného skinového efektu, môže byť často skutočnosť, že po počiatočnom krátkom úseku s miernejším sklonom sa už pri veľmi malom čase sklon grafu zväčšuje a predpokladaný RPÚ je potom relatívne strmý. Miernejší sklon na začiatku grafu však nemusí byť zachytený vôbec, takže strmosť nepravého priamkového úseku nemusí byť potom zrejmá.

Korekcia efektov deformujúcich priebeh časových zmien znižovania v odberovom vrte

Pri interpretácii údajov z prítokových skúšok sú najvýznamnejšie efekty deformujúce začiatok grafu $s = f(\log t)$ – vplyv objemovej kapacity vrtu, skinový efekt a niekedy aj neúplnosť vrtu (Jetel, 1982, 1993).

Vplyv *objemovej kapacity vrtu* je mimoriadne závažný pri hodnotení údajov I. aj II. kategórie najmä pri krátkej skúške zvodnenca s nízkou prietočnosťou vo vrte s veľkým priemerom. V prvej fáze odberovej skúšky s postupným znižovaním hladiny totiž nie je zníženie hladiny vo vrte ako funkcia odoberanej výdatnosti odrazom prietočnosti zvodnenca, ale až do istého času ho určuje hlavne vyprázdňovanie vrtu – čiže znižovanie objemu vody vo vrte. Hladina vo vrte sa tak na začiatku odberovej skúšky znižuje pomalšie, ako by sa znižovala hladina vo vrte s ideálnym (nekonečne malým) polomerom v zmysle Theisovho modelu. Pri stúpacej skúške potom nastáva podobný jav – spomalený vzostup hladiny vo vrte v súvislosti s vypĺňaním objemu vrtu vodou zo zvodnenca.

Veľkosť odchýlky priebehu časových zmien znižovania vo vrte spôsobenej objemom vrtu pri čerpacej skúške vyjadruje pomer objemu vody V_V vyprázdnenej z vrtu medzi počiatočným a uvažovaným stavom hladiny k objemu vody V_Q odčerpanej od začiatku čerpania do uvažovaného času t, t. j.

$$\Pi = V_V / V_Q = Fs / Qt$$

(Čekaľuk, 1961), kde $F = \pi r_v^2$ = plocha prierezu pažníc s vnútorným polomerom r_v, s = celkové zníženie hladiny vo vrte za čas t od začiatku čerpania, Q = konštantná čerpaná výdatnosť (alebo priemerná výdatnosť od začiatku čerpania po čas t). Chybu vyjadrenú v percentách udáva hodnota 100 Π (pozri príklad in Jetel, 1982). Chyba Π klesá s časom t. Na 5 % klesne v čase $t_v = 20\ Fs/Q$. Čas, pri ktorom už možno vplyv objemu vrtu zanedbať, sa odhaduje podľa pomeru prierezu vrtu F a očakávaného koeficientu prietočnosti T. Papadopoulos a Cooper (1967) udávajú hodnotu $t_v = 80\ F/T$. Podľa nášho názoru je toto kritérium pre bežnú prax príliš striktné (znižuje chyby až na 1 %). Podľa našich výpočtov môžeme pre prax odporučiť $t_v = 10\ F/T$; chyba pri použití tohto kritéria klesá s rastúcou zásobnosťou S: pri $S = 10^{-6}$ (napätý zvodnenec s veľmi nízkou zásobnosťou) chyba klesá na 14 %, pri $S = 10^{-3}$ je 9 % a pri $S = 0{,}1$ (nenapätý zvodnenec) už iba okolo 5 %. Ak sa za s dosadí celkový vzostup hladiny vo vrte za čas t od začiatku stúpacej skúšky a za Q výdatnosť predchádzajúceho čerpania, možno kritérium Π použiť aj pri stúpacej skúške.

Vplyv objemovej kapacity vrtu možno korigovať aj posunutím časovej súradnice (Chapuis, 1992). Metóda v podstate vychádza z rovnakých predstáv, aké pri korekcii efektu objemovej kapacity vrtu využil už Trebin a Ščerbakov (1953), Gladfelter, Tracy a Wilsey (1955) alebo Čekaľuk (1961) (pri stúpacích skúškach sa tento efekt označuje aj ako efekt dodatočného prítoku). Podrobnú informáciu o interpretačných metódach stúpacích skúšok ovplyvnených objemovou kapacitou vrtu uvádza Jetel (1982).

Metóda hodnotenia čerpacích skúšok na elimináciu vplyvu objemovej kapacity vo vrte s veľkým priemerom, ktorú navrhol Papadopoulos a Cooper (1967), popri iných obmedzeniach predpokladá aj hydraulickú dokonalosť vrtu (nulový skinový efekt) a pri jej praktickom využívaní sa objavujú aj ďalšie ťažkosti (porov. Chapuis, 1992).

Jedným z najčastejších a najvýraznejších faktorov deformácie grafu s = f(log t) je prejav dodatočných odporov na stene vrtu a v prívrtovej zóne zmenenej priepustnosti – *skinový efekt* s. l. O jeho vzniku a kvantitatívnych charakteristikách podrobnejšie informujú napr. Jetel (1982) alebo Mucha a Šestakov (1987). Na grafe sa prejavuje výrazným zvýšením sklonu začiatočného úseku i_S oproti sklonu RPÚ i, odrážajúcemu prietočnosť zvodnenca mimo dosahu ovplyvňovania prívrtovej zóny. Pri krátkom trvaní skúšky vo vrte s vysokými dodatočnými odpormi môže úsek deformovaný skinovým efektom zahrnúť podstatnú časť zachyteného grafu alebo aj celý časový interval, v ktorom sa sledovala závislosť s = f(log t), čo potom znemožní stanoviť reprezentatívnu hodnotu geohydraulických parametrov metódou priamky alebo typovej krivky. Pri nesprávnej diagnóze RPÚ vedie mylné dosadenie sklonu i_S do výpočtov namiesto sklonu i k podhodnoteniu koeficientu prietočnosti a filtrácie niekedy až o niekoľko rádov. Diagnostickú orientáciu na vylúčenie omylov tohto druhu poskytuje postup, ktorý opisujeme ďalej.

Podobne ako kladný skinový efekt (t. j. zvýšením sklonu oproti reprezentatívnemu sklonu i) deformuje začiatok grafu aj *efekt neúplnosti vrtu* (neúplného otvorenia celej hrúbky zvodnenca). Ak je zvodnenec s hrúbkou M otvorený iba v úseku s dĺžkou L, je v ideálnom prípade smernica začiatočného úseku i_l, odrážajúceho neúplnosť, voči smernici i reprezentatívneho úseku v pomere

$$i_l / i = M / L,$$

takže smernica začiatočného úseku sa teoreticky rovná

$$i_l = 0{,}183\ Q / k_l L = 0{,}183\ QM / TL.$$

V reálnych podmienkach nie je koeficient filtrácie vo vertikálnom profile zvodnenca konštantný, a tak sa hodnota k_l z prvého úseku nemusí rovnať hodnote $k = T/M$ z reprezentatívneho úseku, odrážajúcej priemernú priepustnosť celej hrúbky zvodnenca. Pomer i_l/i sa potom od pomeru M/L odlišuje. Okrem toho začiatočný sklon takmer vždy ovplyvňujú aj ďalšie spomenuté faktory (objemová kapacita, skinový efekt), takže teoretická závislosť medzi smernicou i_l a i môže v praxi slúžiť najskôr iba na kvalitatívnu diagnózu efektu neúplnosti. Metodiku hodnotenia neúplných vrtov zhŕňa Mucha a Šestakov (1987) a príklady uvádza Jetel (1982). Metódy vychádzajúce z modelu neúplného vrtu treba v reálnych podmienkach používať *veľmi kriticky a s krajnou opatrnosťou,* lebo efekt neúplnosti sa pri praktickej aplikácii najčastejšie *preceňuje.* Pojem neúplnosti predpokladá homogénny a v rade riešení aj izotropný kolektor, no v reálnom kolektore – predstavovanom vrstvami s rôznou priepustnosťou – sa prejavuje *vrstevnatostná anizotropia,* ktorá v takomto prípade efekt neúplnosti výrazne spochybňuje. Podiel prítoku do *„neúplného"* vrtu z neotvorených partií súvrstvia po nehorizontálnych (nelaterálnych) prúdniciach tu totiž oproti teoretickému podielu takéhoto prítoku z homogénneho izotropného zvodnenca výrazne klesá a prevažná väčšina vody potom do vrtu priteká laterálne – z hornín priliehajúcich bočne k otvorenému úseku. Význam dĺžky otvoreného úseku L sa v takých podmienkach blíži významu hrúbky zvodnenca ($M \rightarrow L$) a prítokové podmienky odpovedajú skôr výpočtovej schéme s medzivrstvovým pretekaním, a preto pred rozhodnutím o prijatí výpočtovej schémy neúplného vrtu treba uvážiť, či v „neotvorenej" časti hrúbky zvodnenca nie je vrstva so zníženou priepustnosťou oprávňujúca nahradiť schému neúplného vrtu schémou úplného vrtu s pretekaním cez poloizolátor.

Stredné časti grafu s = f(log t) medzi začiatočnými a koncovými deformáciami môže deformovať efekt znižovania voľnej hladiny (*Boultonov efekt, efekt dvojakej zásobnosti;* pozri Mucha a Šestakov, 1987, a Nwankwor et al., 1992), *efekt kombinovanej priepustnosti, laterálne zmeny prietočnosti* zvodnenca, prejavy *medzivrstvového pretekania* alebo *kolísanie odoberanej výdatnosti.* Koncové úseky grafu potom môžu vykazovať deformácie spôsobené vplyvom okrajových podmienok – odrazom *bočných hraníc* zvodnenca (nepriepustné bočné ohraničenie, vplyv napájacej hranice) alebo *medzivrstvovým pretekaním.* Hodnotenie pri takýchto prejavoch opisuje Jetel (1982), Mucha a Šestakov (1987) a i.

Hodnotenie odberovej skúšky s konštantným znížením

Hodnotiť odberovú skúšku, pri ktorej sa namiesto konštantnej výdatnosti udržiavalo konštantné zníženie hladiny alebo tlaku, je nevyhnutné predovšetkým pri prelivových skúškach, kde je udržiavanie konštantného zníženia škrtením prelivu technicky jednoduchšie ako udržiavanie konštantnej výdatnosti. V rovnici neustáleného radiálneho prítoku pri konštantnom znížení (Jacob a Lohman, 1952), ktorú uvádzajú bežné príručky, vystupuje hydraulicky efektívny (ekvivalentný) polomer hydrodynamicky dokonalého vrtu r_{ev}, ale ten nie je pri odberovej skúške bez aspoň dvoch pozorovacích objektov známy ani približne, a tak je tu metóda typovej krivky prakticky nepoužiteľná (porov. Mucha a Šestakov, 1987). Metódu priamkovej transformácie by bolo možno použiť, keby bolo známe teoretické zníženie s_o neovplyvnené dodatočnými odpormi na stene vrtu. Tieto odpory sa prejavujú dodatočným znížením s_d, takže $s_o = s_v - s_d$ (s_v = zníženie merané v reálnom vrte, s_o = teoretické zníženie v hydrodynamicky dokonalom vrte bez dodatočných odporov). Graf v súradniciach x = log t, $y = 1/Q$ po dostatočnom čase vytvorí priamku so smernicou

$$i_Q = (\Delta\ 1/Q) / (\Delta \log t),$$

z ktorej by sa dal vypočítať koeficient prietočnosti ako

$$T = 0{,}183 / i_Q\ s_o.$$

Keďže teoretické zníženie s_o (resp. dodatočné zníženie s_d na určenie s_o) nie je známe, možno túto rovnicu použiť iba na semikvantitatívny odhad T pri dosadzovaní možných (predpokladaných) hodnôt s_o odvodených z nameraného zníženia s_v. Odberová skúška, pri ktorej sa namiesto konštantnej výdatnosti udržiava konštantná úroveň hladiny (tlaku) a merajú sa časové zmeny výdatnosti, je tak na

stanovovanie hydraulických parametrov podľa princípov neustáleného prúdenia zásadne nevhodná a dovoľuje iba približný odhad podľa mernej výdatnosti s použitím aproximatívnych logaritmických parametrov, t. j. postupom použiteľným pri údajoch II. kategórie. Ak sa na konci skúšky dosiahol ustálený stav výdatnosti aj zníženia, možno na stanovenie koeficientov prietočnosti a filtrácie použiť interpretáciu údajov nasledujúcej stúpacej skúšky. Ak sa ustálený stav nedosiahol, bude interpretácia stúpacej skúšky menej presná.

Určovanie hydraulických parametrov hornín pri stupňovitej odberovej skúške

Popri odberových skúškach s konštantnou výdatnosťou sa v hydrogeologických vrtoch robia aj stupňovité odberové skúšky s postupnými stupňovitými zmenami výdatnosti s cieľom získať predovšetkým informácie o hydraulických charakteristikách odberného objektu. Hydraulické parametre zvodnenca sa z údajov týchto skúšok získavajú tak, že sa metódou priamky zhodnotia napr. časové zmeny znižovania počas prvého stupňa skúšky (za predpokladu čerpania určitej konštantnej výdatnosti pre tento stupeň a dostatočne dlhého trvania tohto stupňa), alebo tak, že sa po korekcii na nekonštantnú výdatnosť (Horner, 1951) zhodnotí stúpacia skúška vykonaná po skončení posledného stupňa odberovej skúšky. Určovanie geohydraulických parametrov s využitím údajov o vzťahu výdatnosti a zníženia z celého priebehu stupňovitej skúšky opisuje napr. Birsoy a Summers (1980), Gupta (1989) a Avci (1992), ale vychádzajú zo stotožnenia lineárnych strát vyjadrených prvým členom Jacobovej dvojčlennej kvadratickej rovnice (Jacob, 1946) so stratami charakterizujúcimi iba vlastnosti zvodnenca. Ako upozornil Sheahan (1971) a ďalej aj Mucha a Šestakov (1987), prvý (lineárny) člen Jacobovej dvojčlennej rovnice v skutočnosti predstavuje súčet lineárnych strát pri prúdení v zvodnenci, ktoré možno označiť ako *zvodnencové straty* (Mucha a Šestakov, 1987; „hydrogeologické straty"), a dodatočných lineárnych strát daných dodatočnými lineárnymi odpormi (porov. Jetel, 1982, 1985a) reálneho vrtu (Mucha a Šestakov, 1987; *lineárne studňové straty*). Bez poznania lineárnych strát nemožno z prvého člena separovať hodnotu zvodnencových strát a z hodnotenia stupňovitej skúšky podľa dvojčlennej rovnice vychádza iba sumárna hodnota lineárnych strát. Uvedení autori metód na výpočet geohydraulických parametrov z dvojčlennej rovnice v skutočnosti predpokladajú nulovú hodnotu lineárnych studňových strát, čo je v rozpore so skutočnými podmienkami odberových skúšok v reálnych vrtoch.

Hodnotenie stúpacej skúšky

Teória interpretácie údajov stúpacej skúšky po zastavení odberu z vrtu vychádza z predpokladu odberu konštantnej výdatnosti Q počas t_p pred zastavením odberu. Postup hodnotenia závisí od toho, či priebeh časových zmien hladiny počas predchádzajúcej odberovej skúšky odpovedal až do zastavenia odberu Cooperovej a Jacobovej logaritmickej aproximácii Theisovej rovnice (prípad *a*), alebo či sa už pred zastavením odberu ustálila výdatnosť aj zníženie (prípad *b*), prípadne priebeh časových zmien znižovania ovplyvnil niektorý z faktorov deformujúcich reprezentatívny priamkový priebeh grafu $s = f(\log t)$, predovšetkým efekt pretekania alebo bočnej hranice (prípad *c*).

V prípade (*a*) sa pri hodnotení využíva princíp superpozície dvoch neustálených procesov (pozri Jetel, 1982; Mucha a Šestakov, 1987, a i.). Na vertikálnej osi sa vynáša hĺbka hladiny alebo jestvujúce momentálne zvyškové zníženie (smerom nadol), resp. prírastok hladiny h od začiatku stúpacej skúšky (smerom nahor), na horizontálnej hodnoty logaritmu *bezrozmerného času* $t' = t/(t + t_p)$ (t_p = trvanie odberovej skúšky s odberom konštantnej výdatnosti Q do momentu začiatku stúpacej skúšky, t = čas od začiatku stúpacej skúšky). V ideálnom prípade graf $h = f(\log t')$ po istom čase vytvorí reprezentatívny priamkový úsek so smernicou $i = (h_2 - h_1)/(\log t'_2 - \log t'_1)$ a tá sa dosadí do základného vzorca na výpočet koeficientu prietočnosti T a z neho odvodeného koeficientu filtrácie k. Na grafoch $h = f(\log t')$ sa prejavujú rovnaké deformujúce efekty, aké sme opísali pri odberovej skúške. Obdobná je aj kvalitatívna interpretácia grafu (diagnóza deformačných vplyvov a RPÚ). Pri voľnej hladine s prejavom Boultonovho efektu možno údaje kvantitatívne interpretovať iba vtedy, ak sa na grafe predchádzajúcej odberovej skúšky vytvoril výrazný tretí úsek so sklonom i_3 (pozri Jetel, 1982). Potom sa opäť hodnotí iba sklon tretieho úseku grafu stúpacej skúšky. Pri nízkej prietočnosti je hodnotenie stúpacej skúšky pri voľnej hladine spravidla problematické. Ako ukazuje Borevskij et al. (1979), Boultonov efekt nemusí stúpaciu krivku deformovať často ani tam, kde ho výrazne preukázal graf odberovej skúšky.

V prípade (*b*), keď už v poslednej fáze odberovej skúšky hladina neklesá podľa Theisovej alebo Cooperovej a Jacobovej rovnice a ustáli sa, graf s bezrozmerným časom sa nedá použiť. Graf stúpacej skúšky potom vynášame rovnako ako graf odberovej skúšky – hladinu na osi y proti logaritmu času t od začiatku stúpacej skúšky na osi x a do výpočtu T dosadíme smernicu i.

Niekedy sa na zjednodušenie vynáša graf $h = f(\log t)$ bez transformácie času na bezrozmerný čas t' aj v prípadoch, keď pred stúpacou skúškou nenastal ustálený stav. Od času $t \geq t_p$ sa však v takom prípade graf $h = f(\log t)$ začína stále viac deformovať účinkom neustálenosti predchádzajúceho odberu. Chyba prejavujúca sa nadhodnotením koeficientu T (zmenšenie sklonu grafu oproti reprezentatívnemu sklonu) rastie s pomerom časov t/t_p. Borevskij et al. (1979) uvádzajú, že nadhodnotenie koeficientu T pri výpočte z grafu $h = f(\log t)$ ovplyvneného predchádzajúcim neustáleným odberom odpovedá pri pomere $t/t_p = 2{,}5$ chybe 45 % !

V prípade *(c)* je hodnotenie stúpacej skúšky problematické a nejednoznačné, lebo jej priebeh ovplyvnila superpozícia predchádzajúcich deformácií odberovej krivky. Na orientačné stanovenie prietočnosti sa v takom prípade používa smernica pravdepodobného reprezentatívneho úseku identifikovaného s prihliadnutím na uvedené zákonitosti deformácie časových zmien znižovania s tým, že sa vý-

sledky porovnajú s výsledkami odhadu podľa mernej výdatnosti. Ak sa na konci odberovej skúšky výrazne prejaví efekt pretekania, je deformovaný aj priebeh stúpacej skúšky (zrýchlenie vzostupu hladiny má za následok zväčšenie smernice, t. j. podhodnotenie hodnoty T a k). Ak sa pri opakovaných stúpacích skúškach prejavuje systematické podhodnotenie prietočnosti oproti hodnotám vychádzajúcim z odberovej skúšky, možno predpokladať ovplyvnenie efektom pretekania. Rovnako (zväčšením sklonu priamky a podhodnotením T a k) sa prejavuje aj efekt bočnej napájacej hranice, kým nepriepustná hranica ovplyvňuje stúpaciu krivku v opačnom zmysle.

Pri hodnotení stúpacej skúšky po odberovej skúške s nekonštantnou výdatnosťou či so stupňovitými zmenami výdatnosti sa do rovnice $T = f(Q, \log t)$ dosadzuje výdatnosť odoberaná v poslednej fáze odberovej skúšky pred jej zastavením, ale nekonštantnosť výdatnosti treba premietnuť do korekcie časových hodnôt. Najjednoduchším, ale iba približným postupom je nahradenie času t_p vo výpočte bezrozmerného času t' opraveným časom $t_{pc} = V/Q_n$ (Horner, 1951), kde V = celkový objem vody odobraný počas celej odberovej skúšky pred stúpacou skúškou a Q_n = výdatnosť odoberaná v poslednej fáze odberovej skúšky bezprostredne pred začiatkom stúpacej skúšky. Ak mala odberová skúška charakter série jednorazových odberov, ako napr. pri svabovaní, treba aj výdatnosť Q_n počítať ako podiel $Q_n = V_n/t_n$, kde V_n je objem vody vyťažený počas posledného intervalu t_n pred ukončením odberovej skúšky.

Po stupňovitej odberovej skúške, pri ktorej sa počas t_{p1}, t_{p2}, ... t_{pn} postupne odoberala rozdielna výdatnosť Q_1, Q_2, ... Q_n, sa opravený čas počíta (Horner, 1951) ako

$$t_{pc} = t_{p1} \cdot Q_1/Q_n + t_{p2} \cdot Q_2/Q_n + \ldots + t_{pn},$$

t. j. $$t_{pc} = \sum t_{pi} \cdot Q_i/Q_n .$$

Do výpočtu bezrozmerného času sa potom za čas t_p dosadí opravený čas t_{pc}. Uvedené opravy bezrozmerného času sú iba približné. Podrobnejší prehľad presnejších korekcií vplyvov nekonštantnosti odberu pred stúpacou skúškou podáva Jetel (1982, s. 173–176).

Pri stúpacej skúške po prelivovej skúške sa zhodnotí graf $h = f(\log t')$. Do výpočtu sa dosadzuje konečná výdatnosť prelivu Q_n pred uzavretím vrtu, pritom však vznikajú chyby, ktoré rastú s klesajúcim pomerom konečnej a začiatočnej výdatnosti prelivu Q_n/Q_o (Q_o = výdatnosť na začiatku prelivovej skúšky). Pri $Q_n/Q_o > 0{,}8$ sú chyby dané zmenami výdatnosti prelivu zanedbateľné. Pri poloprevádzkových prelivových skúškach (1–2 mesiace) sú v medziach tolerancie aj chyby vznikajúce pri $Q_n/Q_o = 0{,}6$–$0{,}8$, ale pri $Q_n/Q_o < 0{,}6$ sú už podstatné a vedú k podhodnoteniu koeficientov T a k.

Určovanie hydraulických parametrov hornín podľa mernej výdatnosti vrtov

Aproximatívne (porovnávacie) logaritmické parametre

Pri hodnotení odberovej skúšky, ktorá poskytla iba údaje II. kategórie, sa odhady striktne hydraulicky definovaných parametrov hornín (koeficientu filtrácie a prietočnosti) odvodzujú prostredníctvom *aproximatívnych (porovnávacích) logaritmických parametrov – indexu priepustnosti Z* a *indexu prietočnosti Y,* odvodených z mernej (špecifickej) výdatnosti (Jetel, 1964, 1968; Jetel a Krásný, 1968; Jetel, 1974). Postup ich odvodzovania spolu s odhadom príslušných hodnôt hydraulických parametrov hornín podrobne opisuje metodická príručka o regionálnom hodnotení hydraulických vlastností hornín (Jetel, 1985a). Novšie skúsenosti s týmito metódami spolu s niektorými metodickými inováciami uvádza Jetel (1995, 1998) a Jetel a Vranovská (1997).

Počet vrtov s údajmi II. kategórie, kde možno stanoviť mernú výdatnosť z archívnej dokumentácie, je v skúmanom území spravidla podstatne väčší ako počet vrtov s údajmi I. kategórie, a tak je merná výdatnosť východiskom na získanie dostatočne rozsiahlych a podrobných informácií na regionálne hodnotenie priepustnosti a prietočnosti. Aproximatívne parametre odvodené z mernej výdatnosti tak umožňujú výrazne rozšíriť aj dátovú bázu použiteľnú na zhodnotenie priepustnosti a prietočnosti pri stanovovaní využiteľného množstva podzemnej vody v skúmanom území.

Vstupným údajom na odvodenie aproximatívnych logaritmických parametrov priepustnosti a prietočnosti je *merná výdatnosť q*, definovaná ako podiel odoberanej výdatnosti Q a príslušného zníženia hladiny s, t. j. ako $q = Q/s$. Vzhľadom na všeobecne nelineárnu závislosť výdatnosti od zníženia sa pri odvodzovaní aproximatívnych parametrov za mernú výdatnosť q do výpočtových vzorcov dosadzuje merná výdatnosť pri znížení $s = 1$ m, označovaná ako *štandardná merná výdatnosť* (Jetel, 1995a).

Ak sú pri čerpaní zo zvodne s voľnou hladinou k dispozícii iba údaje o výdatnosti pri znížení $s_n > 1$ m, odvodí sa teoretická (extrapolovaná) štandardná merná výdatnosť q_1 ako

$$q_1 = q_n \cdot (2M - 1)/(2M - s_n) ,$$

kde M = pôvodná (čerpaním neznížená) hrúbka nenapätého zvodnenca, s_n = zníženie voľnej hladiny vo vrte, $q_n = Q/s_n$, t. j. merná výdatnosť pri $s = s_n \neq 1$ m. Pri znížení voľnej hladiny $s > M/10$ treba namerané zníženie korigovať pomocou Jacobovej transformácie (Jacob, 1944)

$$s_c = s_v - s_v^2/2M$$

(s_v = zníženie voľnej hladiny merané vo vrte) a do výpočtov namiesto zníženia s_v dosadzovať opravené zníženie s_c. Ak je hrúbka nenapätého zvodnenca M menšia ako 10 m, treba v zmysle podmienky $s > M/10$ aj pri extrapolovanom znížení $s = 1$ m uplatniť uvedenú Jacobovu korekciu, takže sa do výpočtu aproximatívnych parametrov Z a Y použije opravená štandardná merná výdatnosť, ktorá sa po porovnaní a spojení dvoch predchádzajúcich rovníc vyjadrí vzťahom

$$q_{1c} = q_n \cdot 2M/(2M - s_n).$$

Pri napätej hladine je závislosť výdatnosti Q od zníženia teoreticky lineárna, ale v praxi to platí iba po istú pomerne malú hodnotu zníženia, kým pri väčšom znížení sa aj v napätom zvodnenci mení závislosť $Q = f(s)$ na nelineárnu. Ak je dostatok bodov na konštrukciu čiary $Q = f(s)$, pri absencii priamych údajov o výdatnosti pri znížení $s = 1$ m sa štandardná merná výdatnosť stanoví

grafickou extrapoláciou do hodnoty s = 1 m. Ak taká extrapolácia nie je možná, na odhad štandardnej mernej výdatnosti sa použije parabolická aproximácia čiary $Q = f(s)$ vo forme analogickej vzťahu pre voľnú hladinu, t. j. ako

$$q_l = q_n \,.\, (2H - 1)/(2H - s_n),$$

kde H = bazálna tlaková výška (prevýšenie statickej hladiny nad bázou zvodnenca) alebo v prípade neúplného vrtu prevýšenie statickej hladiny nad spodným okrajom skúšaného otvoreného úseku vo vrte (Jetel, 1993). Symboly q_n a s_n majú rovnaký význam ako v uvedenej rovnici na extrapoláciu k hodnote q_l pri voľnej hladine.

Do uvedených rovníc sa dosadzuje výdatnosť Q v $m^3.s^{-1}$ a zníženie s v metroch, takže merná výdatnosť je potom vyjadrená v $m^2.s^{-1}$. V praxi sa často pracuje s výdatnosťou Q vyjadrenou v $l.s^{-1}$. Ak sa počíta merná výdatnosť s dosadením Q v $l.s^{-1}$, bude vyjadrená v $l.s^{-1}.m^{-1}$. Na jej odlíšenie sa v takom prípade použije symbol $q°$.

Stanovovanie aproximatívnych logaritmických parametrov

Aproximatívnym logaritmickým parametrom priepustnosti odvodeným z mernej výdatnosti je *index priepustnosti Z* (Jetel, 1964, 1968, 1974), definovaný vzťahom

$$Z = \log (10^9\, q/M) = 9 + \log (q/M),$$

resp. $$Z = \log (10^6\, q°/M) = 6 + \log (q°/M),$$

kde $q = q_l$ = štandardná merná výdatnosť v $m^2.s^{-1}$, $q° = q°_l$ = štandardná merná výdatnosť v $l.s^{-1}.m^{-1}$ a M = hrúbka zvodnenca v metroch (symbol log označuje dekadický logaritmus).

Tam, kde je určenie hrúbky zvodnenca M neurčité alebo nemožné – napr. v rozpukanom horninovom masíve bez zreteľného rozlíšenia hydrogeologických kolektorov a izolátorov alebo pri neúplnom vrte – sa namiesto indexu priepustnosti Z z uvedených vzorcov použije *náhradná hodnota indexu priepustnosti otvoreného úseku* Z_L, definovaného vzťahom

$$Z_L = \log (10^9\, q/L) = \log (10^6\, q°/L),$$

kde L = dĺžka skúšaného otvoreného úseku v zvodnenom kolektore (resp. v skúmanom horninovom prostredí) pod úrovňou statickej hladiny.

Pri *neúplnom vrte* je hrúbka zvodnenca M väčšia ako aktívna dĺžka otvoreného úseku L, takže Z_L je väčšie ako hodnota Z, ktorá by sa vyrátala pri skúške z úplne otvorenej hrúbky M. Teoretickú hodnotu indexu Z pri úplnom otvorení hrúbky M označme symbolom Z_M a skutočnú mernú výdatnosť pri dĺžke otvoreného úseku L symbolom q_L. Symbolom q_M potom označíme teoretickú mernú výdatnosť úplného vrtu, takže $Z_M = \log (10^9\, q_M/M)$ a $Z_L = \log (10^9\, q_L/L)$. Ak poznáme skutočnú hrúbku M napr. z iného blízkeho vrtu (hydrogeologicky nevyskúšaného predvrtu, z geofyzikálneho merania a pod.), možno na odhad skutočného $Z = Z_M$ využiť to, že hľadaná hodnota Z_M leží vnútri intervalu $Z(q_L, M) < Z_M < Z_L$, kde $Z(q_L, M) = \log (10^9\, q_L/M)$. Symbol $Z(q_L, M)$ označuje fiktívnu hodnotu indexu Z, ktorá by vyšla priradením skutočnej (nameranej) mernej výdatnosti neúplného vrtu q_L k úplnej hrúbke zvodnenca M. Hľadanú neznámu hodnotu Z_M by v prípade známej hodnoty q_L, L a M bolo možno v prvom priblížení aproximovať aritmetickým priemerom

$$Z_M \cong [Z_L + Z(q_L, M)]/2.$$

Pri väčšom pomere M/L však tento vzorec vplyv prítokov z neotvorenej časti zvodnenca nadhodnocuje. Vhodnejším priblížením je tu vážený priemer (Jetel, 1993)

$$Z_M = [2\, Z_L + Z(q_L, M)]/3.$$

Pre veľmi vysoký pomer hrúbky k dĺžke otvoreného úseku (pre $M/L > 3$) odporúčame použiť jeden z dvoch nasledujúcich variantov vzorcov (Jetel, 1993). Ak sa očakáva *veľmi dobrá pozapažnicová komunikácia,* a teda ešte stále nezanedbateľný prítok zo vzdialenejších častí neotvoreného úseku, odporúčame zvýšiť váhu hodnoty Z_L úpravou vzorca do tvaru

$$Z_M \cong [3\, Z_L + Z(q_L, M)]/4.$$

Ak konštrukcia vrtu alebo očakávaná vrstevnatostná anizotropia indikuje *zanedbateľnosť prítoku* zo vzdialenejších neotvorených častí zvodnenca mimo hĺbkového úseku s prijatou maximálnou „efektívnou prítokovou dĺžkou" $3L$, potom vzorec na odhad hľadanej hodnoty $Z = Z_M$ nadobúda tvar

$$Z_M \cong (4\, Z_L - 0{,}48)/4,$$

do ktorého už stačí iba dosadiť Z_L. Odvodzovanie uvedených vzorcov opisuje Jetel (1993).

Presnejší postup na vyčíslenie hodnoty $Z = Z_M$ z nameranej hodnoty Z_L resp. q_L možno odvodiť aplikáciou vzorca, ktorý na určenie pomeru q_M/q_L odvodil Turcan (1963). Postup podrobnejšie opísal Jetel (1985a, 1993) a zložitejší postup korekcie výdatnosti na neúplnosť vrtu Bradbury a Rothschild (1985). Pre už spomenutý efekt neúplnosti vrtu v reálnom horninovom prostredí nepokladáme korekciu vplyvu neúplnosti vrtu presnejšími metódami najmä pri aplikáciách aproximatívnych parametrov za nevyhnutnú. Vo väčšine prípadov stačí pri určovaní aproximatívnych parametrov použiť iba už opísané jednoduché postupy na odhad indexu $Z = Z_M$.

Obdobne ako index priepustnosti Z je z mernej výdatnosti odvodený aj aproximatívny parameter prietočnosti – *index prietočnosti Y* (Jetel a Krásný, 1968; Jetel, 1974). Predstavuje jednoduchú logaritmickú transformáciu mernej výdatnosti

$$Y = \log (10^9\, q) = \log q + 9,$$

resp. $$Y = \log (10^6\, q°) = \log q° + 6,$$

kde q = štandardná merná výdatnosť v $m^2.s^{-1}$, $q°$ = štandardná merná výdatnosť v $l.s^{-1}.m^{-1}$. Z porovnania definície indexu Z a indexu Y vyplýva vzťah $Z = Y - \log M$ (hrúbka M v metroch), ale platný je iba pri úplných vrtoch a použiteľný za vhodných podmienok na stanovenie hodnôt Z. Pri neúplnom vrte je hodnota indexu Y ukazovateľom určitej efektívnej prietočnosti uplatňujúcej sa pri danom stupni otvorenia hrúbky zvodnenca a neodpovedá prietočnosti celého zvodnenca pri úplnom otvorení hrúbky. Teoretickú hodnotu indexu Y pri otvorení celej zvodnenej hrúbky označme symbolom Y_M. Za predpokladu zhruba konštantnej priepustnosti v celej hrúbke M odhadneme reprezentatívnu hodnotu Y_M z prijatej hodnoty $Z = Z_M$ ako $Y_M = Z_M + \log M$.

Na uľahčenie praktického používania aproximatívnych logaritmických parametrov sme (Jetel, 1985a, b) ako pomocné parametre zaviedli *logaritmické transformácie*

striktne hydraulicky definovaných koeficientov – koeficientu filtrácie k a koeficientu prietočnosti T

$$Z_k = \log k + 9 \qquad Y_T = \log T + 9$$

(k v m.s^{-1}, T v m^2.s^{-1}). Tieto transformácie umiestňujú striktne hydraulické parametre k a T na spoločnú stupnicu s aproximatívnymi parametrami Z a Y, a tak dovoľujú ich priame porovnávanie. Obdobný zmysel v opačnom smere majú potom *antilogaritmické transformácie*

$$k_Z = \text{antilog}\,(Z - 9) = 10^{(Z-9)} \qquad T_Y = \text{antilog}\,(Y - 9) = 10^{(Y-9)}$$

Odhad koeficientov filtrácie a prietočnosti s použitím logaritmickej prepočtovej diferencie

Pri výpočte koeficientu prietočnosti z výsledkov hydrodynamických skúšok sa využíva lineárna funkčná závislosť medzi koeficientom prietočnosti T a mernou výdatnosťou q. Na praktickú aplikáciu je vhodné tento vzťah kvantitatívne charakterizovať vo forme *logaritmickej prepočtovej diferencie* (Jetel, 1985a, b), definovanej vzťahom

$$d = \log T - \log q \,.$$

Z porovnania rovníc definujúcich aproximatívne parametre Z a Y a z vyjadrenia logaritmickej prepočtovej diferencie vyplýva tvar *základných rovníc na prepočet hodnôt aproximatívnych parametrov na hodnoty koeficientu filtrácie k a koeficientu prietočnosti T:*

$$T = \text{antilog}\,(Y + d - 9) = 10^{(Y+d-9)}$$
$$k = \text{antilog}\,(Z + d - 9) = 10^{(Z+d-9)}$$

(T je vyjadrené v m^2.s^{-1}, k v m.s^{-1}). Logickým výsledkom kombinácie definície indexu Y a rovnice na prepočet indexu Y na príslušnú hodnotu koeficientu T je so zreteľom na definíciu transformácie Y_T vyjadrenie logaritmickej prepočtovej diferencie d ako rozdielu

$$d = Y_T - Y \,.$$

Zavedením logaritmickej prepočtovej diferencie sa odhad geohydraulických koeficientov z mernej výdatnosti zjednodušil na optimálny odhad aditívnej veličiny d.

Základnou zložkou celkovej hodnoty logaritmickej prepočtovej diferencie d je prepočtová diferencia vyjadrujúca rozdiel medzi log T a log q pri daných výpočtových podmienkach za predpokladu *hydrodynamicky dokonalého vrtu,* t. j. vrtu bez dodatočných hydraulických odporov pri prúdení do vrtu a vrtom k ústiu. Túto zložku celkovej prepočtovej diferencie, t. j. ideálnu hodnotu prepočtovej diferencie d pre hydrodynamicky dokonalý vrt, označujeme ako základnú (primárnu) prepočtovú diferenciu d_o.

Pri *neustálenom prúdení* vyhovujúcom podmienkam platnosti Cooperovej a Jacobovej logaritmickej aproximácie Theisovej studňovej funkcie vyjadruje hodnotu základnej prepočtovej diferencie rovnica (Jetel, 1985a)

$$d_o = \log [0{,}183 \log (2{,}25\, Dt/r_v^2)],$$

($D = T/S$ = koeficient hydraulickej difuzivity v m^2.s^{-1}, T = koeficient prietočnosti v m^2.s^{-1}, S = koeficient zásobnosti, t = čas od začiatku odberovej skúšky určujúci momentálnu veľkosť výpočtového dosahu depresie, r_v = skutočný vnútorný polomer vrtu v otvorenom úseku). Hydraulická difuzivita D sa odhaduje z predbežne stanoveného odhadu koeficientu prietočnosti T a možného rozpätia hodnôt zásobnosti S (pozri napr. Jetel, 1982, 1985a, b, 1993, 1995). Ako predbežný odhad koeficientu prietočnosti pritom možno použiť napr. hodnotu T_Y, odvodenú z nameranej hodnoty Y. Pri napätej hladine odhadneme koeficient zásobnosti S z odhadu mernej pružnej zásobnosti S_{sp} ako $S = S_{sp} \,.\, M$. Na odhady S_{sp} použijeme tabuľky Mironenka a Šestakova (1978) prevzaté aj do iných prác (napr. Jetel, 1995). Odhady S_{sp} uvádza aj Mucha a Šestakov (1987), ale podľa našich skúseností sú reálnejšie hodnoty Mironenka a Šestakova (l. c.). V prípade voľnej hladiny možno odhadnúť koeficient zásobnosti voľnej hladiny S_v hodnotou S_v = 0,24 pri štrku a hrubozrnnom piesku, 0,22 pri strednozrnnom piesku, 0,19 pri jemnom piesku, 0,15 pri prachovitom piesku a 0,05–0,15 pri hlinitom piesku (Mucha a Šestakov, 1987). Pre pripovrchovú zónu rozpukaných pevných hornín odporúčame dosadzovať S_v v rozpätí 0,02–0,05.

Uvedená rovnica na stanovenie základnej prepočtovej diferencie d_o platí iba pri čase t menšom, ako je čas t_r, pri ktorom sa začne prejavovať efekt bočnej hranice zvodne alebo sa z iných dôvodov zastaví lineárny rast dosahu depresie s logaritmom času (prestane platiť Cooperova a Jacobova rovnica). Pri väčšom čase ako t_r aproximujeme d_o rovnicou

$$d_o = \log [\log (r_d/r_v)] - 0{,}436$$

(r_d = výpočtový dosah depresie, r_v = skutočný vnútorný polomer vrtu v otvorenom úseku), ktorá platí všeobecne pre podmienky platnosti Dupuitovej a Thiemovej rovnice *ustáleného prúdenia* do hydrodynamicky dokonalého vrtu. Tam, kde depresia zasiahla bočnú napájaciu hranicu a ustálila sa hladina i výdatnosť, určíme hodnotu r_d ako $r_d = 2\, x_b$, kde x_b = vzdialenosť vrtu od bočnej napájacej hranice. Odhad hodnoty d_o, ak je známy alebo odhadnutý koeficient hydraulickej difuzivity, uľahčujú tabuľky, ktoré uvádza Jetel (1985a, b).

V reálnych podmienkach nemožno hydrodynamickú dokonalosť vrtu predpokladať ani približne. *Celkovú prepočtovú diferenciu d* v základných prepočtových a definičných rovniciach treba chápať ako algebraický súčet základnej diferencie d_o a dodatočnej diferencie d_d, t. j. $d = d_o + d_d$. *Dodatočná prepočtová diferencia* d_d vyjadruje odchýlku skutočných podmienok skúšky od podmienok hydrodynamicky dokonalého vrtu. Zahŕňa v sebe sumu diferencií daných dodatočnými hydraulickými odpormi rôzneho druhu vznikajúcimi pri odbere z vrtu v prívrtovej zóne a vnútri vrtu. Možno ju teoreticky rozčleniť na *čiastkové dodatočné diferencie.* Niektoré z nich sa dajú odhadnúť, iné stanoviť analyticky. Dodatočnú diferenciu tak možno pokladať za algebraický súčet čiastkových dodatočných diferencií

$$d = d_S + d_L + d_C + d_X \,,$$

kde d_S = skinová diferencia, d_L = neúplnostná diferencia, d_C = kvadraticky turbulenčná diferencia, d_X = suma ostatných diferencií bližšie neidentifikovaných. Bližšiu kvalitatívnu i kvantitatívnu charakteristiku čiastkových diferencií podáva Jetel (1985a).

Skinová diferencia d_S charakterizuje dodatočné lineárne odpory odpovedajúce skinovému efektu s. l. (porov. Van Everdingen, 1953 a i.), t. j. odpory vznikajúce kolmatáciou alebo narušením pôvodnej štruktúry kolektora v tesnom okolí vrtu a na stene vrtu pri jeho hĺbení a zabudúvaní – najmä účinkom výplachu a cementácie, ako aj odpory vznikajúce zmenšením aktívnej vstupnej plochy na

stene vrtu pri prekrytí steny vrtu v skúšanom úseku perforovanou pažnicou alebo filtrom. Jej hodnotu nemožno v praxi analyticky stanoviť bez pozorovacích vrtov, a preto sa pri používaní aproximatívnych parametrov treba uspokojiť iba s jej odhadom vychádzajúcim z odpočítania odhadov ostatných čiastkových diferencií od zistenej celkovej diferencie alebo z analógie.

Efekt neúplnosti vrtu odráža *neúplnostná diferencia* d_L, ktorú možno vyjadriť ako $d_L = \log (q_M/q_L)$. Návod na analytické stanovenie spolu s príslušnými tabuľkami a nomogramami uvádza Jetel (1985a, b). Zahrnutie odhadu d_L do sumy čiastkových dodatočných diferencií má však oprávnenie iba tam, kde sa hodnoty Z alebo Y odvodili *priamo zo skutočnej mernej výdatnosti neúplného vrtu* q_L bez zohľadnenia neúplnosti vrtu, t. j. tam, kde sa do výpočtových vzorcov za hodnotu q dosadila hodnota q_L a namiesto hrúbky zvodnenca M dĺžka otvorenia L, takže sa namiesto indexu Z stanovil index Z_L. Neúplnostnú diferenciu d_L teda do celkovej diferencie zahŕňame, iba ak sa korekcia na neúplnosť vrtu neuskutočnila už pri stanovení hodnoty Z a Y opísanými postupmi. Pritom treba brať do úvahy aj spomenuté preceňovanie efektu neúplnosti otvorenia v reálnych podmienkach.

Z dodatočných nelineárnych odporov možno orientačne kvantitatívne charakterizovať iba kvadraticky nelineárne odpory dané turbulenciou prúdenia vo vrte. Vyjadruje ich *kvadraticky turbulenčná diferencia* d_C, ktorá má podstatný význam najmä tam, kde sa z vrtu odoberajú desiatky a stovky litrov za sekundu. Rastie s odoberanou výdatnosťou a klesá so zväčšujúcim sa priemerom vrtu a s rastúcou prietočnosťou. Možno ju aproximovať rovnicou

$$d_C = \log [(\text{antilog } d_o + Q/r_v T^{0.25})/\text{antilog } d_o]$$

(antilog $x \equiv 10^x$, Q = výdatnosť, r_v = vnútorný polomer vrtu od vstupu vody do vrtu až po ústie, T = koeficient prietočnosti). Rovnicu sme odvodili (Jetel, 1985a) zo zovšeobecnených empirických výsledkov, ktoré publikoval Carlsson a Carlstedt (1977) a Gustafsson (1974). Stanovovať hodnoty d_C uľahčujú tabuľky a nomogramy (Jetel, 1985a, b). Podiel turbulenčnej diferencie na celkovej prepočtovej diferencii klesá s časom. Pri odbere výdatnosti 1 $l.s^{-1}$ z vrtu s polomerom $r_v \leq 0{,}05$ m je $d_C \leq 0{,}1$ pri $T < 1.10^{-4}$ $m^2.s^{-1}$ a pri $d_o = 0$ alebo pri $T < 1{,}10^{-5}$ $m^2.s^{-1}$, ak je $d_o = 0{,}2$.

Pri odvodzovaní odhadov koeficientu filtrácie a prietočnosti z aproximatívnych parametrov treba získať predovšetkým optimálny odhad hodnoty celkovej prepočtovej diferencie d na dosadenie do základných prepočtových rovníc. Najlepšie priblíženie tohto odhadu poskytuje *analytická konštrukcia očakávanej hodnoty d* pri konkrétnych prípadoch, ale je pomerne prácna. V praxi, najmä pri regionálnom spracúvaní väčšieho množstva archívnych údajov, možno použiť menej prácne, ale zároveň aj menej presné postupy. Pri analytickej konštrukcii celkovej prepočtovej diferencie postupujeme takto:

(1) Odhadneme veľkosť základnej prepočtovej diferencie d_o podľa príslušnej rovnice.

(2) Ak sme pri stanovení hodnôt Z a Y neuplatnili korekciu na neúplnosť vrtu a reálne podmienky geologického profilu vyžadujú nevyhnutne využiť model neúplného vrtu, odhadneme neúplnostnú diferenciu d_L s pomocou tabuliek a nomogramov (Jetel, 1985a, b) alebo príslušných empirických vzorcov.

(3) Pri väčšej odoberanej výdatnosti z vrtov s malým priemerom zo zvodnenca s pomerne nízkou prietočnosťou odhadneme kvadraticky turbulenčnú diferenciu d_C podľa empirického vzorca alebo z tabuliek a nomogramov.

(4) Hľadanú hodnotu celkovej prepočtovej diferencie pokladáme v tomto momente za algebraický súčet odhadov d_o a d_C (resp. aj d_L) a neznámej zvyškovej diferencie d_z danej vzťahom

$$d_z = d - d_o - d_C\ (- d_L) = d_S + d_X\ .$$

Hodnotu d_X nepoznáme, ale v danom vzťahu ju z praktického hľadiska možno pokladať za zanedbateľne malú. Odhad skinovej diferencie d_S potom môžeme stotožniť s hodnotou d_z z poslednej uvedenej rovnice, v ktorej zostala už iba jediná neznáma veličina potrebná na odhad hodnoty d_S – t. j. celková diferencia d. Pri jej orientačnom odhade vychádzame z údajov vrtov s obdobnými technicko-konštrukčnými charakteristikami situovaných v tom istom alebo analogickom horninovom prostredí, v ktorých sa súčasne dala stanoviť skutočná hodnota celkovej prepočtovej diferencie d porovnaním koeficientu prietočnosti T určeného priamou interpretáciou údajov I. kategórie (t. j. napr. metódou priamky) s indexom prietočnosti Y určeným z mernej výdatnosti. Koeficient prietočnosti T ($m^2.s^{-1}$) určený z údajov I. kategórie pritom transformujeme na hodnotu $Y_T = \log T + 9$ a celkovú diferenciu pre tieto vrty potom stanovíme ako $d = Y_T - Y$. Priemernú hodnotu d z takýchto odhadov pre jednotlivé analogické vrty – s prípadným zohľadnením závislosti $d = f(Y)$, ku ktorej sa vrátime ďalej, potom použijeme ako orientačný odhad do vzťahu $d_S = d - d_o - d_C\ (-d_L)$.

Tam, kde nie sú k dispozícii údaje umožňujúce odhad d_S opísaným postupom d z analogických vrtov, odhadneme skinovú diferenciu priamou analógiou s obdobnými vrtmi v podobných podmienkach, pri ktorých sa zistili konkrétne hodnoty skinovej diferencie, alebo prijmeme všeobecný predpoklad určitej malej hodnoty d_S (napr. $d_S \cong 0{,}1$) pre vrty s bežným zabudovaním. Pri orientačných predbežných odhadoch možno prijať aj predpoklad nulovej hodnoty d_S.

(5) Výsledkom analytickej konštrukcie odhadu celkovej prepočtovej diferencie je hodnota d, stanovená ako suma $d = d_o + d_C + d_S\ (+ d_L)$ so zanedbaním hodnoty d_X.

(6) Pri prepočte výsledkov štatistického spracovania hodnôt Z a Y z určitého súboru údajov je na stanovenie očakávaných hodnôt celkovej prepočtovej diferencie namiesto postupu uvedeného v bode (1) až (5) výhodné použiť hodnoty d, ktoré vyjdú z empirickej regresnej rovnice $d = f(Y)$ pre podmienky obdobné podmienkam skúmaného súboru.

Zhrnutie poznatkov o distribúcii hodnôt prepočtových diferencií pri odberových skúškach

Skúsenosti získané pri hodnotení odberových a stúpacích skúšok v rozličných typoch vrtov vedú k vysloveniu nasledujúcich zovšeobecňujúcich charakteristík výskytu hodnôt celkovej prepočtovej diferencie, dodatočnej diferencie a skinovej diferencie:

Celková prepočtová diferencia sa vo vrtoch, v ktorých sa dala priamo určiť podľa vzťahu $d = Y_T - Y$, sa okrem veľmi zriedkavých výnimiek pohybuje v rozpätí d = -0,30 až +1,15. V neveľmi hlbokých vrtoch (do 50–100 m) má spravidla rozpätie d = -0,15 až +0,30, ojedinelo až +0,60, s mediánom zväčša okolo +0,10 až +0,20. V hlbších hydrogeologických vrtoch sa najčastejšie pohybuje v intervale d = -0,10 až +0,80 s mediánom spravidla medzi +0,20 až +0,50. Najvyššie hodnoty celkovej diferencie zväčša v dôsledku vysokých dodatočných odporov daných technológiou i konštrukciou vykazujú hlboké štíhle ložiskové vrty, v ktorých sa väčšina hodnôt d pohybuje od -0,10 do +1,10 okolo mediánov Md(d) = +0,30 až +0,60.

Dodatočná prepočtová diferencia d_d má vo vrtoch s priamo stanovenou hodnotou d a d_d – okrem ojedinelých výnimiek – hodnoty d_d = -0,20 až +1,00. V nehlbokých vrtoch (do 50–100 m) sa dodatočná diferencia pohybuje spravidla v rozpätí d_d = -0,15 až +0,50 s mediánmi +0,10 až +0,25. V hlbších hydrogeologických vrtoch dosahuje dodatočná diferencia najčastejšie hodnoty -0,10 až +0,60 s mediánom spravidla medzi +0,10 a +0,30. Najvyššie dodatočné diferencie vykazujú hlboké a štíhle ložiskové vrty s d_d zväčša od -0,10 do +1,00, pričom mediány majú v súboroch údajov z takýchto vrtov najčastejšie hodnotu okolo +0,30 až +0,40.

Tam, kde sa výrazná turbulencia vo vrte neprejavuje, je hlavnou zložkou dodatočnej diferencie *skinová diferencia* d_S. Pri odberových skúškach v hydrogeologických vrtoch bežného typu má spravidla hodnotu medzi -0,20 až +0,60, najčastejšie -0,10 až +0,25 a mediány sa tam pohybujú väčšinou okolo 0,10. Najvyššie hodnoty skinovej diferencie vykazujú niektoré hlboké a štíhle ložiskové vrty hĺbené s použitím ílového výplachu a s dodatočnou perforáciou pažnicovej kolóny vo vrte po jej zapustení, kde sa hodnoty d_S pohybujú od -0,10 až do hodnôt okolo +1,00 s mediánmi prevažne okolo +0,30 až +0,40. Naše poznatky z hodnotenia skúšok v centrálnokarpatskom paleogéne ukázali, že sa v úsekoch skúšaných pred zabudovaním pri nezapaženej stene po zabudovaní (po prekrytí steny vrtu perforovanou kolónou pažníc) skinová diferencia zvýšila o 0,1 až 0,6, v priemere o 0,25.

Na odhad prepočtovej diferencie zovšeobecnený pre istú oblasť možno využiť aj lineárnu regresnú závislosť celkovej prepočtovej diferencie d od indexu Y (Jetel, 1993). Odvodiť regresnú rovnicu možno najmä tam, kde sú aj vrty s údajmi I. kategórie, pre ktoré možno priamo stanoviť hodnoty $d = Y_T - Y$. Menej presné je použitie rovnice odvodenej pre analyticky konštruované hodnoty d alebo pre inú hydrogeologicky analogickú oblasť s analogickými podmienkami skúšok (polomer vrtu, čas trvania skúšok, koeficient zásobnosti) a technickými charakteristikami vrtov (technológiu a konštrukciu vrtov).

Overovanie správnosti interpretácie údajov I. kategórie pomocou logaritmickej prepočtovej diferencie

Už sme naznačili, že jedným z hlavných problémov interpretácie výsledkov reálnych hydrodynamických skúšok je veľmi častá nejednoznačnosť interpretácie, ktorá vychodí z toho, že celkom rozdielne hydraulické faktory generujú v morfológii semilogaritmického grafu s = f(log t) rovnaký efekt, čiže rovnaký tvar výslednej krivky bez toho, že by sa na základe vizuálnej morfologickej analýzy dalo rozhodnúť, ktorý z možných faktorov sa na priebehu krivky odrazil. Príčiny nejednoznačnosti týchto vzťahov podrobnejšie analyzuje, prehľad morfologických efektov faktorov a kľúč na kvalitatívnu vizuálnu diagnózu geohydraulických podmienok na základe morfológie semilogaritmického grafu uvádza Jetel (1993).

Z uvedených príčin sa pri kvalitatívnej diagnóze hydraulických podmienok skúšky a voľbe RPÚ semilogaritmického grafu na výpočet geohydraulických koeficientov nemožno opierať iba o morfologické charakteristiky kriviek, ale treba hľadať ďalšie objektívne a všeobecne použiteľné kritériá, ktoré by pomohli pri diagnostickej orientácii a voľbe RPÚ grafu s = f(log t) na výpočet geohydraulických parametrov. Na základe našich skúseností sme (Jetel, 1985a, b) ako základné kritérium tohto druhu navrhli porovnanie výsledkov exaktnej interpretácie údajov skúšok I. kategórie s charakteristikami odvodenými z mernej výdatnosti pomocou logaritmickej prepočtovej diferencie. Na správnu diagnózu RPÚ semilogaritmického grafu sme navrhli využiť vzťah medzi koeficientom prietočnosti ako striktne hydraulickým parametrom, ktorý sa usilujeme určiť, a mernou výdatnosťou, ktorá sa určí jednoduchým spôsobom priamo z údajov odberovej skúšky.

Pri využívaní princípu logaritmickej prepočtovej diferencie na hodnotenie správnosti voľby výpočtového úseku grafu s = f(log t) resp. s = f(log t') postupujeme takto:

(1) Po voľbe výpočtového RPÚ so smernicou i vypočítame príslušnú hodnotu koeficientu prietočnosti a transformujeme ho na parameter $Y_T = \log T + 9$.

(2) Po výpočte indexu prietočnosti Y z mernej výdatnosti stanovíme celkovú prepočtovú diferenciu d, odpovedajúcu vypočítanej hodnote Y a T, t. j. $d = Y_T - Y$.

(3) Vypočítanú hodnotu d konfrontujeme s údajmi o možnom rozpätí celkovej prepočtovej diferencie. Ak d leží výrazne mimo rozsahu možných hodnôt daného typu vrtu, zrejme zvolili sme *nesprávny priamkový úsek*, a tak sa vraciame do bodu (1) s novou voľbou iného výpočtového priamkového úseku. Zamietnutie správnosti voľby iba na základe konfrontácie s možným rozpätím hodnôt prepočtovej diferencie je viac-menej jednoznačné pri veľmi nízkych (výrazne záporných) hodnotách d (menších ako -0,40) tam, kde nejde o anomálne podmienky skúšky s veľmi krátkym časom t, veľmi veľkým polomerom studne a s voľnou hladinou pri veľmi vysokej voľnej zásobnosti S_v. Pri zamietnutí správnosti voľby na základe príliš vysokej kladnej hodnoty d treba postupovať opatrnejšie, lebo za určitých podmienok (vysoké dodatočné odpory po použití nevhodného výplachu a dodatočnej perforácie s malým percentom perforácie alebo po použití nevhodnej sieťoviny, ďalej pri veľmi dlhom trvaní skúšky pri napätej hladine a veľmi nízkej zásobnosti) môžu byť ojedinelo reálne aj hodnoty d vyššie ako +1,3.

(4) Ak sme nevylúčili správnosť voľby výpočtového priamkového úseku jednoznačne už na základe konfrontácie podľa bodu (3), porovnáme vypočítanú hodnotu d s teo-

retickým (analytickým) odhadom celkovej prepočtovej diferencie d. Záver o nesprávnej voľbe výpočtového úseku vyslovíme, ak sa zistená hodnota d odpovedajúca smernici zvoleného úseku odchyľuje od teoretického odhadu do tej miery, že túto odchýlku nemožno vysvetliť ani pri značnej tolerancii odhadov jednotlivých zložiek konštrukcie hodnoty d, a to ani vtedy, že pripustíme výrazne vyššie dodatočné odpory, ako je pri danom type vrtov bežné. V prípade záveru o nesprávnej voľbe sa opäť vraciame k bodu (1) a k novej voľbe RPÚ.

(5) Ak je priebeh grafu natoľko zložitý, že správny RPÚ nemožno diagnostikovať ani predbežne, postupne vypočítame hodnoty d_1, d_2, d_3 ... d_n pre všetky priamkové úseky, ktoré by mohli prichádzať do úvahy, a postup uvedený v bode 1–4 vykonáme súčasne pre všetky uvažované hodnoty odpovedajúce smernici i_1, i_2 ... i_n. Za výpočtový úsek potom zvolíme úsek so smernicou najlepšie odpovedajúcou očakávanej možnej hodnote prepočtovej diferencie. Významnej chyby sa pri odhade reprezentatívnej hodnoty koeficientu prietočnosti nedopustíme ani v prípade, že pri viacerých úsekoch s potenciálne reálnymi hodnotami prepočtovej diferencie prijmeme ako optimálny odhad reprezentatívnej hodnoty T aritmetický priemer z jednotlivých možných hodnôt.

(6) Ak ani jeden z uvažovaných priamkových úsekov nevykazuje smernicu, ktorej by odpovedala potenciálne reálna hodnota prepočtovej diferencie d, je nevyhnutné upustiť od zhodnotenia semilogaritmického grafu metódou priamky. Koeficient prietočnosti a ďalšie vodivostné (odporové) geohydraulické parametre potom možno odhadnúť iba na základe údajov o mernej výdatnosti. Takáto situácia sa pomerne často vyskytuje tam, kde počiatočná deformácia semilogaritmického grafu (predovšetkým skinový efekt) zasahuje celý rozsah zachyteného priebehu časových zmien zníženia, t. j. tam, kde sa skúška skončila ešte pred dosiahnutím RPÚ. V takom prípade vykazuje domnelo reprezentatívny priamkový úsek grafu veľmi nízke záporné hodnoty celkovej prepočtovej diferencie stanovenej ako $d = Y_T - Y$.

Záver

Pri stanovovaní hydraulických parametrov hornín treba metodiku ich určovania prispôsobiť charakteru a kvalite vstupných dát, ktoré sú k dispozícii. Pri hodnotení hydrodynamických skúšok vykonávaných v súčasnosti pri prieskumných akciách sú spravidla k dispozícii údaje I. kategórie, pri ktorých možno aplikovať exaktné postupy hodnotenia (predovšetkým metódu priamkovej transformácie), ale mimoriadnu pozornosť pri nich treba venovať kontrole hodnotenia správnosti voľby výpočtových charakteristík s využitím logaritmickej prepočtovej diferencie.

Pri hodnotení podkladov z archívnej dokumentácie starších prác treba využiť všetky dostupné údaje. Spravidla však ide o údaje II. kategórie, zhodnotiteľné iba pomocou aproximatívnych parametrov a ich prepočtu na odhady koeficientu prietočnosti a koeficientu filtrácie. Takýto postup umožňuje maximálne využiť aj menej kvalitné informácie o hydraulických parametroch hornín, ktoré sú o danom území k dispozícii, a tak získať reprezentatívny obraz o rozdelení charakteristík prietočnosti a priepustnosti v skúmanom území.

Literatúra

Avci, C. B., 1992. Parameter estimation for step-drawdown tests. *Ground Water, 30, 3, pp. 338–342.*

Birsoy, Y. K. & Summers, W. K., 1980: Determination of aquifer parameters from step tests and intermittent pumping data. *Ground Water, 18, 2, pp. 137–146.*

Borevskij, B. V., Samsonov, B. G. & Jazvin, L. S., 1979: Metodika opredelenija parametrov vodonosnych gorizontov po dannym otkaček. 2. izd. *Moskva, Nedra. 326 s.*

Bradbury, K. R. & Rothschild, E. R., 1985: A computerized technique for estimating the hydraulic conductivity of aquifers from specific capacity data. *Ground Water, 23, 2, pp. 240–246.*

Butler, J. J. Jr., 1990: The role of pumping tests in site characterization: Some theoretical considerations. *Ground Water, 28, 3, pp. 394–402.*

Carlsson, L. & Carlstedt, A., 1977: Estimation of transmissivity and permeability in Swedish bedrock. *Nordic Hydrology, 8, pp. 103–116. København.*

Cooper, H. H. Jr. & Jacob, C. E., 1946: A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well-field history. *Trans. Amer. geophys. Un., 27, 4, pp. 526–534.*

Čekaľuk, E. V., 1961. Osnovy p'jezometrii zaležej nefti i gaza. *Kyjiv, Derž. techn. vydav. Ukrajiny.*

Gladfelter, R. E., Tracy, C. W. & Wilsey, L. E., 1955: Selecting wells which will respond to production-stimulation treatments. *Oil Gas J., 54, 3, pp. 126–131*

Gupta, A. D., 1989: On analysis of step-drawdown data. *Ground Water, 27, 6, pp. 874–881.*

Gustafsson, G., 1974: Evaluation of the hydraulic properties of some wells in Swedish aquifers. *In. Nordisk Hydrologisk Konf. 1974, pp. 388–407. Aalborg.*

Horner, D. R., 1951 Pressure build-up in wells. *Proc. 3rd World Petrol. Congr., Sect. 2 – Drilling and Production, pp. 503–521, s'Gravenhage.*

Chapuis, R. P., 1992: Using Cooper-Jacob approximation to take account of pumping well pipe storage effects in early drawdown data of a confined aquifer. *Ground Water, 30, 3, pp. 331–337*

Jacob, C. E., 1944: Notes on determining permeability by pumping tests under water-table conditions. *U. S. Geol. Surv. mimeo. Rep., Washington.*

Jacob, C. E., 1950: Flow of ground water Chap. 5 in Rouse – Hunter: Engineering hydraulics.

Jacob, C. E. & Lohman, S. W., 1952: Nonsteady flow to a well of constant drawdown in an extensive aquifer *Trans. Amer geophys. Un., 33, 4, pp. 559–569.*

Jetel, J., 1964: Použití hodnot specifické vydatnosti a nových odvozených parametrů v hydrogeologii. *Geol. Průzk., 6, 5, s. 144–145.*

Jetel, J., 1968: A new comparative regional parameter of permeability for hydrogeologic maps. *Mém. Assoc. Int Hydrogéol., 8, Congr Istanbul 1967, pp. 101–107 Istanbul.*

Jetel, J., 1974: Complètement régional de l´information sur les paramètres pétrophysiques en vue de l´élaboration des modèles des systèmes aquifères. *Mém. Assoc. Int. Hydrogéol., 10, Congr. de Montpellier 1974, 1, pp. 199–203. Paris.*

Jetel, J., 1982: Určování hydraulických parametrů hornin hydrodynamickými zkouškami ve vrtech. *Knih. Ústř. Úst. geol., Praha, 58, 248 s.*

Jetel, J., 1985a: Metody regionálního hodnocení hydraulických vlastností hornin. *Metod. Příruč. Ústř. Úst. geol., Praha, 1, 147 s.*

Jetel, J., 1985b: Využití vztahu mezi specifickou vydatností a koeficientem průtočnosti při hydrogeologických výpočtech. *Geol. Průzk., 27, 2, s. 42–45.*

Jetel, J., 1993: Stanovenie hydraulických parametrov hornín pre regionálne prognózy. *Manuskript, ŠGÚDŠ, Bratislava, 177 s.*

Jetel, J., 1995: Utilizing data on specific capacities of wells and water-injection rates in regional assessment of permeability and transmissivity. *Slov. geol. mag., 1, 1, pp. 7–18.*

Jetel, J., 1998: Určovanie hydraulických parametrov hornín hydrodynamickými skúškami pri hodnotení využiteľného množstva podzemných vôd. *In: M. Fendek, M. Gedeon, J. Jetel & Ž. Ženišová: Metodické postupy výpočtov využiteľných zásob podzemných vôd a prírodných zdrojov z hľadiska ich kvantity a kvality. Manuskript, ŠGÚDŠ, Bratislava. s. 28–60.*

Jetel, J. & Krásný, J., 1968: Approximative aquifer characteristics in regional hydrogeological study. *Věst. Ústř. Úst. geol., 43, 6, pp. 459–461*

Jetel, J. & Vranovská, A., 1997: Priepustnosť a prietočnosť hornín paleogénu Hornádskej kotliny. *Mineralia Slov., 29, 2, s. 218–226.*

Mironenko, V. A. & Šestakov, V. M., 1978: Teorija i metody interpretacii opytno-fil'tracionnych rabot. *Moskva, Nedra. 325 s.*

Mucha, I. & Šestakov, V. M., 1987: Hydraulika podzemných vôd. *Bratislava, Alfa. 344 s.*

Nwankwor, G. I., Gillham, R. W., Van der Kamp, G. & Akindunni, F. F., 1992: Unsaturated and saturated flow in response to pumping of an unconfined aquifer: field evidence of delayed drainage. *Ground Water, 30, 5, pp. 690–700.*

Papadopoulos, I. S. & Cooper, H. H., 1967: Drawdown in a well of large diameter. *Wat. Resour. Res., 3, pp. 241–242.*

Sheahan, N. T., 1971: Type-curve solution of step-drawdown tests. *Ground Water, 9, 1, pp. 25–29.*

Theis, C. V., 1935: The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using ground-water storage. *Trans. Amer. geophys. Un., 2, pp. 519–524.*

Trebin, F. A. & Ščerbakov, G. V., 1953: Uproščennyj metod interpretacii itogov vosstanovlenija v skvažinach s učëtom pritoka židkosti posle ich ostanovki. *Neft. Choz., 31, 5 p.*

Turcan, A. N. Jr., 1963. Estimating the specific capacity of a well. *U. S. Geol. Surv. Profess. Paper 450-E.*

Van der Kamp, G., 1989: Calculation of constant-rate drawdowns from stepped-rate pumping tests. *Ground Water, 27, 2, pp. 175–183.*

Van Everdingen, A. F., 1953: The skin effect and ist influence on the productive capacity of a well. *J. Petrol. Geol. (Trans. AIME 198), pp. 171–176.*

Determining hydraulic parameters of rocks by aquifer tests

The interpretation of aquifer test data is a method capable of providing reliable information on hydraulic parameters of rocks in practical terms. With a view to a proper choice of an interpretation procedure the aquifer test is to be classed to one of three basic categories defined according the quality and assortment of information provided by the test.

The category I is represented by data sufficient to determining directly the strictly defined hydraulic parameters such as transmissivity or hydraulic conductivity coefficients. The interpretation of the data classed to this category applies the procedure of unsteady state flow analysis (type curve method, straight-line plot). This interpretation is to pay an extreme attention to propriety and correctness of input data being aware of many factors deforming the analysed relationships in real conditions. The input data must be corrected with respect to wellbore storage effects, skin effect, flow turbulence and partial penetration effect.

The category II includes data that do not allow applying the analysis of unsteady state flow. However, they can be used for estimating hydraulic coefficients by means of parameters derived from specific capacity $q = Q/s$ or $q° = Q°/s$ (Q = discharge in m^3/s, $Q°$ = discharge in l/s, s = respective drawdown in meters, thus q in m^2/s and $q°$ in l/(s. m)). The use of these data consists in calculating the approximative logarithmic parameters – transmissivity index Y and permeability index Z. The index Y is a logarithmic transformation of specific capacity defined as $Y = \log (10^9 q) = \log q + 9$ or $Y = \log (10^6 q°) = \log q° + 6$ where q or $q°$ = standard specific capacity (q_1) measured or extrapolated for $s = 1$ m. The standard specific capacity q_1 is estimated as

$$q_1 = q_n \,.\, (2H - 1) / (2H - s_n),$$

where H = the height of the static level above the lower limit of the tested interval, s_n = observed drawdown of water table in the well ($s \neq 1$ m), q_n = specific capacity calculated for $s = s_n$). The index Z is defined as $Z = \log (10^9\, q/M) = \log (q/M) + 9$ where M = aquifer thickness. At ill-defined aquifer thickness or partial penetration, the length L of active tested (open) interval (below water table) in the well can be substituted for M to determine the permeability index of open interval Z_L.

The conversion of approximative parameters to estimates of the respective hydraulic coefficients is based on the relations

$T = \text{antilog}\,(Y + d - 9) = 10^{(Y+d-9)}$ $k = \text{antilog}\,(Z + d - 9) = 10^{(Z+d-9)}$

where T = transmissivity coefficient in m^2/s, k = hydraulic conductivity in m/s, d = logarithmic conversion difference defined as $d = \log T - \log q$. The introduction of the conversion difference simplifies the estimation of the hydraulic coefficients from the specific capacity to the problem of an optimum estimate of an additive quantity – the conversion difference d. The logarithmic conversion difference is determined analytically or empirically for particular types of wells and environments. Logarithmic transformations of hydraulic conductivity k and transmissivity coefficient T

$Y_T = 9 + \log T$ $Z_k = 9 + \log k$ (k in m/s, T in m^2/s)

facilitate a direct comparison of the approximative logarithmic parameters with the exact hydraulic parameters on a common scale. A logical consequence of these definitions is the relation $d = Y_T - Y$.

The number of wells in which specific capacity could be computed from archival documentation is, as a rule considerably greater than the number of wells with complete data from aquifer tests making possible a more precise determination of aquifer parameters e. g. by interpretation of transient data. The specific capacity is therefore the starting point for getting sufficiently extensive and detailed information for regional assessment of permeability and transmissivity in hydrogeological practice.

The logarithmic conversion difference can be used also to a correct diagnosis of the representative straight-line of the semilogarithmic graph at straight-line plot. If the graph has several straight sections that could be thought to be the representative line with the slope determining the transmissivity, the respective value of T and $d = Y_T - Y$ are calculated for each considered section. The resulting values of d are compared with analytically estimated possible values of d or with the values that could be expected in analogous conditions. The sections with too low values of d should be excluded from further analysis, very high values could be accepted only if very high additional hydraulic resistance can be admitted. The particular section that is proper to determining hydraulic parameters from its slope is identified by acceptable values of d.

Mineralia Slovaca, 34 (2002), 263–274

Ochrana prírodných liečivých zdrojov a prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody na Slovensku

GABRIELA VANDROVÁ[1], MARIÁN FENDEK[2], DÁRIA ŠTEFANOVIČOVÁ[3] a SILVIA FRIEDLOVÁ[3]

[1]GEOSPEKTRUM, s. r. o., Mliekarenská 10, 824 92 Bratislava
[2]Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava
[3]Ministerstvo zdravotníctva SR – IKŽ, Limbová 2, 837 52 Bratislava

(Doručené 14. 5. 2001, revidovaná verzia doručená 10. 6. 2002)

Protection of natural healing sources and natural sources of mineral-rich potable waters in Slovakia

Declaration of mineral waters for natural healing waters or mineral-rich potable waters, after prior approval of the Slovak Health Ministry, is based on their specific qualities, resulting from their physical, chemical and biological properties. At present, the natural healing sources are used for therapeutic purposes in 17 therapeutic spas and in 6 climatic spas around the country. Mineral-rich potable waters are bottled as refreshing beverages in 10 bottling companies and 6 other sources are being prepared for bottling. Natural healing waters and mineral-rich potable waters are protected due to legislative measures valid in Slovakia.

Key words: natural healing sources, mineral waters, protection of mineral waters, natural healing spas, mineral-rich potable waters

Úvod

V súlade so zásadami Európskej vodnej charty a spoločenskou potrebou je nevyhnutné povrchové a podzemné vody chrániť, regulovať a regenerovať tým zodpovednejšie, čím intenzívnejšie sa využívajú. Podľa čl. 4 Ústavy SR sú takéto vody na území Slovenska národným majetkom a bohatstvom SR a ich aktívna ochrana z kvantitatívnej a kvalitatívnej stránky vyplýva zo zákona č. 184/2002 Z. z. o vodách a o zmene a doplnení niektorých zákonov (vodný zákon). V zmysle tohto zákona sú prírodné liečivá a prírodné minerálne vody „osobitnými vodami" a jeho ustanovenia sa na ne vzťahujú iba v osobitne uvedených prípadoch.

Problematiku prírodných liečivých zdrojov a prírodných zdrojov minerálnej vody v súčasnosti samostatne upravuje deviata časť zákona NR SR č. 277/1994 Z. z. o zdravotnej starostlivosti v znení zákona č. 80/2000 Z. z., podľa ktorého sú prírodnými zdrojmi vody vhodnými na vyhlásenie za prírodné liečivé zdroje podzemné vody odlišujúce sa od iných druhov podzemných vôd jednotlivo alebo spolu týmito vlastnosťami:

a) obsah v nich rozpustených tuhých látok je vyšší ako 1 g v 1 l vody,

b) obsah v nich rozpusteného oxidu uhličitého je vyšší ako 1 g v 1 l vody a sírovodíka ako 1 mg v 1 l vody,

c) obsahujú farmakologicky významné komponenty a ich fyzikálne a chemické vlastnosti majú liečivý účinok.

Pri týchto vodách musí byť navyše vedecky preukázané, že priaznivo pôsobia na ľudský organizmus, dajú sa využívať na liečbu v prirodzenom stave alebo po úprave, ktorá nenarúša ich liečivý účinok, a sú hygienicky neškodné (to sa týka aj vyhlásenia prírodných zdrojov rašeliny, bahna, slatiny, plynov a emanácií).

Podľa citovaného zákona sú prírodnými zdrojmi vody vhodnými na vyhlásenie za prírodné zdroje minerálnej stolovej vody podzemné vody, ktoré sa od iných podzemných vôd odlišujú nasledujúcimi vlastnosťami:

a) obsah v nich rozpustených tuhých látok neprekračuje 5 g v 1 l a rozpusteného oxidu uhličitého je vyšší ako 1 g v 1 l vody,

b) nevyznačujú sa výraznými farmakodynamickými účinkami.

Takéto vody musia navyše priaznivo pôsobiť na ľudský organizmus, byť vhodné ako osviežujúce nápoje, musia byť hygienicky neškodné a vhodné na spotrebiteľské balenie v prirodzenom stave alebo po vhodnej úprave.

Rozdelenie prírodných liečivých zdrojov a prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody ustanovuje vyhláška č. 212/2000 Z. z. o rozdelení, rozsahu sledovania a obsahu analýz prírodných liečivých zdrojov a prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody, ktorá je vykonávacím predpisom k uvedenému zákonu.

Legislatíva o prírodných liečivých zdrojoch, prírodných liečebných kúpeľoch a o prírodných zdrojoch minerálnej stolovej vody

Prvé predpisy o ochrane zdrojov minerálnej vody na Slovensku sú z druhej polovice 19. stor. a týkajú sa kúpeľov Piešťany, Trenčianske Teplice, Dudince, Bojnice a Sliač. Boli spracované podľa uhorského zdravotného a vodného zákona z roku 1876, kapitola č. 1 XIV – Liečivé kúpele a minerálne vody, zákona z roku 1885 č. 1 XXIII a obežníkového výnosu uhorského ministerstva vnútra z roku 1893 č. 44404. Zákon z roku 1885 vymedzil ochranné pásma, ktoré majiteľom zaručovali, že v nich nik nesmie kopať a vŕtať bez osobitného povolenia. Spomenuté zákony boli v roku 1920 novelizované a platili až do roku 1955. Potom vyšli nové zákonné úpravy a legislatívne normy (zákon o československých kúpeľoch a žriedlach č. 43 z roku 1955, vyhláška MZ SSR o ochrane prírodných liečivých kúpeľov a prírodných liečivých zdrojov a o ich využívaní č. 151 z roku 1956, zákon o starostlivosti o zdravie ľudu č. 20 z roku 1966, ČSN 86 8000 Prírodné liečivé vody a prírodné minerálne vody stolové z roku 1965, vyhláška MZ SSR č. 15 z roku 1972 o ochrane a rozvoji prírodných liečebných kúpeľov a prírodných liečivých zdrojov, smernica SGÚ a MZ SSR č. 55/1977 na získavanie podkladov na stanovenie ochranných pásiem prírodných liečivých zdrojov a prírodných zdrojov stolových minerálnych vôd, vyhláška MZ SSR č. 77/1982 Zb., ktorou sa menila a dopĺňala vyhláška č. 15/1972 Zb., ON 86 8001 Prírodné liečivé vody a prírodné minerálne vody stolové z roku 1984, metodický pokyn SGÚ a MZ SSR z roku 1989 na stanovovanie ochranných pásiem prírodných liečivých zdrojov a prírodných zdrojov minerálnych stolových vôd, zákon SNR č. 52/1988 o geologických prácach a o Slovenskom geologickom úrade (geologický zákon), zákon SNR č. 44/1988 Zb. o ochrane a využívaní nerastného bohatstva (banský zákon) v znení zákona SNR č. 498/1991 Zb. a niektoré s ním súvisiace predpisy, zákon č. 138/1973 o vodách (vodný zákon), zákon NR SR č. 277/1994 Z. z. o zdravotnej starostlivosti, vyhláška MZ SR č. 116/1996 Z. z.).

Spomenuté legislatívne opatrenia nahradili staršie, prekonané opatrenia a predpisy, zdôraznili veľký význam slovenských prírodných liečebných kúpeľov ako zariadení preventívnej a liečebnej starostlivosti o zdravie ľudu a zabezpečovali im ochranu a plánovité vytváranie vhodných podmienok na ich rozvoj.

V ďalších rokoch boli niektoré zákonné úpravy a legislatívne normy zrušené a nahradené novými (napr. zákon č. 313/1999 o geologických prácach a o štátnej geologickej správe (geologický zákon), vyhláška MŽP SR č. 141/2000, ktorou sa vykonáva geologický zákon, zákon NR SR č. 223/2001 o odpade a o zmene a doplnení niektorých zákonov, vyhláška MŽP SR č. 283/2001 o vykonávaní niektorých ustanovení zákona o odpade, vyhláška MŽP SR č. 284/2001, ktorou sa ustanovuje katalóg odpadov, zákon NR SR č. 184/2002 o vodách a o zmene a doplnení niektorých zákonov (vodný zákon), výnos MP SR a MZ SR č. 2313/1/2000 – 100, ktorým sa vydáva hlava potravinového kódexu SR upravujúca nápoje).

V súčasnosti platí zákon NR SR č. 277/1994 Z. z. o zdravotnej starostlivosti v znení zákona č. 80/2000 Z. z. a vyhláška MZ SR č. 212/2000 o rozdelení, rozsahu sledovania a obsahu analýz prírodných liečivých zdrojov a prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody, ale v legislatívnom konaní je už návrh nového samostatného zákona o prírodných liečivých zdrojoch, prírodných liečebných kúpeľoch a prírodných minerálnych vodách, ktorý je ucelenou právnou úpravou o vyhlasovaní a využívaní prírodných liečivých zdrojov, vyhlasovaní kúpeľných miest a vydávaní ich štatútov, prevádzkovaní prírodných liečebných kúpeľov, vyhlasovaní a využívaní prírodných minerálnych vôd. Dôvodom na prijatie samostatného zákona je, že ani po novelizácii zákona o zdravotnej starostlivosti (zákon č. 80/2000 Z. z.) nie je upravovaná problematika komplexná a vo svojej podstate nepatrí v plnom rozsahu do odboru zdravotnej starostlivosti.

Vyhlásenie prírodného zdroja za prírodný liečivý zdroj alebo prírodný zdroj minerálnej stolovej vody a jeho využívanie

Prírodné zdroje sa stávajú prírodnými liečivými zdrojmi alebo prírodnými zdrojmi minerálnej stolovej vody splnením podmienok uvedených v odseku 1 a zároveň splnením formálneho znaku, ktorým je vyhlásenie prírodného zdroja za prírodný liečivý zdroj alebo prírodný zdroj minerálnej stolovej vody.

Podnet na vyhlásenie prírodného liečivého zdroja alebo prírodného zdroja minerálnej stolovej vody môže podať právnická alebo fyzická osoba, ktorá chce prírodný zdroj využívať na poskytovanie kúpeľnej starostlivosti alebo na spotrebiteľské balenie. Podnet sa podáva ministerstvu zdravotníctva.

Podnet na vyhlásenie prírodného zdroja vody za prírodný liečivý zdroj musí obsahovať:

a) základné údaje právnickej alebo fyzickej osoby (obchodné meno, sídlo, právnu formu...),

b) odborný opis zdroja a jeho okolia,

c) hodnotenie hydrogeologického prieskumu,

d) hodnotenie hydrodynamickej skúšky (nesmie byť staršie ako dva roky od dňa vyhotovenia príslušného dokladu),

e) fyzikálnu, chemickú, mikrobiologickú a biologickú analýzu (nesmú byť staršie ako 6 mesiacov od dňa vyhotovenia),

f) návrh na využívanie zdroja,

g) návrh na ochranu zdroja,

h) odborný posudok o liečivých účinkoch alebo iných priaznivých účinkoch zdroja na ľudský organizmus a jeho indikačné zameranie (nesmie byť starší ako 6 mesiacov od dňa vyhotovenia),

i) údaje z katastra nehnuteľností o vlastníctve nehnuteľnosti, na ktorej sa zdroj nachádza alebo ktorá môže byť využívaním zdroja dotknutá (nesmie byť starší ako 6 mesiacov od dňa vyhotovenia).

Podnet na vyhlásenie prírodného zdroja vody za prírodný zdroj minerálnej stolovej vody musí mať rovnaké náleži-

tosti, ale odborný posudok o liečivých účinkoch na ľudský organizmus sa v tomto prípade nahrádza odborným posudkom o vhodnosti zdroja z hľadiska farmakodynamických účinkov na ľudský organizmus. Zákon NR SR č. 277/1994 Z. z. v znení zákona č. 80/2000 Z. z. ustanovuje aj náležitosti podnetu na vyhlásenie prírodného zdroja rašeliny, slatiny alebo bahna za prírodný liečivý zdroj.

Ministerstvo zdravotníctva na základe splnenia podmienok vlastností prírodného zdroja a náležitostí podaného podnetu vydá všeobecne záväzný právny predpis, ktorým sa prírodný zdroj vyhlasuje za prírodný liečivý zdroj alebo prírodný zdroj minerálnej stolovej vody a ochranné pásmo tohto zdroja.

Prehľad vyhlásených prírodných liečivých zdrojov a prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody je v tab. 1. Vyhlásenie prírodného liečivého zdroja alebo prírodného zdroja minerálnej stolovej vody a jeho ochranné pásmo ministerstvo zruší, ak zdroj stratil predpísané vlastnosti a účinky.

Prírodný liečivý zdroj a prírodný zdroj minerálnej stolovej vody možno využívať iba na základe povolenia ministerstva zdravotníctva (ďalej len ministerstvo). V tejto súvislosti citovaný zákon stanovuje:

– za akých podmienok možno povolenie na využívanie prírodného liečivého zdroja alebo prírodného zdroja minerálnej stolovej vody (ďalej len zdroj) vydať,
– náležitosti povolenia,
– trvanie platnosti povolenia,
– podmienky zmeny, zrušenia a zániku povolenia.

V povolení ministerstvo určí využívateľa zdroja, účel a podmienky využívania zdroja a s tým súvisiace povinnosti využívateľa. Určuje sa najmä rozsah a spôsob využívania zdroja, podmienky na jeho fyzikálne, chemické, mikrobiologické, biologické a hydrologické sledovanie, na odborné zabezpečenie jeho využívania a ochrany a časové intervaly vykonávania fyzikálnych, chemických, mikrobiologických a biologických analýz. Zároveň sú povinnosti využívateľa priamo uložené v zákone. Osobitne je vyčlenené ustanovenie, podľa ktorého možno vykonať úpravu technických zariadení zdroja a ich produktov len po predchádzajúcom povolení ministerstva.

Ak využívateľ prestal plniť podmienky uvedené v povolení na využívanie, ministerstvo povolenie zruší.

Na kúpeľnú starostlivosť možno využívať iba prírodné zdroje vody, rašeliny, slatiny, bahna, plynov a emanácií vyhlásené za prírodné liečivé zdroje. Na spotrebiteľské balenie a verejnú distribúciu pod označením prírodná liečivá voda alebo prírodná minerálna stolová voda možno využívať len prírodný zdroj vody vyhlásený za prírodný liečivý zdroj alebo prírodný zdroj minerálnej stolovej vody.

Ochrana zdrojov

Ochrana zdrojov sa zabezpečuje určením ochranných pásiem a opatrení na ochranu zdrojov pred antropogénnou činnosťou, ktorá by mohla narušiť alebo nepriaznivo ovplyvniť výdatnosť, fyzikálne vlastnosti, chemické zloženie alebo hygienickú bezchybnosť zdrojov, ako aj celej hydrogeologickej štruktúry.

Nepriaznivý vplyv na zdroje môžu mať najmä podzemné a povrchové umelé zásahy do dynamiky prírodného režimu podzemných vôd. Môžu to byť práce podliehajúce banskému zákonu, hlbinné vŕtanie, hĺbenie (rozumie sa kopanie stavebných základov, studní, zariadení na ťažbu a uskladňovanie uhľovodíkov, ťažba štrku a piesku), výkopové práce, násypy, skládky, znečisťovanie povrchových vôd intenzívnou poľnohospodárskou, priemyselnou, vodohospodárskou činnosťou, podzemná a povrchová ťažba, dobývacie a trhacie práce.

Ochrana zdrojov musí byť individuálna a založená na dokonalom poznaní geologických a hydrogeologických pomerov celej žriedlovej štruktúry zdroja, jej genézy, typu, obsahu plynov a chemickej skladby.

Prírodné liečivé a prírodné minerálne vody sa vyznačujú špecifickými vlastnosťami, vyplývajúcimi z ich fyzikálno-chemických a biologických vlastností, z geologických podmienok vzniku, akumulácie a prúdenia v príslušnom geologickom prostredí. Tieto vlastnosti a podmienky sú veľmi variabilné, menia sa v závislosti od času, priestoru i hĺbky obehu, a preto metodiku výskumu a prieskumu hydrogeologickej štruktúry takýchto vôd orientovanú na ich ochranu nemožno unifikovať, ale sa musí pružne prispôsobovať prírodným podmienkam.

Na intenzívnu a efektívnu ochranu prírodných liečivých zdrojov a prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody sa spracúvajú geologické podklady na základe najnovších geologických, tektonických a hydrogeologických poznatkov získaných pri hydrogeologickom prieskume.

Vo všeobecnosti sa rozlišuje vnútorná a vonkajšia ochrana zdrojov.

Vnútorná ochrana zdrojov

Vnútorná ochrana zdroja je ochrana jeho hydrogeologickej existencie. Z toho vyplýva, že sa zabezpečuje od samého začiatku výskumných a prieskumných hydrogeologických prác, ktorých správne a cieľavedomé vedenie a presné hodnotenie patria medzi určujúce faktory tohto stupňa ochrany. Ak je známy pôvod vody, štruktúra, kvalitatívne aj kvantitatívne zloženie rozpustených tuhých látok a plynov, možno zdroj racionálne zachytiť, exploatovať a vodu z neho distribuovať. Vnútorná ochrana zdroja teda súvisí s výskumnými a prieskumnými prácami spätými s jeho zachytením a s vlastnou prevádzkou objektu a ich hlavným cieľom je získať nový zdroj. Ide o zásah do výstupných ciest minerálnej vody v samom centre výverovej oblasti.

Dôležitým faktorom vnútornej ochrany zdroja je spôsob jeho zachytenia. Sleduje sa ním jediný cieľ – zachytiť vodu bez strát a zmeny jej fyzikálno-chemických vlastností. Spôsob zachytenia by mal závisieť od charakteru zdroja, jeho spoločenskej hodnoty vo výberovej oblasti, výšky investičných nákladov, technickej dispozície a musí naplno zodpovedať balneotechnickým a krenotechnickým zásadám.

Súčasťou vnútornej ochrany zdroja je určenie optimálneho odberného množstva vody a režimu odberu. Ide o vytvorenie takých podmienok pre hydrogeologickú

Tab. 1
Prehľad vyhlásených prírodných liečivých zdrojov a prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody
Summary of declared natural healing sources and natural sources of mineral-rich potable waters

Lokalita	Zdroj	Vyhlásený ako
Baldovce	Baldovce II (vrt BV-1)	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
	vrt B-4/A	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
Bardejovské kúpele	Anna (vrt BJ-21)	prírodný liečivý zdroj
	Napoleon (vrt BJ-18)	prírodný liečivý zdroj
	Klára (vrt BJ-20)	prírodný liečivý zdroj
	Alžbeta (vrt BJ-24)	prírodný liečivý zdroj
	Hlavný	prírodný liečivý zdroj
	Lekársky	prírodný liečivý zdroj
	Herkules (vrt S-8)	prírodný liečivý zdroj
	Alexander (vrt BKH-3)	prírodný liečivý zdroj
	Kolonádny (vrt BJ-19)	prírodný liečivý zdroj
	František (vrt BKH-1)	prírodný liečivý zdroj
Bojnice	Jesenius II (vrt BR-1)	prírodný liečivý zdroj
	Starý prameň (vrt Z-2)	prírodný liečivý zdroj
	Jazero (vrt BR-2)	prírodný liečivý zdroj
	vrt BR-3	prírodný liečivý zdroj
Brusno	Paula	prírodný liečivý zdroj
	Ondrej (vrt BC-1)	prírodný liečivý zdroj
	Ludwig (Ľudovít)	prírodný liečivý zdroj
	Ďumbier (vrt PJ-104)	prírodný liečivý zdroj
Budiš	vrt B-3	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
	vrt B-4	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
	vrt B-5	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
	vrt B-6	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
Cigelka	vrt CH-1	prírodný liečivý zdroj
Čerín	vrt ČAM-1	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
Čilistov	vrt FGČ-1	prírodný liečivý zdroj
Číž	Hygiena	prírodný liečivý zdroj
Dudince	Kúpeľný (vrt S-3)	prírodný liečivý zdroj
	vrt HVD-1	prírodný liečivý zdroj
Hozelec	vrt ŠHG-1	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
Kláštor pod Znievom	Kláštorný (vrt KM-1)	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
Klokoč	vrt VBK-1	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
Korytnica	Jozef	prírodný liečivý zdroj
	Žofia	prírodný liečivý zdroj
	Vojtech II (vrt S-6)	prírodný liečivý zdroj
	Vojtech I	prírodný liečivý zdroj
	Klement (vrt S-7)	prírodný liečivý zdroj
	Ľudovít (vrt BJ-2A)	prírodný liečivý zdroj
Kováčová	vrt K-2	prírodný liečivý zdroj
Liptovská Osada	vrt HKV-2	prírodný liečivý zdroj
Liptovská Štiavnica	Vitalita (vrt LŠH-1)	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
Lipovce-Salvátor	Cifrovaný (vrt S-1)	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
	Salvátor I (vrt S-2)	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
Lúčky	Valentína (vrt BJ-101)	prírodný liečivý zdroj
	Kúpeľný II (vrt BLK-2)	prírodný liečivý zdroj
Martin-Záturčie	Fatra II (vrt BJ-2)	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
	vrt BJ-4	prírodný liečivý zdroj
Mníchova Lehota	vrt HG-3	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
Mošovce	vrt MH-1	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
Nimnica	vrt B-8	prírodný liečivý zdroj
	vrt B-7	prírodný liečivý zdroj
	vrt B-9	prírodný liečivý zdroj
Nová Ľubovňa	Veronika (vrt LZ-6)	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
Piešťany	Hynie (vrt V-4a)	prírodný liečivý zdroj
	Torkoš (vrt V-8)	prírodný liečivý zdroj
	Scherer (vrt V-9)	prírodný liečivý zdroj
	Crato (vrt V-10)	prírodný liečivý zdroj
	Trajan	prírodný liečivý zdroj
	vrt VLÚ-1	prírodný liečivý zdroj
	Cmunt V-1	prírodný liečivý zdroj
	Beethoven V-7	prírodný liečivý zdroj
	Slovan (vrt PS-1)	prírodný liečivý zdroj
	Slovák (vrt PS-4)	prírodný liečivý zdroj
	Sláv (vrt PS-2)	prírodný liečivý zdroj

	Slovien (vrt PS-3)	prírodný liečivý zdroj
Rajecké Teplice	Kúpeľný (vrt BJ-22)	prírodný liečivý zdroj
	Mužský bazén (vrt B-3)	prírodný liečivý zdroj
	Ženský bazén I (vrt B-1)	prírodný liečivý zdroj
	Ženský bazén II (vrt B-2)	prírodný liečivý zdroj
	vrt BJ-19	prírodný liečivý zdroj
Santovka	vrt B-15	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
	Santovka II (vrt HG-4)	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
	Santovka I (vrt B-6)	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
Sklené Teplice	Born (vrt ST-2)	prírodný liečivý zdroj
	Banský	prírodný liečivý zdroj
	Zipser (vrt ST-1)	prírodný liečivý zdroj
	Vojtech	prírodný liečivý zdroj
	Jozef	prírodný liečivý zdroj
Slatina	Slatina IV (vrt BB-1)	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
	Slatina V (vrt BB-2)	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
Sliač	Bystrica	prírodný liečivý zdroj
	Štefánik	prírodný liečivý zdroj
	Lenkey	prírodný liečivý zdroj
	Adam	prírodný liečivý zdroj
	Kúpeľný (vrt IA)	prírodný liečivý zdroj
Sulín	vrt MS-1	prírodný liečivý zdroj
Smrdáky	Jozef I (vrt ST-2)	prírodný liečivý zdroj
	Jozef II (vrt Z-1)	prírodný liečivý zdroj
Starý Smokovec	vrt SK-1	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
Šamorín	vrt FGČ-1	prírodný liečivý zdroj
Tornaľa	vrt HVŠ -1	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
Trenčianske Mitice	vrt MP-1	prírodný zdroj minerálnej stolovej vody
Trenčianske Teplice	Sina I (vrt V-2)	prírodný liečivý zdroj
	Letný prameň (vrt SB-3)	prírodný liečivý zdroj
	Príma (vrt P-1)	prírodný liečivý zdroj
	Sina II (vrt V-3)	prírodný liečivý zdroj
	Wernher II (vrt SB-5A)	prírodný liečivý zdroj
	Wernher (vrt SB-5)	prírodný liečivý zdroj
	Tomáš (vrt TT-2)	prírodný liečivý zdroj
Turčianske Teplice	Ľudový bazén	prírodný liečivý zdroj
	vrt TTM-2	prírodný liečivý zdroj
	vrt TTM-1	prírodný liečivý zdroj
	Červený bazén	prírodný liečivý zdroj
	Modrý bazén	prírodný liečivý zdroj
	Kollár (vrt B-2)	prírodný liečivý zdroj
	Živena (vrt TJ-3)	prírodný liečivý zdroj
	Materský (vrt TJ-20)	prírodný liečivý zdroj
Vyšné Ružbachy	Pri pošte (vrt VR-2)	prírodný liečivý zdroj
	Izabela	prírodný liečivý zdroj

štruktúru alebo jej časť, pri ktorých bude zdroj dodávať vodu požadovanej kvality.

Nesprávne určenie optimálneho odberného množstva môže zmeniť:

– fyzikálno-chemické vlastnosti vody a rovnovážny stav medzi jej zložkami,
– tlak v záchytných a pozorovacích objektoch,
– obsah plynov,
– piezometrickú hladinu v okolí záchytných objektov,
– výdatnosť zdroja.

Najčastejším dôsledkom prekročenia optimálneho odberného množstva vody je taký pokles piezometrickej hladiny, že k záchytným objektom minerálnej vody priteká obyčajná voda a mení kvalitu minerálnej vody zdroja.

Dôležitým východiskom pri určovaní optimálneho odberného množstva z jednotlivých zdrojov aj z hydrogeologickej štruktúry alebo jej časti je hydrodynamická skúška a jej hodnotenie. Ak sa určené odberné množstvo prekračuje dlhší čas, môže sa znehodnotiť zdroj ako celok, a preto medzi základné povinnosti využívateľov zdroja alebo zdrojov patrí sledovanie hydrogeologických, hydrologických, fyzikálnych, chemických a iných charakteristických vlastností týchto zdrojov. Medzi základné sledované údaje patrí výdatnosť zdroja, úroveň hladiny podzemnej vody, teplota vody, obsah plynov a kvantitatívne určovanie charakteristických iónov. Na to by sa mala zriadiť kvalifikovaná pozorovateľská služba s povinnosťou sledovať aj vzájomnú závislosť režimu podzemných vôd a klimatických činiteľov. Rozsah a časový rozvrh pozorovaní sa určujú individuálne pri každom zdroji a ich výsledky môžu byť prvým indikátorom aj prípadného poškodenia zdroja.

Výskumné a prieskumné práce vo vývervových oblastiach vody sú najbezprostrednejším zásahom do ich režimu (Fendeková, 1996), a preto sa musia dokonale pripraviť. Na začatie prieskumných prác je nevyhnutný súhlas inšpektorátu kúpeľov a žriediel MZ SR a musí sa pri nich:

– zdokumentovať litostratigrafická povaha prevŕtaných hornín a všetkých zvodnených kolektorov,
– vykonať hydrodynamické skúšky,
– zistiť hydraulické pomery zvodnených kolektorov, fyzikálne, chemické a iné vlastnosti vody, ich vzájomné vzťahy, ako aj ich zmeny v priebehu prieskumných prác,
– merať množstvo plynov,
– ihneď uzavrieť prieskumné diela, ak hrozí náhle uvoľnenie tlaku podzemnej vody a plynu, ktoré by mohlo ohroziť alebo narušiť režim minerálnej vody,
– trvalo využívať prieskumné diela na kúpeľné účely alebo na plnenie,
– likvidovať prieskumné diela pri zachovaní pôvodných hydrogeologických podmienok režimu zdrojov.

Do vnútornej ochrany zdrojov patrí aj riešenie zmien fyzikálno-chemického zloženia vody spôsobovaných jej interakciou s materiálom záchytných objektov a potrubí transportujúcich vodu a s tým súvisiacich technologických problémov (korózia, inkrustácia a pod.).

Vonkajšia ochrana zdrojov

Vonkajšia ochrana zdrojov je ochrana pred nevhodnou antropogénnou činnosťou, a chráni celú geologickú štruktúru alebo jej časti pred nežiaducimi zásahmi každého druhu. Týka sa celého územia súvisiaceho s využívaním zdrojov.

Za potenciálne a reálne zdroje znehodnocovania životného prostredia a znečisťovania podzemných vôd sa vo všeobecnosti pokladajú:

– prevádzky znečisťujúce ovzdušie (napr. CO_2, SO_2, popolčekom, sadzou a pod.) najmä v okolí veľkých priemyselných aglomerácií a miest,
– prevádzky produkujúce odpadové látky,
– výroba, skladovanie a transport zdraviu škodlivých látok,
– sídliskové aglomerácie, ako aj súkromné domy, najmä poľnohospodárske usadlosti,
– skládky a depónie odpadkov a látok náchylných na vylúhovanie,
– banská činnosť, ťažba štrku a piesku, kameňolomy devastujúce pôdu, odkrývanie hladiny podzemnej vody, doprava a s ňou späté prevádzky a parkoviská,
– poľnohospodárska činnosť, používanie priemyselných hnojív, insekticídnych prípravkov, hnojiská, silážne jamy a pod.,
– zavlažovanie škodlivou vodou,
– regulácia povrchových tokov, zátopy,
– kanalizácia a s ňou súvisiace čistiarne,
– kanály odpadovej vody, opustené šachty, kanály, studne, kempingy, táboriská, športové ihriská, chatové osady nedostatočne vybavené hygienickými zariadeniami a iné druhy znečisťovania,
– práce, pri ktorých sa používajú výbušné látky.

Ochrana hydrogeologických štruktúr, na ktoré sa viažu minerálne vody, zahŕňa ochranu 1. výverovej, 2. tranzitno-akumulačnej a 3. infiltračnej oblasti (Melioris a Krahulec, 1993).

V súvislosti s tým sa zvyčajne stanovujú ochranné pásma.

Ochranné pásmo 1. stupňa chráni výverovú oblasť, teda oblasť, kde sa voda dostáva na zemský povrch v prirodzených prameňoch alebo zachytená vrtmi.

Ochranné pásmo 2. stupňa chráni oblasť tvorby, akumulácie a pohybu podzemnej vody v horninovom prostredí.

Ochranné pásmo 3. stupňa chráni oblasť, v ktorej infiltrujú atmosférické zrážky do horninového prostredia a ďalej sa zúčastňujú na obehu a tvorbe minerálnej vody.

Na ochranu zdrojov v medziobdobí, pre ktoré nie sú stanovené alebo sa menia ochranné pásma a iné ochranné opatrenia, môže MZ SR určiť nevyhnutné dočasné ochranné opatrenia.

Súčasný stav ochrany prírodných liečivých zdrojov podľa lokalít ich využívania v prírodných liečivých

Tab. 2
Súčasný stav ochrany prírodných liečivých zdrojov na Slovensku
Recent state of protection of natural healing sources in Slovakia

Por. č.	Lokalita (prírodné liečebné kúpele)	Hydrogeologický prieskum s cieľom návrhu ochranných pásiem	Vyhlásené ochranné pásma PLZ
1	Bardejov	Áno	vyhláška MZ SR č. 16/2000 Z. z.
2	Bojnice	Áno	uznesenie vlády SSR č. 238/1972
3	Brusno	Áno	vyhláška MZ SR č. 17/2000 Z. z.
4	Číž	Áno	vyhláška MZ SR č. 18/2000 Z. z.
5	Dudince	Áno	vyhláška MZ SR č. 19/2000 Z. z.
6	Kováčová	Áno	vyhláška MZ SR č. 22/2000 Z. z.
7	Korytnica	Áno	vyhláška MZ SR č. 116/2002 Z. z.
8	Lúčky	Áno	rozhodnutie povereníka zdravotníctva č. 9740/1960
9	Nimnica	---	registrované v Ústrednom vestníku č. 3/1969
10	Piešťany	---	uznesenie predsedníctva SNR č. 134/1968
11	Rajecké Teplice	Áno	vyhláška MZ SR č. 481/2000 Z. z.
12	Sklené Teplice	Áno	vyhláška MZ SR č. 21/2000 Z. z.
13	Sliač	Áno	vyhláška MZ SR č. 22/2000 Z. z.
14	Smrdáky	Áno	vyhláška MZ SR č. 482/2001 Z. z.
15	Trenčianske Teplice	Áno	rozhodnutie povereníka zdravotníctva č. 9745/1960
16	Turčianske Teplice	Áno	vyhláška MZ SR č. 23/2000 Z. z.
17	Vyšné Ružbachy	Áno	vyhláška MZ SR č. 24/2000 Z. z.
18	*Šamorín (nevyužíva sa)	Nie	rozhodnutie MZ SR č. 374/1998-A/IKŽ-80

Tab. 3
Súčasný stav ochrany prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody (resp. prírodných liečivých zdrojov)
Recent state of protection of natural sources of mineral-rich potable waters, resp. natural healing sources

Plniareň – názov spotrebiteľského balenia	Hydrogeologický prieskum s cieľom návrhu ochranných pásiem resp. PLZ	Vyhlásené ochranné pásma PZMSV
Baldovce – *Baldovská*	Áno	vyhláška MZ SR č. 16/2000 Z. z.
Budiš – *Budiš*	Áno	vyhláška MZ SR č. 115/2002 Z. z.
Cigeľka – *Cigeľka*	Áno	vyhláška MZ SR č. 480/2001 Z. z.
Korytnica – *Korytnica*	Áno	vyhláška MZ SR č. 116/2002 Z. z.
Lipovce – *Salvator*	Áno	vyhláška MZ SR č. 479/2001 Z. z.
Martin – *Fatra*	Áno	vyhláška MZ SR č. 20/2000 Z. z.
Santovka – *Santovka*	Áno	vyhláška MZ SR č. 19/2000 Z. z.
Slatina – *Slatina*	Áno	vyhláška MZ SR č. 19/2000 Z. z.
Čerín – *AQUA PRIMA*	Nie	vyhláška MZ SR č. 22/2000 Z. z.
Trenčianske Mitice – *Mitická*	Nie	vyhláška MZ SR č. 66/2000 Z. z.

kúpeľoch uvádza tab. 2, prírodných liečivých zdrojov a prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody podľa lokalít ich využívania v plniarňach tab. 3 a lokalít, kde sa majú vybudovať plniarne minerálnej vody, tab. 4.

Využívanie prírodných liečivých zdrojov v prírodných liečebných kúpeľoch na Slovensku

Prírodné liečivé kúpele na Slovensku majú bohatú a dlhú tradíciu a priaznivý účinok ich vody na ľudský organizmus je známy odnepamäti.

V minulosti boli aj malé kúpele, v ktorých sa vodou liečili rozličné choroby, ale ich význam spočíval prevažne v rekreačno-rehabilitačnej činnosti. Takéto prevádzky miestneho významu postupne zanikali. Boli to napr. *Veľaty, Byšta, Sobrance, Gánovce, Hodejov, Chalmová, Malé Bielice, Smerdžonka, Nová Ľubovňa, Myšľa, Kelča, Išľa, Cemjata, Sabinov, Cigeľka, Baldovce, Ľubica, Hajnáčka, Želovce, Kráľová, Badín, Bacúch, Pukanec, Liptovská Štiavnica, Oravská Polhora, Pezinok, Svätý Jur.*

V súčasnosti je na Slovensku 17 prírodných liečebných kúpeľov (tab. 2) využívajúcich prírodné liečebné zdroje *(Bardejovské kúpele, a. s.; Kúpele Bojnice, a. s.; Horehronská liečebná spoločnosť, a. s., Brusno; Prírodné jódové kúpele, a. s., Číž; Hontterma, a. s., Dudince; Fatranské liečebné kúpele, a. s., Korytnica; Kúpele Sliač a Kováčová, a. s. (Kováčová); Liptovské liečebné kúpele, a. s., Lúčky; Kúpele Nimnica, a. s.; Slovenské liečebné kúpele, a. s., Piešťany; Slovenské liečebné kúpele, a. s., Rajecké Teplice; Liečebné termálne kúpele, a. s., Sklené Teplice; Kúpele Sliač a Kováčová, a. s. (Sliač); Slovenské liečebné kúpele, a. s., Piešťany – Smrdáky; Slovenské liečebné kúpele, a. s., Trenčianske Teplice; Slovenské liečebné kúpele, a. s., Turčianske Teplice; Kúpele Vyšné Ružbachy, a. s.)* a 6 klimatických prírodných liečebných kúpeľov využívajúcich na liečbu iba priaznivé klimatické podmienky *(Kúpele Horný Smokovec, a. s.; Kúpele Lučivná, a. s.; Kúpele Nový Smokovec, a. s.; Kúpele Štós, a. s.; Kúpele Štrbské Pleso, a. s.; a Prírodné liečebné kúpele Kunerad – SLK, a. s., Rajecké Teplice).*

Využívanie prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody alebo prírodných liečebných zdrojov v plniarňach na Slovensku

Na Slovensku je 10 plniarní (tab. 3) využívajúcich prírodné zdroje minerálnej stolovej vody alebo prírodné liečivé zdroje *(Minerálne vody, a. s., Prešov, závod Baldovce;*

Tab. 4
Súčasný stav ochrany prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody resp. prírodných liečivých zdrojov na lokalitách so zámerom vybudovať plniarne minerálnej vody, resp. etapa realizácie novej plniarne
Recent state of protection of natural sources of mineral-rich potable waters in localities aimed for construction of mineral-rich water bottling utilities, resp. the state of operation of a new bottling utility

Plniareň – názov spotrebiteľského balenia	Ochranné pásma (hydrogeologický prieskum)	Vyhlásené ochranné pásma PZMSV, resp. PLZ
Liptovská Štiavnica	Nie	rozhodnutie MZ SR č. 1462/98-A-IKŽ/358
Klokoč – *Klokočina*	Nie	rozhodnutie MZ SR č. 373/98-A/IKŽ-79
Liptovská Osada	Nie	vyhláška MZ SR č. 113/2002 Z. z.
Hozelec	Nie	rozhodnutie MZ SR č. 1896/98-A-472/IKŽ
Mníchova Lehota	Nie	vyhláška MZ SR č. 287/2000 Z. z.
Mošovce	Nie	vyhláška MZ SR č. 477/2001 Z. z.
Starý Smokovec	Nie	vyhláška MZ SR č. 112/2002 Z. z.
Kláštor pod Znievom – *Kláštorná*	Nie	vyhláška MZ SR č. 525/2001 Z. z.
Nová Ľubovňa – *Veronika*	Nie	rozhodnutie MZ SR č. 1604/98-A-399/IKŽ
Tornaľa – *Geminal*	Áno	vyhláška MZ SR č. 114/2002 Z. z.
Sulín – *Sulínka*	Nie	rozhodnutie MZ SR č. 1605/98-A-400/IKŽ

Stredoslovenské žriedla, a. s., Budiš, závod Budiš; Minerálne vody, a. s., Prešov, závod Cigeľka; Fatranské liečebné kúpele, a. s., Korytnica; Minerálne vody, závod Salvátor, Lipovce; Stredoslovenské žriedla, a. s., Budiš Martin; Čačin; Západoslovenské žriedla, a. s., Santovka; Západoslovenské žriedla, a. s., Senica – Trenčianske Mitice).

Voda z ďalších lokalít so zdrojmi na plniarenské využívanie vyhlásenými za prírodné zdroje stolovej minerálnej vody alebo za prírodné liečivé zdroje sa distribuuje *(Kláštor pod Znievom, Nová Ľubovňa, Tornaľa* a *Sulín),* ale lokality nemajú vybudované plniarenské závody alebo sú ešte vo výstavbe.

Ostatné lokality s vyhlásenými zdrojmi vodu doteraz nedistribuujú a nemajú vybudované plniarne (obr. 4).

Povinnosti orgánov, fyzických a právnických osôb pri ochrane prírodných liečebných kúpeľov, prírodných liečivých zdrojov a prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody

Na ochranu prírodných liečebných kúpeľov, prírodných liečivých zdrojov a prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody zákon určuje činnosť, ktorej vykonávanie je pri schvaľovaní príslušným orgánom podmienená vydaním záväzného posudku alebo stanoviska ministerstva. Vlastníkom a správcom lesných porastov v kúpeľnom mieste a v ochranných pásmach zákon ukladá povinnosť prispôsobiť obhospodarovanie porastov s ohľadom na prírodné liečivé zdroje alebo prírodné zdroje minerálnej vody. Vlastníci pozemkov so zdrojom, pri ktorom sa predpokladá, že bude vyhlásený za chránený, sú povinní zdržať sa každej činnosti, ktorá by mohla negatívne ovplyvniť jeho kvantitatívne a kvalitatívne vlastnosti.

Organizácie vykonávajúce geologické práce, banskú alebo banským spôsobom vykonávanú prácu, ako aj iné zemné práce sú povinné zistenie prírodného zdroja minerálnej vody, plynu alebo rádiovej emanácie ohlásiť MZ SR najneskôr do 15 dní. Inšpektorát kúpeľov a žriediel registruje všetky zdroje prírodnej minerálnej vody, plynu alebo emanácie, ktoré neboli doteraz vyhlásené za prírodné liečivé zdroje alebo za prírodné zdroje minerálnej stolovej vody, ako aj všetky vyhlásené prírodné liečivé zdroje a prírodné zdroje minerálnej stolovej vody.

Záver

Na Slovensku možno aj pre budúce generácie zachovať samu existenciu, ako aj vlastnosti prírodných liečivých zdrojov a prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody v stave, v akom sú využiteľné v liečebnom kúpeľníctve, resp. vodu v spotrebiteľskom balení ako kvalitný osviežujúci nápoj, iba pri plnení povinností vyplývajúcich z komplexu právnych noriem a z ostatných ochranných dokumentov.

Na zabezpečenie celoštátneho dozoru nad opatreniami na ochranu prírodných liečebných kúpeľov a prírodných liečivých zdrojov, prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody a klimatických podmienok priaznivých na liečenie je na MZ SR vytvorený inšpektorát kúpeľov a žriediel a jednou z jeho základných úloh na tomto úseku je pravidelná kontrola sledovania chemických, fyzikálnych, mikrobiologických a iných stanovených parametrov vyhlásených zdrojov. Toto sledovanie a hodnotenie je veľmi dôležité, lebo merané hodnoty dokumentujú aj stav celej hydrogeologickej štruktúry, v ktorej sa príslušný typ prírodnej liečivej alebo minerálnej vody tvorí, akumuluje a rozličnými výstupnými cestami dostáva na zemský povrch. Výrazné odchýlky v údajoch z pozorovaní bývajú prvým indikátorom poškodenia zdroja alebo znečistenia jeho infiltračnej a akumulačnej oblasti.

Literatúra

Fendeková, M., 1996: Režim podzemných vôd vybraných hydrogeologických celkov Slovenska. *Podzemná voda 1/1996, 1. Slovenská asociácia hydrogeológov, Bratislava. s. 23–31.*

Melioris, L. & Krahulec, P., 1993: Súčasný stav využívania a ochrany minerálnych vôd na Slovensku. *Zbor. z konferencie Vodné zdroje a ich ochrana. Bratislava, STU. s. 57–70.*

Zákony, vyhlášky, smernice, STN a ON

- zákon o československých kúpeľoch a žriedlach č. 43 z roku 1955,
- vyhláška ministerstva zdravotníctva o ochrane prírodných liečivých kúpeľov a prírodných liečivých zdrojov a o ich využívaní č. 151 z roku 1956,
- zákon o starostlivosti o zdravie ľudu č. 20 z roku 1966,
- ČSN 86 8000 Prírodné liečivé vody a prírodné minerálne vody stolové z roku 1965,
- vyhláška MZ SSR č. 15 z roku 1972 o ochrane a rozvoji prírodných liečebných kúpeľov a prírodných liečivých zdrojov,
- smernica SGÚ a MZ SSR č. 55/1977 na získavanie podkladov na stanovenie ochranných pásiem prírodných liečivých zdrojov a prírodných zdrojov stolovej minerálnej vody,
- vyhláška MZ SSR č. 77/1982 Zb., ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška č. 15/1972 Zb. – spresňuje evidenciu termálnych a minerálnych vôd, plynov, emanácií atď.,
- ON 86 8001 Prírodné liečivé vody a prírodné minerálne vody stolové z roku 1984 – charakteristika jednotlivých prameňov,
- metodický pokyn SGÚ a MZ a SV SSR z roku 1989 na stanovenie ochranných pásiem prírodných liečivých zdrojov a prírodných zdrojov stolovej minerálnej vody,
- zákon NR SR č. 277/1994 Z. z. o zdravotnej starostlivosti,
- zákon NR SR č. 241/1998 Z. z. o zdravotnej starostlivosti, ktorým sa mení a dopĺňa zákon NR SR č. 277/1994 Z. z. o zdravotnej starostlivosti v znení neskorších predpisov,
- zákon NR SR č. 80/2000 Z. z., ktorým sa mení a dopĺňa zákon NR SR č. 277/1994 Z. z. o zdravotnej starostlivosti v znení neskorších predpisov,
- vyhláška MZ SR č. 212/2000 o rozdelení, rozsahu

sledovania a obsahu analýz prírodných liečivých zdrojov a prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody,
- výnos MP SR a MZ SR č. 2313/2000 – 100, ktorým sa vydáva hlava potravinového kódexu SR upravujúca nápoje,
- zákon SNR č. 44/1988 Zb. o ochrane a využívaní nerastného bohatstva (banský zákon) v znení zákona SNR č. 498/1991 Zb. a niektoré s ním súvisiace predpisy,
- zákon SNR č. 71/1967 Zb. o správnom konaní,
- zákon č. 313/1999 o geologických prácach a štátnej geologickej správe (geologický zákon),
- vyhláška MŽP SR č. 141/2000, ktorou sa vykonáva geologický zákon,
- zákon NR SR č. 223/2001 o odpade a o zmene a doplnení niektorých zákonov,
- vyhláška MŽP SR č. 283/2001 o vykonávaní niektorých ustanovení zákona o odpade,
- vyhláška MŽP SR č. 284/2001, ktorou sa ustanovuje katalóg odpadov,
- zákon NR SR č. 184/2002 o vodách a o zmene a doplnení niektorých zákonov (vodný zákon).

Všeobecne záväzné právne predpisy, ktorými sa vyhlásili prírodné liečivé zdroje a prírodné zdroje minerálnej stolovej vody

1) úprava MZ SSR č. Z-2041-2050/1975-D/4 zo 16. júna 1975 registrovaná v čiastke 40/1975 Zb., ktorou sa za prírodné liečivé zdroje vyhlásili prirodzene sa vyskytujúce zdroje vody týchto prameňov:
   1. Jesenius v Bojniciach, okr. Prievidza,
   2. Prameň mládeže v Nimnici, okr. Považská Bystrica,
   3. Ženský bazén I v Rajeckých Tepliciach, okr. Žilina,
   4. Ženský bazén II v Rajeckých Tepliciach, okr. Žilina,
   5. Mužský bazén v Rajeckých Tepliciach, okr. Žilina,
   6. Modrý bazén v Turčianskych Tepliciach, okr. Martin,
   7. Červený bazén v Turčianskych Tepliciach, okr. Martin,
   8. Kollár v Turčianskych Tepliciach, okr. Martin,
   9. Živena v Turčianskych Tepliciach, okr. Martin,
   10. Fatra v Záturčí, okr. Martin.
2) úprava MZ SSR č. Z-2051-2053/1975-D/4 zo 16. júna 1975 registrovaná v čiastke 40/1975 Zb., ktorou sa vyhlásili za zdroje prírodnej stolovej minerálnej vody prirodzene sa vyskytujúce zdroje vody týchto prameňov:
   1. Santovka II v Santovke, okr. Levice,
   2. Slatina II v Slatine, okr. Levice,
   3. Slatina III v Slatine, okr. Levice.
3) úprava MZ SSR č. Z-4611-4616/1978-D/4 z 1. marca 1978 registrovaná v čiastke 31/1978 Zb., ktorou sa vyhlasujú niektoré prirodzene sa vyskytujúce zdroje vody v katastrálnom území Bardejovských Kúpeľov za prírodné liečivé zdroje,
4) výnos MZ SR č. 694/1996-A z 11. marca 1996 o vyhlásení prírodných zdrojov za prírodné liečivé zdroje a za zdroje minerálnej stolovej vody registrovaný ako oznámenie č. 117/1996 Z. z.,
5) vyhláška MZ SR č. 2/2000 Z. z., ktorou sa vyhlasuje prírodný zdroj minerálnej vody v obci Budiš a Trenčianske Mitice za prírodný zdroj minerálnej stolovej vody,
6) vyhláška MZ SR č. 89/2000 Z. z. o vyhlásení prírodných liečivých zdrojov a prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody,
7) vyhláška MZ SR č. 179/2000 Z. z., ktorou sa vyhlasuje prírodný zdroj vody v obci Dudince za prírodný liečivý zdroj,
8) vyhláška MZ SR č. 287/2000 Z. z., ktorou sa vyhlasuje prírodný zdroj minerálnej vody v obci Mníchova Lehota za prírodný zdroj minerálnej stolovej vody a ochranné pásma prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody v Mníchovej Lehote,
9) vyhláška MZ SR č. 477/2001 Z. z., ktorou sa vyhlasuje zdroj podzemnej vody v obci Mošovce za prírodný zdroj minerálnej stolovej vody a ochranné pásma prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody v Mošovciach,
10) vyhláška MZ SR č. 113/2002 Z. z., ktorou sa vyhlasuje zdroj podzemnej vody v obci Liptovská Osada za prírodný liečivý zdroj a ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov v Liptovskej Osade,
11) vyhláška MZ SR č. 115/2002 Z. z., ktorou sa vyhlasuje zdroj podzemnej vody v obci Budiš za prírodný zdroj minerálnej stolovej vody a ochranné pásma prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody v Budiši,
12) vyhláška MZ SR č. 112/2002 Z. z., ktorou sa vyhlasuje zdroj podzemnej vody v katastrálnom území Starý Smokovec v meste Vysoké Tatry za prírodný zdroj minerálnej stolovej vody a ochranné pásma prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody v Starom Smokovci.

Všeobecne záväzné právne predpisy, ktorými sa vyhlásili ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov a prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody

1) vyhláška MZ SR č. 478/2001 Z. z., ktorou sa vyhlasujú ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov v Baldovciach,
2) vyhláška MZ SR č. 16/2000 Z. z., ktorou sa vyhlasujú ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov v Bardejove,
3) vyhláška MZ SR č. 17/2000 Z. z., ktorou sa vyhlasujú ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov v Brusne,
4) vyhláška MZ SR č. 115/2002 Z. z., ktorou sa vyhlasuje zdroj podzemnej vody v obci Budiš za prírodný zdroj minerálnej stolovej vody a ochranné pásma prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody v Budiši,
5) vyhláška MZ SR č. 480/2001 Z. z., ktorou sa vyhlasujú ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov v Cigeľke,
6) vyhláška MZ SR č. 18/2000 Z. z., ktorou sa vyhlasujú ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov v Číži,
7) vyhláška MZ SR č. 19/2000 Z. z., ktorou sa vyhlasujú ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov v Dudinciach a prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody v Santovke a v Slatine,
8) vyhláška MZ SR č. 525/2001 Z. z., ktorou sa vyhla-

sujú ochranné pásma prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody v Kláštore pod Znievom,
9) vyhláška MZ SR č. 113/2002 Z. z., ktorou sa vyhlasuje zdroj podzemnej vody v obci Liptovská Osada za prírodný liečivý zdroj a ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov v Liptovskej Osade,
10) vyhláška MZ SR č. 116/2002 Z. z., ktorou sa vyhlasujú ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov v Liptovskej Osade,
11) vyhláška MZ SR č. 479/2001 Z. z., ktorou sa vyhlasujú ochranné pásma prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody v Lipovciach,
12) vyhláška MZ SR č. 20/2000 Z. z., ktorou sa vyhlasujú ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov a prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody v Martine,
13) vyhláška MZ SR č. 477/2001 Z. z., ktorou sa vyhlasuje zdroj podzemnej vody v obci Mošovce za prírodný zdroj minerálnej stolovej vody a ochranné pásma prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody v Mošovciach,
14) vyhláška MZ SR č. 287/2000 Z. z., ktorou sa vyhlasuje prírodný zdroj minerálnej vody v obci Mníchova Lehota za prírodný zdroj minerálnej stolovej vody a ochranné pásma prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody v Mníchovej Lehote,
15) vyhláška MZ SR č. 481/2001 Z. z., ktorou sa vyhlasujú ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov v Rajeckých Tepliciach,
16) vyhláška MZ SR č. 21/2000 Z. z., ktorou sa vyhlasujú ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov v Sklených Tepliciach,
17) vyhláška MZ SR č. 112/2002 Z. z., ktorou sa vyhlasuje zdroj podzemnej vody v katastrálnom území Starý Smokovec v meste Vysoké Tatry za prírodný zdroj minerálnej stolovej vody a ochranné pásma prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody v Starom Smokovci,
18) vyhláška MZ SR č. 482/2001 Z. z., ktorou sa vyhlasujú ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov v Smrdákoch,
19) vyhláška MZ SR č. 22/2000 Z. z., ktorou sa vyhlasujú ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov v Kováčovej a v Sliači,
20) vyhláška MZ SR č. 114/2002 Z. z., ktorou sa vyhlasujú ochranné pásma prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody v Tornali,
21) vyhláška MZ SR č. 23/2000 Z. z., ktorou sa vyhlasujú ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov v Turčianskych Tepliciach,
22) vyhláška MZ SR č. 66/2000 Z. z., ktorou sa vyhlasujú ochranné pásma prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody v Trenčianskych Miticiach,
23) vyhláška MZ SR č. 23/2000 Z. z., ktorou sa vyhlasujú ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov vo Vyšných Ružbachoch.

Vyhlásenia ochranných pásiem prírodných liečivých zdrojov a prírodných zdrojov minerálnej stolovej vody inými predpismi

1) rozhodnutie povereníka zdravotníctva č. 9740 zo 4. mája 1960, ktorým sa dočasne určili ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov kúpeľného miesta Lúčky,
2) rozhodnutie povereníka zdravotníctva č. 9745 zo 4. mája 1960, ktorým sa dočasne určili ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov kúpeľného miesta Trenčianske Teplice,
3) rozhodnutie povereníka zdravotníctva č. 9728 zo 4. mája 1960, ktorým sa dočasne určili ochranné pásma minerálnych prameňov v Maštinci pri Poltári, (ale nie je tam vyhlásený zdroj),
4) rozhodnutie povereníka zdravotníctva č. 9734 zo 4. mája 1960, ktorým sa dočasne určili ochranné pásma minerálnych prameňov v Oravskej Polhore (ale nie je tam vyhlásený zdroj),
5) rozhodnutie povereníka zdravotníctva č. 9727 zo 4. mája 1960, ktorým sa dočasne určili ochranné pásma minerálnych prameňov v Sobranciach (ale nie je tam zdroj vyhlásený).

Ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov kúpeľného miesta Nimnica – vyhlásené vládou SSR podľa § 48 zákona č. 20/1966 – zverejnené v čiastke 3 v Ústrednom vestníku SSR z 29. septembra 1969.

Ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov kúpeľného miesta Piešťany – uznesenie predsedníctva SNR č. 134 z 5. augusta 1968.

Ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov kúpeľného miesta Bojnice – uznesenie vlády SSR č. 238/1972.

Protection of natural healing sources and natural sources of mineral-rich potable waters in Slovakia

Natural healing waters and mineral-rich potable waters, belonging to mineral waters, are very important from economic, cultural and therapeutic aspects. They are sources of precious water-soluble elements and are one of the substances with specific importance for people and their health. Besides being used for healing purposes in spas as natural healing waters, they are also used as refreshing beverages (mineral-rich potable waters). They have specific qualities, resulting from their physical, chemical and biological properties, being formed in specific geological and hydrogeological conditions.

According to Slovak Constitution, surface and ground waters (including mineral waters) are part of the national heritage and their active protection results directly from the Act No. 138/73 Coll., on Waters (water law), as amended (Slovak Parliamentary Act No. 238/1993 Coll., Slovak Parliamentary Act No. 199/1995 Coll.). According to the law, natural healing waters and mineral-rich potable waters are designed as "special

waters" and the water law applies on them only if so specified. Natural healing waters and mineral-rich potable waters are subject of the Part 9 of the Slovak Parliamentary Act No. 277/1994 Coll., on Healthcare, as amended in the Slovak Parliamentary Act No. 80/2000 Coll.

Natural water resources are worth to be declared for natural healing sources in the case, that they fulfil separately or together these properties:

– they contain amount of dissolved solids higher than one gram per one litre of water,

– they contain amount of dissolved gases higher than one gram per one litre of water in the case of CO_2 and higher than one milligram per one litre of water in the case of H_2S,

– they contain pharmacologically important components and have therapeutic effects, because of their physical properties and chemical composition.

At the same time, according to scientific evidence, having the health-beneficial effects, they can be used for healing purposes in their natural state or after such an adjustment, which does not damage their healing properties, their application is beneficial for man and they are hygienically harmless (also in the case of declaration of natural resources of peats, swamps, muds, gases and emanations).

Natural water resources are worth to be declared for mineral-rich potable waters in the case, that they fulfil these properties:

– they contain not more than five grams of dissolved solids per one liter of water and the content of dissolved CO_2 is higher than one gram per one liter of water,

– they do not have marked pharmaceutical-dynamic effects.

The first regulations concerning the protection of mineral waters in Slovakia were worked out during the second half of the 19th century for the spas of Piešťany, Trenčianske Teplice, Dudince, Bojnice and Sliač. These regulations were based on the old Hungarian Health and Water Law of 1876, Section No. 1 XIV – healing spas and mineral waters and on the 1885 Act No. 1 XXIII as well as the Circular Decree No. 44404 of 1893. Since the time, number of legislative measures was implemented setting conditions for establishing natural therapeutic spas, identifying natural sources of mineral waters, gasses, emanations, peats, swamps, muds and other healing soils, promulgating the sources of natural mineral-rich potable waters, declaring ambience conditions favourable for healing and deciding on their use and protection.

New legislative measures acknowledge the great importance of natural therapeutic spas, which provide for maintenance of health as well as for the treatment of ailments of people. The legislative norms provide for their protection and for a planned establishment of conditions for their further development.

A proposal for declaring a natural healing source or a source of mineral-rich potable water shall be submitted to the Slovak Health Ministry by a legal or physical entity which wants to use the natural source of mineral water for treatment in a spa or for bottling. The proposal has to include:

a) particulars of the legal or physical entity (business name, address of the premises, legal form etc.),

b) expert description of the source and its surroundings,

c) assessment of the required hydrogeological investigation,

d) assessment of the required hydrodynamic test (made within two years of the document submittal date),

e) physical, chemical, micro-biological and biological analyses (they cannot be older than 6 months from the date declared the date of executing the analysis),

f) proposal for use of the source,

g) proposal for protection of the source,

h) expert opinion on healing properties or other beneficial effects for man and its sphere of its use (offered within 6 months of the submittal date),

i) data from the land register about the possession of a real property at which the healing water source is located, or which could be affected by use of the source (offered within 6 months of the submittal date).

A proposal for declaring a natural healing source of water and a source of mineral-rich potable water has to include:

a) the data presented in sections a) to g) and i),

b) expert opinion on acceptability of the source from the point of view of its pharmaceutical effects on the man (given within 6 months of the declared date of elaboration).

A natural source indicates the natural healing source or the source of mineral-rich potable water along with the protection zone of this source by a generally binding regulation issued by the Slovak Health Ministry (the same applies to cancelling the declaration if the source lost the prescribed properties and effects).

The protection of natural healing sources has to be decided case by case and based on extensive knowledge of the geological and hydrogeological conditions of the entire hydrogeological structure of the individual sources of mineral water, its genesis, type, gas content and chemical composition. Protection of mineral waters is provided for in two degrees as internal and external protection.

Slovak natural healing spas have a long-lived tradition. The healing effects of mineral waters to the man were known since time immemorial In the past, mineral waters in small local spas healed various illnesses, however, they were even more important because of their recreational and rehabilitative activities. Small spas of local character such as Veľaty, Byšta, Sobrance, Gánovce, Hodejov, Chalmová, Malé Bielice, Smerdžonka, Nová Ľubovňa, Myšla, Kelča, Išľa, Cemjata, Sabinov, Cigeľka, Baldovce, Ľubica, Hajnáčka, Želovce, Kráľová, Badín, Bacúch, Pukanec, Liptovská Štiavnica, Oravská Polhora, Pezinok, Jur pri Bratislave were gradually closed down.

At present, there are 17 therapeutic spas (see Tab. 2) using natural healing sources for therapeutic purposes (Bardejov Spas, Bojnice Spas, Upper Hron Therapeutic Association Brusno, Natural Therapeutic Spas Číž, Hontherma Dudince Spas, Fatra Therapeutic Spas Korytnica, Kováčová Spas, Sliač Spas, Liptov Therapeutic Spas Lúčky, Nimnica Spas, Slovak Therapeutic Spas Piešťany, Slovak Therapeutic Spas Rajecké Teplice, Therapeutic Thermal Spas Sklené Teplice, Slovak Therapeutic Spas Piešťany – Smrdáky, Slovak Therapeutic Spas Trenčianske Teplice, Slovak Therapeutic Spas Turčianske Teplice, Vyšné Ružbachy Spas), along with 6 climatic spas (Horný Smokovec Spas, Lučivná Spas, Nový Smokovec Spas, Štós Spas, Štrbské Pleso Spas and Kunerad Spas Rajecké Teplice).

There are 10 bottling companies in Slovakia, which use sources of mineral-rich potable waters or of natural healing sources (Mineral Waters, joint stock company, Prešov, factory Baldovce; Central Slovakian Springs, Martin, factory Budiš; Mineral Waters Prešov, factory Cigeľka; Fatra Therapeutic Spas Korytnica, Mineral Waters Prešov, factory Lipovce-Salvator; Mineral Waters Čačín; Central Slovakian Springs Martin, factory Záturčie-Fatra, Western Slovakian Springs, Santovka, Western Slovakian Springs, Slatina, Slovak silk Senica – Trenčianske Mitice (see Tab. 3) and other localities aiming at building a bottling company (see Tab. 4).

The Inspectorate of Spas and Mineral Springs is obliged to check regularly the chemical, physical, microbiological and other determined parameters of the promulgated sources Task of the Slovak Health Ministry is to keep improving the legislative norms, which should eliminate various activities, having a negative impact on the therapeutic treatment in the spas. The aim of all activities is rational use of sources, their regular monitoring and first of all really achievable protection of natural healing sources, sources of mineral-rich potable water and favourable ambience.

Mineralia Slovaca, 34 (2002), 275–288

Geochemické mapovanie povodňových sedimentov východného Slovenska

KAROL MARSINA[1] a VLADIMÍR BAŇACKÝ[2]

[1]Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava
[2]Stanekova ul., Lamač, 841 03 Bratislava

(Doručené 19. 11. 2001, revidovaná verzia doručená 5. 10. 2002)

Geochemical mapping of overbank sediments in the Eastern Slovakia

Geochemical mapping of overbank sediments was performed in the Eastern Slovakia Lowland. 41 samples from 29 sites were evaluated from the area of 3400 km^2 with the emphasis on the industrial layer of sediments (depth 5 to 30 cm). All major and 26 trace elements were determined in all samples. Analytical results do not reflect distinct anthropogeneous contamination of the area. Distribution of the majority of studied elements show "normal" geogeneous pattern. This fact was also supported by using correlation and factor analyses: the element associations predominantly represent mineral weathering products of the source rocks (Paleogene sandstones), carbonate and accessory minerals.

Key words: geochemical mapping, fluvial – overbank sediments, Eastern Slovakia

Úvod

Táto práca predstavuje výsledky geochemického mapovania povodňových sedimentov východného Slovenska, ktoré bolo súčasťou dvoch geologických úloh MŽP SR: Tibreg – prieskum prírodných zdrojov vo vzťahu k životnému prostrediu a Súbor máp geologických faktorov životného prostredia regiónu Vranov – Humenné – Strážske v mierke 1 : 50 000. Záujmovú oblasť znázorňuje obr. 1.

Termín povodňové sedimenty alebo v zahraničnej literatúre používané *overbank sediments* (sensu Ottesen et al., 1989) je synonymom termínu jemnozrnné fluviálne siltovito-ílovité nivné sedimenty. Tieto sedimenty sa usadzujú pri povodniach v riečnych nivách najmä v rovinatom teréne, akým je aj väčšia časť skúmanej oblasti, na relatívne väčších územiach, a tak chemické zloženie ich vrchnej časti odráža najmladšiu históriu (industriálnu epochu) povodňovej sedimentácie oblasti, čím vlastne „zaznamenáva", resp. „mapuje" jej možné antropogénne znečistenie. Práve preto sme sa v študovanom regióne rozhodli pre plošný odber vrchnej vrstvy povodňových sedimentov najmladšieho holocénu.

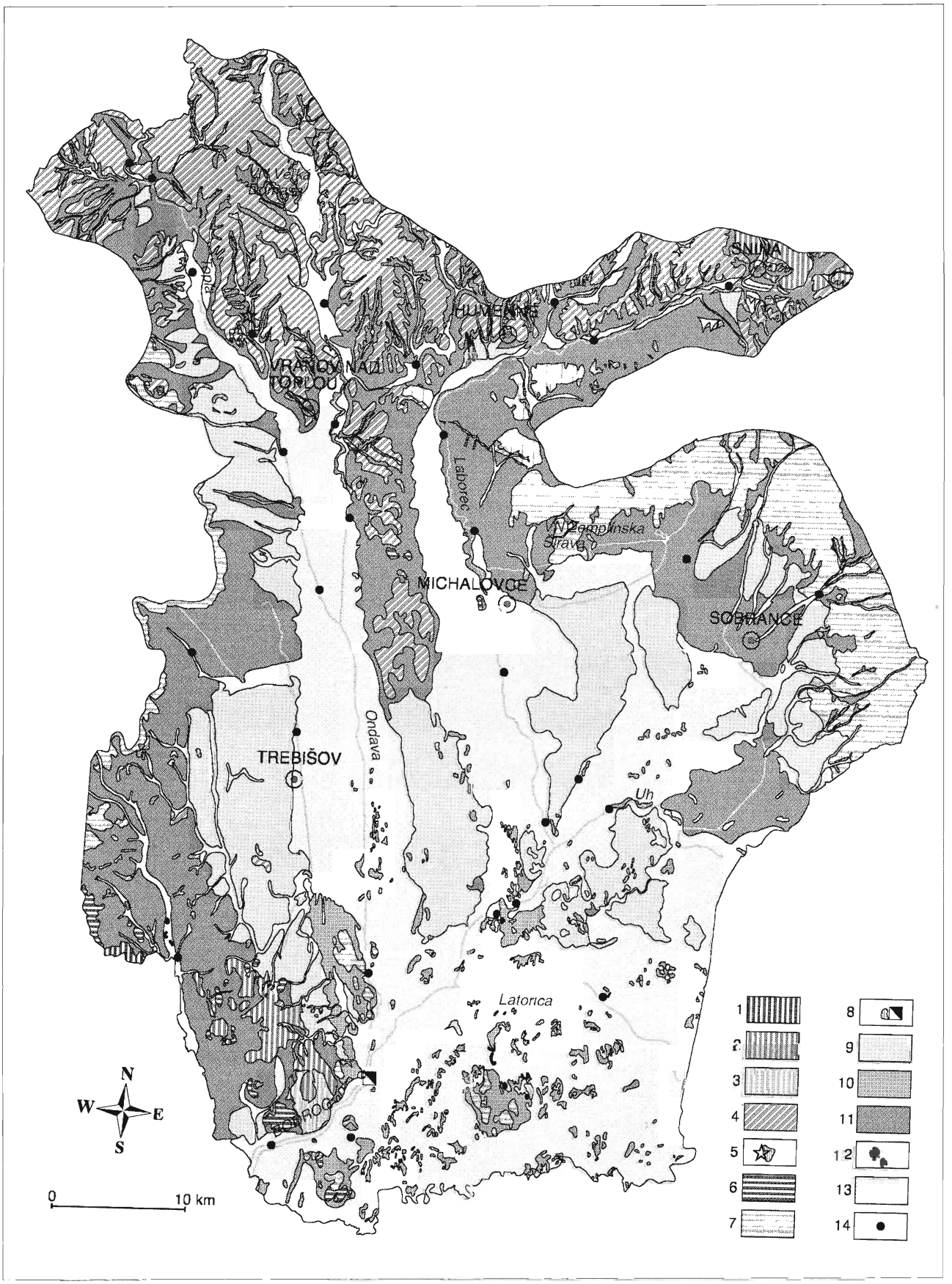
Geologická stavba kvartéru a hlavné znosové oblasti

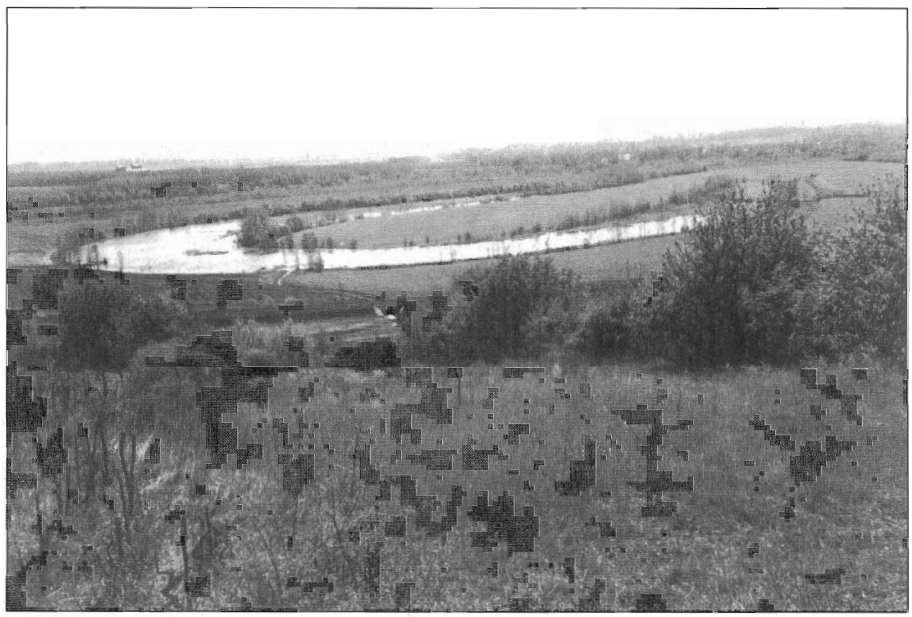
Pri opise geologickej stavby skúmanej oblasti vychádzame z účelovej zakrytej geologickej mapy regiónu Tibreg v mierke 1 : 50 000 (Baňacký, 1995), z účelovej geologickej mapy regiónu Vranov – Humenné – Strážske v mierke 1 : 50 000 (Karoli et al., 2000) a zo základných geologických máp v mierke 1 : 50 000 severnej a južnej časti Východoslovenskej nížiny (Baňacký, 1988; Baňacký et al., 1988a) a z ich vysvetliviek (Baňacký et al., 1988a, b).

Prevažná časť územia je rovinatá (obr. 2) s pokryvom kvartérnych sedimentov. Výnimku tvoria komplexy paleozoických a mezozoických hornín Zemplínskych vrchov v juhozápadnej a neogénnych vulkanických hornín v južnej časti, komplex mezozoických sedimentov Humenských vrchov v severnej časti, komplex neogénnych vulkanických hornín Slanských a Vihorlatských vrchov v západnej a severovýchodnej časti územia. V severnej časti sú relatívne rozšírené prevažne pieskovcovo-ílovcové až ílovcovo-pieskovcové súvrstvia bradlového pásma, vnútrokarpatského paleogénu a paleogénu Vonkajších Západných Karpát. Neogénne sedimenty vystupujú sporadicky na povrch v nížinnej pahorkatine (napr. Pozdišovský chrbát medzi Laborcom a Ondavou a podhorský stupeň Slanských vrchov). Všetky uvedené horniny boli vo väčšej či menšej miere zdrojom materiálu kvartérnych sedimentov. Prehľadná geologická schéma skúmanej oblasti je na obr. 1.

Najrozšírenejšími kvartérnymi sedimentmi v sledovanom území sú *fluviálne*, najmä štrkovité sedimenty, smerom na J s prechodom do vrstiev piesku až jemnozrnného piesku (dosahujú hrúbku až 70 m), ktoré sa vyvíjali od spodného pleistocénu do holocénu až recentu. Vystupujú prakticky na celej Východoslovenskej rovine a v nivných a terasových akumuláciách tokov (najmä Roňavy) podhorských stupňov okrajových vrchov. Hlavnou zdrojovou oblasťou týchto sedimentov v rámci celej Východoslovenskej roviny, patriacej do regiónu Tibreg, bol flyš Nízkych Beskýd s prevahou telies karbonatického pieskovca. Fluviálne sedimenty majú najväčšiu hrúbku v kvartérnych tektonických depresiách (napr. v michalovsko-sliepkovskej, roňavskej a i.).

Medzi najmladšie fluviálne sedimenty uložené v subrecente až recente zaraďujeme aj piesčitý štrk, miestami pokrytý jemnopiesčitým kalom (kamenec), vystupujúci v Laborci, Ciroche a Ondave. Laborec v čase od vrchného pliocénu, prevažne v pleistocéne, vytvoril pomerne širokú prelomovú dolinu (Brekovská brána) naprieč Humenskými


SNINA
HUMENNÉ
VRANOV NAD TOPĽOU
MICHALOVCE
SOBRANCE
TREBIŠOV
Ondava
Laborec
Uh
Latorica
Bodrog
N
W
E
S
0
10 km
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14



Obr. 2. Časť Východoslovenskej roviny s mŕtvym ramenom Bodroga – pohľad zo Zemplínskych vrchov

Fig. 2. Part of the Eastern Slovakia plane with the oxbow of the Bodrog river – view from the Zemplínske vrchy Mts.

vrchmi, čo spôsobilo masívny odnos mezozoických karbonátových hornín do Východoslovenskej roviny a ovplyvnilo zloženie fluviálnych sedimentov zhruba po Michalovce. V tejto oblasti po obidvoch stranách Laborca sa v periodicky zaplavovanom území tiahne niva široká okolo 850 m, plošne najrozšírenejší výskyt týchto sedimentov. Plošne pomerne malý vplyv karbonátov mezozoika Humenských vrchov na zloženie fluviálnych sedimentov vysvetľujeme ich rozpúšťaním vodou Laborca, čo dokumentujú výsledky výskumu Baňackého (1971). Najmladšiu súčasť fluviálnych sedimentov tvoria jemnozrnné nivné – povodňové sedimenty – hlina, piesčitá hlina, íl až piesok, ktoré boli predmetom geochemického mapovania.

Proluviálne sedimenty budujú najmä podhorské stupne okrajových a Zemplínskych vrchov, ale vyskytujú sa aj v podhorských depresiách. Tvoria prevažne mohutné periglaciálne kužele. Vyvíjali sa od spodného až do vrchného pleistocénu. Litologickou náplňou týchto sedimentov je najmä andezit priľahlých chrbtov a dolín Vihorlatských a Slanských vrchov a typickým znakom ich značná zrnitostná variabilita – od neopracovaných úlomkov až po opracované obliaky a balvany s prímesou soliflukčných blokov pyroxenického andezitu.

Eolické sedimenty patria v skúmanom území medzi značne rozšírené genetické typy a zastupuje ich spraš, sprašová hlina a naviaty piesok.

Spraš a sprašová hlina pokrývajú hlavne úpätný stupeň Slanských vrchov a centrálnu časť Východoslovenskej roviny na ponorenom Pozdišovskom chrbte a tvoria Malčickú tabuľu. Ich relikty (sprašová hlina) sa nachádzajú aj

◀ **Obr. 1.** Geologická schéma záujmovej oblasti. 1 – metamorfity (st. paleozoikum? Zemplínskych vrchov), 2 – prevažne pieskovcovo-ílovcové súvrstvia, lokálne zlepenec, uhoľné bridlice a produkty ryolitovo-dacitového vulkanizmu (ml. paleozoikum Zemplínskych vrchov), 3 – kremenno-karbonátové a karbonátové sedimenty (mezozoikum Humenských a Zemplínskych vrchov, paleogén Vnútorných Západných Karpát, ojedinele kremitý pieskovec a zlepenec (iba mezozoikum Humenských vrchov), 4 – pieskovcovo-ílovcové až ílovcovo-pieskovcové súvrstvia s prímesou karbonátov (mezozoikum a paleogén bradlového pásma, paleogén Vnútorných a Vonkajších Západných Karpát, neogén), 5 – mernícke zlepence (paleogén Vnútorných Západných Karpát), 6 – neovulkanity ryolitového až ryodacitového zloženia (neogén Slanských, Vihorlatských a Zemplínskych vrchov), 7 – neovulkanity andezitového zloženia (neogén Slanských, Vihorlatských a Zemplínskych vrchov), 8 – sekundárne kvarcity, argility s pyritom (neogén Vihorlatských a Zemplínskych vrchov), 9 – eolické a eolicko-deluviálne sedimenty: spraš a sprašovitá hlina (kvartér), 10 – eolické sedimenty: jemnozrnný piesok (kvartér), 11 – proluviálne, deluviálne, deluviálno-fluviálne, fluviálne sedimenty: hlina, íl, piesok, štrk, balvany až bloky (kvartér), 12 – hnilokal a slatinná rašelina (kvartér), 13 – fluviálne nivné sedimenty: hlina, íl, piesok, lokálne s prímesou štrku (kvartér – holocén), 14 – miesta odberu vzoriek povodňových sedimentov

Fig. 1. Geological scheme of the interest area. 1 – metamorphic rocks (Early Paleozoic? of the Zemplínske vrchy Mts.), 2 – predominantly sandstone-claystone formation, locally conglomerates, coal shales and products of rhyollite-dacite volcanism (Late Paleozoic of the Zemplínske vrchy Mts.), 3 – quartz-carbonate and carbonate sediments (Mesozoic of the Humenské and Zemplínske vrchy Mts., Paleogene of the Inner Carpathians, rarely siliceous sandstones and conglomerates (only Mesozoic of the Humenské vrchy Mts.), 4 – sandstone-claystone to claystone-sandstone formations with the admixture of carbonates (Mesozoic and Paleogene of the Klippen belt, Paleogene of the Inner and Outer Carpathians, Neogene), 5 – Merník conglomerates (Paleogene of the Inner Carpathians), 6 – neovolcanics of the rhyolitic to rhyodacitic composition (Neogene of the Slanské, Vihorlatské and Zemplínske vrchy Mts.), 7 – neovolcanics of the andesitic composition (Neogene of the Slanské, Vihorlatské and Zemplínske vrchy Mts.), 8 – secondary quartzites, argillites with pyrite (Neogene of the Vihorlatské and Zemplínske vrchy Mts.), 9 – eolian and eolian-deluvial sediments: loess and loess loams (Quaternary), 10 – eolian sediments: fine-grained sands (Quaternary), 11 – proluvial, deluvial, deluvial-fluvial, fluvial deposits: loams, clays, sands, gravels, boulders to blocks (Quaternary), 12 – nekron muds and lowland moor peats (Quaternary), 13 – fluvial alluvial deposits: loams, clays, sands, locally with the gravel admixture (Quaternary – Holocene), 14 – sampling points of the overbank sediments.

Tab. 1
Súbor analyzovaných prvkov v horninových geochemických vzorkách a vo vzorkách sedimentov s prehľadom použitých analytických metód, ich medzí stanovenia a analytických prístrojov
Set of the analysed elements in the rock geochemical samples and sediment samples with the overview of analytical techniques, detection limits and analytical instruments used

Prvok	Medza stanovenia ($mg.kg^{-1}$)	Analytická metóda	Typ prístroja
Ag	0,04	GAAS	Spectr. AA 400, Varian
Al	500	XRF	X-Lab 2000, Spectro
As	0,1	HG – AAS	Spectr. AA 20, Varian
B	5	ICP – AES	Liberty 200, Varian
Ba	7	XRF	X-Lab 2000, Spectro
Be	0,1	ICP – AES	Liberty 200, Varian
Ca	200	XRF	X-Lab 2000, Spectro
Ce	10	ICP – AES	Liberty 200, Varian
Cd	0,1	FAAS	Spectr. AA 20, Varian
Co	1	ICP – AES	Liberty 200, Varian
C_{org}	100	VTO s NDIR	DC-190 Dohrmann
CO_2	400	VTO s NDIR	DC-190 Dohrmann
Cr	8	XRF	X-Lab 2000, Spectro
Cu	4	XRF	X-Lab 2000, Spectro
F	500	ISE	
$Fe_{celk.}$	300	XRF	X-Lab 2000, Spectro
Fe^{2+}	100	Volumetria	
Ga	2	XRF	X-Lab 2000, Spectro
Hg	0,01	AAS	AMA 254
H_2O^+ 350 °C	100	Gravimetria	
K	400	XRF	X-Lab 2000, Spectro
La	5	XRF	X-Lab 2000, Spectro
Li	1	ICP - AES	Liberty 200, Varian
Mg	200	XRF	X-Lab 2000, Spectro
Mn	200	XRF	X-Lab 2000, Spectro
Na	100	XRF	X-Lab 2000, Spectro
Ni	5	XRF	X-Lab 2000, Spectro
P	100	XRF	X-Lab 2000, Spectro
Pb	4	XRF	X-Lab 2000, Spectro
Rb	2	XRF	X-Lab 2000, Spectro
$S_{tot.}$	100	Gravimetria	
Sb	0,1	HG - AAS	Spectr. AA 20, Varian
Se	0,05	HG - AAS	Spectr. AA 20, Varian
Si	1000	XRF	X-Lab 2000, Spectro
Sn	2	XRF	X-Lab 2000, Spectro
Sr	3	XRF	X-Lab 2000, Spectro
strata žíh.	100	Gravimetria	
Ti	200	XRF	X-Lab 2000, Spectro
V	5	XRF	X-Lab 2000, Spectro
Y	3	XRF	X-Lab 2000, Spectro
Zn	3	XRF	X-Lab 2000, Spectro
Zr	5	XRF	X-Lab 2000, Spectro

GAAS – atómová absorpčná spektrometria s elektrotermickou atomizáciou, FAAS – plameňová atómová absorpčná spektrometria, ICP – AES – atómová emisná spektrometria s induktívne viazanou plazmou, HG – AAS – atómová absorpčná spektrometria s hydridovým systémom, XRF – röntgenfluorescenčná spektrometria, ISE – iónovo-selektívna elektróda, VTO s NDIR – vysokoteplotná oxidácia s NDIR detektorom

GAAS – atomic absorption spectrometry with electrotermal atomization, FAAS – fire assay atomic absorption spectrometry, AES – ICP – atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma, AAS – HG – atomic absorption spectrometry with hydrid generation, XRF – X-ray fluorescence spectrometry, ISE – ion-selective electrode, VTO with NDIR – high temperature oxidation with NDIR detector

v Humennom a v Snine a v študovanom území sa zachovali od stredného pleistocénu až po vrchný pleistocén. Ide hlavne o jemnopiesčitú spraš na rozhraní spraše a naviateho piesku. Miestami je spraš odvápnená a jej karbonáty splavené do bazálnych častí sprašového profilu (napr. na lokalite Brehov; Baňacký et al., 1989).

Naviaty piesok tvorí typický eolický reliéf na medzibodrockých pláňavách. Sedimentoval hlavne od vrchného pleistocénu až do neskorého glaciálu. Pochádza z povodňových akumulácií Latorice, Tisy, Bodroga, Uhu a niektorých ďalších tokov a vystupuje vo forme presypov, presypových valov a pokryvov, a to najmä na J od Latorice. Charakteristickou zvláštnosťou tohto územia sú vrstvy naviateho piesku na osamelých telesách vulkanitov, ako je napr. Tarbucka, Chlmecké kopce, Vŕšok pri Somotore a i. Ich zrnitostné zloženie dokladá napr. vzorka z odkrytej steny duny na V od Veľkého Kamenca, kde vystupuje jemnozrnný až veľmi jemnozrnný piesok (63 % 0,25–0,1 mm, 9 až 14 % 0,1–0,05 mm a do 6,5 % prachových častíc menej ako 0,05 mm). Tieto sedimenty sa z okolitých dún previevajú aj v súčasnosti alebo sú odnášané, čo naďalej mení pôvodný eolický reliéf krajiny.

Ďalším typom kvartérnych sedimentov je *eolicko-deluviálna sprašovitá hlina.* Vyskytuje sa hlavne na podhorských stupňoch Slanských a Vihorlatských vrchov. Vznikala za spolupôsobenia eolickej a svahovej činnosti a jej typickým znakom je nevápnitosť. Na úpätí Slanských vrchov pokrýva najmä proluviálne kužele v hrúbke 2 až 15 m a na podvihorlatskom úpätnom stupni nielen kužele, ale aj zvetraniny rôzneho charakteru. Tie sa vyvíjali hlavne v strednom a vrchnom pleistocéne a miestami sú hrubé až 20 m (odkryv Krčava).

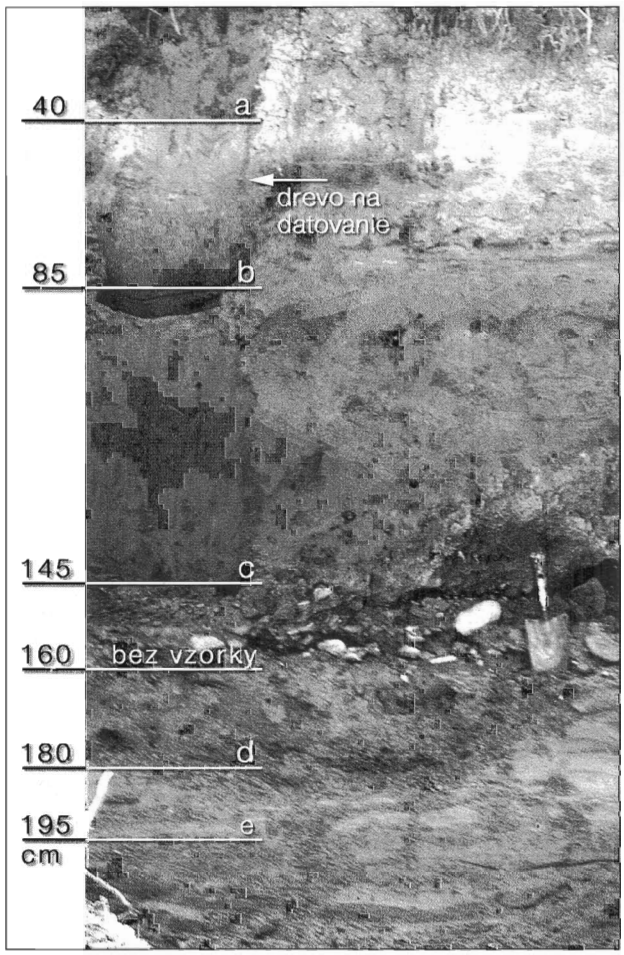
Deluviálne sedimenty sa viažu na Podslanskú a Podvihorlatskú pahorkatinu, bradlové pásmo a paleogénne súvrstvia Vnútorných a Vonkajších Západných Karpát. Rozlišujeme tri typy delúvií: a) prevažne hlinité, b) hlinito-kamenité a c) hlinito-kamenito-balvanité (soliflukčné sú typické len pre neovulkanity Slanských a Vihorlatských vrchov). Soliflukčné deluviálne sedimenty sa skladajú z úlomkov a balvanov uložených v piesčitohlinitom až hlinitom matrixe a sú prevažne z vulkanického materiálu. Hlinito-kamenité sú zložené zo slabo opracovaných až ostrohranných andezitových úlomkov. Prevažne hlinité deluviálne sedimenty ležia na kužeľoch a terasách a sú hrubé až 13 m.

Spomedzi kvartérnych sedimentov v skúmanom území sporadicky vystupuje aj *sladkovodný vápenec (travertín), rašelina slatinného typu a hnilokal.*

Travertín vznikol v malom rozsahu vyzrážaním z prameňov na zlomovej línii oddeľujúcej Humenské vrchy od Vihorlatu vo vrchnom pliocéne až spodnom pleistocéne. Je pevný, miestami pórovitý. Má značne erodovaný povrch čo sťažuje jeho identifikáciu v teréne.

Rašelina sa v sledovanom regióne začala tvoriť vo vrchnom holocéne. Najstaršia je pochovaná v západnej časti šíravskej prepadliny v súčasnosti zatopenej vodou Zemplínskej šíravy. Holocénna rašelina je v severnej, okrajovej časti šíravskej prepadliny.

Na Východoslovenskej rovine – hlavne v jej južnej časti – vypĺňa slatinná rašelina a hnilokal niektoré časti



Obr. 3. Vertikálny profil aluviálnej nivy Tople medzi Hlinným a Vyšným Žipovom. Vodorovnými líniami sú oddelené vrstvy sedimentov a písmenom a až e označené vzorky profilu.

Fig. 3. Vertical profile of the river Topľa flood plain between the villages Hlinné and Vyšný Žipov. Individual deposit layers are separated by horizontal lines and samples marked by letters a to e.

mŕtvych ramien Tisy v hrúbke okolo 5 m (Boľ). Vyvíjali sa od preboreálu a najväčšmi sa nahromadili v mladšej dobe atlantickej až v subrecente.

Medzi *hlavné znosové oblasti* skúmaného územia, ktoré pri zvetrávaní prostredníctvom hlavných tokov – Tople, Ondavy, Laborca a Cirochy – svojím horninovým materiálom dotovali aj najmladšie sedimenty poriečnych nív, zaraďujeme:

– pieskovcovo-ílovcové, až ílovcovo-pieskovcové súvrstvia bradlového pásma a paleogénu Vnútorných a Vonkajších Západných Karpát s karbonatickou prímesou a

– neovulkanity andezitového až ryolitového zloženia Slanských a Vihorlatských vrchov, čiastočne aj Zemplínskych vrchov (hlavne Tople, Laborca a Cirochy).

Viac-menej lokálny vplyv majú paleozoické sedimenty a ešte menší mezozoické karbonáty Zemplínskych vrchov a mezozoické karbonátové sedimenty Humenských vrchov.

Do litológie najmladších, holocénnych fluviálnych sedimentov významne prispieva aj pleistocénna spraš, sprašovitá hlina a piesok.

Odber vzoriek a ich laboratórne spracovanie

V skúmanom území sa dovedna odobralo 41 vzoriek povodňových sedimentov (obr. 1) z 29 odberových miest. Vzorky sa odoberali odkopom zo zárezu brehu resp. z jeho blízkosti väčšinou z hĺbky 5 až 30 cm. V niektorých prípadoch sa z jedného odberového miesta formou vertikálneho profilu odobrali dve až tri vzorky sedimentov, a to na zistenie variability distribúcie chemických prvkov v profile. V jednom prípade sa na porovnanie distribúcie študovaných prvkov v industriálnej a predindustriálnej vrstve povodňových sedimentov, ako aj na ilustráciu výstupu sledovaných sedimentov v regióne odobralo päť geochemických vzoriek v jednom vertikálnom profile, a to z aluviálnej nivy Tople (z nárazového brehu) medzi obcou Hlinné a Vyšný Žipov (obr. 2). Z tohto profilu sme odobrali aj vzorku dreva na stanovenie absolútneho veku rádiouhlíkovou metódou (^{14}C).

Hmotnosť jednotlivých vzoriek bola okolo 1,5 kg. Vzorky sa potom laboratórne spracúvali v geoanalytických laboratóriách ŠGÚDŠ v Spišskej Novej Vsi.

Vzorky ílovitopiesčitých povodňových sedimentov sa usušili a preosiali na frakciu < 0,15 mm a tá sa po homogenizácii na frakciu < 0,08 mm kvantitatívne chemicky analyzovala na súbor hlavných a stopových prvkov. Tab. 1 znázorňuje analyzované prvky, použité analytické metódy, ich medze stanovenia a použité analytické prístroje.

Presnosť a správnosť zistení sa testovala pomocou certifikovaných referenčných horninových materiálov. Internými kontrolnými vzorkami a opakovaným rozkladom vzoriek sa preverilo 15–20 % analýz. Referenčný materiál sa analyzoval s každou sériou vzoriek. Hodnotenie interných kontrolných analýz je v práci Marsinu et al. (2001).

Vykonala sa aj laboratórna zrnitostná analýza piatich vzoriek povodňových sedimentov tvoriacich vertikálny profil v nive Tople.

Metódy štatistického spracovania výsledkov

Na výpočet základných matematickoštatistických parametrov (aritmetický priemer, medián, štandardná odchýlka, minimálna a maximálna hodnota súboru, počet hodnôt pod medzou stanovenia prvku pri danej analytickej metóde a počet vzoriek súboru; program EXCEL 97) sme vzorky povodňových sedimentov s podobnou distribúciou sledovaných prvkov zlúčili do jedného súboru obsahujúceho 40 vzoriek. Do súboru sme nezaradili iba vzorku piesku z vertikálneho profilu v aluviálnej nive rieky Tople (pozri nižšie).

Zo štatistických metód sme použili korelačnú analýzu v programe EXCEL 97 a faktorovú analýzu v programe STATISTICA 5.0.

Pri korelačnej analýze sme brali do úvahy korelačné koeficienty s hodnotou 0,6 a viac, ktoré sú pri hladine významnosti 95 % pre daný súbor významné.

Pri faktorovej analýze sme za významné považovali hodnoty faktorového skóre od ± 0,7. Pri niektorých asociáciách prvkov v rámci vyčlenených faktorov sa po znamienku ± uvádzajú aj prvky s hodnotou faktorového skóre v rozmedzí + resp. – 0,6–0,7.

Tab. 2
Základné matematickoštatistické parametre študovaných prvkov v povodňových sedimentoch skúmaného územia
Basic statistical parameters of the studied elements in the overbank sediments of the interest area

	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	$Fe_2O_{3c.}$	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	CO_2	$C_{org.}$	$S_{celk.}$
								%							
Aritmetický priemer	*72,22*	*0,780*	*10,32*	*3,79*	*2,55*	*1,11*	*0,113*	*1,29*	*1,71*	*1,36*	*1,99*	*0,15*	*1,20*	*1,37*	*0,08*
Medián	71,93	0,778	9,82	3,72	2,56	1,05	0,115	1,27	1,40	1,32	2,02	0,16	0,92	1,32	0,08
Štandardná odchýlka	4,05	0,062	1,45	0,77	0,65	0,37	0,029	0,23	0,78	0,24	0,24	0,05	0,77	0,58	0,03
Rozsah	14,65	0,245	5,96	3,35	2,63	1,38	0,145	1,03	2,98	0,95	0,80	0,26	3,27	2,88	0,14
Minimum	64,44	0,668	8,06	2,50	1,38	0,50	0,061	0,85	0,64	0,91	1,58	0,09	0,07	0,25	0,02
Maximum	79,09	0,913	14,02	5,85	4,01	1,88	0,206	1,88	3,62	1,86	2,38	0,35	3,34	3,13	0,16
Medza stanovenia (m. s.)	0,10	0,02	0.05	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,04	0,01	0,04	0,01	0,01
Počet hodnôt pod m. s.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Počet vzoriek	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

	H_2O^+	*s. z.*	*Ag*	*As*	*B*	*Ba*	*Be*	*Cd*	*Ce*	*Co*	*Cr*	*Cu*	*F*	*Ga*	*Hg*
	%							$mg.kg^{-1}$							
Aritmetický priemer	*2,89*	*3,19*		*7,1*	*62,4*	*355,8*	*1,60*		*64,3*	*11,0*	*98,4*	*22,9*		*12,3*	*0,10*
Medián	2,81	3,00		7,0	61,5	354,0	1,50		63,0	11,0	92,5	22,0		12,0	0,10
Štandardná odchýlka	1,17	1,10		1,6	7,9	53,1	0,27		5,2	1,7	22,0	6,8		2,1	0,04
Rozsah	5,99	5,59		6,3	34	258	1		19	7	93	35		8	0,16
Minimum	0,85	1,43	< 0,04	5	45	287	1,2	< 0,3	55	8	73	13	< 500	9	0,03
Maximum	6,84	7,02	0,14	11,3	79	545	2,2	0,3	74	15	166	48	< 500	17	0,19
Medza stanovenia (m. s.)	0,01	0,01	0,04	0,1	5	10	0,1	0,3	10	1	8	4	500	5	0,01
Počet hodnôt pod m. s.	0	0	16	0	0	0	0	38	0	0	0	0	40	0	0
Počet vzoriek	40	40	25	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	39

	La	*Li*	*Ni*	*Pb*	*Rb*	*Sb*	*Se*	*Sn*	*Sr*	*V*	*Y*	*Zn*	*Zr*	$x_{alk.}$	*% karb.*
							$mg.kg^{-1}$								
Aritmetický priemer	*34,7*	*36,0*	*36,2*	*22,2*	*80,4*	*1,64*	*0,20*	*2,7*	*99,4*	*69,5*	*27,0*	*80,8*	*392,0*	*0,09*	*1,48*
Medián	34,0	36,0	36,0	21,5	77,5	1,10	0,10	3,0	98,5	66,5	27,5	77,0	366,5	0,09	1,15
Štandardná odchýlka	4,8	9,2	7,1	5,1	12,0	2,41	0,16	0,7	11,4	16,1	3,7	24,3	109.5	0,01	0,96
Rozsah	27	35	31	26	40	15,70	0,7	3	46	57	15	99	442	0,05	4,08
Minimum	29	22	18	13	64	0,30	0,1	1	80	41	21	42	240	0,07	0,09
Maximum	56	57	49	39	104	16	0,6	5	126	98	36	141	682	0,12	4,16
Medza stanovenia (m. s.)	5	1	1	4	5	0,1	0,05	2	3	5	3	3	5		
Počet hodnôt pod m. s.	0	0	0	0	0	0	9	1	0	0	0	0	0		
Počet vzoriek	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

Tab. 3
Základné matematickoštatistické parametre študovaných prvkov v sprašovej a sprašovitej hline skúmaného územia
Basic statistical parameters of the studied elements in the loess loam of the interest area

	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	$Fe_2O_{3c.}$	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO %	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	CO_2	$C_{org.}$	$S_{celk.}$
Aritmetický priemer	*74,68*	*0,934*	*11,59*	*4,27*	*4,07*	*0,19*	*0,092*	*0,94*	*0,64*	*1,04*	*2,00*	*0,09*	*0,06*	*0,15*	*0,05*
Medián	74,38	0,917	11,57	4,35	4,18	0,07	0,089	0,90	0,59	1,00	2,01	0,08	0,04	0,14	0,04
Štandardná odchýlka	3,13	0,134	1,70	0,91	0,94	0,21	0,026	0,19	0,18	0,40	0,35	0,05	0,09	0,09	0,03
Rozsah	9,95	0,478	5,17	3,17	3,29	0,68	0,078	0,73	0,57	1,15	1,04	0,17	0,32	0,34	0.12
Minimum	70,27	0,721	8,86	2,61	2,41	0,04	0.055	0,72	0,44	0,41	1,55	0,05	0,01	0,01	0,01
Maximum	80,22	1,199	14,03	5,78	5,70	0,72	0,133	1,45	1,01	1,56	2,59	0,22	0,33	0,35	0.13
Medza stanovenia (m. s.)	0,10	0,02	0,05	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,04	0,01	0,04	0,01	0,01
Počet hodnôt pod m. s.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Počet vzoriek	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

	H_2O^+ %	*s. z.*	*Ag*	*As*	*B*	*Ba*	*Be*	*Cd* $mg.kg^{-1}$	*Ce*	*Co*	*Cr*	*Cu*	*F*	*Ga*	*Hg*
Aritmetický priemer	*1,35*	*2,19*		*8,1*	*51,6*	*401,3*	*1,81*		*78,9*	*12,3*	*97,1*	*19,0*		*14.0*	*0.06*
Medián	1,36	2,21		8,0	52,0	405,0	1,70		75,0	13,0	97,5	18,5		14,0	0.07
Štandardná odchýlka	0,39	0,52		2,5	3,5	23,3	0,27		11,7	2,5	9,1	4,8		2.2	0.02
Rozsah	1,42	1,74		9,7	12	67	0,80		33	7	35	15		7.0	0.05
Minimum	0,86	1,55	< 0,04	4,3	45	370	1,40	< 0,3	68	8	77	11	< 500	11.0	0,04
Maximum	2,28	3,29	0,09	14	57	437	2,20	0,3	101	15	112	26	< 500	18,0	0,09
Medza stanovenia (m. s.)	0,01	0,01	0,04	0,1	5	10	0,1	0,3	10	1	8	4	500	5	0,01
Počet hodnôt pod m. s.	0	0	3	0	0	0	0	11	0	0	0	0	12	0	0
Počet vzoriek	12	12	4	12	12	9	9	12	9	9	12	12	12	9	12

	La	*Li*	*Ni*	*Pb*	*Rb*	*Sb*	*Se* $mg.kg^{-1}$	*Sn*	*Sr*	*V*	*Y*	*Zn*	*Zr*	$x_{alk.}$	*% karb.*
Aritmetický priemer	*39,9*	*35,5*	*32,3*	*20.7*	*90,0*	*1,74*		*2,8*	*73,2*	*75,7*	*32,8*	*57,2*	*445,8*	*0,07*	*0.08*
Medián	39,0	33,0	31,5	21.0	91,5	1,20		3,0	71,0	71,5	33,5	56,0	439,0	0,06	0.05
Štandardná odchýlka	5,7	7,4	5,0	3,1	12,0	1,15		0,6	10,7	17,2	4,3	9,9	66.2	0,01	0,11
Rozsah	21	21	19	10	37	3,5		2	38	54	16	36	206	0,04	0,41
Minimum	29	27	22	15	67	0,3	< 0,1	2	58	44	24	40	365	0,05	0,01
Maximum	50	48	41	25	104	3,8	0,50	4	96	98	40	76	571	0,09	0.42
Medza stanovenia (m. s.)	5	1	1	4	5	0,1	0,1	2	3	5	3	3	5		
Počet hodnôt pod m. s.	0	0	0	0	0	0	8	1	0	0	0	0	0		
Počet vzoriek	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Tab. 4
Zrnitostná analýza povodňových sedimentov v piatich vzorkách vertikálneho profilu v aluviálnej nive Tople
Granulometric analysis of the overbank sediments in five samples of the river Topľa flood plain vertical profile

Vzorka	SHV-25a	SHV-25b	SHV-25c	SHV-25d	SHV-25e
Hĺbka odberu (cm)	15–40	40–85	85–145	160–180	180–195
Frakcia < 0.002 mm (%)	15	9	9	3	10
Frakcia 0,002–0,006 mm (%)	9	4	7	1	3
Frakcia 0,006–0,06 mm (%)	63	56	57	2	49
Frakcia 0,06–0,2 mm (%)	10	28	20	24	26
Frakcia 0,2–0,6 mm (%)	2	3	4	67	10
Frakcia > 0,6 mm (%)	1	0	3	3	2

Diskusia

Geochemické údaje o povodňových sedimentoch najmladšieho holocénu až recentu, ktoré tvorí prevažne hlina, piesčitá hlina, íl, jemnozrnný piesok, piesok, miestami s prímesou štrku, sme hodnotili:

1. z hľadiska ich primárneho zloženia odrážajúceho litológiu ich zdrojových hornín (najmä paleogénny pieskovec, ale aj neogénny andezit a mezozoické karbonáty) a
2. z hľadiska možnej indikácie antropogénneho znečistenia v oblasti sme ich porovnávali s údajmi starších kvartérnych sedimentov (predindustriálna vrstva sedimentov resp. eolická sprašová a eolicko-deluviálna sprašovitá hlina).

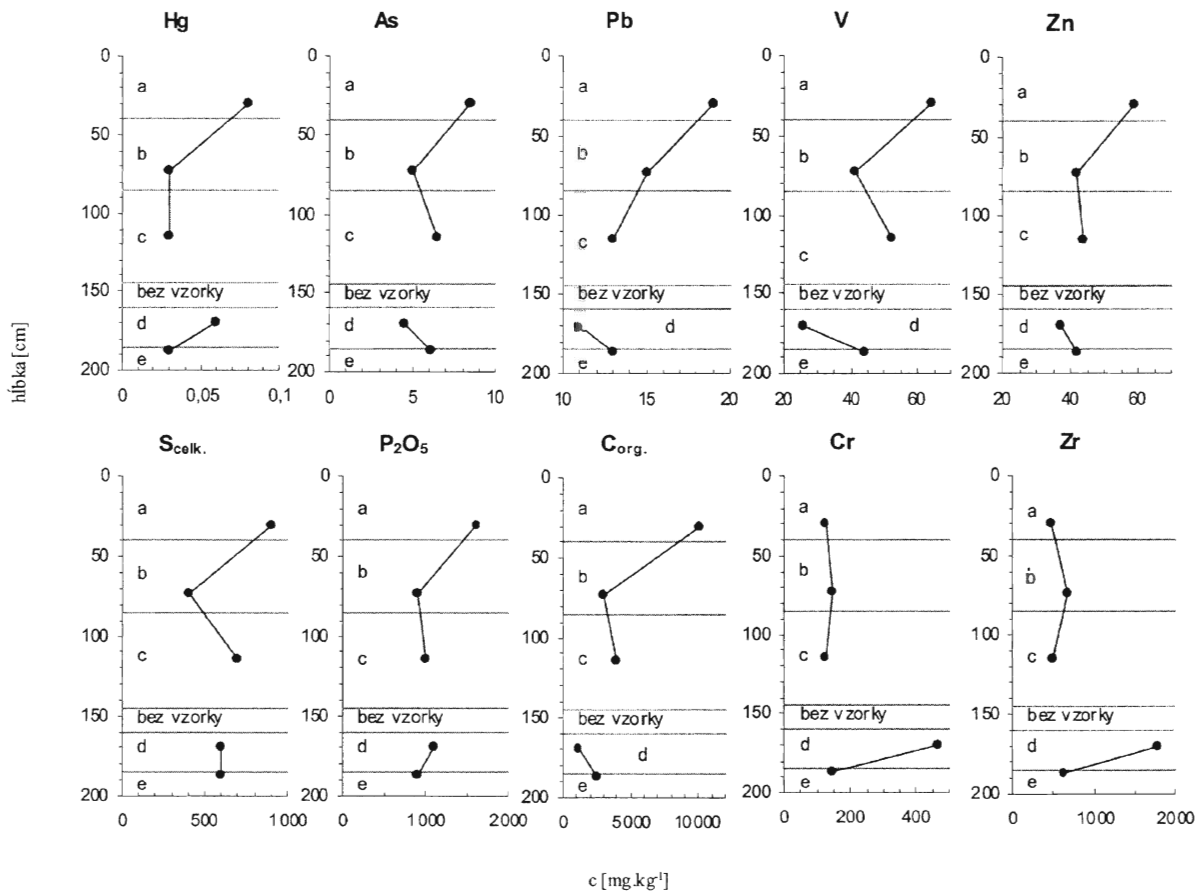
Geochemické údaje o distribúcii študovaných prvkov v povodňových sedimentoch treba vnímať v kontexte geochemických údajov iných skúmaných médií (napr. riečnych sedimentov), ktoré pre vyššiu hustotu vzorkovania zachytávajú aj lokálne alebo bodové zdroje znečistenia. Podľa Ottesena (1989) však z globálneho hľadiska chemické zloženie nivného sedimentu odráža geochémiu riečneho bazéna lepšie ako aktívny riečny sediment, lebo ten vzniká v diskrétnych podmienkach – z lokálnych nepravidelne rozmiestnených sedimentačných zdrojov, ktorých zloženie sa s časom mení.

V tab. 2 sú základné matematickoštatistické parametre sledovaných prvkov súboru 40 geochemických vzoriek povodňových sedimentov. Súbor popri vzorkách z najvrchnejšej vrstvy industriálnych sedimentov (5–30 cm) obsahuje aj 13 vzoriek z hlbších horizontov (väčšinou z hĺbky do 80 cm, v troch prípadoch aj väčšej – predindustriálne sedimenty). V tab. 3 na porovnanie uvádzame aj základné matematickoštatistické parametre sledovaných prvkov v súbore 12 vzoriek eolickej sprašovej a eolicko-deluviálnej sprašovitej hliny, ktoré reprezentujú staršie – pleistocénne sedimenty. Ako vidno z obidvoch tabuliek, v distribúcii väčšiny študovaných prvkov daných súborov sú len minimálne rozdiely. Povodňové sedimenty na rozdiel od sprašovej a sprašovitej hliny obsahujú v priemere viac $C_{org.}$ (1,37 % oproti 0,15 %), P_2O_5 (0,15 % oproti 0,09 %), $S_{celk.}$ (0,08 oproti 0,05 %) a Zn (81 $mg.kg^{-1}$ oproti 57 $mg.kg^{-1}$). Tieto rozdiely môže spôsobovať prítomnosť organických látok pochádzajúcich z humusovej vrstvy alebo dotácia z priemyselných hnojív aplikovaných v poľnohospodárstve. Takýto predpoklad podporujú aj údaje o pôdach Slovenska (Čurlík a Šefčík, 1999). Z tohto pohľadu geochemické mapovanie povodňových sedimentov nesignalizuje výraznejšie znečistenie skúmaného územia. Údaje o distribúcii väčšiny študovaných prvkov v povodňových sedimentoch východného Slovenska sú v dobrej zhode s údajmi práce Tebbensa et al. (2000), zaoberajúcej sa distribúciou hlavných a vybraných stopových prvkov v 637 geochemických vzorkách predindustriálnych povodňových sedimentov v povodí rieky Maas v Holandsku.

Na porovnanie distribúcie študovaných prvkov v industriálnej a predindustriálnej vrstve nivných sedimentov, ako aj na dokreslenie ich výstupu v regióne sa odobralo

Tab. 5
Charakter distribúcie vybraných prvkov v piatich vzorkách povodňových sedimentov vertikálneho profilu v aluviálnej nive Tople
Distribution of the chosen elements in five overbank sediment samples of the river Topľa flood plain vertical profile

Vzorka	Prvok	Fe_2O_{3c}	MnO	P_2O_5 %	C_{org}	S_{celk}	As	Ba $mg.kg^{-1}$	Cr	Cu
SHV-25a		*3,52*	*0,081*	*0,16*	*1,08*	*0,09*	*8,4*	*360*	128	*20*
SHV-25b		2,7	0,07	0,09	0,30	0,04	5,0	314	147	13
SHV-25c		2.72	0,075	0,10	0,39	0,07	6,5	310	128	17
SHV-25d		2,34	0,074	0,11	0,12	0,06	4,5	214	*465*	10
SHV-25e		2,68	0,068	0,09	0,25	0,06	6,1	302	146	14
Vzorka	Prvok	Hg	Li	Ni	Pb	Rb $mg.kg^{-1}$	V	Y	Zn	Zr
SHV-25a		*0,08*	*31*	*42*	*19*	*83*	*64*	32	*59*	479
SHV-25b		0,03	24	33	15	66	41	36	42	682
SHV-25c		0,03	26	31	13	67	52	30	44	501
SHV-25d		0,06	19	25	11	45	26	*53*	37	*1775*
SHV-25e		0,03	25	30	13	64	44	32	42	607



Obr. 4. Grafy distribúcie vybraných prvkov vo vrstvách sedimentov vertikálneho profilu aluviálnej nivy Tople medzi Hlinným a Vyšným Žipovom.
Fig. 4. Distribution diagrams of the chosen elements in the individual deposit layers of the river Topľa flood plain vertical profile between the villages Hlinné and Vyšný Žipov.

päť geochemických vzoriek v rámci jedného vertikálneho profilu z aluviálnej nivy Tople (z nárazového brehu) medzi Hlinným a Vyšným Žipovom (obr. 3). Kvantitatívny podiel frakcií znázorňuje tab. 4.

Opis profilu:

0–40 cm – hnedá slabo humózna drobivá vápnitá hlina (recentný industriálny sediment – vzorka SHV-25a)

40–60 cm – svetlohnedá práškovito-jemnopiesčitá vápnitá hlina

60–85 cm – hnedá sivomramorovaná vápnitá hlina s jemnými vrstvičkami a šošovkami piesku a s ojedinelými brôčikmi Mn (pravdepodobne ide o slabo vyvinutú holocénnu pôdu; vzorka SHV-25b pre podobnosť sedimentov reprezentuje hĺbkový interval 40 až 85 cm)

85–145 cm – jemnopiesčitá hnedá drobivá vápnitá hlina (predindustriálny sediment – SHV-25c)

145–160 cm – zahlinené obliaky andezitu veľké v priemere okolo 2 cm, max. 8–10 cm (bez vzorky)

160–180 cm – jemnozrnný až strednozrnný sivý až hnedosivý piesok s horizontálnymi vrstvičkami tmavej farby (Fe-Mn?; SHV-25d)

180–195 cm – silne prachovitá hnedá hlina s horizontálnymi vrstvičkami tmavej farby (Fe-Mn; SHV-25e)

od 195 cm – sypký strednozrnný prevažne hnedosivý až sivohnedý piesok (vystupuje minimálne po hladinu rieky v hĺbke 295 cm; bez vzorky)

Vek vzorky dreva z hĺbky 60 cm tohto profilu (obr. 3) stanovený A. Šivom a kol. na Katedre jadrovej fyziky FMFI UK rádiouhlíkovou metódou (^{14}C) je súčasný (t. j. po roku 1950). Pravdepodobným vysvetlením je súčasná inkorporácia dreva pri povodni do nárazového brehu rieky Tople, kde bol profil situovaný.

Tab. 5 a obr. 4 znázorňujú distribúciu vybraných prvkov v piatich vzorkách profilu. V industriálnej vrstve sedimentov (vzorka 25a) sme na rozdiel od vrstvy predindustriálnych sedimentov (porovnával sa priemerný obsah vzorky 25b a 25c) zistili výrazné až menej výrazné zvýšenie obsahu týchto prvkov (uvedené sú len prvky s rozdielom v obsahu > 20 %): $C_{org.}$ 3,1-násobné, Hg 2,7-násobné, P_2O_5 1,7-násobné, $S_{celk.}$ 1,6-násobné, As 1,5-násobné, Pb, V a Zn 1,4-násobné a Fe_2O_3c., Cu a Ni 1,3-násobné. Najvýraznejšie je zvýšenie obsahu $C_{org.}$ Relatívne vyšší obsah ďalších prvkov sa popri ich väzbe na organickú hmotu (jej prítomnosť súvisí s blízkosťou humusovej vrstvy) dá spájať hlavne s väzbou na oxidy Fe alebo Mn.

Tab. 6

Korelačná matica znázorňujúca hodnoty korelačných koeficientov študovaných prvkov v súbore 40 vzoriek povodňových sedimentov skúmaného územia
Correlation matrix of the studied elements in the set of 40 overbank sediment samples of the interest area

Prvok	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_{3c}	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	CO_2	C_{org}	$S_{celk.}$	H_2O^+	s. z.	As	B	Ba
SiO_2	1																			
TiO_2	-0,62	1,00																		
Al_2O_3	-0,82	**0,79**	1,00																	
Fe_2O_{3c}	-0.73	0,56	**0,89**	1,00																
Fe_2O_3	0,07	0,02	0,28	0.45	1,00															
FeO	-0.42	0,12	0.42	0,54	0,19	1,00														
MnO	-0,44	0,43	0,55	**0,64**	0,24	0,21	1,00													
MgO	-0.58	0,19	0,47	0,46	0,19	0,25	-0,02	1,00												
CaO	-0.18	-0,27	-0,26	-0,30	-0,37	0,13	-0,31	0,29	1,00											
Na_2O	0,42	-0,11	-0.21	-0.40	0,06	-0,06	-0,54	0,05	0,04	1,00										
K_2O	-0,48	0,55	0,54	0,33	-0,02	0,46	0,33	0,22	0,19	0,13	1,00									
P_2O_5	-0.55	0,39	**0,64**	**0,69**	0,33	0,51	0,57	0,29	-0,15	-0,21	0,36	1,00								
CO_2	-0.18	-0,31	-0,29	-0,32	-0,42	0,16	-0,38	0,29	**0,94**	0,05	0,13	-0,18	1,00							
C_{org}	-0.80	0,33	0,52	0,56	-0,23	0,27	0,41	0,32	-0,01	-0,67	0,11	0,41	0,07	1,00						
S_{celk}	-0,32	0,48	0,50	0,53	0,26	0,06	0,40	0,16	-0,35	-0,29	0,16	0,31	-0,35	0,16	1,00					
H_2O^+	-0.81	0,38	0.52	0,50	-0,26	0,18	0,39	0,31	-0,01	-0,64	0,12	0,34	0,06	**0,97**	0,19	1,00				
s. z.	-0,77	0,30	0,32	0,22	-0,49	0,08	0,13	0,32	0,46	-0,46	0,13	0,20	0,52	**0,74**	0,06	**0,78**	1,00			
As	-0,35	0,13	0,36	0,34	0,05	0,41	0,38	-0,03	0,03	-0,12	0,41	0,29	0,00	0,22	0,03	0,23	0,17	1,00		
B	-0,22	0,06	0,28	0.28	0,08	**0,69**	-0,02	0,15	0,18	0,11	0,59	0,06	0,23	-0,01	-0,06	-0,07	-0,04	0,50	1,00	
Ba	-0,73	**0,73**	**0,78**	**0,62**	-0,06	0,32	**0,71**	0,09	-0,16	-0,30	**0,64**	**0,60**	-0,21	0,54	0,35	0,56	0,44	0,50	0,20	1,00
Be	-0,73	**0,68**	**0,92**	**0,93**	0,45	0,36	**0,61**	0,47	-0,36	-0,33	0,39	**0,66**	-0,37	0,51	0,50	0,49	0,22	0,33	0,22	**0,66**
Ce	-0,42	**0,63**	0,52	0,30	-0,08	0,01	0,43	0,02	-0,06	0,03	0,51	0,20	-0,08	0,11	0,25	0,17	0,28	0,44	0,20	**0,70**
Co	-0,57	0,48	**0,74**	**0,85**	0,53	0,28	**0,61**	0,39	-0,44	-0,41	0,04	0,58	-0,45	0,49	0,54	0,47	0,16	0,30	-0,03	0,46
Cr	0,40	-0,15	-0,32	-0,49	-0,09	-0,17	-0,34	-0,02	0,12	**0,73**	0,11	-0,24	0,14	-0,60	-0,35	-0,55	-0,29	0,14	0,15	-0,17
Cu	-0,57	0,33	**0,67**	**0,78**	0,34	0,30	0,35	0,53	-0,24	-0,37	0,16	0,34	-0,28	0,49	0,34	0,43	0,16	0,27	0,27	0,32
Ga	-0,73	**0,66**	**0,90**	**0,86**	0,31	0,48	0,57	0,42	-0,22	-0,19	0,58	0,58	-0,26	0,44	0,36	0,43	0,24	0,37	0,41	**0,73**
Hg	0,01	0,13	-0,05	-0,03	-0,05	0,04	0,32	-0,15	0,10	-0,09	0,24	0,08	0,07	-0,08	0,18	-0,07	0,02	0,44	0,10	0,14
La	-0,31	0,12	0,07	-0,09	-0,64	-0,08	-0,02	0,29	0,38	-0,04	0,15	-0,16	0,34	0,21	-0,03	0,26	0,46	0,14	0,04	0,18
Li	-0,50	0,36	**0,73**	**0,89**	**0,63**	0,51	0,44	0,43	-0,38	-0,27	0,17	0,54	-0,33	0,35	0,42	0,28	0,01	0,22	0,35	0,32
Ni	-0,09	0,07	0,32	0,45	0,56	0,55	0,32	0,21	-0,14	0,03	0,38	0,29	-0,17	-0,11	0,12	-0,17	-0,33	0,53	**0,65**	0,18
Pb	-0,65	0,43	0,56	**0,65**	0,08	0,21	0,51	0,26	-0,25	-0,63	0,02	0,49	-0,19	**0,82**	0,26	**0,76**	0,49	0,17	-0,10	0,52
Rb	-0,75	**0,71**	**0,91**	**0,81**	0,23	0,45	0,62	0,36	-0,18	-0,26	**0,72**	**0,60**	-0,21	0,47	0,39	0,46	0,27	0,49	0,46	**0,83**
Sb	-0,21	0,23	0,29	0,22	0,10	-0,16	0,03	0,20	-0,03	-0,09	0,08	-0,03	-0,20	0,11	0,05	0,11	0,06	0,20	0,00	0,12
Sr	-0,59	0,13	0,21	0,12	-0,34	0,43	0,07	0,40	**0,79**	-0,11	0,49	0,23	**0,74**	0,35	-0,18	0,35	**0,66**	0,37	0,35	0,36
V	-0,66	0,53	**0,83**	**0,89**	0,41	0,41	**0,61**	0,46	-0,30	-0,37	0,40	0,58	-0,34	0,49	0,44	0,45	0,13	0,26	0,27	0,58
Y	0,01	0,11	-0,08	-0,32	-0,56	0,11	-0,17	-0,22	0,33	0,37	0,46	-0,19	0,33	-0,19	-0,21	-0,16	0,14	0,29	0,44	0,27
Zn	-0,66	0,40	**0,65**	**0,81**	0,29	0,45	0,56	0,36	-0,24	-0,58	0,16	**0,68**	-0,18	**0,72**	0,32	**0,62**	0,34	0,13	0,12	0,48
Zr	0,47	-0,32	-0,61	-0,75	-0,55	-0,18	-0,47	-0,41	0,36	0,45	0,01	-0,52	0,38	-0,47	-0,44	-0,43	-0,08	0.00	0,15	-0,24

Prvok	Be	Ce	Co	Cr	Cu	Ga	Hg	La	Li	Ni	Pb	Rb	Sb	Sr	V	Y	Zn	Zr
Be	1,00																	
Ce	0,41	1,00																
Co	**0,84**	0,19	1,00															
Cr	-0,37	0,23	-0,39	1,00														
Cu	**0,75**	0,10	**0,71**	-0,41	1,00													
Ga	**0,87**	0,46	**0,64**	-0,26	**0,68**	1,00												
Hg	0,00	0,25	0,15	0,27	-0,04	-0,06	1,00											
La	-0,09	0,34	-0,13	0,17	0,01	-0,05	0,12	1,00										
Li	**0,85**	0,14	**0,78**	-0,42	**0,76**	**0,76**	-0,10	-0,32	1,00									
Ni	0,40	0,16	0,38	0,20	0,46	0,48	0,33	-0,24	0,55	1,00								
Pb	**0,62**	0,19	**0,64**	-0,51	0,51	0,43	0,00	-0,06	0,51	0,04	1,00							
Rb	**0,87**	0,57	**0,60**	-0,24	**0,64**	**0,91**	0,07	0,03	**0,66**	0,46	0,49	1,00						
Sb	0,29	0,16	0,25	-0,12	**0,64**	0,27	0,03	0,15	0,17	0,14	0,13	0,29	1,00					
Sr	0,07	0,30	-0,08	0,07	0,04	0,22	0,21	0,39	-0,08	0,11	0,16	0,30	0,02	1,00				
V	**0,89**	0,30	**0,73**	-0,42	**0,79**	**0,85**	-0,03	-0,12	**0,80**	0,45	0,57	**0,84**	0,29	0,11	1,00			
Y	-0,32	0,46	-0,53	0,54	-0,37	-0,06	0,17	0,47	-0,49	0,00	-0,34	0,04	-0,09	0,42	-0,33	1,00		
Zn	**0,76**	0,07	**0,70**	-0,55	**0,64**	**0,64**	-0,04	-0,25	**0,75**	0,32	**0,83**	**0,62**	0,06	0,16	**0,75**	-0,42	1,00	
Zr	-0,76	0,08	-0,79	**0,66**	-0,67	-0,57	0,16	0,34	-0,78	-0,19	-0,57	-0,51	-0,21	0,17	-0,75	**0,81**	-0,73	1,00

Tab. 7
Faktorové saturácie vybraných prvkov 40 vzoriek povodňových sedimentov skúmaného územia
Factor loading for the chosen elements of 40 overbank sediment samples of the interest area

Prvok	Faktor 1	2	3	4	5
SiO_2	-0,542	-0,007	0,419	-0,479	-0,519
TiO_2	0,388	-0,067	0,146	0,770	0,166
Al_2O_3	0,739	0,090	0,055	0,564	0,296
Fe_2O_3	0,763	0,218	0,128	0,250	0,478
MnO	0,148	0,381	0,287	0,421	0,601
MgO	0,729	-0,153	-0,476	-0,043	0,019
CaO	-0,170	0,045	-0,917	-0,116	-0,084
Na_2O	0,004	-0,054	0,026	0,034	-0,876
K_2O	0,296	0,426	-0,269	0,604	-0,140
P_2O_5	0,411	0,279	0,069	0,251	0,449
CO_2	-0,190	0,047	-0,923	-0,171	-0,056
C_{org}	0,266	-0,111	-0,269	0,230	0,791
As	0,096	0,711	-0,112	0,329	0,104
B	0,357	0,643	-0,306	0,079	-0,283
Ba	0,240	0,237	0,007	0,822	0,382
Be	0,779	0,151	0,186	0,362	0,393
Ce	0,088	0,201	-0,013	0,841	-0,047
Co	0,622	0,143	0,314	0,130	0,521
Cr	-0,239	0,237	-0,065	0,148	-0,743
Cu	0,819	0,090	0,043	0,019	0,296
Ga	0,759	0,242	0,056	0,458	0,212
Hg	-0,282	0,613	-0,010	0,167	0,096
La	-0,116	-0,216	-0,529	0,441	-0,067
Li	0,828	0,245	0,239	-0,047	0,314
Ni	0,470	0,797	0,112	-0,080	-0,136
Pb	0,313	-0,029	0,038	0,202	0,788
Rb	0,656	0,321	-0,001	0,576	0,258
Sb	0,413	-0,129	0,010	0,144	-0,066
Sr	0,054	0,267	-0,860	0,263	0,148
V	0,780	0,188	0,138	0,243	0,389
Y	-0,356	0,229	-0,380	0,559	-0,465
Zn	0,555	0,165	0,056	0,040	0,711
Zr	-0,680	0,083	-0,292	0,138	-0,567

Celkovo možno konštatovať, že distribúcia viac-menej všetkých študovaných prvkov vo vzorke industriálnej vrstvy nivného sedimentu v profile nie je z hľadiska absolútnych hodnôt anomálna, ale ako geochemicky anomálny sa prejavuje obsah Cr a Zr vo vzorke piesku (25d; 160–180 cm – táto vzorka bola ako jediná vylúčená zo štatistického súboru povodňových sedimentov). Pravdepodobnou príčinou je väzba na akcesorické minerály (Cr 465 $mg.kg^{-1}$ – chromit; Zr 1775 $mg.kg^{-1}$ zirkón). O tejto anomálii svedčí aj priemerný obsah Cr a Zr v štyroch vzorkách naviateho piesku odobratých v južnej časti študovaného územia (Cr = 54 $mg.kg^{-1}$, Zr = 190 $mg.kg^{-1}$; Marsina a Baňacký, 1999).

Ako sme už uviedli, pri hodnotení výsledkov chemických analýz odobratých vzoriek sme použili korelačnú a faktorovú analýzu a hlavným cieľom bolo zistiť vzťahy medzi prvkami odrážajúce ich spoločný výstup v minerálnych asociáciách alebo v inej forme.

Tab. 6 uvádza korelačné koeficienty všetkých sledovaných prvkov. Zvýraznené sú koeficienty s hodnotou 0,6 a viac, ktoré sú pri hladine významnosti 95 % významné. Z tab. 6 vidno, že sa väčšina významných hodnôt korelačných koe-

ficientov viaže na litofilné prvky a prakticky odráža genetické vzťahy súvisiace s minerálnym zložením sedimentov.

Najvýraznejšie korelujúce asociácie prvkov reprezentujúce horninotvorné a akcesorické minerály:

– *Asociácia 1 – Al–Fe–Be–Ga–Li–Rb–Co–Cu–V–Zn* – reprezentuje hlavne minerálne produkty zvetrávania zdrojových hornín, ktoré tvorí predovšetkým paleogénny pieskovec a v menšom množstve neogénne vulkanity prevažne andezitového zloženia. Tieto prvky vstupujú do kryštálových mriežok sľudy a ílových minerálov (muskovitu, illitu, v menšej miere kaolinitu a i.), a to najmä vo forme izomorfnej prímesi. Sčasti to potvrdzujú aj výsledky Krausa (1975).

– *Asociácia 2 – Sr–Ca–CO_2* – strata žíhaním je typická pre vápenec.

– *Asociácia 3.1 – Ti–Al–Ba–Ce–Rb–K* – odráža prítomnosť draselných živcov (ortoklasu, mikroklínu; Koráb a Ďurkovič, 1978) a niektorých akcesorických minerálov (napr. rutilu).

– *Asociácia 3.2 – Na–Cr; Cr–Y–Zr.* Korelácie týchto prvkov odrážajú ich výstup v akcesorických mineráloch (zirkón, chromit, sodný živec – oligoklas?; Koráb a Ďurkovič, 1978).

– *Asociácia 4 – $C_{org.}$–Pb–Zn* – pravdepodobne najväčšmi svedčí o väzbe Pb a Zn na organickú hmotu.

Výsledky faktorovej analýzy do značnej miery potvrdzuje aj korelačná analýza. V tab. 7 sú faktorové saturácie vybraných prvkov 40 vzoriek povodňových sedimentov. Spolu sa vyčlenilo päť významných faktorov. Prvky s významnou hodnotou faktorovej saturácie vystupujúce vo faktoroch (v tab. 7 sú zvýraznené) sú v nasledujúcom komentári zoradené zostupne podľa daných hodnôt. Za významnú sa pokladá hodnota 0,7 a vyššia, resp. –0,7 a nižšie (za znamienkom ± uvádzame aj hodnoty faktorovej saturácie v rozmedzí 0,6–0,7).

Faktor 1 reprezentuje asociáciu *Li–Cu–V–Be–Fe–Ga–Al–Mg ± Rb,* Co, (– Zr), ktorá s výnimkou Mg zodpovedá *asociácii 1* vyčlenenej korelačnou analýzou. Záporná hodnota faktorovej saturácie Zr môže signalizovať jeho samostatné vystupovanie vo forme zirkónu.

Faktor 2 znázorňuje významné spoločné vystupovanie *Ni–As ± B ± Hg,* ktoré podľa dostupných údajov pomerne ťažko jednoznačne špecifikovať, ale Ni aj As popri spoločnom výstupe v sulfidoch patria medzi prvky silne adsorbované oxidmi a hydratovanými oxidmi Fe (Mn, Al).

Faktor 3 CO_2–Ca–Sr vyčleňuje karbonátové horniny (hlavne vápenec) vystupujúce vo forme prímesi, pričom zodpovedá *asociácii 2,* vyčlenenej korelačnou analýzou.

Faktor 4 tvorí asociácia *Ce–Ba–Ti ± K,* ktorá podobne ako *asociácia 3.1,* vyčlenená korelačnou analýzou, odráža hlavne prítomnosť draselných živcov a niektorých titánových akcesorických minerálov.

Faktor 5 je kombináciou dvoch fenoménov. Asociácia *$C_{org.}$–Pb–Zn* pravdepodobne odráža väzbu Pb a Zn na organickú hmotu (zhoduje sa s *asociáciou 4,* vyčlenenou korelačnou analýzou), a asociácia *Na–Cr,* so zápornými hodnotami faktorovej saturácie, asi svedčí o spoločnom vystupovaní akcesorických minerálov oligoklasu (Na) a chromitu (Cr) v zdrojových paleogénnych pieskovcových telesách (Koráb a Ďurkovič, 1978).

Záver

Geochemické mapovanie industriálnej vrstvy povodňových sedimentov v skúmanej časti východného Slovenska nepreukázalo väčšie antropogénne znečistenie a na tomto základe možno konštatovať, že distribúcia väčšiny študovaných prvkov z hľadiska absolútnych hodnôt ich obsahu, ako aj zistených asociácií prvkov je geogénneho pôvodu.

Zaujímavá je geochemická anomália Cr (465 mg.kg^{-1}) a Zr 1775 mg.kg^{-1}) vo vzorke piesku odobratej z hĺbky 160 až 180 cm v rámci vertikálneho profilu aluviálnej nivy Tople medzi Hlinným a Vyšným Žipovom. Vysoký obsah obidvoch prvkov pravdepodobne svedčí o lokálnom nahromadení akcesorických minerálov chromitu a zirkónu v danej vrstve. Toto zistenie odporúčame preveriť z hľadiska potenciálne ekonomickej akumulácie zirkónu v sledovanej lokalite.

Geochemické mapovanie industriálnej vrstvy povodňových sedimentov sa ukazuje ako efektívny a finančne únosný prostriedok na zistenie ich chemického a sprostredkovane aj minerálneho zloženia. Jeho výsledky prinášajú v prvom rade údaje o pôvode sedimentov, t. j. charakterizujú znosové oblasti a ich primárnu litológiu vrátane geogénne podmienených vplyvov mineralizácie a premien. Od primárnej resp. geogénne podmienenej distribúcie možno odčleniť geochemicky anomálnu distribúciu sledovaných prvkov, ktorá sa vymyká geogénnym procesom (zákonitostiam). Ide väčšinou o antropogénne vplyvy, ktorých analýza nám umožňuje vyjadriť sa k znečisteniu územia a k prípadnému ohrozeniu životného prostredia v ňom.

Geochemické mapovanie industriálnej vrstvy povodňových sedimentov vrátane odberu referenčných vzoriek predindustriálnych povodňových sedimentov odporúčame vykonať aj v ďalších, doteraz nezmapovaných regiónoch Slovenska, a to nevyhnutne spolu s mapovaním ostatných starších jemnozrnných až strednozrnných kvartérnych sedimentov, aby sa tak popri publikovaných geochemických údajoch o predkvartérnych horninách (napr. Marsina et al., 1999) získala aj dostatočná báza referenčných údajov o primárnej litológii kvartérnych sedimentov.

Poďakovanie. Ďakujeme pracovníkom oddelenia kartografie RNDr. Š. Káčerovi a Ing. M. Antalíkovi za digitálne spracovanie geologickej schémy skúmaného územia, RNDr. D. Bodišovi, CSc., za konzultácie pri štatistickom spracúvaní výsledkov a RNDr. J. Michalkovi za konzultácie a technickú pomoc pri datovaní vzorky dreva a hodnotení výsledkov.

Literatúra

Baňacký, V., 1971. Geologická stavba kvartéru medzi Ondavou a Laborcom v sz. časti Východoslovenskej nížiny. *Manuskript, archív GÚDŠ.*

Baňacký, V., 1988: Geologická mapa severnej časti Východoslovenskej nížiny v mierke 1 : 50 000. *Bratislava, Geologický ústav Dionýza Štúra.*

Baňacký, V., Vass, D., Kaličiak, M., Remšík, A. & Pospíšil, Ľ., 1988a: Vysvetlivky ku geologickej mape severnej časti Východoslovenskej nížiny v mierke 1 : 50 000. *Bratislava, Geologický ústav Dionýza Štúra, 117 s.*

Baňacký, V., Elečko, M., Kaličiak, M., Lexa, J., Straka, P., Vass, D., Vozár, J. & Vozárová, A., 1988b: Geologická mapa južnej časti

Východoslovenskej nížiny a Zemplínskych vrchov v mierke 1 · 50 000. *Bratislava, Geologický ústav Dionýza Štúra.*

Baňacký, V., Elečko, M., Kaličiak, M., Lexa, J., Straka, P., Škvarka, L., Šucha, P., Vass, D., Vozár, J. & Vozárová, A., 1988c: Vysvetlivky ku geologickej mape južnej časti Východoslovenskej nížiny a Zemplínskych vrchov v mierke 1 : 50 000. *Bratislava, Geologický ústav Dionýza Štúra, 143 s.*

Baňacký, V., 1995: Účelová geologická mapa regiónu Tibreg v mierke 1 . 50 000. *Bratislava, Geocomplex, a. s.*

Čurlík, J. & Šefčík, P., 1999: Geochemický atlas Slovenskej republiky, časť Pôdy. *Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy. 99 s.*

Karoli, S., Jacko, S., Žec, B., Baňacký, V. & Maglay, J., 2000: Geologická mapa regiónu Vranov – Strážske – Humenné v mierke 1 . 50 000. *In: Puchnerová, M. et al. (2002): Súbor máp geologických faktorov životného prostredia regiónu Vranov – Strážske – Humenné v mierke 1 : 50 000. Bratislava, Geocomplex, a. s.*

Koráb, T. & Ďurkovič, T., 1978: Geológia dukelskej jednotky (flyš východného Slovenska). *Bratislava, GÚDŠ, 194 s.*

Kraus, I., 1975: Distribúcia mikroprvkov v íloch neogénnych panví Západných Karpát. *Náuka o Zemi, sér. Geologica, 9. Bratislava, VSAV, 167 s.*

Marsina, K. & Baňacký, V., 1999: Mapa geochemických typov hornín regiónu Tibreg v mierke 1 · 50 000. *Archív GSSR – Geofond Bratislava.*

Marsina, K., Bodiš, D., Havrila, M., Janák, M., Káčer, Š., Kohút, M., Lexa, J., Rapant, S. & Vozárová, A., 1999: Geochemický atlas Slovenskej republiky, časť Horniny. *Bratislava, GSSR, 135 s.*

Marsina, K., Baňacký, V & Siráňová, Z., 2001: Mapa geochemických typov hornín regiónu Humenné – Vranov – Strážske v mierke 1 . 50 000. *Bratislava, Geocomplex, a. s.*

Ottesen, R. T., Bogen, J., Bölviken, B. & Volden, T., 1989: Overbank sediment: a representative sample medium for regional geochemical mapping. *J. geochem. Explor., 32, pp. 257–277.*

Tebbens, L. A., Veldkamp, A. & Kroonenberg, S. B., 2000: Natural compositional variation of the river Meuse (Maas) suspended load: a 13 ka bulk geochemical record from the upper Kreftenheye and Betuwe Formations in northern Limburg. *Netherlands Journal of Geosciences, 79, 4, pp. 391–409.*

Geochemical mapping of overbank sediments in the Eastern Slovakia

In the frame of Eastern Slovakia Lowland geochemical mapping (area of 3400 km^2), 41 overbank sediment samples from 29 sites were taken. The sampling interval was mainly 5 to 30 cm, 12 samples were taken from deeper levels. In one case 5 samples were taken in a vertical profile up to 2 m, to describe the distribution of studied elements in the alluvial sediments of the region (Figs. 3 and 4; Tab. 5).

The samples were homogenized and sieved; the fraction < 0.15 mm was analysed for major and 26 trace elements (Tab. 1).

The main part of the studied area is a plane with Quaternary sediment cover, except the Paleozoic and Mesozoic complexes of the Zemplínske vrchy Mts. in the SW, the Mesozoic sediments of the Humenské vrchy Mts. in the N and the complex of the Neogene volcanic rocks (mainly andesites, minor rhyollites) of the Slanské/Vihorlatské vrchy Mts. in W/NE of the area. Sandstone-claystone to claystone-sandstone formations with the admixture of carbonates (Mesozoic and Paleogene of the Klippen belt, Paleogene of the Inner and Outer Carpathians, Neogene) are present in the N of the area as well. All these rocks represent the major/minor source of the material to the Quaternary sediments (Fig. 1).

The widermost spread Quaternary sediments in the Eastern Slovakia Lowland are represented by the fluvial sediments having the maximal thickness of 70 m. They consist mainly of gravel with the transition to sands/fine grained sands toward the South of the area. They have been formed since Pleistocene. Alluvial sediments (loams, clays, sands, locally with the gravel admixture) represent the youngest part of the fluvial sediments. Their dominant source rock is represented by sandstone-claystone formations with the admixture of Paleogene carbonates of the Outer Carpathians.

Proluvial sediments form predominantly periglacial cones at the foothills of the Slanské, Vihorlatské and Zemplínske vrchy Mts. The material of the proluvial sediments is characterized by wide grain size variability.

Eolian sediments are represented by the loess, loess loams and sands.

Loess and loess loams (Middle to Late Pleistocene) cover mainly the foothills of the Slanské vrchy Mts. and the central part of the Eastern Slovakia Lowland. These sediments are partly decarbonated (the carbonates are moved into the deeper layers).

Eolian sands are the characteristic feature in the southern part of the studied area. They have formed since Late Pleistocene from the older alluvial sediments of the rivers Latorica, Tisa, Bodrog, Uh and some others. The sands are fine grained (e. g. sample from Veľký Kamenec village: 0.25–0.1 mm – 63 %, 0.1–0.05 mm – 9 to 14 % and < 0.05 – up to 6.5 %).

Deluvial sediments form the foothils of Slanské and Vihorlatské vrchy Mts., the Klippen belt and Paleogene formations. Three types of deluvial sediments are present:

a) mainly loamy, b) loam-stony and c) loam-stony to bouldery.

Freshwater limestones – travertines and peat to peat loams represent the rare Quaternary sediment types in the studied area.

Freshwater limestones (Holocene) originated from hot springs on the fault zone, which separates the Humenské vrchy Mts. from Vihorlatské vrchy Mts.

Peat and peaty loams (mainly Holocene) are present at the bottom of the Zemplínska Šírava lake. Lowland moor peats and nekron muds fill some oxbows of the river Tisa (up to 5 m thick layers) in the South of Eastern Slovakia Lowland.

Results of the overbank sediment geochemical mapping could be stressed into following points:

– distribution of studied elements in the overbank sediment geochemical samples do not indicate any distinct anthropogeneous contamination of the area,

– relations between elements, studied by using the correlation analysis and factor analysis (principal component method) show geogeneous assemblages:

1. *Al–Fe–Be–Ga–Li–Rb–Co–Cu–V–Zn* – represents mainly mineral products of the source rocks weathering (predominantly Paleogene sandstones, less Neogene volcanics of andesitic less rhyolitic composition). The above elements enter the crystal lattices of mica and clay minerals (muscovite, illite, less kaolinite and others; e. g. Kraus et al., 1975).

2. *Ti–Al–Ba–Ce–Rb–K* reflects the presence of K-feldspars (ortoclase, microcline; Koráb and Ďurkovič, 1978) and some accessory minerals (e. g. rutile).

3. *Na–Cr; Cr–Y–Zr* – accessory minerals (zircone, chromite, Na-feldspar – oligoclase?; Koráb and Ďurkovič, 1978),

4. $C_{org.}$*–Pb–Zn* is the result of interrelation of lead and zinc with organic matter.

5. CO_2*–Ca–Sr* represents carbonate admixture in the sediments.

Geochemical anomaly of Cr (465 mg.kg^{-1}) and Zr (1775 mg.kg^{-1}) appeared in the sand layer (160–180 cm, Fig. 3) of the river Topľa alluvial sediments. It should be examined for possible zircon accumulation.

Geochemical mapping of overbank sediments provides an cost effective and useful tool to find out their chemical and mineral composition, origin (source rocks) and to distinguish the geogeneous and/or possible anthropogeneous (contamination) features of the element distribution.

Mineralia Slovaca, 34 (2002), 289–302

Vplyv ílových minerálov na vlastnosti vulkanických hornín Západných Karpát využívaných v stavebníctve

JANA VAVROVÁ[1], IVAN KRAUS[2] a MARTIN ONDRÁŠIK[3]

[1]Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Kynceľovská 10, 974 01 Banská Bystrica
e-mail: vavrova@gssrbb.sk
[2]Katedra ložiskovej geológie Prírodovedeckej fakulty UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava
e-mail: kraus@fns.uniba.sk
[3]Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava
e-mail: ondrasik@gssr.sk

(Doručené 10. 1 2002, revidovaná verzia doručená 16. 9. 2002)

The influence of clay minerals on properties of volcanic rocks of the Western Carpathians used for building industry

Clay minerals are present in all neovolcanic rocks of the Western Carpathians, which are used in building industry. The only exceptions are some basalts of the Cerová vrchovina Mts. Smectite is the most common of the clay minerals. It is present mostly in andesites. Smectite has mainly hydrothermal origin and is formed by activity of hydrothermal solutions during the early and late postvolcanic period. The artificial origin of smectite was confirmed by wet grinding of andesite in laboratory conditions. A presence of smectite influences the chosen physical and mechanical properties (adsorption, absorption, abrasivity, bulk density, wet strength, dry strength, frost strength). It depends on the rock type, genesis and smectite content. We can state that the increasing smectite content increases adsorption, absorption and abrasivity and decreases bulk density and strength.

Key words: clay minerals, smectite, volcanic rocks, alterations, rock quality, durability, adsorption, absorption, abrasivity, bulk density, strength

Úvod

Výskum vulkanických hornín z hľadiska výskytu ílových minerálov v nich je pokračovaním úvodnej práce Galka et al. (2000), ktorí zisťovali prítomnosť smektitu vo vybraných ložiskách andezitov, bazaltov, ryolitov a granodioritov Západných Karpát. Potvrdilo sa, že sa ílové minerály vyskytujú aj v horninách, na ktorých sa nijaké účinky alteračných procesov makroskopicky neprejavujú, čiže sa pokladajú za čerstvé. Tento dôležitý poznatok sa pri využívaní hornín v stavebníctve a cestnom staviteľstve doteraz nebral primerane do úvahy.

Pri normových skúškach zameraných na kvalitu prírodných stavebných hmôt (kameňa a kameniva) sa zisťujú ich fyzikálne, mechanické a technologické vlastnosti a na tomto základe aj možnosti využívať ich v praxi. Z mnohých laboratórnych výskumov vyplynulo, že spomenuté vlastnosti ovplyvňuje aj prítomnosť ílových minerálov, ich množstvo a druh. Z ílových minerálov majú na vlastnosti stavebných materiálov významný vplyv expandujúce minerály skupiny smektitu.

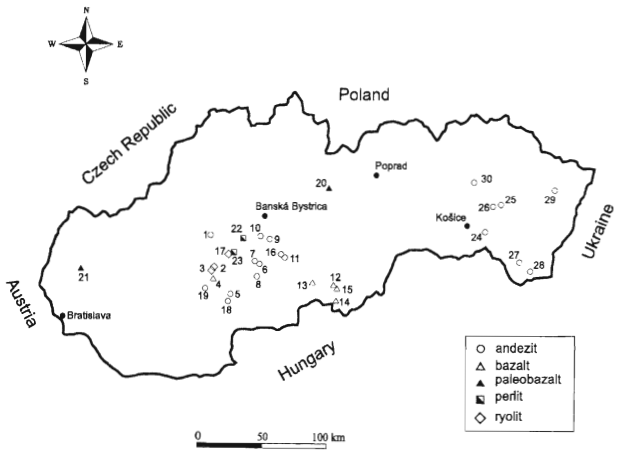
Cieľom tejto práce bolo zistiť prítomnosť ílových minerálov – najmä smektitu – vo významných vulkanických horninách Západných Karpát využívaných v stavebníctve, ako aj vzťah medzi obsahom smektitu a vybranými fyzikálnomechanickými vlastnosťami, ako je adsorpcia, nasiakavosť, obrusnosť, objemová hmotnosť, pevnosť v bodovom tlaku za sucha, po nasiaknutí a po zmrazení.

Študované ložiská vulkanických hornín využívaných v stavebníctve

V neovulkanitoch Západných Karpát sú bohaté ložiská stavebného kameňa. V stredoslovenských a východoslovenských neovulkanitoch prevažujú ložiská andezitov a v Cerovej vrchovine ložiská bazaltov. Ložiská stavebného kameňa na ryolitovej báze sú známe na strednom a ojedinele aj na východnom Slovensku.

Vzorky sme odobrali zo štrnástich lokalít v stredoslovenských neovulkanitoch, zo štyroch v Cerovej vrchovine a zo siedmich vo východoslovenských neovulkanitoch (obr. 1). Na porovnávanie sme používali paleobazalty z Malužinej a Sološnice-Peterklina (malužinské súvrstvie, hronikum) a perlity z Jastrabej a z Lehôtky pod Brehmi (jastrabská formácia, ryolitový vulkanizmus).

Zamerali sme sa na činné lomy a lomy, v ktorých sa ťažba skončila nedávno. Dôležitým kritériom pri výbere bolo aj využívanie hornín na stavebné účely (napr. ako dekoračný kameň, na obrubníky, dlažobné kocky a pod.).



Obr. 1. Lokalizácia odberov vzoriek. 1 – Kamenec pod Vtáčnikom, 2 – Nová Baňa-Štamproch, 3 – Nová Baňa-Háj, 4 – Brehy, 5 – Breziny, 6 – Dobrá Niva, 7 – Dobrá Niva-Tri kamene, 8 – Krupina-Hanišberg, 9 – Tepličky-Krnišov, 10 – Badín, 11 – Stožok, 12 – Husiná, 13 – Bulhary, 14 – Čamovce, 15 – Konrádovce, 16 – Vígľaš, 17 – Hliník nad Hronom, 18 – Hontianske Trsťany, 19 – Rybník nad Hronom, 20 – Malužiná, 21 – Sološnica-Peterklin, 22 – Jastrabá, 23 – Lehôtka pod Brehmi, 24 – Ruskov, 25 – Vechec, 26 – Juskova Voľa, 27 – Brehov, 28 – Svätuše, 29 – Zemplínske Hámre, 30 – Maglovec-Vyšná Šebastová
Fig. 1. Sampling localities.

Pri niektorých lokalitách sme rozlišovali viac variet hornín, napr. bazalt s guľôčkovým rozpadom (tzv. *sonnenbrand*), niektorý andezit sme rozdelili na čerstvý a alterovaný (čiastočne premenený), pri ryolite sme rozlišovali pórovité a nepórovité typy a podľa celkového farebného odtieňa sme bazalty i andezity delili na tmavé a svetlé.

Spôsob vzniku ílových minerálov vo vulkanických horninách

Malé množstvo ílových minerálov vo vulkanických horninách vzniká hneď po stuhnutí lávy. Najvýznamnejší je hydrotermálny spôsob vzniku, ktorý súvisí s pôsobením hydrotermálnych roztokov na materskú horninu najmä počas jej chladnutia. Vznik ílových minerálov pri zvetrávaní ovplyvňujú klimatické podmienky. Časť ílových minerálov vzniká aj pri laboratórnych pokusoch, hlavne pri mletí vo vode. Vtedy vznikajú reakcie medzi molekulami vody a povrchom rozomletej vzorky, a tak sa uvoľňujú ióny, alkalické kovy a silikátové anióny, rastie teplota a abrazné pH dosahuje hodnotu vyše 12. Pri takýchto podmienkach niektoré hydroxidy a alumosilikáty koprecipitujú a ich zmes je predchodcom budúcich ílových minerálov (Kühnel a Van der Gaast, 1989).

Kühnel a Van der Gaast (1994) rozlíšili sedem spôsobov vzniku ílových minerálov v bazaltoch (tab. 1).

Vplyv ílových minerálov na kvalitu hornín

Ílové minerály výraznou mierou ovplyvňujú kvalitu hornín ako stavebného materiálu. V niektorých horninách sa vyskytujú už pri ich vzniku (sedimentárne horniny), v iných sa tvoria ako sekundárne minerály (napr. vulkanické horniny) a ich prítomnosť indikuje procesy znižujúce kvalitu hornín ako stavebného materiálu. Mysyk (1987) a Shakoor (1982) výskumom potvrdili, že vyšší obsah ílových minerálov v karbonatických horninách znižuje ich kvalitu natoľko, že sa nemôžu v stavebníctve použiť.

Ílové minerály pôsobia na kvalitu hornín trojako:

Tab. 1
Spôsoby vzniku ílových minerálov v bazaltoch
Ways of clay mineral generations in basaltic rocks

Pôvod vzniku	Znaky	Mechanizmus vzniku	Príklady
rané postvulkanické	pseudomorfózy, žily, inklúzie	para z chladnúcej lávy	sklo → zeolity sklo → chlorit
neskoré postvulkanické	žily prerážajúce fenokrysty a jemnozrnný matrix, alterované zóny pozdĺž trhlín	hydrotermálne roztoky z chladnúcej lávy	olivín → serpentín silikáty → halloyzit silikáty → hydroxidy
podpovrchové zvetrávanie	noduly, laterálne zóny, alterácia rastie s hĺbkou, nízka kryštalinita	podzemná voda, presakujúca povrchová voda, zohriata exotermickými reakciami a/alebo chladnúcimi horninami	silikáty → smektit smektity → chlority silikáty → zeolity
subakvatické zvetrávanie	masívna alterácia, obohatenie o alkálie	rýchle vychladzovanie, interakcia so slanou vodou	silikáty → chlorit
povrchové zvetrávanie	stabilné nahrádzanie horninových zložiek	kolísajúce klimatické podmienky, biologická činnosť	rôzne druhy ílových minerálov
výplne dutín	výplne dutín čiastočne alterované	presakovanie suspenzií, koloidných pravých roztokov	rôzne druhy geneticky odlišných minerálov
umelý vznik	nízka kryštalinita, odlišný chemizmus	alterácia počas manipulácie v lome, mletie počas prípravy vzoriek, reakcie s aditívami alebo znečisťujúcimi látkami	silikáty → smektit sľuda, vzácne min. (napr. fosfáty)

1. Narúšajú vnútornú integritu a prepojenosť pevných minerálov tvoriacich kostru horniny, čím znižujú jej pevnosť (Dunn a Hudec, 1966).

2. Objemovo nestále minerály (skupina smektitu) menia objem v závislosti od vlhkosti prostredia a na to, aby ho zväčšili viacnásobne, stačí vysoká relatívna vlhkosť prostredia, v ktorom sú. Zmena objemu v uzavretom priestore hornín potom vyvoláva vysoký vnútorný tlak a ten je príčinou tvorby mikropuklín. Dôsledkom je oslabenie pevnosti hornín alebo aj ich úplný rozpad. Napätie podobného pôvodu je známe aj z tunelárskej praxe (Matejček, 2001) a jeho dôsledkom je napr. deformácia ostenia tunelov.

3. Ílové minerály v hornine znižujú priemernú veľkosť pórov a to umožňuje vznik radu procesov s deštruktívnym vplyvom na horninu. Rastie stupeň jej nasýtenia (Hudec, 1989), čo má významnú úlohu pri poškodzovaní horniny hydraulickým tlakom (Powers, 1949) vznikajúcim pri zamŕzaní vody v póroch. Zväčšuje sa množstvo adsorbovanej vody, ktorá svojimi termodynamickými vlastnosťami – odlišnými od vlastností obyčajnej vody – umožňuje pri striedavom zmrazovaní a rozmrazovaní horniny vznik osmotického tlaku v póroch a ten býva jednou z ďalších príčin rozpadu hornín (Hudec, 1991). Prítomnosť veľkého množstva adsorbovanej vody je príčinou deštrukcie hornín aj pri striedavom nasycovaní a vysúšaní hornín (Hudec, 1980). Aj v takom prípade je príčinou deštrukcie osmotický tlak podmienený rozdielnosťou termodynamických vlastností obyčajnej a adsorbovanej vody. Pri tomto mechanizme rozpadu hornín sa uplatňuje aj napätie menisku vznikajúceho na kontakte troch fáz (voda – vzduch – hornina) v póroch (kapilárach) horniny.

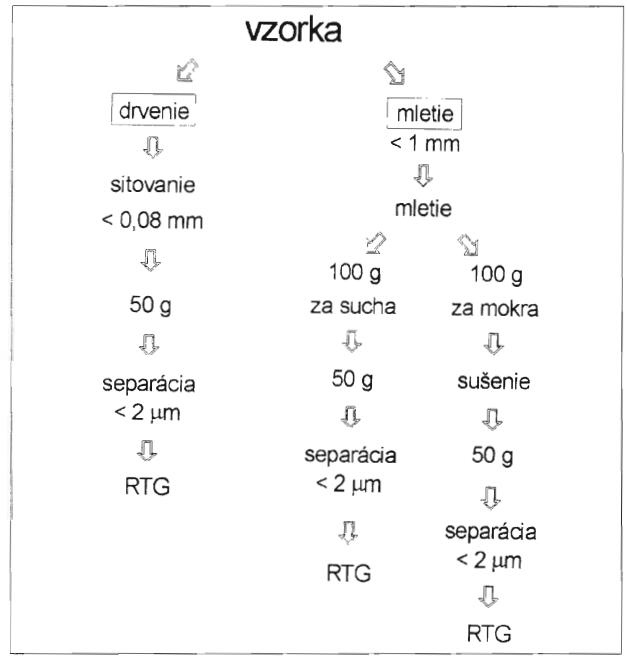
Metodika

Vzorky hornín sme odoberali priamo zo stien kameňolomov. Boli to kúsky hornín rozličnej veľkosti. Časť z nich sme na mieste odberu opracovali na nepravidelné vzorky do priemeru 7 cm a takto upravené vzorky sme použili pri skúške na pevnosť v bodovom tlaku a na ďalšie skúšky sme ich upravovali podľa smerníc pre jednotlivé skúšky.

Všetky vzorky boli upravené drvením v čeľusťových drvičoch typu 01.151 a 01.002 (ŠGÚDŠ) a potom sitované na zrnitosť 12,5–16, 8–16, 4–8, 2–4, 1–2, 05–1 mm a pod 0,08 mm. Prítomnosť ílových minerálov sme zisťovali v zrnitostnej frakcii pod 1 mm a pod 0,08 mm.

Odobraté vzorky sa opticky študovali v polarizačnom mikroskope a rtg. difrakčnou analýzou sa stanovil obsah ílových minerálov. Z fyzikálnomechanických vlastností sa pri vzorkách kameniva zistila adsorpcia, nasiakavosť, obrusnosť a pri vzorkách kameňa objemová hmotnosť a pevnosť v bodovom tlaku za sucha, po nasiaknutí a po zmrazení.

Výbrusy sa študovali na polarizačnom mikroskope JENAPOL v prechádzajúcom svetle. Lokality sme vyberali hlavne na porovnávanie variet hornín z tej istej lokality (napr. tmavý a svetlý bazalt z Bulhár, čerstvý a slabo alterovaný andezit z Vígľaša atď.) a na porovnávanie horninových typov. Pozornosť sme venovali hlavne alteráciám výrastlíc a základnej hmoty hornín. Ak to bolo z výbrusov možné, určili sme aj typ alterácie.



Obr. 2. Schéma laboratórneho spracovania vzoriek na zistenie ílových minerálov.

Fig. 2. Scheme of the laboratory sample processing for determination of the clay minerals.

Obsah ílových minerálov sa stanovil z orientovaných preparátov separovanej frakcie pod 2 μm na difraktometri Philips PW 1710 s Cu lampou pri napätí 35 kV, intenzite 20 mA s krokom 0,02°2 Θ/0,8 s a na difraktometri Dron 3 s Cu lampou pri napätí 40 kV, prúde 20 mA s krokom 0,10°2 Θ/1 s. Všetky preparáty sa nasycovali etylénglykolom.

Obsah ílových minerálov sa zisťoval dvoma spôsobmi (obr. 2). Pri prvom sa ílovitá frakcia pod 2 μm získaná drvením a sitovaním separovala zo zŕn pod 0,08 mm, pri druhom sa rovnaká frakcia separovala zo vzoriek rozomletých na frakciu pod 1 mm v mlyne VM-4 podľa metodiky Kühnela a Van der Gaasta (1989). Vzorky sa mleli suchou a mokrou cestou 1 minútu, aby sa overila možnosť vzniku smektitu synteticky. Frakcia pod 2 μm sa separovala zo vzoriek mletých suchou aj mokrou cestou z návažku 50 g.

Semikvantitatívny obsah smektitu v študovaných vzorkách sme vyjadrili v drvine frakcie pod 0,08 mm separovanej pod 2 μm meraním integrálnej intenzity (plochy) bazálneho reflexu (d_{001}) v oblasti 13–15 Å v programe APD (Analytical Powder Difraction).

Adsorpciu sme stanovili na návažku 500 g z frakcie 12,5–16 mm. Vzorky boli vystavené 98 % vlhkosti 72 hodín a na udržanie vlhkosti sme použili nasýtený roztok modrej skalice. Výsledok skúšky sme hodnotili ako prírastok hmotnosti vzoriek vzhľadom na hmotnosť suchej vzorky.

Na test *nasiakavosti* sme použili tie isté vzorky ako pri teste adsorpcie (návažok ani frakcia sa nezmenili). Nasiakavosť sme testovali 48 hodín v zmysle STN 72 1174.

Obrusnosť sme skúmali v cestnom vedeckovýskumnom laboratóriu Slovenskej technickej univerzity na prístroji Mikro-Deval za mokra s využitím normy STN EN 1097-1. Pre nedostatočnú hmotnosť potrebných frakcií kameniva sme upravili a overili metodiku skúšky na zrnitosť 05–4 mm a v spomenutej norme sme upravili aj podmienky. Hmotnosť návažku zrnitosti 05–4 mm bola 500 g (frakcia 2–4 mm v hmotnosti 200 g, 1–2 mm 200 g a 05–1 mm 100 g), vody bolo 2,5 l a hmotnosť guľôčok 5000 g. Počet otáčok bol 12 000.

Objemovú hmotnosť sme stanovili na nepravidelných vzorkách podľa STN 72 1154.

Test *bodovej pevnosti hornín za sucha, po nasiaknutí a po zmrazení (Point load test)* určuje pevnosť hornín na vzorkách nepravidelného tvaru. Urobili sme bodovú zaťažovaciu skúšku podľa Hyánkovej a Wagnera (1994).

V záujme komplexného hodnotenia sme z výsledkov skúšok fyzikálnomechanických vlastností vyrátali aj koeficient zmäknutia, koeficient vymrazenia, množstvo adsorbovanej vody vyjadrenej vzhľadom na celkovú hmotnosť vody v póroch, ako aj množstvo fyzikálne voľnej vody vyjadrenej vzhľadom na hmotnosť suchej vzorky. Hodnotenie a štatistické spracovanie nameraných a vyrátaných hodnôt nepriniesli očakávané výsledky (ani jedna z vypočítaných hodnôt nevyjadruje korelačný vzťah s obsahom smektitu), a preto ich v ďalšom texte neuvádzame. Ich opis, spôsob výpočtu i hodnoty uvádza Vavrová (2000).

Vlastné výsledky

Zastúpenie ílových minerálov vo vulkanických horninách

Charakteristika ílových minerálov optickým štúdiom v polarizačnom mikroskope spočívala v zistení stupňa alterácie pyroxénov, amfibolov, živcov a základnej hmoty. Stupeň alterácie sa vyjadril symbolmi (+++ silne, ++ stredne, + slabo; tab. 2). Symboly sa minerálnym skupinám priraďovali podľa určenia vychádzajúceho z pozorovania v mikroskope.

Na ilustráciu sme vybrali paleobazalt z Peterklina (obr. 3a), na ktorom vidno alteráciu základnej hmoty (+++), chloritizáciu tmavých minerálov (+++), sericitizáciu plagioklasov (++) a dioritový porfyrit z Maglovca (obr. 3b), pri ktorom sme pozorovali rekryštalizáciu základnej hmoty (++) a čiastočnú alteráciu plagioklasov (+). Pyroxény a amfiboly sú premenené najviac (+++) a možno pri nich pozorovať limonitizáciu a chloritizáciu. Časté je nahrádzanie tmavých minerálov rudným materiálom.

Pri kvalitatívnej a kvantitatívnej analýze sme pozornosť sústredili hlavne na prítomnosť smektitu, ktorý môže významne ovplyvniť kvalitu hornín (tab. 3). Okrem neho sme z rtg. difrakčných záznamov pripravených z vyseparovanej frakcie pod 2 μm z drviny frakcie pod 0,08 mm identifikovali aj iné vrstvovité silikáty a živce (tab. 4).

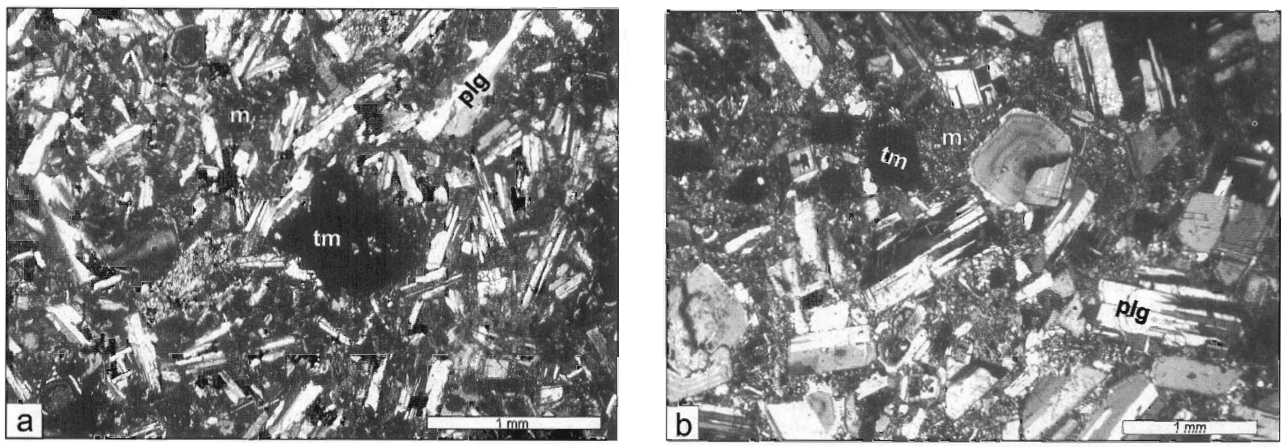
Tab. 2
Stupeň alterácie výrastlíc a základnej hmoty
Intensity of alteration of phenocrysts and basic matrix

Lokalita		Tmavé min.	Svetlé min.	Základná hmota
Kamenec pod Vtáčnikom (A)		+	-	-
Breziny (A)		+	+	++
Dobrá Niva-Tri kamene (A)		+++	+	+
Dobrá Niva (A)		++	+	+++
Vígľaš (A)	čerstvý	++	++	++
	alter	++	++	+++
Rybník nad Hronom (BA)		+	++	+
Nová Baňa-Háj (R)		+	-	+++
Nová Baňa-Štamproch (R)		++	+?	+++
Hliník nad Hronom (R)	pórovitý	++	-	+++
	nepórovitý	+++	-	+++
Bulhary (B)	svetlý	+	-	-
	tmavý	+	-	-
Husiná (B)	normálny	-	-	-
	sonnenbr.	+	-	-
Ruskov (A)	svetlý	+	-	-
	tmavý	+	+	-
Vechec (A)	svetlý	-	+	++
	tmavý	-	+	++
Maglovec (A)		+++	+	++
Malužiná (PB)		+++	+++	+++
Peterklin (PB)		+++	++	+++

A – andezit, B – bazalt, R – ryolit, BA – bazaltický andezit, PB – paleobazalt, +++ silná alterácia, ++ stredná alterácia, + slabá alterácia
A – andesite, B – basalt, R – rhyolite, BA – basaltic andesite, PB – paleobasalt, +++ intensive alteration, ++ medial alteration, + low alteration

Intenzitu alterácie sme kvantifikovali a korelovali s obsahom smektitu. Korelačné koeficienty boli nízke vo všetkých prípadoch. Semikvantitatívny obsah smektitu určený z rtg. difrakčných analýz s intenzitou alterácií nekoreluje. Najvyšší obsah smektitu sa zistil v andezite z Vígľaša, ktorý sa makroskopicky javil ako alterovaný, a pri mikroskopickom pozorovaní sa potvrdila silne alterovaná základná hmota a stredne alterované tmavé a svetlé minerály. Značné rozdiely v obsahu smektitu sú medzi makroskopicky čerstvým a alterovaným andezitom z Vígľaša. Okrem základnej hmoty sa pri mikroskopickom štúdiu veľké rozdiely v intenzite alterácií nezistili. To naznačuje, že smektit pravdepodobne vznikol alteráciou základnej hmoty.

Prítomnosť smektitu v jednotlivých horninových typoch znázorňuje obr. 4. Na ilustráciu sme vybrali ryolit z Novej Bane-Štamprochu, bazalt z Konrádoviec a andezit zo Stožka.



Obr. 3. a – Paleobazalt z Peterklina. Základná hmota (m) alterovaná, tmavé minerály (tm) chloritizované, niektoré plagioklasy (plg) sericitizované. Skrížené nikoly. **b** – Dioritový porfyrit z Maglovca. Základná hmota (m) alterovaná, tmavé minerály (tm) alterované, plagioklasy (plg) zachované. Skrížené nikoly.

Fig. 3. a – Paleobasalt from Peterklina. Alteration of basic matrix (m), chloritization of dark minerals (tm) and sericitization of some plagioclases (plg). Crossed polars. **b** – Diorite porphyrite from Maglovec. Alteration of basic matrix (m), alteration of dark minerals (tm), plagioclases (plg) are well-preserved. Crossed polars.

Tab. 3
Integrálna intenzita (plocha) bazálneho reflexu (d_{001}) smektitu
Integral intensity of basal reflex (d_{001}) of a smectite

Lokalita		Plocha bazálneho reflexu
Kamenec pod Vtáčnikom (A)		214
Breziny (A)		508
Dobrá Niva-Tri kamene (A)		701
Dobrá Niva (A)		973
Hanišberg (A)		441
Krnišov-Tepličky (A)		350
Badín (A)		232
Stožok (A)		623
Vígľaš (A)	čerstvý	431
	alter	1103
Hontianske Trsťany (A)	čerstvý	277
	alter	782
Rybník nad Hronom (BA)		194
Nová Baňa-Háj (R)		0
Nová Baňa-Štamproch (R)		40
Hliník nad Hronom	pórovitý	0
	nepórovitý	94
Nová Baňa-Brehy (B)		0
Bulhary (B)	svetlý	0
	tmavý	223
Čamovce (B)		0
Konrádovce (B)		0
Husiná (B)	bazalt	0
	bazalt – sonnenbr.	0
Ruskov (A)	svetlý	0
	tmavý	0
Vechec (A)	svetlý	236
	tmavý	0
Juskova Voľa (A)		437
Brehov (A)		159
Svätuše (A)		402
Zemplínske Hámre (A)		25
Maglovec (A)		58
Malužiná (PB)		0
Peterklin (PB)		0
Lehôtka pod Brehmi (P)		+
Jastrabá (P)		+

A – andezit, B – bazalt, R – ryolit, BA – bazaltický andezit, PB – paleobazalt, P – perlit, + nie je možné zmerať

A – andesite, B – basalt, R – rhyolite, BA – basaltic andesite, PB – paleobasalt, P – perlite, + measureless

Podľa viacerých prác (Kühnel a Van der Gaast, 1989, 1994) môže smektit vznikať aj synteticky pri mletí. Pri mletí za sucha sa niekedy minerály deštruujú a na rtg. difrakčnom zázname ich reflexy nie sú. Pri mletí za mokra sa intenzita reflexov vo väčšine prípadov nemení alebo možno pozorovať zníženie alebo zvýšenie integrálnej intenzity bazálnych reflexov d_{001} ílových minerálov (hlavne smektitu). Napr. pri lokalite Badín sa plocha intenzity bazálneho reflexu smektitu po mletí za mokra zvýšila z 232 na 325. Rast reflexu smektitu po mletí za mokra vykazujú aj ďalšie lokality, a to Ruskov (tmavý andezit), Vechec (svetlý andezit), Juskova Voľa, Brehov, Svätuše a Maglovec. Pri mletí za mokra pravdepodobne nastáva neoformácia minerálov, čo sa prejavuje rastom intenzít bazálnych reflexov minerálov. Pri paleobazalte z Malužinej a Peterklina sa po mletí za mokra výrazne zvýšili aj intenzity reflexov patriace chloritu a illitu.

Osobitné postavenie má tmavý andezit z Ruskova. Prejavuje sa v ňom tendencia tvorby smektitu synteticky, na čo poukazuje absencia smektitu vo vzorke po drvení na frakciu pod 0,08 mm a jeho prítomnosť v tej istej vzorke po mokrom mletí 1 minútu (obr. 5). V ostatných vzorkách sa možnosť vzniku syntetického smektitu nepotvrdila.

Výsledky skúšok fyzikálnomechanických vlastností vulkanických hornín

Výsledky testov fyzikálnomechanických vlastností (adsorpcia, nasiakavosť, obrusnosť, objemová hmotnosť, pevnosť v tlaku za sucha, po nasiaknutí a po zmrazení) hornín sú v tab. 5.

Niektoré andezity a bazalty majú v bodovom tlaku po nasiaknutí a po zmrazení vyššiu pevnosť ako v bodovom tlaku za sucha, čo je v rozpore s očakávaním. Pravdepodobne to rezultuje z toho, že sú to pevné skalné horniny, na ktoré ani nasycovanie vo vode alebo 25 zmrazovacích cyklov nepôsobilo deštruktívne. Inou príčinou môže byť,

Tab. 4
Prítomnosť ílových minerálov vo frakcii < 2 μm z drviny < 0.08 mm
Presence of clay minerals in fraction < 2 μm from screening debris < 0.08 mm

Lokalita		Smektit	Kaolinit	Illit	Rektorit	Chlorit	Živce
Kamenec pod Vtáčnikom (A)		+	-	+	-	-	+
Breziny (A)		+	-	-	-	-	+
Dobrá Niva-Tri kamene (A)		+	-	+	-	-	+
Dobrá Niva (A)		+	-	-	-	-	+
Hanišberg (A)		+	-	-	-	-	+
Krnišov-Tepličky (A)		+	-	+	-	-	+
Badín (A)		+	-	+	-	-	+
Stožok (A)		+	+	-	-	-	+
Vígľaš (A)	čerstvý	+	-	-	-	-	+
	alter.	+	-	-	-	-	+
Hontianske Trsťany (A)	čerstvý	+	-	-	-	-	+
	alter.	+	-	-	-	-	+
Rybník nad Hronom (BA)		+	-	-	-	-	+
Nová Baňa-Háj (R)		-	+	-	-	-	+
Nová Baňa-Štamproch (R)		+	+	+	-	-	+
Hliník nad Hronom (R)	pórovitý	-	-	-	-	-	+
	nepórovitý	-	+	-	+	-	+
Nová Baňa-Brehy (B)		-	-	-	-	-	-
Bulhary (B)	svetlý	-	-	+	-	-	+
	tmavý	+	-	+	-	-	+
Čamovce (B)		-	-	-	-	-	-
Konrádovce (B)		-	-	+	-	-	+
Husiná (B)	bazalt	-	-	+	-	-	+
	bazalt – sonnen.	-	-	+	-	-	+
Ruskov (A)	svetlý	-	-	-	-	-	+
	tmavý	-	-	-	-	-	+
Vechec (A)	svetlý	+	-	-	-	-	+
	tmavý	-	-	-	-	-	+
Juskova Voľa (A)		+	-	-	-	-	+
Brehov (A)		+	-	-	-	-	+
Svätuše (A)		+	-	-	-	-	+
Zemplínske Hámre (A)		+	+	+	-	-	+
Maglovec (A)		-	-	+	+	-	+
Malužiná (PB)		-	-	+	-	+	+
Peterklin (PB)		-	-	+	-	+	+
Lehôtka pod Brehmi (P)		+	-	+	-	-	-
Jastrabá (P)		+	+	-	-	-	-

A – andezit, B – bazalt, R – ryolit, BA – bazaltický andezit, PB – paleobazalt, P – perlit
A – andesite, B – basalt, R – rhyolite, BA – basaltic andesite, PB – paleobasalt, P – perlite

že sa na skúšku za sucha použila oslabená vzorka, napr. puklinou, ktorá predurčila priebeh porušovania počas skúšky a znížila hodnotu pevnosti v bodovom tlaku za sucha v porovnaní s pevnosťou v bodovom tlaku po nasiaknutí alebo zmrazení.

Na výsledkoch skúšok fyzikálnomechanických vlastností sme testovali ich bivariantné korelačné vzťahy. Korelačné koeficienty (R) týchto korelačných testov sú v tabuľkách korelačných matíc (tab. 6, 7, 8, 9, 10 a 11).

V tab. 6 sú vypočítané korelačné koeficienty pre všetky testované vzorky, ale korelačnú analýzu sme robili aj pri súboroch vzoriek zostavených podľa litologického typu hornín a obsahu smektitu. Samostatne sme testovali bazalty a paleobazalty (9 vzoriek), andezity (22 vzoriek), stredoslovenské andezity (13 vzoriek), východoslovenské andezity (9 vzoriek), vzorky, ktoré neobsahovali smektit (13 vzoriek), vzorky, ktoré ho obsahovali (22 vzoriek), a vzorky obsahujúce smektit s nameranou hodnotou plochy ich bazálneho reflexu vyššou ako 194 (17 vzoriek).

Z rozsahových príčin v tejto štúdii uvádzame iba korelačné matice andezitov spolu (tab. 7) a jednotlivo (stredoslovenských v tab. 8, východoslovenských v tab. 9), bazaltov a paleobazaltov (tab. 10) a vzoriek obsahujúcich smektit (tab. 11).

Korelačné závislosti fyzikálnomechanických vlastností litologických typov hornín a ich korelačné koeficienty sú uvedené v korelačných maticiach (tab. 7, 8, 9 a 10), a preto ich podrobnejšie neopisujeme (porovnanie týchto vlastností s obsahom smektitu je v nasledujúcej kapitole). Na druhej strane pokladáme za dôležité upozorniť na výrazne rozdielne korelácie medzi litologickými typmi hornín (andezity, ryolity a bazalty), ale aj medzi andezitmi rozličného pôvodu (východoslovenské a stredoslovenské andezity). Tento rozdiel pripisujeme odlišnému vývoju a veku.

Tab. 5
Výsledky testov fyzikálnomechanických vlastností hornín
Results of tests on physical and mechanical rock properties

Lokalita		Ads (%)	Nas (%)	Obj. h (g/cm³)	Pevnosť v tlaku ∅ (MPa) za sucha	po nas.	po zmr	M_{DF} (%)
Kamenec pod Vtáčnikom (A)		0.82	2.24	2,61	173,45	203.66	198,73	33,4
Breziny (A)		2,05	5,47	2,40	141,53	95,42	154,71	36,0
Dobrá Niva-Tri kamene (A)		1,78	3,84	2.49	129,35	91,41	104,21	32,2
Dobrá Niva (A)		1,94	4.00	2,57	155,45	30,70	64,60	52,2
Hanišberg (A)		1,02	2,19	2,69	231,13	113,23	130,65	33,6
Krnišov-Tepličky (A)		0,83	1,62	2,71	215,26	230.52	255,56	32,4
Badín (A)		0,88	2,11	2,72	204,53	200.15	228.09	30,4
Stožok (A)		1,69	3,02	2,51	160,28	147,71	207,70	36,2
Vígľaš (A)	čerstvý	1,06	2,00	2,64				38.0
					163,07	149,14	277,93	
	alter.	2,78	6.61	2,27				54.0
Hontianske Trsťany (A)	čerstvý	0,48	0,78	2,60				27,0
					168.75	175,47	146,39	
	alter.	1,45	3,02	2.55				28,8
Rybník nad Hronom (BA)		0.34	0,93	2,63	176.51	181,77	155,83	23,8
Nová Baňa-Háj (R)		0.30	8,63	2,04	92,02	38,34	25,56	47,4
Nová Baňa-Štamproch (R)		0,64	6,74	2,14	91,58	50.96	113,02	37,8
Hliník nad Hronom (R)	pórovitý	0,26	11,93	1,79	79,30	76,25	93,54	36,4
	nepór.	0,58	8,38	2,10	186,57	158,19	152,32	43,6
Nová Baňa-Brehy (B)		0,16	0,69	2,94	191,97	201,96	230,45	28,6
Bulhary (B)	svetlý	0,26	1,24	2,82	288,13	244,31	309.64	30,2
	tmavý	0,50	1,64	2,88	221,36	243,19	256,71	24,0
Čamovce (B)		0,35	1,67	2,87	239,58	227,19	260,26	26,8
Konrádovce (B)		0,53	1,61	2,88	300,99	315,72	321,03	27,4
Husiná (B)	bazalt.	0,50	1,95	2,76	266,88	223,31	235.60	23,6
	sonnen.	0,55	3,48	2,62	85.35	15,96	46,42	44,0
Ruskov (A)	svetlý	1,05	4,07	2,67	299,39	242,93	277,13	38,2
	tmavý	1,17	2,90	2,71	167,14	188,29	181,60	36.2
Vechec (A)	svetlý	0,97	6,46	2,64	190.60	112.53	123.04	59,4
	tmavý	0,20	5,18	2,57	216,05	113,14	218.02	45,8
Juskova Voľa (A)		1,47	3,35	2.57	206,61	137,65	250,90	37,6
Brehov (A)		0,61	4.88	2,63	148,35	133,16	150,84	27.0
Svätuše (A)		1,13	4,92	2,66	134,18	145,48	161,52	29,8
Zemplínske Hámre (A)		0,61	6,15	2,70	230,23	154,54	249,03	34,6
Maglovec (A)		1.00	4,51	2,64	283,91	268.27	203,99	37,0
Malužiná (PB)		0,45	1,92	2,71	111,28	89,52	148.79	23,0
Peterklin (PB)		0,50	4,38	2,74	121,62	69,41	132,78	26,8

A – andezit, B – bazalt, R – ryolit, BA – bazaltický andezit, PB – paleobazalt, Ads – adsorpcia, Nas – nasiakavosť, Obj. h – objemová hmotnosť, M_{DF} – obrusnosť

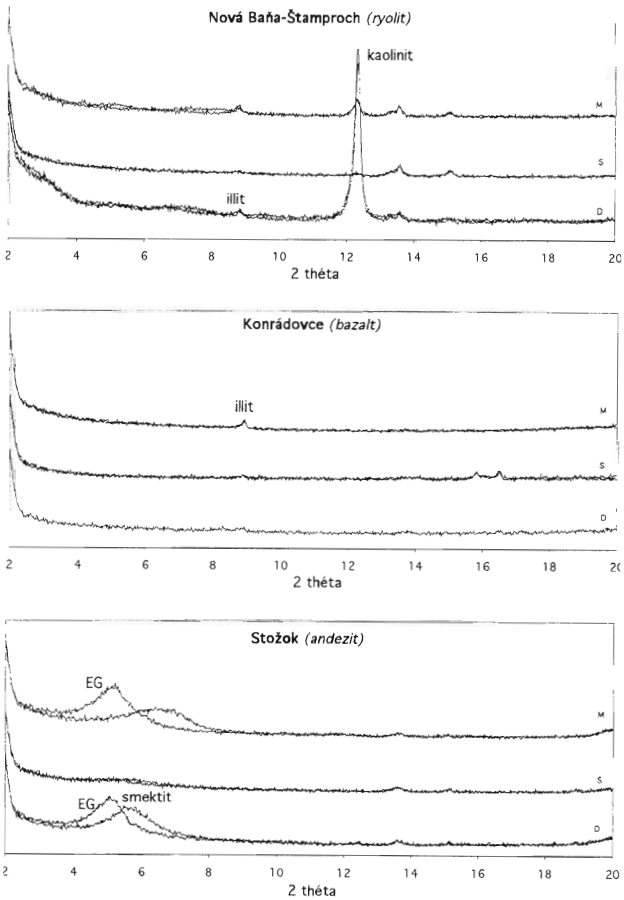
A – andesite, B – basalt, R – rhyolite, BA – basaltic andesite, PB – paleobasalt, Ads – adsorption, Nas – absorption, Obj. h – bulk density, M_{DF} – abrasivity

Tab. 6
Korelačné koeficienty všetkých vzoriek, počet vzoriek 35
Correlation coefficients for all samples, number of samples 35

	SME	OBR	ADS	ADV	NAS	OBH	PSU	PNA	PZM
SME		0,31	0,87**	0,64**	-0,02	-0,15	-0,18	-0,20	-0,07
OBR	0,31		0,41*	-0,15	0,57**	-0,47**	-0,19	-0,44**	-0,28
ADS	0,87**	0,41*		0,54**	0,10	-0,17	-0,11	-0,16	0,00
ADV	0,64**	-0,15	0,54**		-0,61**	0,31	0,15	0,25	0,24
NAS	-0,02	0,57**	0,10	-0,61**		-0,85**	-0,44**	-0,52**	-0,45**
OBH	-0,15	-0,47**	-0.17	0,31	-0,85**		0,58**	0,55**	0,52**
PSU	-0,18	-0,19	-0.11	0,15	-0,44**	0,58**		0,83**	0,76**
PNA	-0,20	-0,44**	-0,16	0,25	-0,52**	0,55**	0,83**		0,81**
PZM	-0,07	-0,28	0.00	0,24	-0,45**	0,52**	0,76**	0,81**	

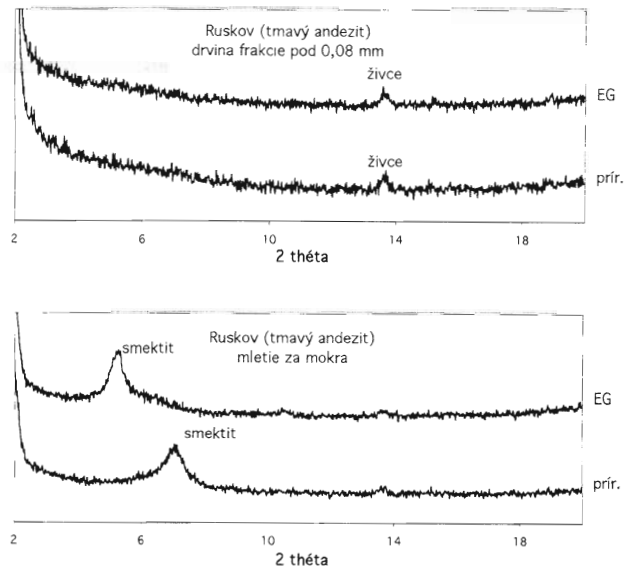
SME – obsah smektitu, OBR – obrusnosť, ADS – adsorpcia, ADV – adsorbovaná voda, NAS – nasiakavosť, OBH – objemová hmotnosť, PSU – pevnosť za sucha, PNA – pevnosť po nasiaknutí, PZM – pevnosť po zmrazení, ** hladina významnosti 0,01, * hladina významnosti 0,05

SME – smectite content, OBR – abrasivity, ADS – adsorption, ADV – adsorbed water, NAS – absorption, OBH – bulk density, PSU – dry strength, PNA – wet strength, PZM – frost strength, ** significance level 0.01, * significance level 0.05



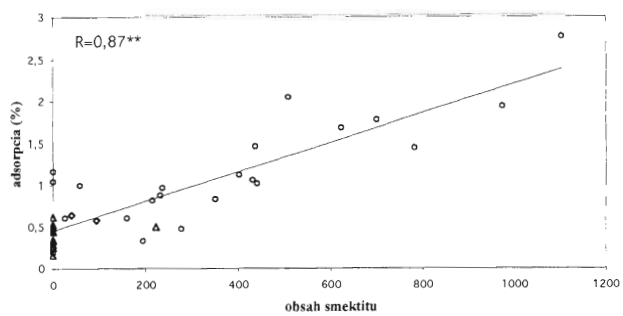
Obr. 4. Prítomnosť ílových minerálov vo vybraných horninových typoch. Rtg. difrakčné záznamy z drviny fr. < 0,08 mm (D) po mletí za sucha (S), po mletí za mokra (M).

Fig. 4. The presence of clay minerals in chosen rocks. X-ray diagram of the sample of screening < 0.08 mm (D). X-ray diagram of the sample milled in dry (S), X-ray diagram of the sample milled in water (M).



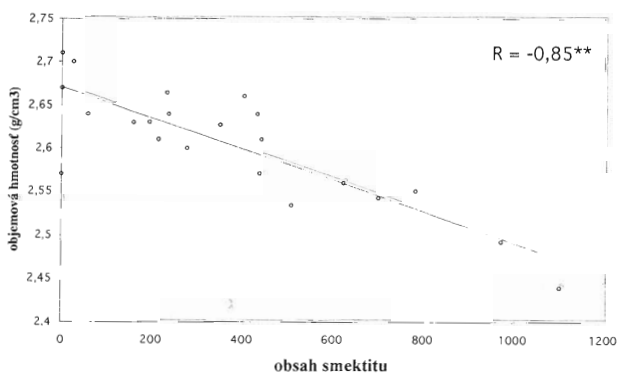
Obr. 5. Vznik syntetického smektitu zisteného pri mletí za mokra v laboratórnych podmienkach.

Fig. 5. The artificial origin of the smectite was confirmed by wet grinding in laboratory conditions.



Obr. 6. Graf závislosti adsorpcie (%) od obsahu smektitu (všetky vzorky).

Fig. 6. The graph of relationship between smectite content and adsorption (%) for all samples.



Obr. 7. Graf závislosti obsahu smektitu a objemovej hmotnosti (g/cm^3) (stredoslovenské a východoslovenské andezity).

Fig. 7. The graph of relationship between smectite content and bulk density (g/cm^3) for andesite of the Central and Eastern Slovakia.

Hodnotenie vplyvu smektitu na vybrané fyzikálnomechanické vlastnosti hornín

Smektit v horninách najväčšmi vplýva na adsorpciu vodnej pary. To je v súlade s vlastnosťami ílových minerálov, hlavne smektitu, prijímať vodné molekuly do priestoru medzi vrstvami tvorenými jednou oktaédrickou sieťou uzavretou medzi dvoma tetraédrickými sieťami. S rastúcim obsahom smektitu v testovaných horninách rastie aj množstvo adsorbovanej vody (obr. 6). Táto vzájomná korelácia nemá pozorovateľné regionálne ani litologické odlišnosti. Horniny, ktoré smektit neobsahujú, majú oveľa nižšiu schopnosť adsorbovať vodné molekuly. Testovali sme aj vzťah s kaolinitom, ale nijakú súvislosť medzi jeho obsahom a adsorpciou sme nenašli. Na tomto základe predpokladáme, že v testovanej skupine vulkanických hornín je schopnosť adsorbovať vodné molekuly podmienená prítomnosťou smektitu.

Výraznú závislosť možno pozorovať aj medzi obsahom smektitu a objemovou hmotnosťou, ktorá je podmienená litologickým typom hornín a ich primárnou pórovitosťou.

Tab. 7
Korelačné koeficienty stredoslovenských a východoslovenských andezitov, počet vzoriek 22
Correlation coefficients for andesites of the Central and Eastern Slovakia, number of samples 22

	SME	OBR	ADS	ADV	NAS	OBH	PSU	PNA	PZM
SME		0,29	0,82**	0,53*	0,10	-0,85**	-0,53*	-0,51*	-0,25
OBR	0,29		0,43*	-0,20	0,61**	-0,39	0,09	-0,38	0,03
ADS	0,82**	0,43*		0,36	0,36	-0,71**	-0,35	-0,36	-0,05
ADV	0,53*	-0,20	0,36		-0,69**	-0,32	-0,28	0,01	-0,06
NAS	0,10	0,61**	0,36	-0,69**		-0,21	0,02	-0,33	0,03
OBH	-0,85**	-0,39	-0,71**	-0,32	-0,21		0,40	0,53*	0,22
PSU	-0,53*	0,09	-0,35	-0,28	0,02	0,40		0,58**	0,46*
PNA	-0,51*	-0,38	-0,36	0,01	-0,33	0,53*	0,58**		0,57**
PZM	-0,25	0,03	-0,05	-0,06	0,03	0,22	0,46	0,57**	

SME – obsah smektitu, OBR – obrusnosť, ADS – adsorpcia, ADV – adsorbovaná voda, NAS – nasiakavosť, OBH – objemová hmotnosť, PSU – pevnosť za sucha, PNA – pevnosť po nasiaknutí, PZM – pevnosť po zmrazení, ** hladina významnosti 0,01, * hladina významnosti 0,05

SME – smectite content, OBR – abrasivity, ADS – adsorption, ADV – adsorbed water, NAS – absorption, OBH – bulk density, PSU – dry strength, PNA – wet strength, PZM – frost strength, ** significance level 0.01, * significance level 0.05

Tab. 8
Korelačné koeficienty stredoslovenských andezitov, počet vzoriek 13
Correlation coefficients for andesites of the Central Slovakia, number of samples 13

	SME	OBR	ADS	ADV	NAS	OBH	PSU	PNA	PZM
SME		0,79**	0,89**	0,01	0,79**	-0,91**	-0,44	-0,60*	-0,15
OBR	0,79**		0,79**	-0,01	0,74**	-0,74**	-0,25	-0,54	0,11
ADS	0,89**	0,79**		-0,25	0,97**	-0,90**	-0,51	-0,58*	0,00
ADV	0,01	-0,01	-0,25		-0,38	0,15	0,20	0,06	0,04
NAS	0,79**	0,74**	0,97**	-0,38		-0,87**	-0,50	-0,53	0,01
OBH	-0,91**	-0,74**	-0,90**	0,15	-0,87**		0,57*	0,61*	0,24
PSU	-0,44	-0,25	-0,51	0,20	-0,50	0,57*		0,49	0,26
PNA	-0,60*	-0,54	-0,58*	0,06	-0,53	0,61*	0,49		0,64*
PZM	-0,15	0,11	0,00	0,04	0,01	0,24	0,26	0,64*	

SME – obsah smektitu, OBR – obrusnosť, ADS – adsorpcia, ADV – adsorbovaná voda, NAS – nasiakavosť, OBH – objemová hmotnosť, PSU – pevnosť za sucha, PNA – pevnosť po nasiaknutí, PZM – pevnosť po zmrazení, ** hladina významnosti 0,01, * hladina významnosti 0,05

SME – smectite content, OBR – abrasivity, ADS – adsorption, ADV – adsorbed water, NAS – absorption, OBH – bulk density, PSU – dry strength, PNA – wet strength, PZM – frost strength, ** significance level 0.01, * significance level 0.05

Tab. 9
Korelačné koeficienty východoslovenských andezitov, počet vzoriek 9
Correlation coefficients for andesites of the Eastern Slovakia, number of samples 9

	SME	OBR	ADS	ADV	NAS	OBH	PSU	PNA	PZM
SME		-0,06	0,56	0,36	-0,03	-0,39	-0,50	-0,42	-0,28
OBR	-0,06		-0,09	-0,19	0,41	-0,24	0,21	-0,26	-0,20
ADS	0,56	-0,09		0,90**	-0,56	0,15	-0,02	0,31	0,06
ADV	0,36	-0,19	0,90**		-0,83**	0,10	-0,03	0,31	0,20
NAS	-0,03	0,41	-0,56	-0,83**		0,01	-0,03	-0,41	-0,33
OBH	-0,39	-0,24	0,15	0,10	0,01		-0,01	0,40	-0,06
PSU	-0,50	0,21	-0,02	-0,03	-0,03	-0,01		0,70*	0,70*
PNA	-0,42	-0,26	0,31	0,31	-0,41	0,40	0,70*		0,41
PZM	-0,28	-0,20	0,06	0,20	-0,33	-0,06	0,70*	0,41	

SME – obsah smektitu, OBR – obrusnosť, ADS – adsorpcia, ADV – adsorbovaná voda, NAS – nasiakavosť, OBH – objemová hmotnosť, PSU – pevnosť za sucha, PNA – pevnosť po nasiaknutí, PZM – pevnosť po zmrazení, ** hladina významnosti 0,01, * hladina významnosti 0,05

SME – smectite content, OBR – abrasivity, ADS – adsorption, ADV – adsorbed water, NAS – absorption, OBH – bulk density, PSU – dry strength, PNA – wet strength, PZM – frost strength, ** significance level 0.01, * significance level 0.05

Tab. 10
Korelačné koeficienty bazaltov a paleobazaltov, počet vzoriek 9
Correlation coefficients for basalts and paleobasalts, number of samples 9

	SME	OBR	ADS	ADV	NAS	OBH	PSU	PNA	PZM
SME		-0,25	0,18	0,43	-0,14	0,29	0,09	0,23	0,17
OBR	-0,25		0,24	-0,44	0,36	-0,48	-0,39	-0,49	-0,53
ADS	0,18	0,24		-0,03	0,67	-0,64	-0,31	-0,35	-0,46
ADV	0,43	-0,44	-0,03		-0,72*	0,59	0,64	0,78*	0,68*
NAS	-0,14	0,36	0,67	-0,72*		-0,73*	-0,64	-0,74*	-0,74*
OBH	0,29	-0,48	-0,64	0,59	-0,73*		0,67*	0,82**	0,81**
PSU	0,09	-0,39	-0,31	0,64	-0,64	0,67*		0,96**	0,95**
PNA	0,23	-0,49	-0,35	0,78*	-0,74*	0,82**	0,96**		0,98**
PZM	0,17	-0,53	-0,46	0,68*	-0,74*	0,81**	0,95**	0,98**	

SME – obsah smektitu, OBR – obrusnosť, ADS – adsorpcia, ADV – adsorbovaná voda, NAS – nasiakavosť, OBH – objemová hmotnosť, PSU – pevnosť za sucha, PNA – pevnosť po nasiaknutí, PZM – pevnosť po zmrazení, ** hladina významnosti 0,01, * hladina významnosti 0,05

SME – smectite content, OBR – abrasivity, ADS – adsorption, ADV – adsorbed water, NAS – absorption, OBH – bulk density, PSU – dry strength, PNA – wet strength, PZM – frost strength, ** significance level 0.01, * significance level 0.05

Tab. 11
Korelačné koeficienty vzoriek obsahujúcich smektit, počet vzoriek 22
Correlation coefficients for samples with smectite, number of samples 22

	SME	OBR	ADS	ADV	NAS	OBH	PSU	PNA	PZM
SME		0,36	0,88**	0,58**	-0,04	-0,05	-0,31	-0,37	-0,08
OBR	0,36		0,51*	-0,15	0,60**	-0,39	-0,05	-0,44*	-0,12
ADS	0,88**	0,51*		0,35	0,24	-0,15	-0,26	-0,39	0,01
ADV	0,58**	-0,15	0,35		-0,74**	0,29	0,01	0,08	0,15
NAS	-0,04	0,60**	0,24	-0,74**		-0,61**	-0,22	-0,41	-0,20
OBH	-0,05	-0,39	-0,15	0,29	-0,61**		0,46*	0,48*	0,38
PSU	-0,31	-0,05	-0,26	0,01	-0,22	0,46*		0,67**	0,44*
PNA	-0,37	-0,44*	-0,39	0,08	-0,41	0,48*	0,67**		0,62**
PZM	-0,08	-0,12	0,01	0,15	-0,20	0,38	0,44*	0,62**	

SME – obsah smektitu, OBR – obrusnosť, ADS – adsorpcia, ADV – adsorbovaná voda, NAS – nasiakavosť, OBH – objemová hmotnosť, PSU – pevnosť za sucha, PNA – pevnosť po nasiaknutí, PZM – pevnosť po zmrazení, ** hladina významnosti 0,01, * hladina významnosti 0,05

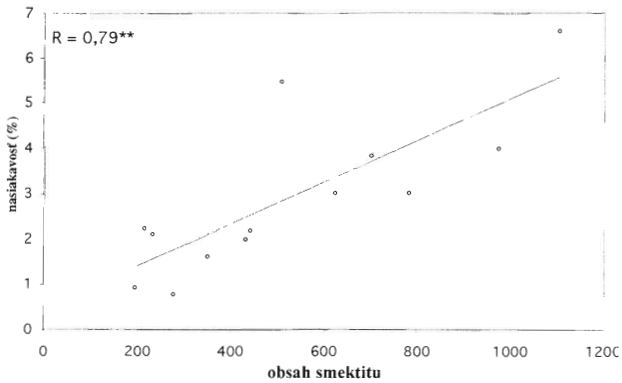
SME – smectite content, OBR – abrasivity, ADS – adsorption, ADV – adsorbed water, NAS – absorption, OBH – bulk density, PSU – dry strength, PNA – wet strength, PZM – frost strength, ** significance level 0.01, * significance level 0.05

Tab. 12
Priemerné hodnoty fyzikálnomechanických vlastností jednotlivých horninových typov
Average values of physical and mechanical rock properties of the individual rock types

Litologický typ	Ads (%) ∅	Nas (%) ∅	Obj. h (g/cm^3) ∅	Pevnosť v tlaku ∅ (MPa) za sucha	po nas.	po zmr	M_{DE} % ∅
Stredoslovenské andezity	1,32	2,91	2,57	173,16	149,50	180,67	35,23
Východoslovenské andezity	0,91	4,71	2,64	208,50	166,22	201.79	38,40
Bazalty	0,41	1,75	2,82	227.75	210,23	237,16	29.23
Ryolity	0,45	8,92	2,02	112,37	80,94	96,11	41,30
Paleobazalty	0,48	3,15	2,73	116,45	79,47	140,79	24,90

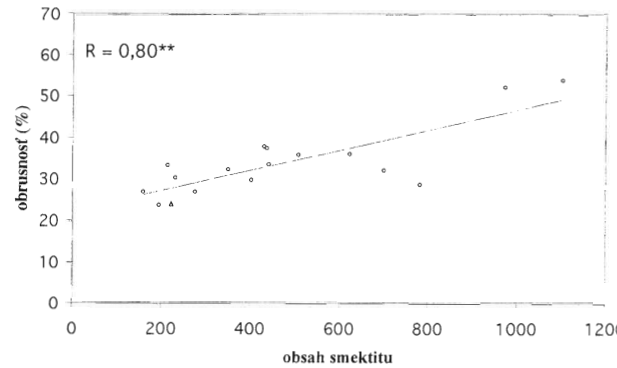
Ads – adsorpcia, Nas – nasiakavosť, Obj. h – objemová hmotnosť, M_{DE} – obrusnosť

Ads – adsorption, Nas – absorption, Obj. h – bulk density, M_{DE} – abrasivity



Obr. 8. Graf závislosti obsahu smektitu a nasiakavosti (%) (stredoslovenské andezity).

Fig. 8. The graph of relationship between smectite content and absorption (%) for andesites of the Central Slovakia.



Obr. 9. Graf závislosti obsahu smektitu a obrusnosti (%) (vybrané vzorky).

Fig. 9. The graph of relationship between smectite content and abrasivity (%) for chosen samples.

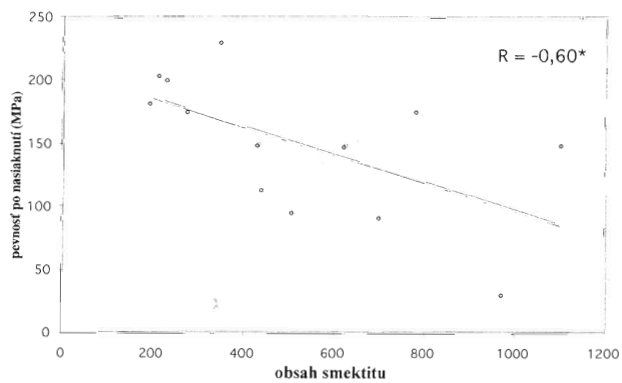
Najvyššiu objemovú hmotnosť má bazalt (2,82 g.cm^{-3}) a najnižšiu ryolit (2,02 g.cm^{-3}), čo je v súlade s ich primárnou pórovitosťou získanou pri ich vzniku. Paleobazalt má rovnakú (štatistickú) objemovú hmotnosť ako bazalt. Pre nízky obsah smektitu vo vzorkách bazaltu a ryolitu sa závislosť medzi jeho obsahom a objemovou hmotnosťou nedala pozorovať. V prípade andezitu je iná situácia: jeho objemová hmotnosť s rastúcim obsahom smektitu klesá (obr. 7). Hoci stredoslovenské a východoslovenské andezity sú zoradené v jednej línii (R = -0,85**), možno medzi nimi vidieť rozdiel. Staršie, stredoslovenské andezity majú vyšší obsah smektitu a nižšiu objemovú hmotnosť (2,57 g.cm^{-3}), mladšie, východoslovenské majú nižší obsah smektitu a vyššiu objemovú hmotnosť (2,64 g.cm^{-3}; tab. 12). Tento rozdiel v obsahu smektitu a objemovej hmotnosti odráža závislosť vzniku smektitu od trvania jeho tvorby, t. j. od veku hornín.

Nasiakavosť odráža aktívnu pórovitosť a súvisí s pórovou štruktúrou horniny (Čabalová a Caňo, 1992). Celková pórovitosť má 95 % korelovateľnosť s nasiakavosťou (Hudec, 1995), a preto vo vzťahu k nasiakavosti hornín sa dá hovoriť aj o pórovitosti. Z porovnania obsahu smektitu s nasiakavosťou možno konštatovať závislosť od litologického typu hornín. Výrazne najvyššiu nasiakavosť má ryolit (8,92 %). Bazalt má 1,75 a paleobazalt 3,15 % nasiakavosť (tab. 12). Aj keď je hodnota nasiakavosti bazaltu a paleobazaltu rozdielna, pre nedostatok dát nemožno hovoriť o štatisticky významnom rozdiele a rovnako ich z hľadiska nasiakavosti nemožno porovnávať ani s andezitom. Stredoslovenské andezity majú 2,91 % nasiakavosť a východoslovenské 4,71 %, čo je už štatisticky významný rozdiel. Tento rozdiel asi vyplynul z rozdielneho vývoja, napr. z odlišného obsahu plynov pri vzniku.

Na rozdiel od východoslovenských andezitov – ako aj bazaltov a ryolitov – v prípade stredoslovenských andezitov je namieste hovoriť o závislosti medzi obsahom smektitu a nasiakavosťou (obr. 8). Koeficient tejto korelácie je R = 0,79** s hladinou významnosti 0,01.

Aj mechanické (pevnostné) vlastnosti, ktoré sme testovali (obrusnosť a pevnosť v bodovom tlaku), sú pri jednotlivých litologických typoch hornín rozdielne. Najvyššiu obrusnosť majú ryolity (41,3 %) a najnižšiu paleobazalty (24,90 %). Stredoslovenské aj východoslovenské andezity majú štatisticky rovnakú obrusnosť (35,23 a 38,40 %). Závislosť medzi obrusnosťou a obsahom smektitu (R = 0,79**) je pozorovateľná iba pri stredoslovenských andezitoch (tab. 8).

Vzorky obsahujúce smektit (bez ohľadu na litologický typ horniny) sú bez korelácie medzi obrusnosťou a obsahom smektitu (R = 0,36; tab. 11). Ak sa však z korelácie vyradia vzorky neobsahujúce smektit a vzorky, ktoré ho obsahujú v nameranej hodnote plochy pod 159, ako aj svetlý andezit z Vechca s hodnotou obrusnosti väčšou ako dvojnásobok smerodajnej odchýlky prirátanej k priemernej hodnote obrusnosti východoslovenských andezitov, z ktorých pochádza, potom sa získa korelácia medzi obrusnosťou a obsahom smektitu s korelačným koeficientom R = 0,80** a s hladinou významnosti 0,01 (obr. 9). To by znamenalo, že smektit ovplyvňuje obrusnosť, len ak má vyšší obsah. Takto získaná korelácia je však dosť špekulatívna a na jej potvrdenie alebo vyvrátenie treba otestovať viac vzoriek vulkanických hornín obsahujúcich smektit, ako sme mali k dispozícii pri našom výskume doteraz.



Obr. 10. Graf závislosti obsahu smektitu a pevnosti v tlaku po nasiaknutí (MPa).

Fig. 10. The graph of relationship between smectite content and wetted strength (MPa) for andesites of the Central Slovakia.

Pevnosť v bodovom tlaku za sucha, po nasýtení vodou a po zmrazovaní vo vzťahu k obsahu smektitu má veľmi podobný priebeh. Najvyššiu pevnosť majú bazalty a najnižšiu ryolity a paleobazalty. Pevnosť stredoslovenských a východoslovenských andezitov je podobná. Vzťah medzi pevnosťou v bodovom tlaku a obsahom smektitu je pozorovateľná iba v prípade stredoslovenských andezitov (obr. 10).

Diskusia

Prítomnosť a obsah smektitu v rozličných horninových typoch sú variabilné. Bazalty na rozdiel od andezitov stredoslovenských a východoslovenských neovulkanitov alebo smektit neobsahujú, alebo ho obsahujú iba v malom množstve. Pravdepodobne to spôsobil rozdielny vek, ale hlavne zloženie a pôvod magmatickej taveniny, z ktorej sa andezit a bazalt formovali. Rozdiely sú aj medzi stredoslovenskými a východoslovenskými andezitmi. Na všetkých skúmaných lokalitách andezitu v stredoslovenských neovulkanitoch sa smektit vyskytuje, na lokalitách východoslovenských neovulkanitov v celkovo nižšom obsahu. Andezitový vulkanizmus na strednom Slovensku sa datuje na 16,5–8,5 Ma (Konečný et al., 2001) a na východnom Slovensku na 15,9 (Bagdasarjan et al. 1971) až 9,4 Ma (Slávik et al. in Kaličiak a Žec, 1995). Napriek uvedeným skutočnostiam je na Slovensku z vulkanických hornín regionálne najrozšírenejší andezit, a preto sa ho ťaží mnohonásobne viac ako bazaltu.

Skúmané ryolity využívané v stavebníctve a na výrobu perlitu majú minimálny obsah smektitu, ale dominantné zastúpenie kaolinitu. Vysoký obsah smektitu sa zistil v ryolite postihnutom autohydrotermálnou alteráciou, kde smektit spolu so zmiešanovrstvovým illitom/smektitom a kaolinitom vznikajú v spätosti s rozsiahlou alteráciou ryolitového tufu a tvoria významnú ložiskovú akumuláciu (Kraus et al., 1981, 1994).

Perlit obsahuje nepatrné množstvo smektitu. Z Lehôtky pod Brehmi sme identifikovali illit a z Jastrabej kaolinit.

V paleobazaltoch z Malužinej a Peterklina sa napriek vysokému stupňu alterácie výrastlíc a základnej hmoty zistenej optickým štúdiom v polarizačnom mikroskope rtg. difrakčnou analýzou potvrdilo nepatrné zastúpenie illitu a chloritu (tab. 4).

Štúdium polarizačným mikroskopom a rtg. difrakčnou analýzou vulkanických hornín využívaných v stavebníctve potvrdilo, že sa ílové minerály formovali prevažne pôsobením fluíd v ranom a neskorom postvulkanickom štádiu v zmysle klasifikácie Kühnela a Van der Gaasta (1994). Tento proces má znaky autohydrotermálnej alterácie a postihuje vulkanické horniny pri ich formovaní (Kraus et al., 1994).

Povrchové zvetrávanie pri vzniku ílových minerálov na skúmaných lokalitách sa nepotvrdilo. Pravdepodobne sa uplatňuje iba lokálne v najvyššej, podpovrchovej časti vulkanických telies (Kraus, 1998).

Syntetický vznik smektitu sa potvrdil pri tmavom andezite z Ruskova. Na rtg. difrakčnom zázname z drviny frakcie pod 0,08 mm sa smektit neobjavuje, ale po mletí v trvaní 1 minúty za mokra áno (obr. 5). Na overenie vzniku smektitu syntetickou cestou je použitie takejto metódy nevyhnutné. Je veľmi pravdepodobné, že testovaná hornina, v ktorej sa potvrdil vznik syntetického smektitu, môže mať v extrémnych záťažových podmienkach niektoré fyzikálnomechanické vlastnosti súvisiace s jej odolnosťou zhoršené.

Bivariantné korelácie obsahu smektitu s fyzikálnomechanickými vlastnosťami potvrdili, že rastúci obsah smektitu zvyšuje adsorpciu všetkých testovaných vulkanických hornín (obr. 6). Zníženie objemovej hmotnosti prítomnosťou smektitu sa potvrdilo iba pri andezite, a to bez ohľadu na pôvod (obr. 7). Pre nedostatok vzoriek bazaltu a ryolitu obsahujúcich smektit sme vplyv smektitu na objemovú hmotnosť týchto hornín nepotvrdili ani nevyvrátili. Vzťah medzi obsahom smektitu a nasiakavosťou sme zistili len pri stredoslovenských andezitoch (tab. 8). Prítomnosť smektitu priamoúmerne zvyšuje ich schopnosť nasycovať sa vodou. Rovnako aj vplyv obsahu smektitu na obrusnosť a pevnosť v bodovom tlaku sme potvrdili len pri stredoslovenských andezitoch. S rastúcim obsahom smektitu ich obrusnosť rastie (obr. 9) a pevnosť klesá (obr. 10).

Záver

Ílové minerály sa vyskytujú vo všetkých vulkanických horninách Západných Karpát využívaných v stavebníctve s výnimkou niektorých bazaltov Cerovej vrchoviny, a to aj v prípadoch, keď sa nijaké účinky alterácie makroskopicky neprejavujú a horniny sa pokladajú za čerstvé. Najčastejšie zastúpeným ílovým minerálom je smektit.

Smektit sa vyskytuje predovšetkým v andezite, podstatne menej v bazaltoch Cerovej vrchoviny a v paleobazaltoch chýba úplne. Stredoslovenské andezity majú v porovnaní s východoslovenskými v priemere o niečo vyšší obsah smektitu. V ryolitoch stredného Slovenska má z ílových minerálov dominantné postavenie kaolinit.

Smektit je prevažne hydrotermálneho pôvodu a formoval sa pôsobením fluíd v ranom a neskorom postvulkanickom štádiu. Jeho syntetický vznik sa potvrdil pri mokrom mletí v laboratórnych podmienkach v ložisku Ruskov vo východoslovenských neovulkanitoch. Takýto vznik môže mať na technologické spracúvanie vulkanitov využívaných v stavebníctve negatívny vplyv.

Výsledky nášho výskumu potvrdili, že kvalitu vulkanických hornín využívaných v stavebníctve významne ovplyvňujú ílové minerály v nich (hlavne smektit), ktoré odrážajú stupeň zvetrania hornín a tým aj zníženia kvality.

Ukázalo sa, že prítomnosť smektitu vplýva na vybrané fyzikálnomechanické vlastnosti selektívne, a to v závislosti od litologického typu vulkanických hornín, ich genézy a množstva smektitu v nich.

Zo všetkých testovaných vulkanických hornín majú najvyšší obsah smektitu stredoslovenské andezity. Vplyv obsahu smektitu na nasiakavosť, obrusnosť a pevnosť v bodovom tlaku sa potvrdil len pri stredoslovenských andezitoch, a preto predpokladáme, že smektit má na fyzikálnomechanické vlastnosti vulkanických hornín podstatnejší vplyv až po prekročení limitného množstva v hornine.

Na potvrdenie tohto predpokladu treba vykonať väčšiu sériu testov.

Obsah smektitu v testovaných vulkanických horninách sa nepriamo, ale najlacnejšie a najpresnejšie zisťoval testom na adsorpciu, a preto navrhujeme venovať tomuto „diagnostickému nástroju" viac pozornosti, a to aj z hľadiska závislosti obsahu smektitu od litologického typu vulkanických hornín a od prítomnosti ďalších ílových minerálov. Aplikáciu tohto testu treba rozšíriť aj na ďalšie litologické typy hornín.

Problematika prítomnosti ílových minerálov v horninách a ich vplyvu na fyzikálnomechanické vlastnosti je naďalej otvorená. Na základe výskumu na väčšom súbore vzoriek a stanovením ďalších fyzikálnomechanických vlastností sa zistí skutočná miera vplyvu ílových minerálov na kvalitu hornín využívaných v stavebníctve. Osobitnú pozornosť bude treba venovať aj smektitu vznikajúcemu synteticky.

Literatúra

Bagdasarjan, G. P., Slávik, J. & Vass, D., 1971: Chronostratigrafický a biostratigrafický vek niektorých významných neovulkanitov východného Slovenska. *Geol. Práce, 55. s. 87–96.*

Čabalová, D. & Caňo, F., 1992: Štúdium diferencovanej pórovitosti skalných hornín metódou pozorovania v elektrónovom riadkovacom mikroskope. *Geol. Práce, Spr., 92, s. 101–105.*

Dunn, J. R. & Hudec, P. P., 1966: Water, clay, and rock soundness. *J. Sci. (Ohio), 66, 2, pp. 153–167.*

Galko, I., Kraus, I., Kühnel, R. A. & Tschibangu Katshi, J. P., 2000: Durability of andesites and basaltoids from Slovakia according to clay content and clay formation during wet grinding. Scripta Fac. Sci. Nat. Univ. Masaryk. Brun. Geology. Brno, 28–29 (1998–1999), pp. 171–179.

Hudec, P. P., 1980: Durability of carbonate rocks as function of their thermal expansion, water sorption and mineralogy. *ASTM Tech. Publ., 691, pp. 497–508.*

Hudec, P. P., 1989: Durability of rock as function of grain size, pore size, and rate of capilary absorption of water. *J. Materials in Civil Engineering, 1, 1, pp. 3–9.*

Hudec, P. P., 1991: Freezing of osmosis as deterioration mechanism of concrete and aggregate? *In: Low temperature effects on concrete Proceedings, Second Canadian/Japan Workshop, August 1–2, Ottawa, Ontario.*

Hudec, P. P., 1995: Porovnanie kanadských a slovenských metód hodnotenia vhodnosti kameňa do stavebných konštrukcií. *Mineralia Slov., 27, s. 145–152.*

Hyánková, A. & Wagner, P., 1994: Point load test (skúška pevnosti pri bodovom zaťažení; bodová zaťažovacia skúška). *Int. príručka KIG PF UK, Bratislava, 9 s.*

Kaličiak, M. & Žec, B., 1995: Review of Neogene volcanism of Eastern Slovakia. *Acta Volcanologica, 7 (2), pp. 87–95.*

Konečný, V., Lexa, J., Šimon, L. & Dublan, L., 2001: Neogénny vulkanizmus stredného Slovenska. *Mineralia Slov., 33, s. 159–178.*

Kraus, I., Šamajová, E. & Zuberec, J., 1981 Mineral composition of altered products of rhyolite volcanism at the SW margin of the Kremnické pohorie Mts. 8th Conf. Clay Mineralogy & Petrology, Teplice. Universita Karlova, Praha, Ceologica, s. 137–144.

Kraus, I., 1998: Význam ílových minerálov pre posudzovanie trvanlivosti stavebného kameňa z rôznych oblastí Slovenska. *In: Zbor. prednášok z 2. seminára so zahraničnou účasťou Výroba kameniva '98, 26.–27. 5. 1998, Stará Lesná. Cesty Nitra, a. s., s. 43–50.*

Kraus, I., Šamajová, E., Šucha, V., Lexa, J & Hroncová, Z., 1994: Diagenetic & hydrothermal alteration of volcanic rocks into clay minerals and zeolites (Kremnické vrchy Mts., the Western Carpathians). *Geol. Carpath., 45, 3, pp. 151–158.*

Kühnel, R. A. & Van der Gaast, S. J., 1989: Formation of clay minerals by mechanochemical reactions during grinding of basalt under water. *Applied Clay Science, 4, pp. 295–305.*

Kühnel, R. A. & Van der Gaast, S. J., 1994: Clay minerals of different generations in basaltic rocks. *Acta Univ. Carol., Geol., 38, pp. 271–294.*

Matejček, A., Šamajová, E. & Ondrášik, R., 2001 Význam mineralogického zloženia hornín a tektonicky porušených zón pre hodnotenie rizika budovania tunela Ovčiarsko. *In: Zbor. z 2. konferencie Geológia a životné prostredie. Vyd. Dionýza Štúra, Bratislava, s. 42–45.*

Mysyk, K. W., 1987: Petrological studies on carbonate aggregate responsible for pavement D-Cracking in Southern Manitoba, Canada: Transportation research record, concrete, and concrete construction, No. 1110, Washington, D. C., p. 10–15.

Powers, T. C., 1949: The air requirement of frost-resistance concrete. *Highway Research Board, 29, pp. 184–211*

Shakoor, A. & West, T. R., 1982. Physical characteristics of some Indian argillaceous carbonate regarding their freeze-thaw resistance in concrete. *Bull. Assoc. Engrs Geol., 19, 4, pp. 371–384.*

STN 72 1154: Stanovenie mernej a objemovej hmotnosti, hutnosti a pórovitosti prírodného stavebného kameňa.

STN 72 1174: Stanovenie vlhkosti a nasiakavosti kameniva.

STN EN 1097-1: Skúšky na stanovenie mechanických a fyzikálnych vlastností kameniva Časť 1 Stanovenie odolnosti voči obrusovaniu (mikro - Deval).

Vavrová, J., 2000: Vplyv ílových minerálov na fyzikálnomechanické vlastnosti vulkanických hornín využívaných v stavebníctve. [Diplomová práca.] PF UK Bratislava, Katedra ložiskovej geológie.

The influence of clay minerals on properties of volcanic rocks of the Western Carpathians used for building industry

Many researches confirmed that rocks on which macroscopic effects of alteration are not observed and seem "fresh" contain clay minerals. This important fact has not been yet regarded for quality evaluation of rocks used in building industry.

The aim of this research is finding the presence of clay minerals, mainly smectite in quarried volcanic rocks of the Western Carpathians used in building industry. Next scope is to find out relations between smectite content and selected physical and mechanical properties: adsorption, absorption, abrasivity, bulk density, dry strength, wet strength, frost strength. In order to determine the physical and mechanical rock properties the samples were subjected to standard tests. We investigated andesites, rhyolites, basalts from Central Slovakia, andesites from Eastern Slovakia and basalts from Cerová vrchovina Mts. For comparison we used paleobasalts and perlites. Content of clay minerals we determined by using of XRD analyses. Intensity of alteration of phenocrysts and basic matrix we have determined by optical microscopic study. We discuss quantity of clay minerals in rock types and their origin.

We studied quality and quantity of clay minerals in samples by using of XRD analyses on fraction < 2 μm separated from several debris < 0.08 mm. We used the method by Kühnel and

Van der Gaast (1989). We have focused mainly on the smectite because of its expandability. This property significantly influences the rock quality.

The content of smectite in different types of rocks is variable. Basalts do not contain smectite, only little amounts in comparison with andesites of Central and Eastern Slovakia. It is probably caused by different era and composition and origin of magma from which andesites and basalts originated. The differences are also between andesites of Central and Eastern Slovakia. Andesites of Central Slovakia commonly contain smectite but localites on Eastern Slovakia show less smectite contents.

Rhyolites from Central Slovakia used in building industry have least smectite content. Kaolinite is the main clay mineral in rhyolites. A high content of smectite is in rhyolites which are autohydrotermally altered. These rhyolites are unused in the building industry.

In paleobasalts smectite absents. We identified illite and chlorite in little amounts by means of XRD analyses.

Study of clay minerals in volcanic rocks used in the building industry by means of optical microscopy and XRD analyses uncovered that clay minerals are generated by activity of hydrothermal fluids during the early and late post-volcanic period what is in harmony with findings by Kühnel and Van der Gaast (1994). This process bears marks of autohydrothermal alteration and causes damages of volcanic rocks during their formation (Kraus et al., 1994).

Surface weathering on the studied localities was not confirmed by the increased presence of the clay minerals. It is probably only local in the high, subsurface part of the volcanic bodies (Kraus, 1998).

Smectite can be also formed during the wet grinding of the rock (Kühnel and Van der Gaast, 1989, 1994).

Artificial origin of the smectite was confirmed by the wet grinding of the dark andesite from the locality Ruskov under the laboratory conditions. It is necessary to use this method (Fig. 2) because we have to count in with possible artificial origin of the smectite. It is probable that a rock in which the presence of the artificial smectite is confirmed has the worse physical and mechanical properties which have bad effect on its durability.

Standard tests for testing of quality of natural construction materials determine physical, mechanical and technological properties according to which we can determine an utilization of the natural construction materials. Many researches have proved that the properties are affected by the presence of clay minerals, mainly by their type and quantity. From the clay minerals, group of smectite, has the most significant influence on the quality of building materials.

We correlated the results of the physical and mechanical tests, correlation coefficients (R) are given in correlation matrixes. We made correlation analyses for all tested rocks and also for selected samples. The selection was made according to lithological rock types and smectite content. We tested basalt and paleobasalts (9 samples), andesites (22 samples), andesites from the Central Slovakia (13 samples), andesites from the Eastern Slovakia (9 samples), samples which contain smectite (22 samples) (Tabs. 7, 8, 9, 10 and 11).

From the cross-correlations of the smectite content with physical and mechanical properties we can observe significant correlation between smectite content and adsorption what is closely connected to smectite ability to adsorb water molecules into interlayer space. Increasing smectite content in the rock means increasing content of adsorbed water in the rock.

Significant mutual relation is also between smectite content and bulk density. However this relationship is conditioned to lithological rock type and its primary porosity expresed by bulk density. The highest bulk density is in the case of basalts (2.82 $g.cm^{-3}$) and the lowest in the cases of rhyolites (2.02 $g.cm^{-3}$). We observe differences between andesites from the Eastern Slovakia and andesites from the Central Slovakia. Older andesites from the Central Slovakia have higher smectite content and lower bulk density (2.57 $g.cm^{-3}$) and younger andesites from the Eastern Slovakia have lower smectite content and higher bulk density (2.64 $g.cm^{-3}$; Tab. 12). This difference in smectite content and bulk density shows on dependency of the smectite origin upon the age of the rocks.

Absorption related to the structure of rock pores (Čabalová and Caňo, 1992). We can also observe dependence upon the lithological type of rocks. Rhyolite has the highest absorption (8.92 %). Basalt has 1.75 % and paleobasalt 3.15 %. The values of absorption are different for basalts and paleobasalts however because of insufficient number samples we cannot speak about statistically significant difference. Andesites from the Central Slovakia have absorption 2.91 % and andesites from the Eastern Slovakia 4.71 %. The difference is statistically significant. This difference is probably caused by the different evolution, i. e. different content of gases during their origin. We can observe also correlation between smectite content and absorption ($R = 0.79^{**}$ with significance level 0.01; Fig. 8).

The tested mechanical properties (abrasivity and strength) are also different for individual lithological types of rocks. Rhyolites have the highest abrasivity (41.3 %) and paleobasalts the lowest (24.90 %). Andesites from the Central and Eastern Slovakia have statistically similar abrasivity (35.23 % and 38.40 %). Only in the case of andesites from the Central Slovakia we can observe correlation between abrasivity and smectite content ($R = 0.79^{**}$). Mutual correlation between abrasivity and smectite content revealed that the higher smectite content has an influence on the rock abrasivity.

In our case the smectite content is above 159. However we have to test more samples of volcanic rocks containing smectite to confirm this observation.

Dry strength, wet strength and frost strength have similar trend in relation to the smectite content. The highest strength has basalts, the lowest strength is in rhyolites and paleobasalts. Strength of andesites is similar. Relationship between strength and smectite content can be observed in the case of the andesites from Central Slovakia.

Results of our research confirmed that the quality of volcanic rocks used in the building industry is influenced by presence of clay minerals (especially smectite).

Presence of smectite influences the selected physical and mechanical rock properties individually. It depends upon the lithological type of volcanic rocks, their genesis and smectite content.

Mineralia Slovaca, 34 (2002), 303–320

Mangánová mineralizácia v Lednici a Mikušovciach – pieninské bradlové pásmo

MILAN MIŠÍK[1] a IGOR ROJKOVIČ[2]

[1]Katedra geológie a paleontológie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského, Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava
[2]Katedra ložiskovej geológie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského, Mlynská dolina, G, 842 15 Bratislava

(Doručené 30. 10. 2001)

Manganese mineralization at Lednica and Mikušovce, Pieniny Klippen Belt, Slovakia

Red nodular limestone of the Callovian–Oxfordian age in the Czorsztyn Unit contain Mn-accumulations, mostly hardgrounds. During a temporary emersion (probably in Barremian–Aptian) high-grade Mn ores were formed by circulating meteoric water at the localities Mikušovce and Lednica. They filled fissures and cavities forming pockets and they were accompanied by sediment with higher content of insoluble components like clastic quartz, fragments of silcretes, dolomite lithoclasts. The peculiarity of these secondary Mn accumulations are fibrous non-marine algae and cyanophytes demonstrating sedimentation in ephemeral pools. The mineralization is represented by pyrolusite, manganite, romanèchite, and goethite. The secondary manganese ore possess markedly higher Mn/Fe relation (Nx10) in comparison with sedimentary marine Mn-Fe ore (Nx1). The distribution pattern of REE elements does not indicate any basic volcanism in the sedimentary basin.

Key words: Jurassic – Lower Cretaceous, Czorsztyn Ridge, Western Carpathians, manganese minerals, chemical composition

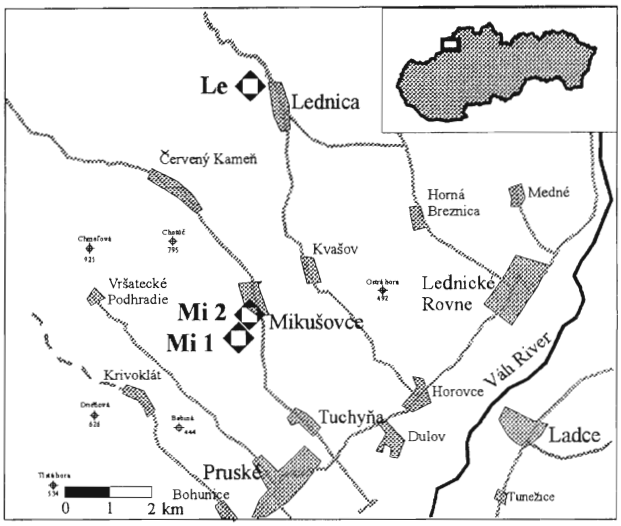
Úvod

Bradlové pásmo, najkomplikovanejšie tektonické pásmo Karpát, sa v dĺžke 500 km tiahne od Záhorskej nížiny na Z až na východné Slovensko a Karpatskú Ukrajinu. Väčšinou je úzke iba niekoľko km a maximálnu šírku 15 km dosahuje na strednom Považí pri Púchove. Na vonkajšej strane oblúka je tektonicky oddelené od flyšového pásma a na J od centrálnych Západných Karpát. Budujú ho súvrstvia jurského, kriedového a paleogénneho veku. Výskyty Mn rúd v pásme sa viažu hlavne na posidóniové vrstvy álenu (harcygrundské súvrstvie) v kysuckej jednotke alebo na Mn *hardgroundy* jurských súvrství czorsztynskej jednotky. Sú v ňom dávnejšie známe výskyty Mn rudy na strednom Považí v Bielych Karpatoch pri Mikušovciach a Lednických Rovniach (obr. 1).

Prehľad poznatkov

Lokalita Mikušovce sa nachádza v jurských vrstvách (Andrusov et al., 1955) a Mn ruda sa tam dolovala za prvej svetovej vojny. Stočes (1924 in Andrusov et al., 1955) uvádza, že ide o pyroluzit, psilomelán a wad, ale podľa Kantora (in Andrusov et al., 1955) o psilomelán a pyroluzit. Šošovky Mn rudy sú uprostred hornín najvyššieho dogeru – malmu v podloží červených slieňov a v ich podloží vystupuje sivoružový hľuznatý vápenec preniknutý Mn rudou s čiastočne od seba sa oddeľujúcimi hľuzami, zrnitý krinoidový vápenec, v hornej časti impregnovaný Mn rudou, ďalej slienitý vápenec a slieň. Podľa Andrusova et al. (1955) Mn oxidicko-hydroxidická ruda v krinoidových vápencoch bajoku tvorí nepravidelné hniezda. Andrusov et al. (l. c.) opisujú polohu amonitovej lumachely s Mn tmelom, ale podľa fotografickej dokumentácie nejde o amonitovú, ale o „vláknovú" mikrofáciu s lastúrnikmi rodu *Bositra*. Celé toto súvrstvie leží medzi krinoidovými vápencami stredného dogeru a celistvými vápencami titónu a laterálne prechádza do celistvých ružových vápencov s množstvom hľúz žltého silexitu („kremeňa") brekciového vzhľadu.

Mn ruda sa vyskytuje uprostred vrstiev hlboko neritickej až plytkoneritickej morskej série so zvyškami amonitov. Na genézu ložísk Mn rudy pri Mikušovciach sú rozdielne názory. Stočes (1924, fide Andrusov et al., 1955) považoval ložisko za metasomatické. V prospech toho hovorila asociácia Mn mineralizácie so žltými rohovcami vo vápenci, ktorý sa pokladal za metasomatický kremeň. Čechovič (1942) sa priklonil k názoru o sedimentárnom pôvode ložiska a metasomatózu vápenca považoval za neskoršiu v častiach blízkych primárnej sedimentárnej rude ako výsledok migrácie Mn. Podľa Andrusova et al. (1955) rohovce vznikli počas sedimentárno-diagenetického procesu rovnako ako Mn ruda. Vznik rudy a hromadenie úlomkov amonitov je podľa Andrusova et al. (l. c.) súčasným sedimentačným procesom. Andrusov (1959, s. 188–189 a 348) správne vystihol, že časť oxidickej Mn rudy vznikla ako výsledok prenosu zlúčenín Mn z primárnych sedimentárnych rúd z vyšších horizon-



Obr. 1. Lokalizácia Mn mineralizácie pri Mikušovciach a Lednici. Le – hrad Lednica, Mi 1 – úpadnica a Mi 2 – opustený lom nad prepadnutou štôlňou pri Mikušovciach.

Fig. 1. Geographical position of localities with manganese mineralization. Mi 1, 2 – Mikušovce, collapsed gallery, Le – Lednica.

tov jury do puklín v nižších horizontoch ešte pred tektonickými procesmi, ktoré prevrátili vrstvový sled. Andrusov et al. (1955) pokladali šošovky Mn rudy vo vrchnom dogeri až malme za syngenetické a výplň puklín v bajoku za hydrometasomatickú alebo infiltračnú.

Lokalita Lednica-hrad patrí medzi bradlá czorsztynskej sukcesie. Obsahuje krinoidové vápence dogeru, červené hľuznaté vápence batu (?) – keloveja – oxfordu, ružové vápence kimeridžu – spodného titónu so *Saccocoma* a vápence vrchného titónu s kalpionelami, nad ktorými po prerušení ležia transgresívne červené vápence albu (Mišík, 1979). Mn ruda sa vyskytuje v kapsách vápencov kimeridžu – spodného titónu (Dragastan a Mišík, 2001).

Metodika práce

Z vápencového súvrstvia sa mikrofaciálne študovali výbrusy, semikvantitatívne hodnotili mikrofosílie a ostatný biodetrit, klastická zložka, autigénne minerály a diagenetické premeny. Z výsledkov sa odvodilo stratigrafické zaradenie a interpretoval vývoj sedimentačného prostredia. Súvislý profil bol spracovaný v kameňolome pri Mikušovciach.

Minerály identifikovať, distribúciu prvkov v nich zistiť a kvantitatívnu analýzu bolo možno vykonať pomocou vlnovodisperznej rtg. mikroanalýzy (WDS) a energiovodisperznej rtg. mikroanalýzy (EDS). EDS a WDS analýzy sa urobili na prístroji JEOL SUPERPROBE 733 a KEVEX v ŠGÚDŠ v Bratislave. Analyzovali sa Al, Ba, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, Si a Sr s použitím nasledujúcich štandardov: Al_2O_3, $BaSO_4$, wollastonit, hematit, ortoklas, MgO, albit, SiO_2 a $SrTiO_3$ WDS analýzy sa vykonali pri urýchľovacom napätí 15 a 20 kV prúdom 15–18 nA a pri priemere lúča 2–5 μm. Chemické zloženie minerálov sa prepočítalo podľa programu Minfile.

Práškové preparáty na rtg. difrakčnú analýzu (XDA) boli analyzované na difraktometri Philips PW 1710 v GÚ SAV v Bratislave. Pri väčšej časti vzoriek s obsahom Fe sa použila Co antikatóda ($\lambda\ \alpha_1$ = 1,78896 m^{-10}, $\lambda\ \alpha_2$ = 1,79285 m^{-10}) a pri časti vzoriek Cu antikatóda ($\lambda\ \alpha_1$ = 1,54060 m^{-10} $\lambda\ \alpha_2$ = 1,54439 m^{-10}). Použilo sa urýchľovacie napätie s intenzitou 35 kV a elektrický prúd 20 mA. Meralo sa v rozpätí 4–60° uhlov 2Θ s posunom 0,02° 2Θ.

Chemické zloženie hlavných a vedľajších prvkov Mn rúd sa stanovilo rtg. fluorescenčnou analýzou (XFA) na prístroji Philips PW 1410/20 a obsah stopových prvkov optickou emisnou spektroskopiou (OES) na spektrometri PGS-2a v GÚ SAV. Prvky vzácnych zemín boli stanovené metódou atómovej emisnej spektroskopie s indukčne viazanou plazmou (AES-ICP) v ŠGÚDŠ v Spišskej Novej Vsi.

Geologická stavba a stratigrafické postavenie hornín

I. MIKUŠOVCE

Stručný stratigrafický opis subpieninského (v súčasnom názvosloví czorsztynského) bradla s ložiskom podal Andrusov (1945, s. 30, 31) a ešte stručnejší Andrusov et al. (1955, s. 105): 1. spodný doger (spodný álen): škvrnité vápence a sliene – opalínové vrstvy; 2. stredný doger (bajok): hrubozrnné biele až žlté nevrstvovité krinoidové vápence s veľkým množstvom žltých alebo sivobielych rohovcov; 3. vrchný doger (bat): žltoružové krinoidové vápence s rohovcami, vyššie červené, miestami s vložkami červených hľuznatých vápencov, v najvyššej časti slienité červené bridličnaté krinoidové vápence; 4. najvyšší doger (kelovej) až spodný malm (oxford–kimeridž): naspodku býva vyvinutá slabá poloha červených hľuznatých vápencov a slienitých ružových vápencov prechádzajúcich do ružových celistvých vápencov (czorsztynský vápenec), v ňom sú pri Mikušovciach vyvinuté šošovky Mn rudy; 5. vrchný malm (titón): skladá sa z ružových alebo žltkastých stylolitických vápencov s bohatou faunou. Jej súpis je v staršej práci Andrusova (1945, s. 31) a tam sa spomínajú (s. 25) aj biele, nejasne organogénne vápence s úlomkami krinoidov, koralov a mäkkýšov, ktoré stotožňujeme s ***vršatskými vápencami oxfordského veku*** (Mišík, 1979, s. 18–21). Mišík (l. c.) k nim už počítal aj vyššiu šupinu pri Mikušovciach (vyššiu šupinu tvoria aj na Vršatci). Andrusov ich neoddeľoval od titónskych vápencov a počítal ich s nimi za jeden vrstvový sled. Hlavná (nižšia) šupina má v miestach kameňolomu normálny, ale pri úpadnici v lokalite Za skálie prevrátený vrstvový sled. Ich súvislosť sa nedala zistiť.

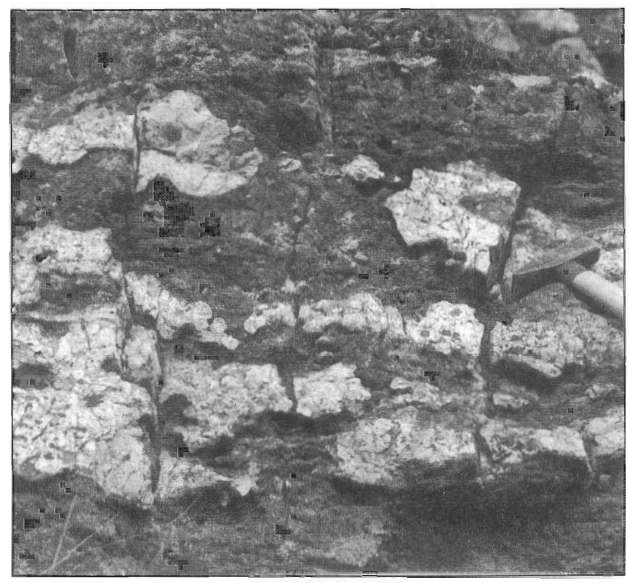
Riešiť geologickú stavbu a genézu Mn rúd umožnilo detailné štúdium troch areálov: 1. úpadnice v lokalite Za skálie, 2. kameňolomu v miestach prepadnutej štôlne a 3. haldového materiálu zo zasypanej štôlne.

1. Okolie úpadnice

1 km na JZ od Mikušoviec je na lokalite Za skálie vo výške 420 m zavalená úpadnica s Mn rudou (obr. 2).

Obr. 2. Vchod do úpadnice. Zhruba vertikálna rozsadlina vyplnená Mn rudou kontinentálno-reziduálneho pôvodu je v krinoidových vápencoch batu czorsztynskej sukcesie. Mikušovce, Za skálie.

Fig. 2. Dip entry into vertical cleft filled with manganese ore (redeposited in continental environment) in Bathonian crinoidal limestones, Czorsztyn Succession. Mikušovce, Za skálie.



Obr. 3. Vyvetrávajúce rohovcové hľuzy v krinoidových vápencoch bajoku – batu. Nad úpadnicou, Mikušovce.

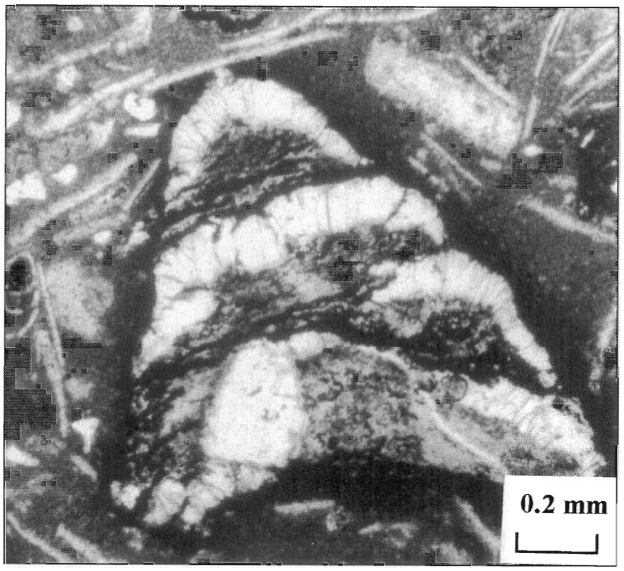
Fig. 3. Weathering out of the chert nodules in Bajocian–Bathonian crinoidal limestones. Mikušovce, near the dip entry.

Táto mineralizácia (podľa Andrusova et al., 1955, tzv. vrchné ložisko) vypĺňa rozsadlinu v krinoidových vápencoch batu, orientovanú zhruba vertikálne na vrstvy krinoidového vápenca.

Stratigrafický sled a mikroskopický opis hornín:

a) Ružovkasté slabopiesčité krinoidové vápence s hnedými a ružovými rohovcovými hľuzami (obr. 3) – bat (resp. ***bajok – bat***). Vystupujú najmä v tektonickom nadloží červených kalových vápencov s primárnym Mn zrudnením (pozri ďalej). Vzorky sa odobrali v okolí úpadnice. Ide o biomikrity, zriedka biosparity. Časté sú kolumnálie krinoidov, len zriedka s dvojčatným kalcitom, niekedy so syntaxiálnym dorastaním. Články sú často navŕtané vŕtavými riasami. Ako druhá zložka vystupujú spikuly silicispongií (boli zdrojom SiO_2 na vznik rohovcov) alebo krátke „vlákna" (úlomky planktonických lastúrnikov), ojedinele úlomky väčších lastúrnikov, brachiopód a foraminifery *(Nodosaria)*. Terigénna prímes nie je konštantná: angulárne zrná kremeňa psamitovej veľkosti boli pôvodne zaoblené, ale sú korodované; ďalej sa vyskytujú zaoblené litoklasty dolomitu a vápenca, ojedinele aj siltovca. Živce – okrem jedného zrna mikroklínu z piatich výbrusov – chýbajú. V rohovcoch, a hlavne v žilkách v nich sa vyskytujú agregáty vláknitého chalcedónu s drobnými červenými hematitovými globulkami. Klenčeky karbonátov v rohovcoch chýbajú, ale hojné sú v nich relikty echinodermových článkov, sčasti ešte kalcitových, zriedkavejšie aj relikty „vlákien" a spikúl hubiek.

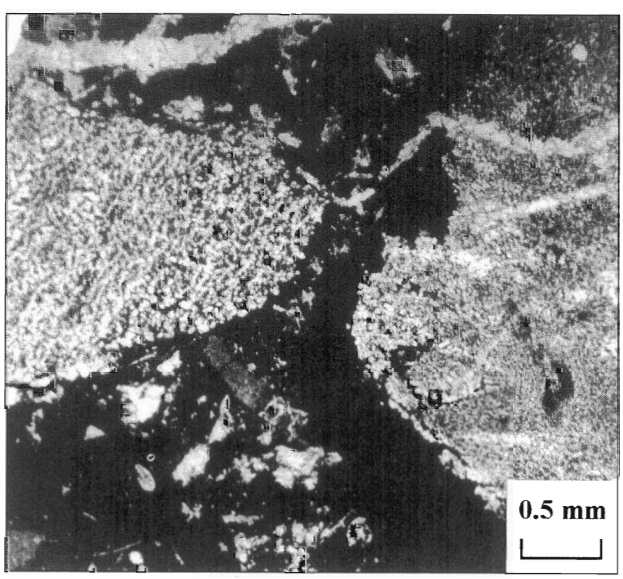
b) Červené hľuznaté resp. slabohľuznaté a ružové kalové vápence, niekedy brekciovité, miestami s Mn škvrnami – ***kelovej – oxford***. Vyznačujú sa globuligerínovou, v spodnejších horizontoch a v redeponovaných hľuzách zriedkavejšie aj vláknovou mikrofáciou. V niektorých hľuzách sú hojnejšie rádiolárie, ktoré sa dobre zachovali len v miestach impregnácie Mn oxidmi. Podľa toho ide o ranodiagenetické impregnácie. Slabšie sú zastúpené hrubšie schránky lastúrnikov, zriedkavé juvenilné amonity, gastropóda, mikroforaminifery, z foraminifer *Lenticulina, Marssonella, Ophthalmidium*, ojedinele globochety, ostrakóda, osteň ježovky, ryncholit a šupiny rýb. Značná je terigénna prímes siltového kremeňa, celkom ojedinele biotit, muskovit, plagioklas a turmalín. V niektorých horizontoch klastická prímes chýba. V týchto vápencoch (podobne ako aj na halde zo štôlne) sú časté impregnácie v podobe čiernych Mn škvŕn, ojedinele aj manganolitové intraklasty. Znakom kondenzovanej sedimentácie sú aj zhluky Fe chloritu s obrubami radiálnolúčovitého kalcitu vznikajúcimi pri ich dehydratácii (obr. 4), zhluky Mn oxidov s cirkulárnymi trhlinkami zmršťovania, limonitové mikroonkoidy, ojedinele aj hematitový mikroonkoid. Hoci „kadosíny" sa v týchto vápencoch nezistili, prítomnosť globuligerínovej mikrofácie indikuje oxford (Wierzbowski et al., 1999).



Obr. 4. Obruby z vláknitého kalcitu vzniknuté v dehydrátovanom, vysychajúcom, rozpraskávajúcom sa agregáte alumosilikátového zhluku, pravdepodobne Fe chloritu. Červený slabohľuznatý vápenec keloveja – oxfordu pri úpadnici. Mikušovce.

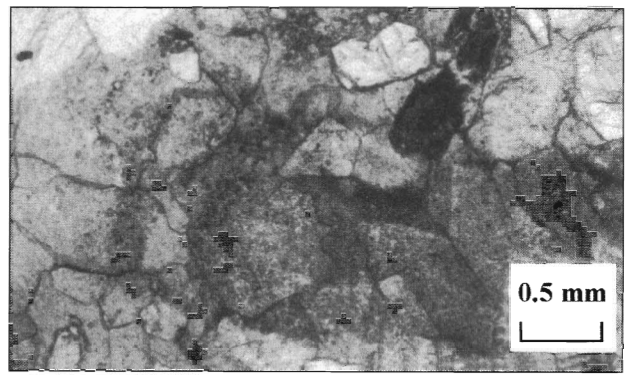
Fig. 4. Veinlets formed by fibrous calcite (white) filling the dehydratation cracks in an alumosilicate aggregate, probably Fe chlorite. Red nodular limestone of Callovian–Oxfordian age. Mikušovce, near the dip entry.

c) Reziduálnokontinentálny manganolit z výplne rozsadliny pravdepodobného veku ***barém – apt***. Túto výplň v približne vertikálnej rozsadline v krinoidových vápencoch batu neoznačujeme ako neptunickú dajku, pretože neobsahuje nijaký morský biodetrit, ktorý je veľmi hojný v kelovejovo-oxfordských vápencoch s Mn zhlukmi. Ide o redeponovaný reziduálny sediment obohatený nerozpust-



Obr. 5. Úlomky silicitu, pravdepodobne silkretov v rezidualnokontinentálnej výplni. Mikušovce

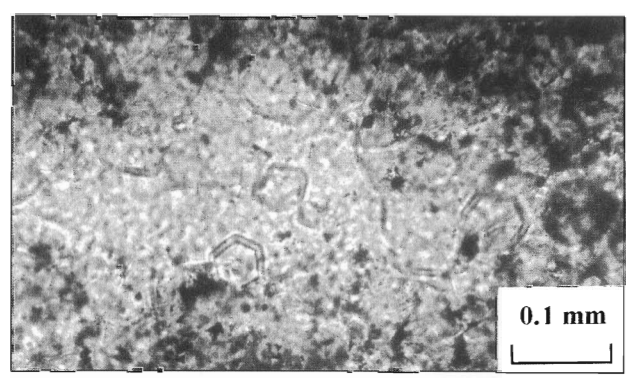
Fig. 5. Fragments of silicites (silcretes) in the Mn ore of continental origin Mikušovce



Obr. 6. Dedolomitizované klasty dolomitu a zrná klastického kremeňa nahromadené v reziduálno-kontinentálnej výplni rozsadliny. Pravdepodobný vek barém – apt. Mikušovce, úpadnica.

Fig. 6. Dedolomitized clast of dolomite and quartz grains enriched in redeposited residual sediments, probably of Barremian–Aptian age. Mikušovce, dip entry.

nými zvyškami najmä z krinoidových vápencov. Tento manganolit obsahuje totiž hojnosť klastického kremeňa (ostrohranné zrná veľké až 3 mm), zriedka zrná kaolinizovaného ortoklasu, ojedinele aj plagioklas, úlomky silicitov – silkretov (obr. 5) a klasty dedolomitizovaného (kalcitizovaného) dolomitu (obr. 6). Vyskytol sa aj fosfátový rybí zúbok, takisto súčasť nerozpustného zvyšku. Všetky tieto zložky sú v krinoidových vápencoch batu bežnou prímesou, a preto treba pripustiť, že sa pri dočasnom vynorení rozpúšťali nielen červené kalové vápence s Mn zhlukmi (tie poskytli materiál pre reziduálne manganolity), ale aj podložné krinoidové vápence batu. Tento predpoklad potvrdzujú aj vzorky brekciovitého vápenca s Mn zrudnením a s úlomkami hnedých silicitov. Obsahujú klasty rozličných vápencov, červených biomikritov s „vláknovou" mikrofáciou, v menšej miere s globuligerínovou mikrofáciou a úlomky hrubozrnného kalcitového agregátu s inklúziami Mn pigmentu. Významným znakom sú úlomky hnedých silicitov – silkretov s hojnými syneretickými trhlinkami (obr. 5), ktoré tvorí jemnozrnný mikrokremeň s rovnomerne rozmiestneným Fe pigmentom. Podobajú sa silkretom zobrazeným v Mišíkovom článku (Mišík, 1996). Ojedinele sa vyskytli aj agregáty



Obr. 7. Klast brekciovitého silkretu s agregatom zonarneho kremeňa v reziduálno-kontinentálnej výplni Mikušovce, úpadnica

Fig. 7. Clast from the brecciated silcrete displaying an aggregate of zonal quartz within redeposited continental sediment Mikušovce, dip entry

zonárneho kremeňa (obr. 7), často opisované zo silkretov (napr. Mišík, 1996; Thiry a Millot, 1987; Thiry a Ribet, 1999). Silkrety neobsahujú nijaké zvyšky organizmov. V najmladších dehydratačných žilkách je výplň z čírehо alebo svetlohnedého chalcedónu s metakoloidnými štruktúrami.

Závažným dôkazom o vynorení je prítomnosť sladkovodných vláknitých rias a siníc (Dragastan a Mišík, 2001) rovnako ako na druhej opisovanej lokalite Lednica. Vyskytlo sa aj zatláčanie riasových agregátov hrubozrnným sadrovcom. Kalcitový agregát miestami obsahuje svetlohnedé „ježkovité" agregáty Mn hydroxidov. Mn zhluk má lokálne drobnofenestrálnu štruktúru, pričom fenestry vypĺňa kalcit s rovnakou optickou orientáciou.

2. Areál kameňolomu

V kameňolome 150 m na Z od Mikušoviec (obr. 8) je nasledujúci vrstvový sled:

a) (vz. 2, 3, 22) ružové kalové alebo slabokrinoidové vápence, miestami brekciovité, s vláknovou mikrofáciou, s drobnými litoklastmi dolomikritu; ***kelovej – oxford***.

b) (vz. 4) ružové kalové drobnobrekciovité vápence s globochetovo-rádiolóriovou mikrofáciou, s ojedinelými sakokómami a „kadosínami" *(Colomisphaera* sp.*)*; ***vrchný oxford – spodný kimeridž***.

c) (vz. 7,8) ružové slabohľuznaté a krémové kalové vápence s amonitmi a so sakokómovou mikrofáciou; ***kimeridž – spodný titón***.

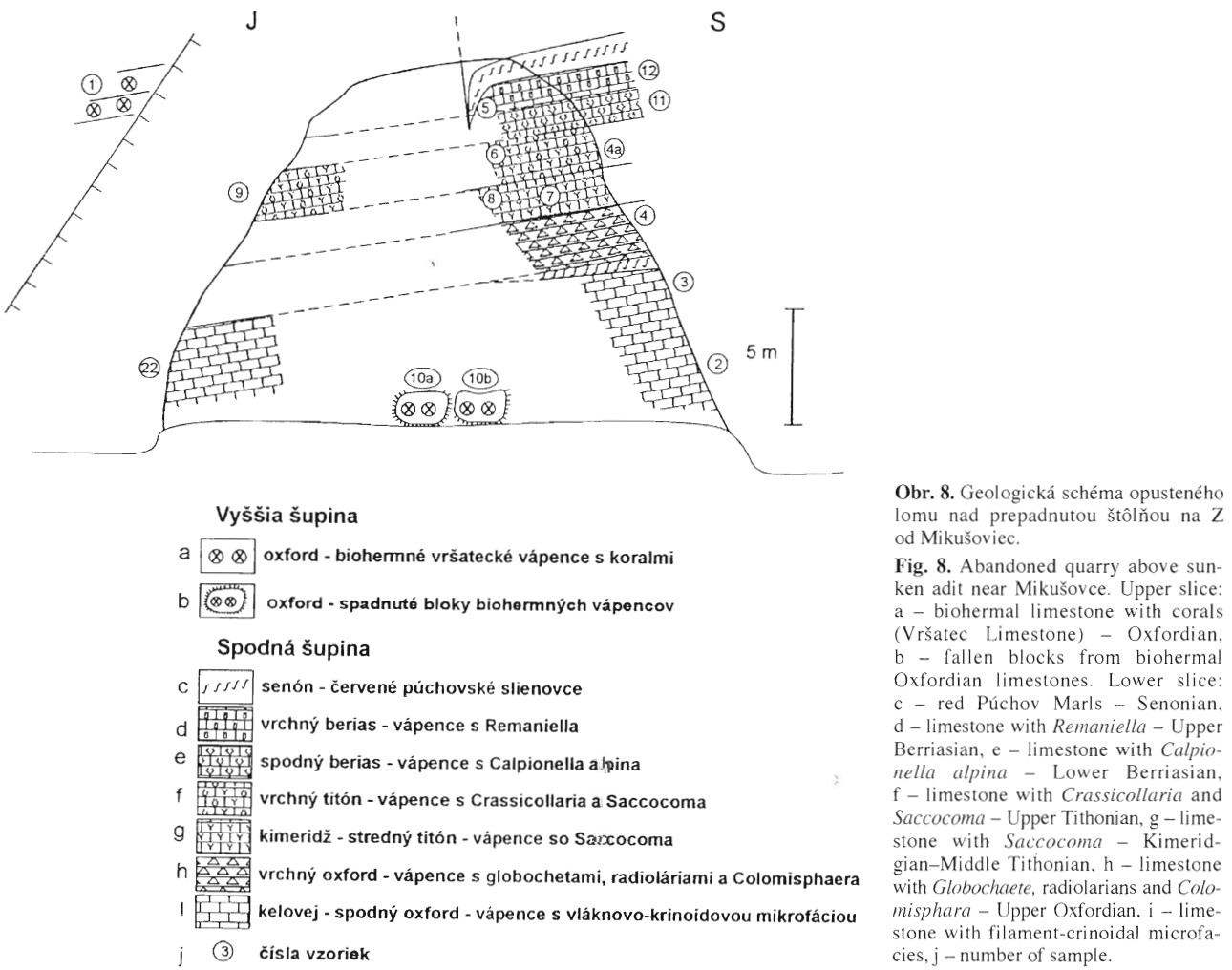
d) (vz. 4a, 6, 9) ružové slabohľuznaté a krémové kalové vápence s krasikolóriovou mikrofáciou, so sakokómami, rádiolóriami, globochetami atď; ***vrchný titón***.

e) (vz. 11) krémové kalové vápence s amonitmi s hojnou *Calpionella alpina;* ***spodný berias***.

f) (vz. 5, 12) ružové slabokrinoidové vápence s *Calpionellopsis oblonga, Remaniella cadischiana, Tintinnopsella longa,* s hojnými foraminiferami a drobnými litoklastmi s *Crassicollaria;* ***vrchný berias***.

V pravom krídle lomu medzi vzorkou 3 a 4 sú tektonicky vklinené púchovské sliene senónu s vápencovými úlomkami z poruchy. Púchovské sliene sú zaklinené aj navrchu kameňolomu v miestach vzorky 5.

Na J od kameňolomu (po jeho ľavej strane) vystupujú vo vyššej šupine súvislé biele organogénne vápence s koralmi zodpovedajúce vršatským vápencom ***oxfordu*** (vz. 1 a spadnuté bloky na dne lomu; vz. 10a, b).



Obr. 8. Geologická schéma opusteného lomu nad prepadnutou štôlňou na Z od Mikušoviec.

Fig. 8. Abandoned quarry above sunken adit near Mikušovce. Upper slice: a – biohermal limestone with corals (Vršatec Limestone) – Oxfordian, b – fallen blocks from biohermal Oxfordian limestones. Lower slice: c – red Púchov Marls – Senonian, d – limestone with *Remaniella* – Upper Berriasian, e – limestone with *Calpionella alpina* – Lower Berriasian, f – limestone with *Crassicollaria* and *Saccocoma* – Upper Tithonian, g – limestone with *Saccocoma* – Kimeridgian–Middle Tithonian, h – limestone with *Globochaete,* radiolarians and *Colomisphara* – Upper Oxfordian, i – limestone with filament-crinoidal microfacies, j – number of sample.

3. Halda zavalenej štôlne

Na V od lomu sa nachádza haldový materiál zo štôlne. Vo vápencovom materiáli možno zriedka, najmä pozdĺž južného okraja haldy, vidieť aj Mn rudu. Táto mineralizácia sa vyskytuje v červených hľuznatých vápencoch keloveja – oxfordu s hojnou morskou mikrofaunou v podobe čiernych škvŕn a centimetrových hniezd. Ide o primárne chudobné výskyty Mn minerálov, bežné v tejto kondenzovanej fácii v celej czorsztynskej jednotke. Súvislé *hardgroundy* v podobe stromatolitov ani Mn onkoidy sa na východoch nenašli. Tieto chudobné výskyty asi neboli predmetom ťažobného záujmu.

V zavalenej štôlni boli nafárané niektoré horniny nevyskytujúce sa na povrchu, a tak sú dôležitou doplnkovou informáciou. Väčšina úlomkov na halde má podobu drobnozrnnej vápencovej brekcie často impregnovanej Mn. Vo výbrusoch študované vzorky sa pokúšame dať do približného nasledujúceho vrstvového sledu.

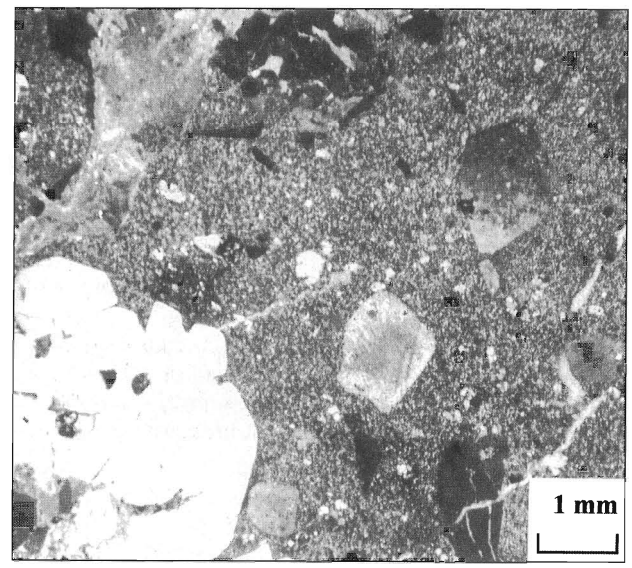
a) Ružovkastý drobnolumachelový vápenec *(packed biosparit grainstone)*. Obsahuje výhradne menšie lastúrniky poškodené kanálikmi od vŕtavých rias. Hornina zodpovedá vložkám posidóniového vápenca, aké sa vyskytujú v krinoidových vápencoch na Červenom Kameni pri Pruskom. Pravdepodobný vek je ***bat – kelovej***.

b) Ružovkastý hľuznatý vápenec s nepravidelnými čiernymi škvrnami Mn. Niektoré hľuzy sú preplnené rádiolériami (dutinky po nich vypĺňa kalcit), v iných (menších) dominuje *Globuligerina* sp. V medzernej hmote sa vyskytujú echinodermové články, ostrakóda, foraminifery *Marssonella* sp. a i. Pravdepodobný vek je ***oxford***.

c) Ružový kalový brekciovitý vápenec s vláknovou mikrofáciou, čiastočne impregnovaný oxidmi Mn. Všetky klasty patria vláknovej mikrofácii, ale majú rozličnú hustotu „vlákien" a nerovnaký spôsob ich zachovania. V partiách impregnovaných Mn sú dobre zachované rádiolériá, ktoré sa na iných miestach asi rozpustili, a preto predpokladáme veľmi ranú impregnáciu. Ojedinele sú zastúpené echinodermové články, rhax, aptych a mikroforaminifery. Zbrekciovatenie je tektonické, nastalo alebo pokračovalo až po impregnácii Mn, pretože klasty impregnované Mn sú ostro ohraničené. Prímes siltového kremeňa je hojnejšia vo švoch rozpúšťania. Pravdepodobný vek je ***oxford***.

d) Rádiolériový vápenec impregnovaný Mn a rekryštalizovaný. Horninu tvoria drobné zhluky Mn veľké pod 1 mm a na ich periférii niekedy vidieť ihličkovité obruby Mn minerálu. Priestory medzi nimi zaberá mozaika hrubozrnného kalcitu, ktorý vznikol rekryštalizáciou pod vplyvom Mn roztokov (bežný prípad v *hardgroundoch*). Zrná kalcitu sú niekedy dvojčatne lamelované a vidno v nich chodbičky po vŕtavých riasach vyplnené Mn-Fe oxidmi. Časté rádiolériá sú zachované iba v Mn zhlukoch (podobne ako v predchádzajúcej vzorke), ich kostry selektívne zatláčal kalcit, sú biele a na čiernom podklade dobre vynikajú. Terigénna prímes chýba. Takýto spôsob výstupu rádiolárií sme v czorsztynskej jednotke okrem Mikušoviec doteraz nikde nezistili. Pravdepodobný vek je ***oxford***.

e) Brekciovitá vápencová hornina s hojnými ***klastmi ryolitu*** (obr. 9). Dominujú klasty kyslého vulkanitu ryolitu veľké 1 cm s magmaticky korodovanými výrastlicami kremeňa, šachovnicovitého albitu, čiastočne kalcifikované živcami. Medzernú hmotu tvorí piesčitý vápenec s drobnými klastmi biomikritu s vláknovou mikrofáciou, echinodermovými článkami, ojedinelými foraminiferami



Obr. 9. Klast kyslého vulkanitu neznámeho pôvodu v brekciovitom vápenci keloveja – oxfordu. Vzorka z haldy zasypanej Mn štôlne. Mikušovce.

Fig. 9. Rhyolite clast of unknown origin in Callovian–Oxfordian brecciated limestone.

a s rybím zúbkom, drobnými klastmi felzitického vulkanitu a so značným podielom siltového kremeňa. Hojnosť kyslých vulkanitov je prekvapujúca. Robí dojem pyroklastickej prímesi, ale počet úlomkov asi znásobilo tektonické drvenie. V záujme presnosti a úplnosti uvádzame, že výskyt vulkanickej horniny, ktorý spomína Zorkovský (1949) z okolia Mikušoviec, patrí bázickému eruptívu, pravdepodobne prerážajúcemu púchovské sliene vrchnej kriedy, a tak s týmto naším nálezom nemôže mať nič spoločné. Keďže sa doteraz stopy po synsedimentárnom dogerskom vulkanizme nikde nevyskytli, treba asi uvažovať o klastoch z permských vulkanitov, aké sme zistili v liase nižnianskej jednotky a z tempestitových vložiek v krinoidových vápencoch dogeru czorsztynskej jednotky na lokalite Sedliacka Dubová, Babiná a Hatné (Mišík a Aubrecht, 1994). V tejto vzorke však klasty iných nevápencových hornín chýbajú. Inú možnosť vzniku ponúka analógia s hromadným výskytom obliakov kremenných porfýrov v červených hľuznatých vápencoch dogeru niedzickej sukcesie bradlového pásma v Poľsku (Birkenmajer et al., 1960). Autor tento prekvapujúci výskyt vysvetľuje prínosom materiálu medzi koreňmi driftujúcich kmeňov stromov. Pravdepodobný vek horniny je ***kelovej – oxford***.

f) Brekciovitý ružový kalový vápenec. Obsahuje úlomky biomikritov s rádiolériovou (iba výplň rozpustených schránok) a globuligerínovou mikrofáciou s rozličným

stupňom hustoty, zachovania a rekryštalizácie bioklastov. Rozhranie medzi litoklastmi tvoria červené švy, ojedinele aj červenkastý brekciovitý matrix. Prímes klastického kremeňa úplne chýba. Výskyt ojedinelých *Colomisphaera* sp. umožňuje zaradenie do ***oxfordu***.

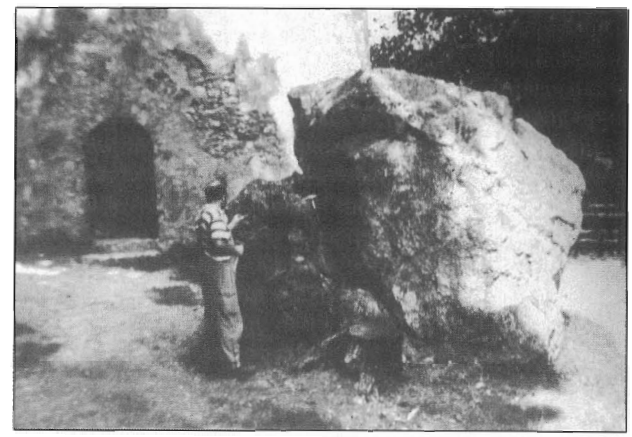
g) Ružová amonitová lumachela, globochetovo-amonitová mikrofácia. Zastúpené sú aj krátke „vlákna", nehojné *Saccocoma* (tmavo podfarbené inklúziami), väčšie echinodermové články, ojedinele *Lenticulina, Nodosaria,* mikroforaminifery, ostrakóda a *Colomisphaera* sp. V juvenilných amonitoch sú časté polaritné štruktúry. Starší sparitový tmel je s inklúziami, mladší bez nich. Terigénna prímes chýba. Pravdepodobný vek je ***vrchný oxford – spodný kimeridž***.

h) Ružovkastá drobnozrnná vápencová brekcia – drobné litoklasty s *Calpionella alpina* a *Crassicollaria* s nerovnakou hustotou mikroorganizmov. Základná hmota je jemnozrnná, bez fosílií a silne impregnovaná Mn minerálmi (sieťovité zhluky, zrná, tyčinkovité agregáty). Vek je postvrchotitónsky, pravdepodobne ***kontinentálna spodná krieda***.

i) Ružovkastá drobnozrnná vápencová brekcia. Tvoria ju nasledujúce vápencové klasty: 1. Sakokómovo-globochetová mikrofácia, *packstone* so *Saccocoma, Globochaete,* juvenilnými amonitmi, aptychmi, ostrakódami, ojedinele s *Colomisophaera heliosphaera, Bigenerina,* mikroforaminiferou, gastropódou a s osteňom ježovky. Viaceré klasty sú podobné, odlišujúce sa iba hustotou biodetritu. Vek je kimeridž – spodný titón. 2. Sakokómový biosparit rovnakého veku. 3. Krinoidovo-lastúrnikový biosparit s korodovanými a vylúhovanými schránkami lastúrnikov s čiernym povlakom. 4. Mikrity s ojedinelými drobnými globochetami a exinami globochet. Miestami je hojnejší drobný biodetrit – globochetová mikrofácia s ojedinelými *Colomisphaera*. Niektoré klasty sú s fukoidmi (väčšie svetlejšie chodbičky). Nanokóny sa nenašli. Vek je asi hoteriv. Klasty sú najčastejšie obmedzené mikrostylolitmi. Matrix je zriedkavý, hnedý, s čiernymi zrnkami, niekedy aj s Mn impregnáciou, ojedinele obsahuje hnedasté vejáriky sladkovodných rias *Koeniguerella alpina f. compacta* Freytet (Dragastan a Mišík, 2001), možno aj peľové zrná a jedno zrno klastického plagioklasu. Vzhľadom na postkimeridžský vek a výskyt sladkovodných rias v matrixe uvažujeme o veku ***spodná krieda v kontinentálnom vývoji***.

II. LEDNICA

Nový výskyt Mn mineralizácie sa zistil na hrade Lednica na skale pred vchodom do hradu. Jej rozmery sú približne 4 x 5 x 3 m (obr. 10). Okolitú horninu tvorí ružovkastý vápenec s typickou sakokómovou mikrofáciou veku ***kimeridž – spodný titón***. Ide o biomikrit – *packstone*. Vo výbrusoch dominujú články ramien planktonického krinoida *Saccocoma,* globochety, rádioláriá (kalcitom vyplnené dutinky po nich), krátke „vlákna", zriedkavé foraminifery *(Textularia, Spirillina, Bigenerina),* ostrakóda, *Colomisphaera carpathica* a *C. minima,* ojedinelé úlomky prizmatických schránok lastúrnikov, amonity

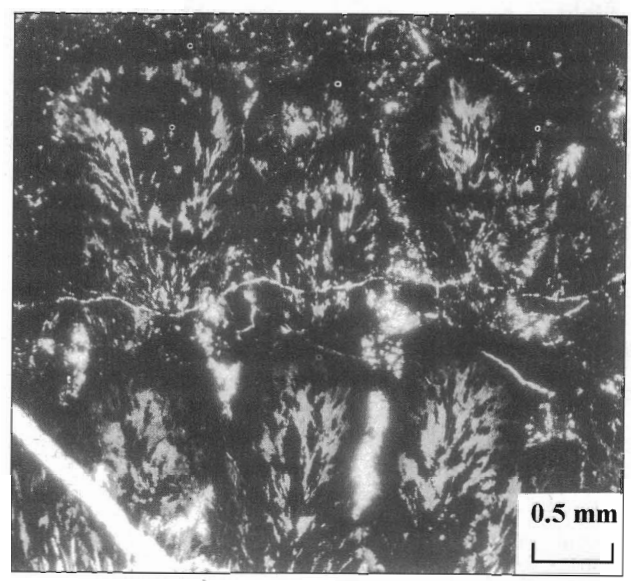


Obr. 10. Východná strana skaly pred vchodom do hradu Lednica, obsahujúca kapsy s Mn rudou.

Fig. 10. Eastern part of rock containing cavities with Mn ore in front of the entry of Lednica castle.

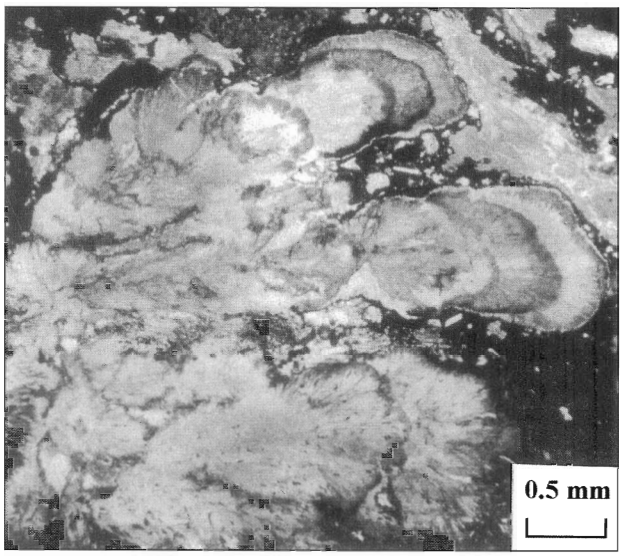
a aptych. Bioturbáciou vzniknuté chodbičky sú sčasti vyplnené peletami, čo tvorí polaritné štruktúry. Terigénna prímes kremeňa chýba. V bezprostrednom okolí Mn káps vnikajú do vápenca Mn oxidy a to vedie k rekryštalizácii jeho mikritovej zložky na pseudosparit.

Podstatnú časť plochy výbrusov z výplne kaverien zaberajú vejárovité alebo nepravidelné agregáty vláknitých rias a siníc (obr. 11–14). Spolu sa tu zistilo osem taxónov vrátane piatich nových druhov (Dragastan a Mišík, 2001). Výnimočne sú prítomné aj náznaky Mn onkoidov. V kapsách sa vyskytujú aj menšie klasty sakokómového

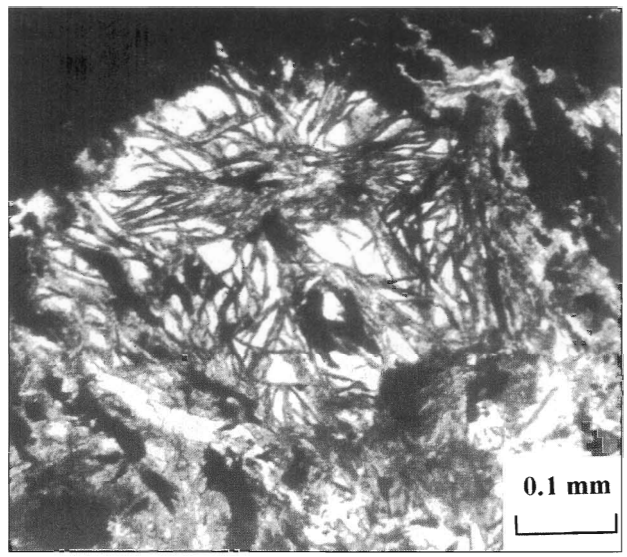


Obr. 11. Riasa *Toutinella lednicae* Dragastan et Mišík v kapse vyplnenej Mn rudou kontinentálnoreziduálneho pôvodu pravdepodobne veku barém – apt. Kapsa je vo vápenci kimeridžu – spodného titónu so sakokómovou mikrofáciou. Lednica.

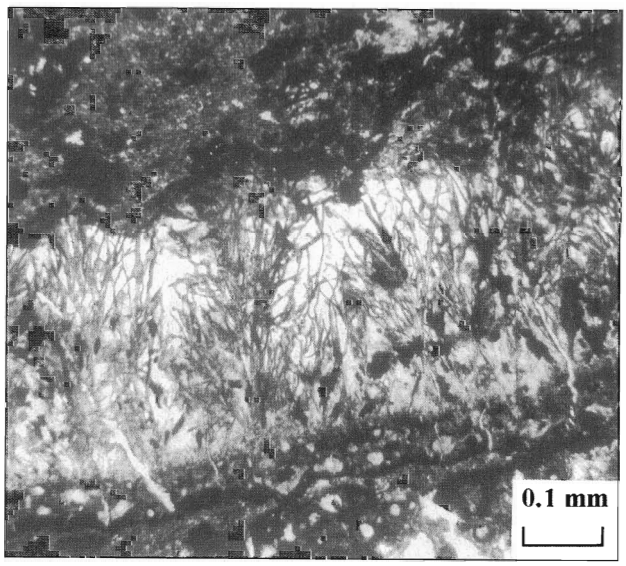
Fig. 11. Alga *Toutinella lednicae* Dragastan et Mišík in the cavity filled by redeposited Mn-ore of continental origin, probably of Barremian–Aptian age. The cavity is in the Kimmeridgian–Lower Tithonian limestone with the *Saccocoma* microfacies. Lednica.



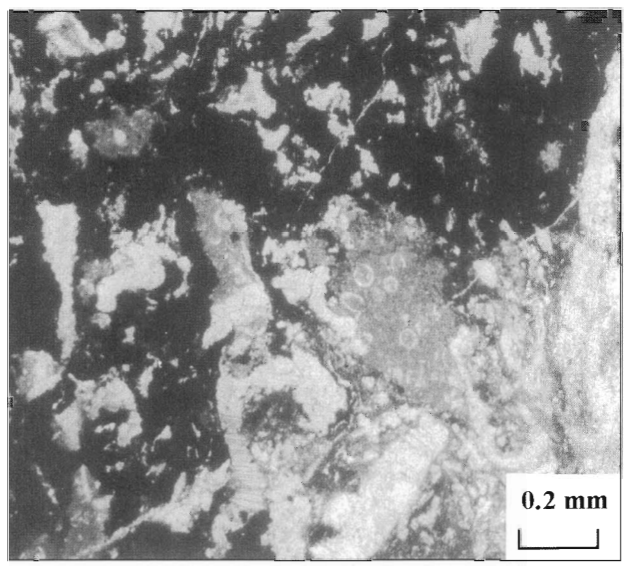
Obr. 12. Riasa *Broutinella ramulosa* Freytet. Ostatné ako obr. 11
Fig. 12. Alga *Broutinella ramulosa* Freytet. As Fig. 11



Obr. 14. *Wallnerella reticulata* Dragastan a Mišík. Ako obr. 11
Fig. 14. *Wallnerella reticulata* Dragastan and Mišík. As Fig. 11



Obr. 13. *Wallnerella reticulata* Dragastan a Mišík. Ako obr. 11
Fig. 13. *Wallnerella reticulata* Dragastan and Mišík. As Fig. 11



Obr. 15. Litoklast s *Crassicollaria* sp. (vrchný titón) v kapse vyplnenej reziduálnou Mn rudou pravdepodobne baremsko-aptského veku
Fig. 15. Lithoclast containing *Crassicollaria* sp. (Upper Tithonian) in the cavity filled with continental manganese ore probably of Barremian–Aptian age

vápenca odlomené zo stien dutiny a ojedinele sa našli aj vplavené litoklasty vápenca vrchného titónu s *Crassicollaria* (obr. 15). Úplné chýbanie morských mikrofosílií, ktoré sú v jurských vápencoch vždy hojné, morský pôvod tejto Mn výplne vylučuje. Podobné sinicové agregáty sú naopak príznačné pre sladkovodný vápenec. Výplň kaps vznikla zreteľne po vrchnom titóne, pravdepodobne v ***baréme*** až ***apte***, v časovom intervale, ktorého morský záznam v celej czorsztynskej jednotke chýba. Predpokladáme, že táto výplň vznikla pred albom, ktorého sedimenty sa nachádzajú vo vzdialenosti menšej ako 10 m od opisovanej skaly s manganolitmi. Červenoslieňovcový relikt s *Ticinella roberti* spočíva na vápencoch vrchného titónu – beriasu s *Calpionella alpina,* ktoré sú pokryté jamkami od vŕtavých lastúrnikov (Mišík, 1979). Tento odkryv už nie je prístupný, pretože ho prekrýva tanečný parket, ale vidno to aj na vertikálnej stene pri úpätí bradla vo vzdialenosti 15 m.

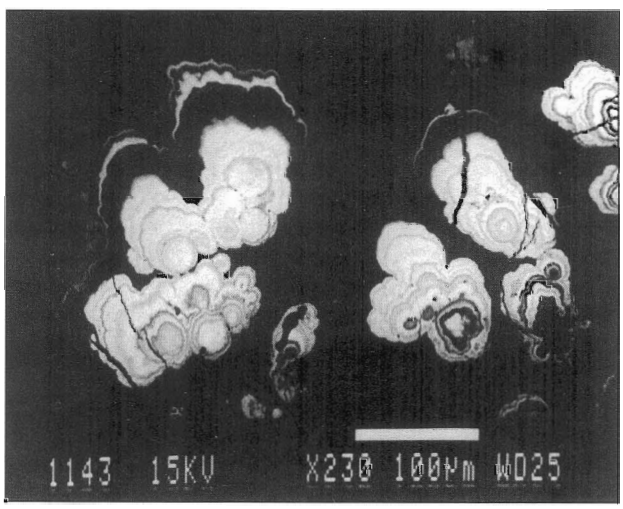
Mn mineralizácia

Minerálne zloženie Mn rudy z Mikušoviec

V okolí Mikušoviec sú pozorovateľné dva rozdielne typy Mn mineralizácie. Rozptýlenú a chudobnejšiu mineralizá-

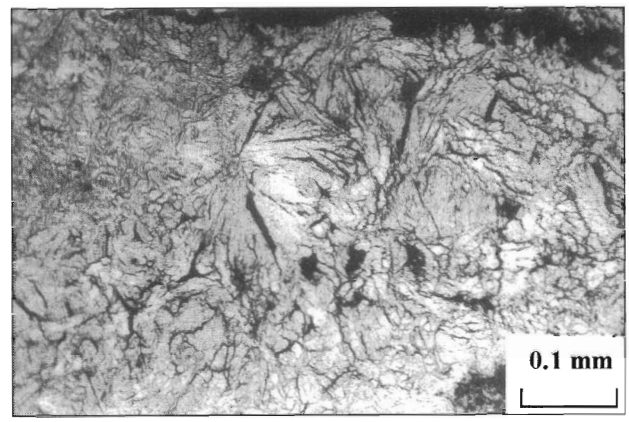
ciu v červenom czorsztynskom hľuznatom vápenci keloveja a oxfordu možno nájsť na halde štôlne. Táto mineralizácia sa podobá hardgroundom na iných lokalitách bradlového pásma (Vršatec, Bolešovská dolina) a sú v nej hniezda veľké niekoľko cm, povlaky a žilky Mn rudy v čiastočne prekremenenom červenkastom vápenci so zrnami kremeňa. Voľným okom možno vidieť kolomorfné koncentrické, ale aj radiálne štruktúry Mn rudy. Bohatšia, masívna Mn ruda je najma v úpadnici vo výplni poruchy smeru 110–115/60 na SSV. Hrúbka masívnej rudy je 10–30 cm. V čiernej rude vystupujú dutiny lemované kremeňom a oblé karbonátové hľuzy veľké niekoľko cm. Po obidvoch stranách poruchy v podloží aj nadloží prenikajú žilky Mn mineralizácie hrubé niekoľko mm do okolitého krinoidového vápenca batu.

Pyroluzit β-MnO_2 je v odrazenom svetle polarizačného mikroskopu žltý a silne anizotropný. Vo vzorkách z Mikušoviec sa dajú pozorovať dve generácie pyroluzitu s rozdielnou morfológiou. Červený hľuznatý vápenec keloveja a oxfordu (z haldy štôlne) obsahuje kolomorfné a zonálne agregáty pyroluzitu striedajúce sa s romanèchitom (obr. 16). Pyroluzit je v ňom hojnejší ako romanèchit. Na niektorých miestach vidno kataklázované zonálne agregáty. Vo vápenci batu (z úpadnice) pyroluzit vypĺňa poruchu a okolité pukliny a tvorí agregáty veľké až niekoľko cm. V jemnozrnnom pyroluzite prebiehala mobilizácia a rekryštalizácia a prejavili sa kryštalizáciou hrubozrnnejšieho pyroluzitu najmä pozdĺž puklín v jemnozrnnejšom pyroluzite (obr. 17). Lištové zrná (veľké 0,1–0,2 mm) často vytvárajú agregáty s radiálnou štruktúrou (obr. 18). Blízko mineralizovanej poruchy v úpadnici sú v okolitom vápenci batu pozorovateľné žilky pyroluzitu hrubé okolo 1 mm. Pyroluzit vykazuje iba nízky obsah Fe, Si a Ca, väčšinou v desatinách percent (tab. 1). Pyroluzit potvrdila aj rtg. difrakčná analýza (tab. 2, obr. 19).



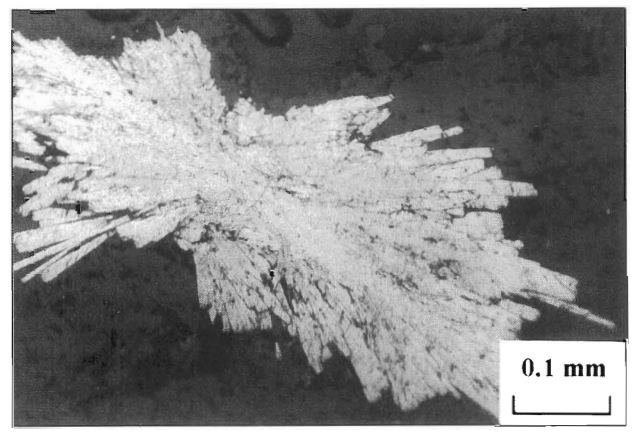
Obr. 16. Zonálny agregát pyroluzitu (biely) Mikušovce, vzorka Mi 4. SEM-BEI

Fig. 16. Zoned aggregate of pyrolusite (white) Mikušovce, sample Mi 4, SEM-BEI.



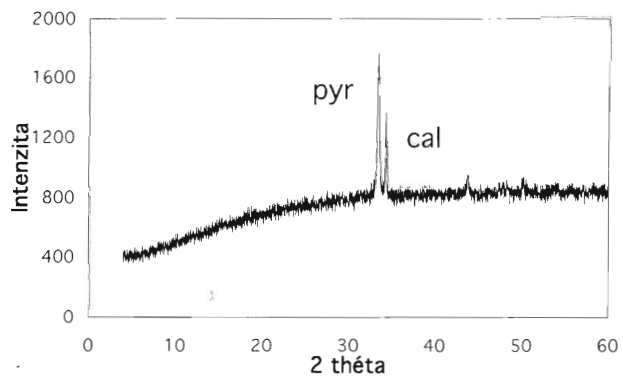
Obr. 17. Agregat hrubozrnnejšieho pyroluzitu (biely) v jemnozrnnejšom Mikušovce, vzorka Mi 1, odrazené svetlo, 1 nikol

Fig. 17. Aggregate of coarser grained pyrolusite (white) in the fine-grained pyrolusite Mikušovce, sample Mi 1, reflected light, parallel polars



Obr. 18. Radiálny agregát pyroluzitu (biely) vo vápenci Mikušovce, vzorka Mi 2, odrazené svetlo, 1 nikol

Fig. 18. Radial aggregate of pyrolusite (white) in limestone Mikušovce, sample Mi 2, reflected light, parallel polars



Obr. 19. Rtg. difrakčný záznam pyroluzitu (pyr) s kalcitom (kal) z Mikušoviec. Vzorka Mi 1

Fig. 19. X-ray diffraction pattern of pyrolusite (pyr) and calcite (kal) from Mikušovce. Sample Mi 1.

Tab. 1a
Chemické zloženie pyroluzitu (hmot. %)
Chemical composition of pyrolusite (wt %)

No	Vzorka	MnO_2	Fe_2O_3	SiO_2	CaO	Al_2O_3	Total
1	Le5.1	94,7	3,1	0,4	0,7	0.7	99,6
2	Le5.8	95,4	0,0	0,6	0.6	0,8	97,4
3	Le5.10	93,9	2,9	0,7	0,7	0.6	98,8
4	Mi1	95,9	1,5	0,6	0.5		98.5
5	Mi1	96,7	1,9	0,7	0,4		99,8
6	Mi1	96,9	1,6	0,6	0,5		99,6
7	Mi4.3	91,9	3.1	0,5	0,3	1,0	96,8

Zrná (veľké väčšinou 0,01–0,05 mm) majú mozaikovú, ale aj radiálnu štruktúru (obr. 21) a tvoria agregáty (veľké 0,1–2 mm), ktoré niekedy obrastajú zrná kalcitu. Jeho identifikáciu potvrdila rtg. difrakčná analýza a chemické zloženie vlnovodisperzná mikroanalýza (tab. 4 a 5).

V pyroluzitových agregátoch možno ojedinele vidieť ***rutil***. Kosoštvorcové klastické zrno (veľké 0,2 mm) v pyroluzite uzatvára oválny zirkón.

Podradný ***goethit*** α-FeOOH vidno v zonálnych agregátoch pyroluzitu a vypĺňa i pukliny v hornine hrubé do 0,05 mm.

Kalcit $CaCO_3$ je jemnozrnný, tvorí podstatnú časť okoli-

Tab. 1b
Chemické zloženie pyroluzitu (atómové podiely)
Chemical composition of pyrolusite (atomic proportion)

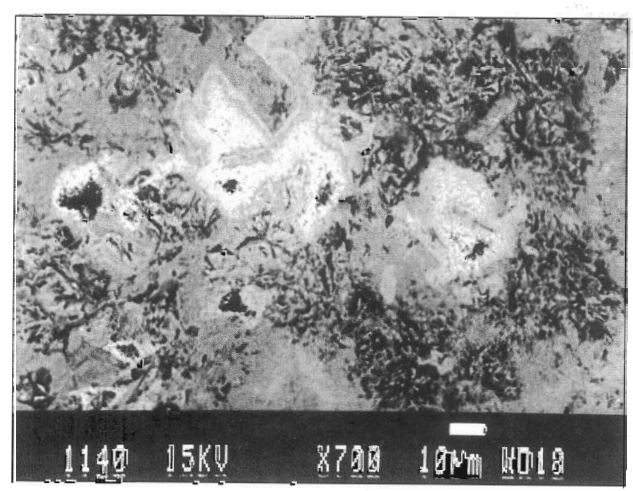
No	Vzorka	Mn	Fe	Si	Ca	Al	Total	O
1	Le5.1	0,953	0,034	0.006	0,010	0.012	1,015	2,000
2	Le5.8	0,975	0,000	0,008	0,010	0.014	1,007	2,000
3	Le5.10	0,953	0,032	0,010	0,010	0.011	1,016	2,000
4	Mi1	0,974	0,017	0.008	0,007		1,009	2,000
5	Mi1	0,968	0,021	0,010	0,007		1,011	2,000
6	Mi1	0,973	0,017	0,009	0,008		1,009	2,000
7	Mi4.3	0,949	0,035	0,007	0,005	0.018	1,015	2,000

Vysvetlivky lokalít (platné aj v nasledujúcich tabuľkách): Le – Lednica, Mi – Mikušovce
Explanations: Vzorka – sample, Le – Lednica, Mi – Mikušovce

Tab. 2
Rtg difrakčný záznam pyroluzitu a kalcitu
X ray powder data for pyrolusite with calcite

Mi 1 Pyrol + kal		Mich 264 Pyroluzit		Mich424 kalcit	
d	I	d	I	d	I
3.11	10	3.118	10	3.849	2
3.03	6			3.029	10
2.40	2	2.404	9	2.490	5
2.20	1	2.202	2	2.277	6
2.11	2	2.108	7	2.088	7
1.97	1	1.954	4	1.912	8
				1.869	9
		1.622	10	1.626	2
				1.601	6
		1.555	8	1.520	6

Mich (Michejev, 1957)



Obr. 20. Zonálny romanèchit (biely) v pyroluzite (svetlosivý) Mikušovce, vzorka Mi 3, SEM-BEI.

Fig. 20. Zoned romanèchite (white) in pyrolusite (light-grey) Mikušovce, sample Mi 3, SEM-BEI

Romanèchit (Ba, $H_2O)_2(Mn^{+4}, Mn^{+3})_5O_{10}$ je v porovnaní s pyroluzitom podradnejším Mn minerálom. Je sivý, s nižšou odraznosťou, ako má žltobiely pyroluzit, tvorí kolomorfné zonálne ľadvinovité agregáty (veľké 0,1–1,5 mm) a slabo anizotropné ihlicové radiálne agregáty (s polomerom 0,1 mm), ktoré narastajú na pyroluzite, ale sú ním aj obklopované. Zatláča ho a lemuje pyroluzit. Zonálnosť agregátov v riadkovacom elektrónovom mikroskope zvýrazňuje kolísavý obsah Ba (obr. 20, tab. 3).

Manganit γ-MnOOH sa zistil iba vo vápencovej brekcii zodpovedajúcej kontinentálnej spodnej kriede na halde zavalenej štôlne. Má výrazný dvojodraz a anizotropiu.

tého vápenca (prevládajú v ňom zrná veľké 0,1–0,3 mm), v ktorom sa nachádzajú rekryštalizované hrubozrnnejšie agregáty so zrnami veľkými 0,1–0,3 mm. Niektoré kalcitové zrná tvoria skelety fosílií (ježoviek a rádiolárií). Hrubozrnnejší kalcit je hnedastý, často prerastený pyroluzitom a tvorí zonálne kolomorfné štruktúry s polomerom okolo 0,3–0,4 mm. Zriedkavejšie sú aj voľným okom viditeľné zonálne agregáty kalcitu v bohatej rude s pyroluzitom. Vo vzorkách s bohatou rudou možno pozorovať

Tab. 3a
Chemické zloženie romanèchitu (hmot. %)
Chemical composition of romanèchite (wt. %)

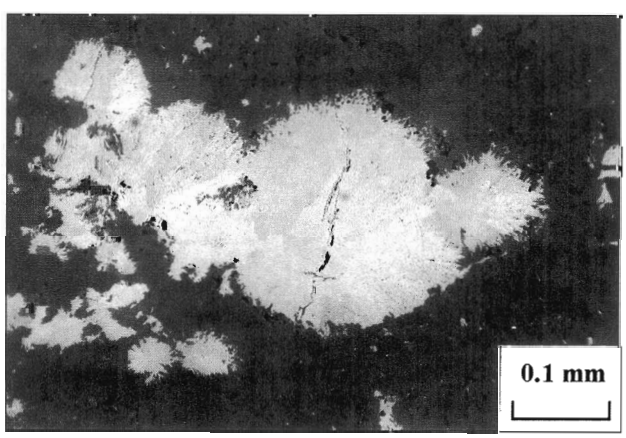
No	Vzorka	MnO_2	Fe_2O_3	MgO	SiO_2	K_2O	CaO	BaO	Al_2O_3	Total
1	Le5.2	69,3	1,4	0,0	0,2	0,0	0,7	18,1		89,6
2	Le5.3	78,1	2.2	0,0	0,3	0,0	0.7	9,8	0.2	91.2
3	Le5.5	72,4	1.7	0,0	0.3	0,0	1.0	20,0		95,4
4	Le5.9	68,8	1.5	0,0	0,3	0,0	0,7	17,9		89,2
5	Mi1	70,1	1,3	0.4	0.3	0,0	4,9	8,0		84,9
6	Mi1	73,7	1,2	0.5	0,3	0,0	5.0	9,0		89,7
7	Mi1	65.8	2,9	0,4	0.6	0,1	7,2	4,0		80,9
8	Mi1	72,9	1,0	0.5	0,3	0.0	4,6	8.9		88,2
9	Mi3	70,2	0.0	0.1	0,4	0,0	1.8	13,3		85,9
10	Mi3	70,7	0,0	0,1	0.4	0,0	1,6	13,7		86,5
11	Mi3	69,9	0,7	0,3	0.4	0,1	2,3	11.7		85,4

Tab. 3b
Chemické zloženie romanèchitu (atómové podiely)
Chemical composition of romanèchite (atomic proportion)

No	Vzorka	Mn^{+4}	Fe^{+3}	Mg	Si	K	Ca	Ba	Al	Total	O
1	Le5.2	4,540	0,096	0,000	0,016	0,000	0,073	0,671		5,396	10,000
2	Le5.3	4,657	0,142	0,000	0.023	0,000	0,068	0,330	0,020	5,239	10,000
3	Le5.5	4,486	0,113	0,000	0,030	0,000	0,098	0,701		5,428	10,000
4	Le5.9	4,524	0,105	0,000	0,028	0,000	0,072	0,668		5,396	10,000
5	Mi1	4,491	0,089	0,053	0,025	0,000	0,491	0,292		5,440	10,000
6	Mi1	4,488	0,077	0,068	0,027	0,000	0,473	0,312		5,446	10,000
7	Mi1	4,317	0,205	0,057	0,060	0,010	0,728	0,150		5,525	10,000
8	Mi1	4,517	0,066	0,071	0,022	0,000	0,442	0,311		5,428	10,000
9	Mi3	4,611	0,000	0,017	0,042	0,000	0,181	0,497		5,348	10,000
10	Mi3	4,619	0,000	0,016	0,036	0,000	0,166	0,508		5,345	10,000
11	Mi3	4,569	0,051	0,040	0,039	0,011	0,230	0,433		5,372	10,000

aj pomerne opracované a zaoblené úlomky kalcitu (väčšinou veľké 0,5–1 mm). Mladšie žilky kalcitu (hrubé 0,2–0,5 mm) pretínajú klasty a agregáty kremeňa a chalcedónu. Chemické zloženie zodpovedá kalcitu (tab. 6).

Kremeň SiO_2 tvorí spravidla undulózne zhášajúce, pomerne opracované a zaoblené, väčšinou veľké 0,5–1 mm úlomky (obr. 22). Zriedka sa dajú pozorovať aj úlomky kvarcitu veľké do 4 mm. Jemnozrnné agregáty kremeňa sú prerastené chalcedónom a karbonátmi.



Obr. 21. Agregáty manganitu vo vápenci. Mikušovce, vzorka Mi 10, odrazené svetlo, 1 nikol.

Fig. 21. Manganite aggregates in limestone. Mikušovce, sample Mi 10, reflected light, parallel polars.

Minerálne zloženie Mn rudy z Lednice

Mn ruda tvorí výplň pukliny smeru SSV–JJZ so sklonom 75° na JV. Najväčšia akumulácia má rozmery zhruba 80 x 40 x 15 cm a prechádza do výplne pukliny (hrubej maximálne 5 cm). Mn ruda je fialovkastohnedá až čierna, s kolomorfnou textúrou pozorovateľnou voľným okom.

Manganit γ-MnOOH je hlavným rudným minerálom. Charakterizuje ho menej nápadná, ale zreteľná anizotropia a dvojodraz. V porovnaní s pyroluzitom je výrazne sivý, s nižšou odraznosťou s menej výraznou, ale jasnou anizotropiou (žltkavosivá až hnedastosivá). Pretiahnuté zrná (veľké 0,05–0,1 mm) tvoria sférické a oválne radiálne agregáty veľké 0,5–3 mm (obr. 23). Časť oválnych agregátov prechádza do radiálnych až vetvičkovitých pretiahnutých a na okraji steblovitých agregátov. Stred koncentrických agregátov (s priemerom 0,5 mm) tvoria alotriomorfné mozaikové zrná a na ňom striedavo narastajú zóny karbonátu, romanèchitu a manganitu s radiálnou štruktúrou (hrubé okolo 0,1–0,5 mm). Na okraji agregátov vidno niekoľko μm hrubé a 20–70 μm dlhé ihlicové kryštály. Na okraji agregáty manganitu zatláča pyroluzit, čo svedčí o neskoršej oxidácii. Manganitové agregáty sú tiež popre-

Tab. 4
Rtg. difrakčný záznam manganitu a kalcitu
X-ray powder data for manganite with calcite

Le 1 mang + kal		Le 4 mang + kal		Mi 10 mang + kal		Mich 289 Manganit		Frenz27 Manganit		Mich424 kalcit	
d	I	d	I	d	I	d	I	d	I	d	I
3,40	10	3,400	10	3,400	6	3,40	10	3,41	10	3,849	2
3,02	6	3,026	3	3,033	10					3,029	10
2,63	2	2,637	2	2,633	2	2,65	8	2,64	5		
		2,525	1	2,525	1	2,52	4	2,52	2		
				2,492	1					2,490	5
2,41	2	2,414	2	2,418	2	2,41	8	2,41	5		
				2,282	1					2,277	6
2,26	1	2,268	1	2,267	1	2,26	6	2,26	5		
		2,192	1	2,198	1	2,18	6	2,18	5		
				2,094	1					2,088	7
1,90	1			1,911	1					1,912	8
1,86	1			1,873	1					1,869	9
1,78	1	1,780	2	1,781	1	1,77	8	1,774	8		
1,70	1	1,702	1	1,701	1	1,70	7	1,694	2		
1,67	2	1,670	2	1,670	2	1,665	8	1,665	8		
1,63	1	1,635	1	1,632	1	1,63	7	1,631	2	1,626	2

Mich (Michejev, 1957), Frenz (Frenzel, 1980)

Tab. 5a
Chemické zloženie manganitu (hmot. % oxidov)
Chemical composition of manganite (wt. %)

No	Vzorka	MnO_2	Fe_2O_3	SiO_2	CaO	BaO	Total
1	Le 1	98,5	1,2	0,7	0,0		100,3
2	Le 1	98,3	1,4	0,5	0,2		100,4
3	Le 1	97,7	1,5	0,9	0,0		100,1
4	Mi 10	95,0	0,4		0,0	0,3	95,8
5	Mi 10	94,2	0,5		0,1	0,6	95,3
6	Mi 10	94,8	0,0		0,0	0,0	94,8

Tab. 5b
Chemické zloženie manganitu (atómové podiely prvkov)
Chemical composition of manganite (atomic proportion)

No	Vzorka	Mn	Fe	Si	Ca	Ba	Total	O
1	Le1	0,981	0,013	0,010	0,000		1,003	2,000
2	Le1	0,980	0,015	0,007	0,003		1,005	2,000
3	Le1	0,976	0,016	0,012	0,000		1,004	2,000
4	Mi 10	0,995	0,005		0,001	0,002	1,002	2,000
5	Mi 10	0,994	0,005		0,001	0,003	1,004	2,000
6	Mi 10	1,000	0,000		0,001	0,000	1,000	2,000

Tab. 6a
Chemické zloženie karbonátov (hmot. %)
Chemical composition of carbonates (wt. %)

No	Vzorka	CaO	MgO	MnO	CO_2	Total
1	Le1	44,4	0,0	9,3	40,6	94,3
2	Le1	41,2	0,6	13,6	41,4	96,8
3	Mi1	52,5	0,0	0,6	41,6	94,7
4	Mi1	54,1	0,0	0,0	42,5	96,6

Tab. 6b
Chemické zloženie karbonátov (atómové podiely)
Chemical composition of carbonates (atomic proportion)

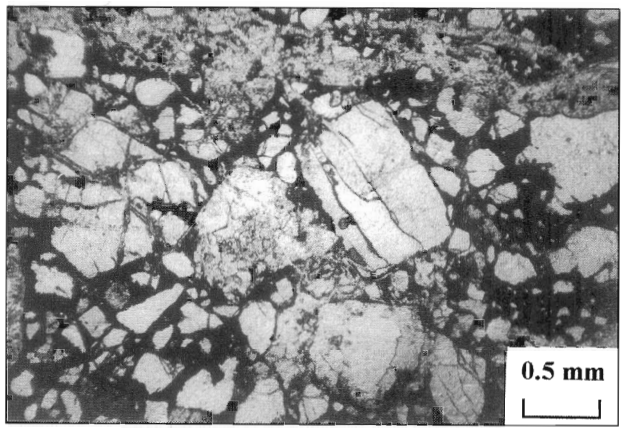
No	Vzorka	Ca	Mg	Mn	CO_3
1	Le1	1,717	0,000	0,283	2,000
2	Le1	1,563	0,030	0,407	2,000
3	Mi1	1,981	0,000	0,019	2,000
4	Mi1	2,000	0,000	0,000	2,000

tínané žilkami pyroluzitu (obr. 24). Rtg. difrakčná analýza jednoznačne ako hlavný minerál potvrdila manganit s prímesou kalcitu (tab. 4, obr. 25) a vlnovodisperzná mikroanalýza manganit (tab. 5).

Pyroluzit β-MnO_2 je oveľa svetlejší ako manganit, žltý a s výraznou anizotropiou (svetložltá – hnedosivá), ako aj s dvojodrazom pretiahnutých lištových zŕn (dlhých 0,01–0,07 mm). Pozorovateľné sú aj radiálne kryštalické agregáty. Je omnoho mladší ako manganit, zatláča ho a pretína (žilkami hrubými 0,01 mm). V niektorých agregátoch pyroluzitu možno vidieť už iba relikty manganitu. Vyskytuje sa aj v kalcitových žilkách.

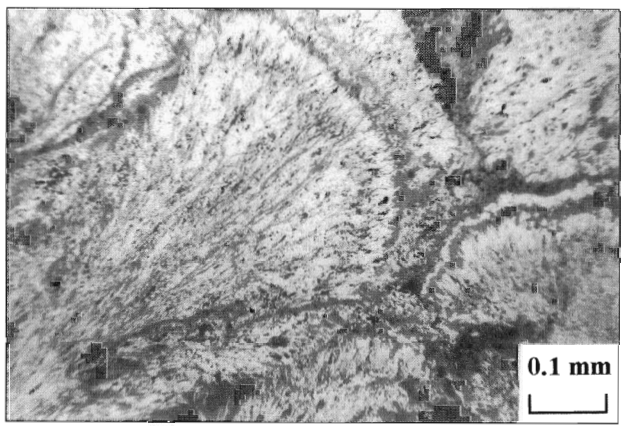
Romanèchit $(Ba, H_2O)_2(Mn^{++++}, Mn^{+++})_5O_{10}$ vystupuje v tenkých tmavších zónach v agregátoch manganitu (hrubých do 0,1 mm), zložených z nepravidelne obmedzených zŕn (veľkých 0,01–0,05 mm). Správnosť jeho identifikácie potvrdil najmä vysoký obsah Ba (až do 20 hmot. % BaO, tab. 3).

Goethit α-FeOOH tvorí na povrchu a puklinách kôru hrubú okolo 0,05 mm. Je slabo anizotropný a s pozoro-



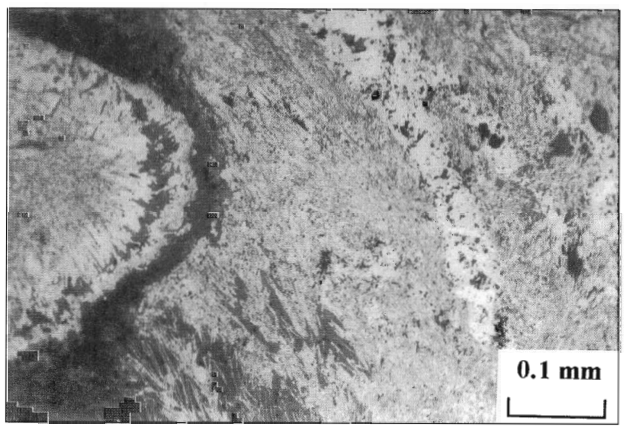
Obr. 22. Mn minerály (čierne) tmelia úlomky karbonátov a kremeňa (biele) so žilkami karbonátov (sivé). Mikušovce, vzorka Mi 1, prechádzajúce svetlo, 1 nikol.

Fig. 22. Manganese minerals (black) cement carbonate and quartz fragments (white) with carbonate veinlets (grey). Mikušovce, sample Mi 1, transmitted light, parallel polars.



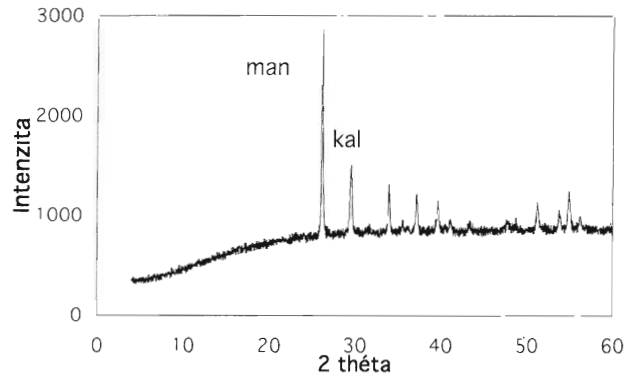
Obr. 23. Radiálne agregáty manganitu (biele) vo vápenci. Lednica, vzorka Le 4, odrazené svetlo, 1 nikol.

Fig. 23. Radial aggregates of manganite (white) in limestone. Lednica, sample Le 4, reflected light, parallel polars.



Obr. 24. Žilka pyroluzitu (biela) v agregate manganitu (svetlosivá). Lednica, vzorka Le 4, odrazené svetlo, 1 nikol.

Fig. 24. Pyrolusite veinlet (white) in aggregate of manganite (light grey). Lednica, sample Le 4, reflected light, parallel polars.



Obr. 25. Rtg difrakčný záznam manganitu (man) s kalcitom (kal) z Lednice. Vzorka Le 4.

Fig. 25. X-ray diffraction pattern of manganite (man) and calcite (kal) from Lednica. Sample Le 4.

vateľnými hnedočervenými vnútornými reflexmi. Žilky goethitu (hrubé 0.01 mm) pretínajú agregáty pyroluzitu.

Kalcit $CaCO_3$ tvorí podstatnú časť okolitej horniny. Je veľmi jemnozrnný (mikrometrické zrná). Sú v ňom hojné články krinoidov veľké do 1 mm. Vápenec pretínajú žilky mladšieho kalcitu hrubé do 0.5 mm so zrnami veľkými 0.1–0.5 mm. Kalcit lemuje vetvičkové agregáty manganitu a tvorí aj sférické zonálne agregáty so žltohnedými zónami Fe hydroxidu. Vetvičkové radiálne karbonáty (zvyčajne dlhé do 5 mm) odrážajú pôvodnú štruktúru vláknitých sladkovodných rias, ktorú neskôr kopírujú radiálne štruktúry a lem Mn minerálov. Agregáty hrubozrnného karbonátu (zrná veľké 0,3–1 mm) možno pozorovať aj v medzerách agregátov Mn minerálov. Žilky mladšieho karbonátu sú hrubé až do 5 mm. Zrná (veľké väčšinou 0,2–0,5 mm) vytvárajú mozaikovú štruktúru. V agregátoch hrubozrnnejších karbonátov býva uzavretý mikritický vápenec s hojnými morskými mikrofosíliami. Ide o úlomky zo stien dutiny, ktoré sme opísali v predchádzajúcej časti. Príčinou nízkeho obsahu Mn sú drobné zrná manganitu.

Chemické zloženie Mn rúd

Mn je dominantným prvkom študovaných Mn rúd (tab. 7). Nápadne vysoký obsah má najmä na puklinách a vo výplni dutín (do 75 hmot. % MnO_2). Mn ruda tu má výrazne vyšší pomer Mn/Fe (Nx10) ako v Fe-Mn rozptýlenej mineralizácii v červenom hľuznatom vápenci keloveja a oxfordu (Nx1). Hlavnou zložkou okolitých vápencových telies je CaO a CO_2, ktoré v chemickom zložení horniny reprezentuje strata žíhaním (LOI). Ich obsah kolíše v rozpätí 10–45 hmot. % CaO a 10–35 hmot. % LOI. Zvýšený obsah SiO_2 (do 15 hmot. % v nami študovaných vzorkách) resp. nerozpustného zvyšku v starších analýzach odzrkadľuje zastúpenie klastického kremeňa alebo sekundárneho prekremenenia sprevádzaného aj chalcedónom. Iný klastický materiál – okrem kremeňa a karbonátov – je zastúpený nepatrne. Vyplýva to z mikroskopického pozorovania, ako aj z nízkeho

Tab. 7
Chemické zloženie Mn rúd (oxidy a C v hmot. %, prvky v ppm)
Chemical composition of manganese ores (oxides and C in wt. %, elements in ppm)

Lokalita	Lednica					Mikušovce					
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO_2	3,20	1,78	2,38	2,88	14,96		7,43	5,00	5,10	8,21	61,40
TiO_2	0,11	0,07	0,06	0,11	0,07					0,14	
Al_2O_3	1,92	0,97	1,18	1,44	0,68			1,80		1,58	
Fe_2O_3	1,06	0,66	1,27	2,80	1,99	1,33	0,91	2,84	1,66	1,42	6,43
MnO_2	38,55	45,52	11,47	75,43	51,54	37,19	40,67	50,45	50,38	6,14	8,37
MgO	2,56	1,40	1,31	0,01	0,12			0,72		0,22	
CaO	26,05	26,14	45,23	4,20	14,36	28,88	28,24	19,88	23,86	46,02	13,09
Na_2O	0,04	0,15	0,06	0,07	0,11					0,11	
K_2O	0,24	0,25	0,97	0,21	1,40					0,53	
P_2O_5	0,22		0,06	0,07	0,10	0,41				0,13	
H_2O^-	0,07	0,15	0,54	1,63	0,23		0,49	0,37		0,33	
LOI	25,72	22,54	35,17	10,74	14,01			32,85	18,73	34,77	10,28
Súčet	99,74	99,63	99,68	99,58	99,57					99,61	
B	98	102	24	14	<3					26	
Ba	1511	3000	925	3000	>3000	9777				897	
Co	998	509	557	342	860	1070				318	
Cr	3	3	3	10	5					14	
Cu	645	992	413	590	340					149	
La											
Mo				35							
Ni	524	328	545	291	298	282				149	
Pb	245	255	150	96	39					30	
Sr	406	369	293	595	>500					392	
V	61	99	30	221	94					196	
Y				9	14						
Zr				30	42						
TC %	6,4	6,23	9,16	0,48	3,84					9,56	
TOC %	0,005	0,09	0,005	0,15	0,005					0,20	
TIC %	6,4	6,14	9,16	0,33	3,84					9,36	
Mn	24,36	28,77	7,25	47,67	32,57	23,50	25,70	31,88	31,84	3,88	5,29
Fe	0,74	0,46	0,89	1,96	1,39	0,93	0,64	1,99	1,16	0,99	4,50
Mn/Fetot	32,92	62,54	8,15	24,32	23,43	25,27	40,16	16,02	27,45	3,92	1,18

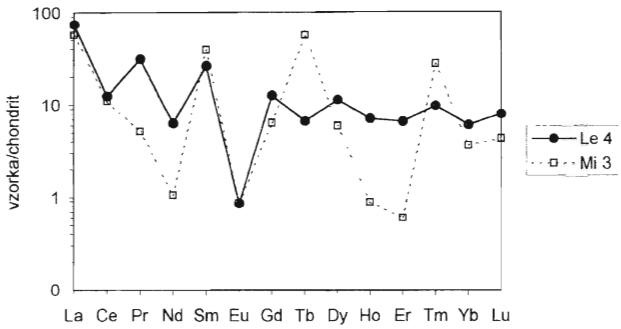
Vysvetlivky: Lednica 1–2 – výplň dutín, 3 – okolie dutiny, Mikušovce 4–9 – výplň poruchy, 10–11 – rozptýlené rudy. Analýzy 7 a 8 sú z práce Stočesa (1924, in Andrusov et al., 1955), 9 a 11 Čechoviča (1942). V stĺpci LOI je zahrnuté CO_2 v analýze 9 a 11 a v stĺpci SiO_2 nerozpustný zvyšok analýzy 7 a 8

Explanations: Lednica 1–2 – cavities filling, 3 – vicinity of the cavity, Mikušovce 4–9 – fissure filling, 10–11 – disseminated ore. Analyses 7 and 8 are of Stočes (1924, in Andrusov et al., 1955), 9 and 11 of Čechovič (1942). CO_2 is involved in LOI in analyses 9 and 11, and insoluble residuum of analyses No 7 and 8 in SiO_2 column.

obsahu Al_2O_3, Na_2O, K_2O, TiO_2 (do 2 hmot. %) a Zr (do 50 ppm). Obsah Fe ani v jednej zo študovaných vzoriek, ani v literatúre neprekračuje 5 hmot. %, čo je odraz podradného zastúpenia hydroxidov Fe (obr. 7). Pomerne vysoký obsah Ni, Co a Cu (so súčtom blízkym 1500–2000 ppm a s obsahom Co až nad 1000 ppm) zodpovedá rudám, ktoré na rozdiel od diagenetických Mn rúd v čiernych bridliciach s nízkym obsahom týchto prvkov vznikli priamym vyzrážaním z vodného roztoku (Rojkovič et al., 2001). Obsah Pb je iba mierne vyšší (do 255 ppm v Lednici a do 100 ppm v Mikušovciach), čo pravdepodobne odráža nízky obsah Fe. Vysoký obsah Ba odzrkadľuje zastúpenie romanèchitu v Mn rudách a obsah Sr rovnako ako CaO odráža zastúpenie kalcitu ako hlavného minerálu horniny. Distribúcia prvkov vzácnych zemín (REE) s výraznejším zastúpením prvkov ľahkých vzácnych zemín (LREE) a s negatívnou Eu anomáliou nesvedčí o bázickom vulkanickom zdroji Mn rudy (tab. 8, obr. 26).

Tab. 8
Obsah prvkov vzácnych zemín v Mn rude z Lednice (Le 4) a Mikušoviec (Mi 3)
Rare earth elements in manganese ores of Lednica (Le 4) and Mikušovce (Mi 3)

	Le-4	Mi-3
La	18,00	14,00
Ce	8,00	7,00
Pr	3,00	0,50
Nd	3,00	0,50
Sm	4,00	6,00
Eu	0,05	0,05
Gd	2,60	1,30
Tb	0,25	2,10
Dy	2,90	1,50
Ho	0,40	0,05
Er	1,10	0,10
Tm	0,25	0,70
Yb	1,00	0,60
Lu	0,20	0,11



Obr. 26. Distribúcia prvkov vzácnych zemín v Mn rude z Lednice (Le 4) a Mikušoviec (Mi 3).

Fig. 26. Distribution of the rare earth elements in the manganese ores from Lednica (Le 4) and Mikušovce (Mi 3).

Diskusia a záver

Profily jury v celej alpsko-mediteránnej oblasti vykazujú prechody z plytkomorských karbonátov bahamského typu cez červené hľuznaté vápence *(Rosso Amonitico)* do pelagických vápencov hlbšieho mora. Pre červené stratigraficky kondenzované vápence (Rosso Amonitico) je charakteristická Fe-Mn kôra a konkrécie (Jenkyns, 1970; German, 1972; Drittenbass, 1979). Nachádzajú sa najmä v severných Vápencových Alpách Rakúska a Nemecka, na západnej Sicílii a v iných častiach tetydnej oblasti v stratigraficky kondenzovaných červených vápencoch a niekedy v rádiolaritoch. Čiastočne zodpovedajú súčasným podmorským *hardgrounds* v miestach pelagických alebo semipelagických usadenín. Podľa Jenkynsa (1970) a Roya (1980) vznikli na topografických vyvýšeninách v pomerne plytkej vode a sú späté s riasovými stromatolitmi a so sesílnymi foraminiferami. Dnes sa pokladajú za hlbokodnejšie, čisto bakteriálne stromatolity (Dromart et al., 1994). Chemické zloženie jurských tetydných konkrécií (onkoidov) s jemnou laminációu Fe-Mn oxidov je pestré a rovnako aj kôra (2–5 mm, zriedka až 1–2 cm) vykazuje rozdielny pomer Mn/Fe (Cronan et al., 1999).

Mn kôra malého rozsahu sa vyskytuje v bradlovom pásme najmä na czorsztynských vápencoch. Okolité horniny reprezentujú sedimenty hlbokoneritickej až plytkoneritickej morskej fácie s amonitmi (Andrusov et al., 1955). Konkrécie v poľskej časti bradlového pásma – podobne ako aj na Sicílii – obsahujú okrem kalcitu hematit, goethit a todorokit (Jenkyns, 1970; Zydorowicz a Wierzbowski, 1986). Väčšina autorov sa prikláňa k náhľadu o sedimentárnom pôvode ložísk a výskytov, no nevylučuje možnosť neskoršej migrácie (metasomatózy) Mn po skončení sedimentácie cirkulujúcou vodou (Čechovič, 1942; Andrusov et al., 1955).

Prostredie vzniku Mn rúd v červených hľuznatých vápencoch v študovanej oblasti bradlového pásma je fosíliami definované na predpokladanú hĺbku 50–200 m (Andrusov et al., l. c.; Mišík, 1994; Aubrecht et al., 1998). Štruktúra Mn minerálov vo fosíliách potvrdzuje, že v prípade stromatolitov vznikali takmer súčasne, kým vo väčšine prípadov nahrádzali schránky foraminifer alebo ich lemovali neskôr (echinodermové úlomky a pod.). Vrstvovitosť Mn oxidov a hydroxidov a ich striedanie alebo zonálnosť s hydroxidmi Fe a kalcitom svedčia o sedimentárnej až ranodiagenetickej akumulácii Fe-Mn hydroxidov a oxidov v kôre. Pomer Mn/Fe v týchto rudách je 2,55 a priemerný obsah Co + Cu + Ni 1547 ppm. Červený hľuznatý vápenec keloveja a oxfordu z haldy štôlne pri Mikušovciach obsahuje kolomorfné a zonálne agregáty pyroluzitu striedajúce sa s romanèchitom.

Bohatšia Mn mineralizácia, reprezentovaná pyroluzitom a manganitom, vypĺňa dutiny a pukliny pretínajúce horniny. Do rozsadlín a kaverien sa v značnej miere naplavoval klastický materiál, no nešlo iba o prenos Mn v roztokoch, ale zriedka možno pozorovať aj úlomky primárnych rúd. Rast sladkovodných rias a cyanobaktérií svedčí o tom, že pukliny a kaverny v podobe nádržiek zaplavovala voda. Preplavovanie zo zvetrávajúceho a rozpúšťaného červeného, často hľuznatého vápenca s primárnymi výskytmi Mn rudy, ako aj z podložných krinoidových vápencov potvrdzuje prítomnosť ich akcesorických zložiek. Alternatíva, že by redeponovanie prebiehalo z iného primárneho zdroja, konkrétne zo staršieho horizontu manganolitovej slojky v álenských ílovitých bridliciach blízkej lokality pri Lednickom Rovnom, neprichádza do úvahy. Tento výskyt jednak leží v inej pieninskej zóne, ktorá bola v jure – spodnej kriede desiatky kilometrov vzdialená od czorsztynskej sukcesie s Mn zrudnením v Mikušovciach, a jednak preto, že sa tu v sekundárnej Mn rude nenachádzajú nijaké litoklasty ílovitých bridlíc ani preplavené schizosferely, také príznačné pre manganolit pri Lednických Rovniach.

Dva typy Mn zrudnenia v Mikušovciach rozlíšil už Vadász (1952), ktorý šošovky Mn rudy vo vápencoch malmu (dnes presnejšie keloveja – oxfordu) pokladal za syngenetické a výplň pukliny v krinoidových vápencoch bajoku za infiltračnú, vzniknutú pôsobením povrchovej vody. K takémuto náhľadu sa priklonili aj Andrusov et al. (1955) a upozornili na to, že sa Mn ruda nachádzala aj v kavernách krinoidových vápencov.

Ako sme už uviedli, vznik infiltračného – kontinentálneho typu Mn zrudnenia kladieme do barému až aptu, lebo z tohto intervalu nie sú známe nijaké morské uloženiny z czorsztynskej zóny. Pozitívne však môžeme tvrdiť iba to, že je mladšie ako jura, pretože v analogických kapsách s Mn sedimentom v Lednici sa vyskytli aj litoklasty kalpionelového vápenca vrchného titónu. Vrchné ohraničenie veku chýba. Možno iba uviesť, že v transgresívnom albe dominujú *hardgroundy* s hematitom a fosfátom a Mn zlúčeniny sú v nich zastúpené podradne. Len na lokalite Vršatec-47 v neptunickej dajke s drobnými klastmi vápenca vrátane vrchnotitónskeho je Mn kôrka hrubá 2 cms foraminiferami spodného albu. Podľa všetkého bol reliéf v albe už značne odlišný od obdobia tvorby sekundárnych akumulácií Mn.

Pre úplnosť treba ešte upozorniť na zaujímavý nález vzorky z lomu v Hornom Srní, kde senónsku výplň dutiny bez akejkoľvek prímesi Mn pretína žilka Mn hrubá 3 mm tiež so sladkovodnými riasami, ale inej skupiny.

Žilka je teda zreteľne postsenónskeho veku. Ale nijaká suchozemská perióda v paleogéne neprichádza do úvahy, lebo v czorsztynskej jednotke je známy prakticky neprerušený morský sled z vrchnej kriedy do paleocénu pokračujúci potom vo flyšovom režime. V neogéne (egenburgu) je známa už transgresia na czorsztynské bradlá pri Podbranči. Predpokladať pre vznik sekundárneho Mn zrudnenia v Mikušovciach až tento horizont nemožno z tektonických dôvodov, na čo upozornil už Andrusov et al. (1955, s. 109), pretože v oblasti úpadnice s Mn rudou v rozsadline krinoidových vápencov je prevrátený vrstvový sled, a teda rozsadlina sa musela vyplniť ešte pred tektonickými procesmi, pred zošupinovatením bradlového pásma. Spomenutú Mn žilku terciérneho veku z Horného Srnia možno ľahko vysvetliť známou mobilitou zlúčenín Mn v redukčnejšom prostredí.

V tejto hornine sa rozpúšťaním vápenca nahromadil klastický kremeň, dolomitové klasty, silicitové úlomky (podľa štruktúry ide asi o úlomky silkretov z povrchovej silicifikácie, ktoré na rozdiel od rohovcov neobsahujú nijaké fantómy rádiolárií) a vyskytujú sa v nej aj klasty odlomené zo stien okolitého vápenca. Výplň rozsadliny pri Mikušovciach neobsahuje žiadne autochtónne morské organizmy, naopak, sú tam sladkovodné riasy známe aj z Mn rudy blízkej lokality Lednica. Riasy obývali vodné nádržky priamo v puklinách povrchu a v kavernách zvetrávajúcich vápencových telies. Zlúčeniny Mn – ako zvyčajne – migrujú do bezprostredného okolia, teda v malej miere metasomaticky zatláčajú susedné krinoidové vápence.

Počas dogeru a malmu vznikli chudobnejšie šošovkovité Mn-Fe akumulácie podobné dnešným *hardgroundom*, kolomorfné zonálne agregáty pyroluzitu, romanèchitu a Fe hydroxidov. Pomerne vysoký obsah Ni, Co a Cu zodpovedá rudám, ktoré vznikli priamym vyzrážaním z vodného roztoku (hydrogénne), a to na rozdiel od diagenetických Mn rúd v čiernych bridliciach s nízkym obsahom týchto prvkov. Distribúcia prvkov vzácnych zemín (REE), najmä prevládanie ľahkých prvkov vzácnych zemín (LREE), nesvedčí o možnom pôvode z bázického vulkanizmu. Primárna rozptýlená chudobná Mn mineralizácia v červených hľuznatých vápencoch keloveja až oxfordu s hojnou morskou mikrofaunou je produktom sedimentácie z morskej vody.

Dutiny a pukliny v jurských vápencoch v spodnej kriede vyplnila mladšia Mn ruda, ktorú na obidvoch lokalitách reprezentuje pyroluzit a manganit. Manganit svedčí o vzniku v mierne redukčnom prostredí pravdepodobne pod vplyvom rozkladajúcich sa organických látok. Neskoršie procesy oxidácie nahradili manganit pyroluzitom. Výplň puklín a dutín s touto mladšou rudnou mineralizáciou v Mikušovciach a Lednici je už prejavom infiltračnej mineralizácie vyvolanej mobilizáciou povrchovými vodami.

Poďakovanie. Ďakujeme Mgr. D. Ozdínovi zo ŠGÚDŠ za spoluprácu a cenné elektrónové mikroanalýzy; RNDr. Ľ. Puškelovej z GÚ SAV za analýzy XFA, XDA a OES; za spoluprácu v teréne RNDr. M. Sýkorovi, CSc., a doc. RNDr. A. Aubrechtovi, PhD., z Katedry geológie a paleontológie Prírodovedeckej fakulty UK; doc. RNDr. R. Aubrechtovi, PhD., a RNDr. M. Háberovi, CSc., za kritické pripomienky k štúdii.
Prácu podporila grantová agentúra VEGA (grant 1/7293/20).

Literatúra

Andrusov, D., 1945: Geologický výskum vnútorného bradlového pásma v Západných Karpatoch. Časť IV a V. *Práce Št. geol. Úst. 13, 176 s.*

Andrusov, D., 1959: Geológia československých Karpát. Zv. II. *Bratislava, Vyd. Slov. akad. vied, 375 s.*

Andrusov, D., Gorek, A. & Nemčok, A., 1955: Ložiská mangánových rúd Slovenska II. Mangánové rudy bradlového pásma stredného Považia. *Geol. zbor. SAV, 6, 1–2, s. 104–114.*

Aubrecht, R., Mišík, M., Sýkora, M. & Šamajová, E., 1998: Kontroverzné bradlo czorsztynskej jednotky v Bolešovskej doline medzi Nemšovou a Pruským. *Mineralia Slov., 30, s. 431–442.*

Birkenmajer, K., Gasiorowski, S. M. & Wieser, T., 1960: Fragments of exotic rocks in the pelagic deposits of the Bathonian of the Niedzica Series (Pieniny Klippen Belt, Carpathians). *Rocz. Pol. Tow. geol., 30, 1, pp. 29–57*

Cronan, D. S., Tichy, G. & Mindszenty, A., 1999: Paleoenvironments of ferromanganese deposits from Jurassic rocks in Austria. *In: Stanley et al. (eds.): Mineral Deposits: Processes to Processing, Balkema, Rotterdam, pp. 1221–1224.*

Čechovič, V., 1942: Ložiská mangánových rúd Slovenska I. *Práce Št. geol. Úst., 6, 26 s.*

Dragastan, O. & Mišík, M., 2001: Non-marine Lower Cretaceous algae and cyanobacteria from Slovakia. *Geol. Carpath., 52, 4, pp. 229–237.*

Drittenbass, W., 1979: Sedimentologie und Geochemie von Eisen--Mangan führenden Knollen und Krusten im Jura der Trento-Zone (östliche Südalpen, Norditalien). *Eclogae geol. Helv., pp. 313–345.*

Dromart, G., Gaillard, C. & Jansa, L. F., 1994: Deep-marine microbial structures in the Upper Jurassic of Western Tethys. *In: Bertrand--Sarfati, J. & Monty, C. (eds.): Phanerozoic stromatolites II. Kluwer Academic Publishers, pp. 295–318.*

Frenzel, G., 1980: The manganese ore minerals. *In: Varentsov, I. M & Grassely, G. (eds.): Geology and geochemistry of manganese. Akad. Kiadó, Budapest, 1, pp. 25–152.*

German, K., 1972: Verbreitung und Entstehung Mangan-reicher Gesteine im Jura der Nördlichen Kalpalken. *Tschermaks mineral. petrogr. Mitt., 17, pp. 123–150.*

Jenkyns, H. C., 1970: Fossil Manganese Nodules from the West Sicilian Jurassic. *Eclogae geol. Helv., 63, pp. 741–774.*

Michejev, V. I. 1957: Rentgenometričeskij opredelitel' mineralov. *Moskva, Gosgeoltechizdat, 868 p.*

Mišík, M., 1979: Sedimentologické a mikrofaciálne štúdium jury bradla Vršateckého hradu (neptunické dajky, biohermný vývoj oxfordu). *Západ. Karpaty, Sér. Geol., 5, s. 7–56.*

Mišík, M., 1994: The Czorsztyn submarine ridge (Jurassic – Lower Cretaceous, Pieniny Klippen Belt): an example of a pelagic swell. *Mitt. Geol. Gesell. (Wien), 86, pp. 133–140.*

Mišík, M., 1996: Silica spherulites and fossil silcretes in carbonate rocks of the Western Carpathians. *Geol. Carpath., 47, 2, pp. 91–105.*

Mišík, M. & Aubrecht, R., 1994: The source of rock fragments in the Jurassic crinoidal limestones of the Pieninicum (Klippen Belt, Western Carpathians). *Geol. Carpath., 45, 3, pp. 159–170.*

Rojkovič, I., Ozdín, D., Puškelová, Ľ. & Svitáčová, A., 2001: Manganese ores in black shales sequences in the Western Carpathians, Slovakia. *A. A. Balkema, Lisse–Abingdon–Exton–Tokyo, pp. 85–88.*

Roy, S., 1980: Genesis of sedimentary manganese formations. Processes and products in recent and older geological ages. *In: Varentsov, I. M. & Grassely, G. (eds.): Geology and geochemistry of manganese. Akad. Kiadó, Budapest, 2, pp. 13–44.*

Thiry, M. & Millot, G., 1987: Mineralogical forms of silica and their

sequence of formation in silcretes. *J. sed. Petrology, 57, pp. 343–352.*

Thiry, M. & Ribet, I., 1999: Groundwater silicification in Paris limestones: fabrics, mechanisms and modelling. *J. sed. Research, 69, 1, pp. 171–183.*

Vadász, E., 1951: La formation manganesifère de la montagne Bakony. *Acta geol. Acad. Sci. hung., pp. 1–4.*

Wierzbowski, A., Jaworska, M. & Krobicki, M., 1999: Jurassic (Upper Bajocian – lowest Oxfordian) ammonitico rosso facies in the Pieniny Klippen Belt, Caroathians, Poland: its fauna, age, microfacies and sedimentary environment. *Stud. geol. pol., 115, pp. 7–74.*

Zorkovský, V., 1949: Bázické eruptíva v mezozoiku západného a stredného Slovenska. *Práce Št. geol. Úst., 26, s. 3–44.*

Zydorowicz, T. & Wierzbowski, A., 1986: Jurajskie konkrecje żelazisto-manganowe w sukcesji czorsztynskiej (pieninski pas skalkowy). *Przegl. geol., 6, pp. 326–327*

Manganese mineralization at Lednica and Mikušovce, Pieniny Klippen Belt, Slovakia

Two types of Mn mineralization were identified in the area of Mikušovce and Lednica within Pieniny Klippen Belt (Fig. 1). The first one is low-grade and belongs to the syngenetic accumulations of the hardground type frequent in red nodular Callovian–Oxfordian limestones. The second one represents the high-grade concentration filling clefts in the crinoidal Bathonian limestones at the locality Mikušovce (Fig. 2 and 3) and small caverns in the Kimmeridgian–Lower Tithonian limestone at the locality Lednica (Fig. 10).

The cleft filling in dip entry 1 km SW of Mikušovce is composed from redeposited residual sediments originated by the dissolution of the mentioned crinoidal limestones and red nodular limestones with hardground mineralization. Beside manganese minerals (see further) it contains more clastic quartz than the wall-rocks, dedolomitized dolomite fragments (Fig. 6) and small clasts of silcretes (Figs. 5 and 7). No marine fossils are present (with exception of phosphatic teeth also belonging to the insoluble residue), rare non-marine algae were identified.

The cleft and cavern fillings at Lednica (Fig. 10) are in the pink biomicrite with typical *Saccocoma* microfacies. Besides manganese minerals (see further) it contains abundant non-marine algae (Figs. 11–14) representing mostly the new species described by Dragastan and Mišík (2001). No marine fossils are present. Besides clasts of *Saccocoma* limestone derived from the walls, a fragment of *Calpionella* limestone (Fig. 15) was ascertained. It dates the origin of these redeposited residual Mn-ores and their infiltration as post Upper Tithonian. The Albian limestones covering nearby the surface of Upper Tithonian limestones perforated by pelecypods lead us to place the continental episode responsible for the origin of high-grade Mn-ores in the Barremian–Aptian, since the sediments of that interval are missing in the whole Czorsztyn Unit.

Further supplementary data were obtained from thin sections of rock fragments proceeding from the collapsed gallery close to the village Mikušovce. A surprising case was a Jurassic limestone with abundant rhyolite clasts probably of Permian age (Fig. 9). It might be an equivalent of rhyolite clasts found in tempestite intercalations in Jurassic limestones of Czorsztyn Unit by Mišík and Aubrecht (1994) or a material drifted by tree roots like the case described by Birkenmajer et al. (1960).

As a contribution to the complicated geological structure of the area the detailed stratigraphy of the nearby quarry (Fig. 8) was studied. The lower slice in the quarry contains members from the Callovian–Lower Oxfordian to the Upper Berriasian with two tectonic intercalations of red Senonian marls. The higher slice (outside of the quarry) contains in Oxfordian instead of pelagic facies the biohermal limestones with corals (Vršatec Limestone).

Minerals were identified using the wave-dispersion analysis (WDA), energy dispersion X-ray analysis and by the X-ray diffraction analysis (XDA). The manganese ore in Mikušovce deposit consist of dominant pyrolusite (Figs. 16–19, Tabs. 1 and 2), accompanied by romanèchite (Fig. 20, Tab. 3), manganite (Fig. 21, Tabs. 4 and 5), goethite, calcite (Tab. 6) and quartz (Fig. 22). Primary disseminated mineralization in the Callovian–Oxfordian red limestone is represented by colloform zonal aggregates of pyrolusite accompanied by romanèchite. Brecciated pyrolusite and romanèchite aggregates can be found in some places. This mineralization is similar to other occurrences of hardground type manganese mineralization in the Klippen Belt. Younger high grade ore with dominant coarse-grained pyrolusite and manganite fills fissures and cavities in the Bathonian limestone. The manganese mineralization filling cavities in the Kimmeridgian–Lower Tithonian limestone near the Lednica castle consists of dominant manganite (Figs. 23–25, Tabs. 4 and 5) accompanied by romanèchite (Tab. 3) and replaced by younger pyrolusite.

Chemical composition of rock is documented by X-ray fluorescence analysis (XFA) and by optical emission spectroscopy (OES). Rare earth elements were determined by atomic emission spectroscopy with induction coupled plasma (AES-ICP). Manganese is dominant element of manganese ore (Tab. 7). The highest content of MnO_2 in the ore from fissures and cavities reaches up to 75 wt. % with higher Mn/Fe ratio (Nx10) comparing to the disseminated manganese mineralization in the Callovian–Oxfordian red limestone with low Mn/Fe ratio (Nx1). CaO and CO_2 (represented by loss of ignition – LOI) as principal components of limestone vary mostly from 10 to 45 respectively from 10 to 35 wt. %. Increased contents of SiO_2 reflect the presence of the clastic quartz or secondary silicification (up to 15 % in studied samples). Low content (below 2 wt. %) of Al_2O_3, Na_2O, K_2O, TiO_2 and Zr (below 50 ppm) reflects low content of other clastic minerals besides quartz and calcite. Iron content below 5 wt. % reflects a low ratio of iron hydroxides. Relatively high contents of Ni, Co and Cu (with totals close to 1500–2000 ppm and with contents of Co close to 1000 ppm) are closer to hydrogenic origin comparing to the manganese ores associated with black shales of diagenetic origin with low content of these elements (Rojkovič et al., 2001).

Relatively high content of Ba reflects proportion of romanèchite in the studied manganese ores. High Sr content reflects, similarly as CaO, its bond to calcite as dominant mineral of the limestone. REE distribution with dominant proportion of light REE does not indicate the presence of volcanic source for the formation of manganese ore (Tab. 8, Fig. 26).

The primary low-grade manganese ore in the Callovian–Oxfordian red limestone represents sedimentary hydrogenetic – early diagenetic accumulation. The secondary high-grade ore was formed in fissures and cavities by circulating meteoric water from the manganese hardgrounds of dissolved Callovian–Oxfordian red limestone during the Barremian–Aptian time.

Mineralia Slovaca, 34 (2002), 321–328

Niektoré aspekty inžinierskogeologického hodnotenia poloskalných hornín

TATIANA DURMEKOVÁ a RUDOLF ONDRÁŠIK

Katedra inžinierskej geológie PRIF UK, Mlynská dolina, 845 12 Bratislava
e-mail: durmekova@fns.uniba.sk, ondrasik@fns.uniba.sk

(Doručené 8. 3. 2002, revidovaná verzia doručená 5. 11. 2002)

Aspects of the soft rocks evaluation in engineering geology

The paper deals with general characteristics of soft or weak rocks from the viewpoint of engineering geology. These rock materials lie in fact in the centre of a continuous spectrum of geotechnical materials from clays, sands, gravels to hard rocks. Unfavourable properties as low strength, high compressibility, less brittleness, high porosity, disintegration in contact with water, swelling, etc. are significant for this rock group. Recent tunnelling works in northern Slovakia refer to new experiences in the evaluation of rock material properties tested during the field works and in the laboratory, too. Current Slovak Standards are insufficient as regards to the classification, evaluation of technical properties and laboratory testing results of soft rocks, generally.

Key words: geotechnical materials, soft rocks, weak rocks, soil mechanics, rock mechanics, technical properties, tunnelling, laboratory research

Úvod

V ostatnom období sa v stavebnoinžinierskej praxi venuje zvýšená pozornosť tzv. poloskalným horninám. Do centra pozornosti sa u nás dostávajú najmä v súvislosti s výstavbou diaľničnej siete, ale hlavne s razením prieskumných štôlní diaľničných tunelov v severnej časti Slovenska (Ovčiarsko, Višňové, Horelica). Horninové prostredie, ktorým tieto inžinierske diela prechádzajú, má z veľkej časti povahu poloskalných hornín. Fakt, že sa v najbližšej budúcnosti predpokladá razenie tunelových rúr v tomto problémovom geologickom prostredí, právom sústreďuje pozornosť na technické vlastnosti poloskalných hornín. S tým súvisí aj ťažba obrovského množstva pre stavebníctvo – podľa platných noriem – nie veľmi príťažlivého materiálu.

Poloskalné horniny premenlivosťou svojich vlastností, nestálosťou a nízkymi pevnostnými charakteristikami sú skupinou hornín vyžadujúcou osobitný prístup, a práve pre svoju špecifickosť sa v nedávnej minulosti študovali v rámci výskumnej úlohy Výskumného ústavu inžinierskych stavieb v Bratislave *Výskum geotechnických vlastností neštandardných materiálov*. Čiastková úloha tohto projektu venovaná poloskalným horninám sa riešila v rokoch 1985–1987 na Katedre inžinierskej geológie Prírodovedeckej fakulty UK. Výsledkom výskumu bola inžinierskogeologická klasifikácia a charakteristika poloskalných hornín, informácia o ich rozšírení v Západných Karpatoch (čiastočne aj Českom masíve) a zároveň sa zhodnotila problematika zisťovania fyzikálno-technických vlastností týchto hornín (Hrašna et al., 1986, 1987a, 1987b). Odvtedy vývoj v tejto oblasti – najmä vo svete – pokročil. Zmenilo sa prístrojové vybavenie laboratórií, pribudli aj nové prístroje, napr. prístroj na určovanie pevnosti pri bodovom zaťažení (Point Load Apparatus), prístroj na určovanie indexu trvanlivosti (Slake Durability Apparatus), ktoré sú veľmi vhodné práve na testovanie menej odolných typov hornín.

V poslednom desaťročí sa na poloskalné horniny a ich vlastnosti sústredila väčšia pozornosť aj vo svete. Svedčia o tom i medzinárodné vedecké konferencie a sympóziá orientované na túto problematiku. V roku 1990 bola konferencia o poloskalných horninách (Conference on weak rocks) v Leeds (Veľká Británia) a konštatovalo sa na nej, že nestačí tieto horniny klasifikovať iba na základe tlakovej pevnosti a že je nevyhnutné sledovať aj ich ďalšie vlastnosti. O tri roky neskôr sa v Aténach (Grécko) konalo sympózium s rovnakou problematikou pod anglickým názvom *Geotechnical Engineering of Hard Soils – Soft Rocks*. Sledovaná skupina hornín sa na ňom chápala ako skupina hraničných materiálov medzi pevnými skalnými horninami a zeminami, pretože inžinierskogeologické charakteristiky, ako aj správanie týchto hornín patria do oblasti nachádzajúcej sa niekde medzi mechanikou zemín a mechanikou hornín.

Postavenie poloskalných hornín medzi horninami Čo označuje termín poloskalná hornina

Poloskalné horniny majú v Západných Karpatoch významné zastúpenie. Vyskytujú sa prakticky vo všetkých litologických formáciách ako konečný produkt geologických procesov tvorby hornín alebo ako výsledok retrográdnych zmien pôvodne pevných skalných hornín, pričom ich

výskyt je hojnejší smerom k mladším geologickým jednotkám. Napriek značnému priestorovému rozšíreniu jednoznačná definícia termínu *poloskalná hornina* doteraz v našej inžinierskej geológii chýba. Klasici inžinierskej geológie Záruba a Mencl (1974) v učebnici *Inženýrská geologie* píšu, že „na prechode medzi nesúdržnými zeminami na jednej strane a pevnými skalnými horninami na druhej strane je skupina hornín, ktorá spôsobuje pri stavebných prácach starosti. Je to skupina tzv. poloskalných hornín, za ktoré sa niekedy považujú horniny s pevnosťou menšou než 500 kp.cm^{-2}" (t. j. 50 MPa). Ďalej konštatujú, že táto definícia nespomína nepriaznivé vlastnosti týchto hornín. Patria medzi ne prevažne ílovce rozličného druhu, spevnené sliene a mäkké bridlice, ktoré pri raste vlhkosti mäknú, rýchle zvetrávajú a rozpadajú sa alebo veľmi menia svoj objem. Preto sa definícia poloskalných hornín neskôr rozšírila o ďalšie charakteristiky.

V inžinierskej geológii sa za poloskalné pokladajú pevné horniny, ktoré majú pre nízky stupeň litifikácie (slabospevnené sedimentárne horniny) alebo porušenie štruktúrnych väzieb (zvetraním, tektonickým alebo hydrotermálnym porušením a pod.) nižšie hodnoty charakteristík mechanických vlastností ako skalné horniny a sú pod vplyvom nepriaznivých podmienok prostredia (najmä zmien vlhkosti, teploty a napätia) náchylné ich ďalej znižovať (Hrašna et al., 1987b).

Naše normy sa tejto skupine hornín venujú iba okrajovo. STN 72 1001 *Pomenovanie a opis hornín v inžinierskej geológii* delí horniny podľa pevnosti štruktúrnych väzieb medzi časticami na skalné horniny a zeminy. Poloskalné horniny sú spomenuté iba v nasledujúcej poznámke pod čiarou: *„Prechodné typy medzi skalnými horninami a zeminami možno označiť ako poloskalné horniny. Za ne sa považujú horniny, ktorých pevnosť v prostom tlaku σ_c sa pohybuje od 1,5 do 50 MPa."* V norme je ešte triedenie hornín podľa stupňa pevnosti, ktoré je takmer totožné s klasifikáciou v STN 73 1001 *Základová pôda pod plošnými základmi* (triedy R1 až R6, príp. R0 – v norme STN 72 1001). Za povšimnutie stojí, že až štyri triedy zo šiestich (príp. zo siedmich, ak vychádzame z STN 72 1001) sú venované práve poloskalným horninám, čo svedčí najmä o veľkej premenlivosti ich vlastností i v malom rozsahu pevnosti.

Druhá spomenutá norma uvádza ešte jeden doplnkový znak, ktorým sa rozlišujú horniny podľa odlišného spôsobu pretvárania. Je to pomer modulu pretvárnosti (deformácie) horninového materiálu k jeho pevnosti E_{def}/σ_c. Podľa tohto kritéria norma rozdeľuje horniny na krehké, stredne krehké a plastické. Skupina poloskalných hornín patrí do kategórie hornín s plastickým pretváraním. Norma sa zmieňuje aj o zníženej pevnosti horniny, ktorá môže byť spôsobená zvetraním alebo inou premenou, jej tektonickým porušením alebo obidvoma faktormi súčasne. *„Pri takom stupni zvetrania či porušenia horniny, pri ktorom sa už horninové vzorky určené pre skúšku pevnosti rozpadajú, postupuje sa metódami mechaniky zemín."* V záujme úplnosti treba spomenúť aj poznámky pod čiarou v tejto norme: *„Hodnota σ_c = 50 MPa sa považuje za formálnu hranicu medzi horninami skalnými a poloskalnými. Hodnota σ_c = 1,5 MPa sa považuje za formálnu hranicu medzi horninami poloskalnými a zeminami. Pokiaľ je prakticky možné pripraviť z jemnozrnných hornín (napr. ílovce, slieňovce, jemnozrnné pieskovce, poprípade horniny poruchových pásiem) vzorky obvykle používané v mechanike zemín, posudzujú sa ako zeminy i pri σ_c > 1,5 MPa."*

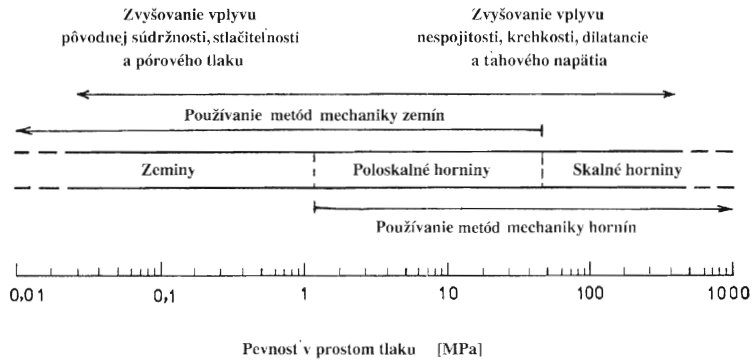
Z našich noriem teda jednoznačne vyplýva, že poloskalné horniny sú iba podskupinou v rámci skalných hornín a pri ich hodnotení platia tie isté metódy, skúšky a postupy, ako pri pevných skalných horninách. V prípade, keď už nadobúdajú povahu zeminy, je možné prepojenie na mechaniku zemín.

Nedostatkom našich noriem vzhľadom na sledovanú problematiku je, že neprihliadajú napr. na správanie hornín v styku s vodou alebo na anizotropiu pevnostných a deformačných charakteristík (najmä v prípade sedimentárnych a metamorfovaných hornín), či na pomerne veľký rozptyl ich vlastností aj v rámci jedného litologického typu (nerovnomerne zvetrané horniny, horniny v rozdielnom vlhkostnom stave a pod.). V normách sa vo všeobecnosti hodnotia len krátkodobé aspekty a zabúda sa na zmenu vlastností v čase, čo má práve pri tejto skupine hornín podstatný význam.

Nájsť miesto poloskalných hornín medzi ostatnými horninami nemožno bez štúdia klasifikácie hornín v inžinierskej geológii. Vo svetovej literatúre je množstvo klasifikácií hornín vytvorených podľa rozličných kritérií, ale zväčša na základe laboratórne zistených charakteristík. Podrobný prehľad klasifikácií je v práci Hrašnu, Hyánkovej a Letka (1986). V podstate vo všetkých sa vyčleňujú skupiny hornín, ktoré sa u nás označujú termínom s atribútom *poloskalné*. Odlišné sú iba kritériá ich vyčleňovania, teda sledované vlastnosti (napr. povaha štruktúrnych väzieb, pevnosť v tlaku, pevnosť v tlaku v nasýtenom stave, pórovitosť, charakter deformácie, správanie horniny pri zaťažovaní, pevnosť v ťahu, dokonca i uhol vnútorného trenia), ako aj rozsah hodnôt charakteristík prisúdených skupine poloskalných hornín.

Vo svetovej literatúre rozliční autori používajú rôzne termíny na pomenovanie tých horninových materiálov, ktoré sa u nás zvyčajne označujú ako poloskalné horniny, napr. *soft rocks, weak rocks, semi-solid rocks, hard soils, indurated soils, rocks similar soils, slabyje gornyje porody, poluskaľnyje porody*. Niektoré termíny možno pokladať za ekvivalentné termíny nášho termínu *poloskalné horniny*, iné pomenúvajú užšiu, špecifickejšiu časť z tejto skupiny hornín (napr. rocks similar soils by sme podľa našej normy STN 73 1001 nazvali triedou R6 – celkom zvetrané, rozložené horniny – elúviá). Ďalšie termíny (napr. indurated soils) vystihujú stav horniny resp. zeminy len pri istých vlhkostných podmienkach. Zmenou vlhkosti sa mení konzistencia zeminy, tým aj jej pevnostné vlastnosti, čím stráca akúkoľvek podobnosť so skalnými horninami.

Nejednotnosť v terminológii aj v chápaní poloskalných hornín a ich miesta medzi ostatnými horninami trvá. Sympóziá na túto tému v medzinárodnom meradle svedčia o tom, že si odborníci uvedomujú existenciu problému,



Obr. 1. Kontinuálne spektrum geotechnických materiálov: upravené podľa Johnstona a Novella (1993).

Fig. 1. The continuous geotechnical spectrum, modified according to Johnston and Novello (1993).

a najmä akútnu potrebu riešiť ho. Zásluhu na tom má práve extenzívny rozvoj stavebníctva v posledných desaťročiach a s tým súvisiaca potreba využívať netradičné prírodné materiály, a práve vďaka tomu sa začala značná pozornosť venovať aj štúdiu tzv. hraničných geotechnických materiálov.

Johnston a Novello (1993) výstižne vyjadrili dvojaké chápanie a charakteristiku poloskalných hornín (soft rocks) vzhľadom na rozdielnosť inžinierskeho problému, pri ktorom sa tieto materiály vyskytli:

– Pri zakladaní bežných inžinierskych stavieb, kde sa väčšinou vyskytujú zeminy a postupuje sa metódami mechaniky zemín, sa tieto horniny spravidla hodnotia ako pevnejšie, krehkejšie, dilatantnejšie a často veľmi nespojité horniny;

– Pri baníckych a tunelovacích prácach, kde sa aplikuje metodológia orientovaná na pevné skalné horniny, sa poloskalným horninám naopak prisudzujú charakteristiky ako nižšia pevnosť, vyššia stlačiteľnosť a oveľa menšia krehkosť.

Tí istí autori ďalej nesúhlasia s tradičným pohľadom na postavenie *soft rocks* na periférii záujmu buď mechaniky hornín alebo mechaniky zemín, pretože v okrajovej pozícii sa im nevenuje taká pozornosť, akú si vzhľadom na frekvenciu výskytu zaslúžia (ibid.). Pozíciu „poloskalných" hornín vyjadrujú veľmi názorne. Tieto materiály sa podľa nich správajú podľa rovnakých zákonitostí (napríklad pri zaťažovaní) ako ostatné horniny a v skutočnosti je ich miesto v centre spojitého spektra geotechnických materiálov (obr. 1). Preto by nemali byť iba v pozícii „príveskov" pri dvoch hlavných geotechnických vedách a pri ich hodnotení by sa mali aplikovať jestvujúce metódy mechaniky hornín a zemín spoločne, nie izolovane. Používané testovacie metódy sa majú navzájom dopĺňať a kombinovať. Perspektívu do budúcnosti autori (ibid.) vidia v rozvoji *soft rock technology*.

Na porovnanie uvádzame, že sa u nás poloskalné horniny jednoznačne priraďujú k mechanike skalných hornín a z tohto uhla pohľadu sa chápe ich definícia, klasifikácia i metodika hodnotenia.

Nepriaznivé vlastnosti poloskalných hornín z hľadiska stavebnej praxe

Nízka pevnosť, veľká stlačiteľnosť, vysoká pórovitosť, s ňou súvisiaca nasiakavosť, nízka mrazuvzdornosť, možná rozpadavosť v styku s vodou, objemové zmeny (napučiavanie, zmrašťovanie), citlivosť na zmeny vlhkosti a zmeny napätí – to sú základné nepriaznivé vlastnosti a možno nimi charakterizovať skupinu poloskalných hornín. Dôsledkom týchto vlastností pri stavebnej činnosti je rýchle zvetrávanie v odkrytom teréne, neprípustné sadanie pod stavbami alebo vznik blokových deformácií vo vhodných geologicko-tektonických štruktúrach.

Projektanti pôsobiaci v tunelárstve a podzemnom stavebníctve v prostredí poloskalných hornín často podliehajú klamlivému dojmu, že sa v nich relatívne ľahko razí a z toho môžu potom pri samotnom razení vyplynúť viaceré neočakávané komplikácie (nadvýlom, neočakávaný prítok vody, väčšie deformácie, nevyhnutnosť zabezpečovať steny výrubu a pod.).

Pri budovaní tunelových stavieb je nevyhnutné zaoberať sa touto skupinou hornín z dvoch hľadísk – jednak ako horninovým prostredím (horninovým masívom), v ktorom sa budujú inžinierske diela, a jednak hodnotením vlastností vyťaženej horniny (rúbaniny) z hľadiska jej využívania ako stavebného materiálu pri stavbe diaľničných úsekov.

Prieskumná štôlňa Ovčiarsko

Vhodným a presvedčivým príkladom na ilustráciu ťažkostí spätých s razením v poloskalných horninách je prieskumná štôlňa tunela Ovčiarsko v úseku tvorenom ílovcami „ekvivalentu domanižského súvrstvia" (stredný paleogén centrálnokarpatského flyšu Žilinskej kotliny). Horniny tam v prirodzenom stave vykazovali vyhovujúce pevnostné charakteristiky a dobre sa v nich razilo, a tak tunelári spočiatku nepokladali za potrebné zabezpečovať výrub ostením. Nepriaznivé vlastnosti hornín sa začali prejavovať až v styku s vodou napúčaním a kašovatením pod dopravnými mechanizmami, ako aj plastickým vytláčaním hornín do výrubu, a tak bolo nevyhnutné výrub dodatočne zväčšiť a zabezpečiť pri vyšších nákladoch, ako sa pôvodne predpokladalo. Vlastnosti poloskalných hornín v masíve sa po vyťažení a uložení v halde menili veľmi rýchlo. Prevažná časť pôvodne kompaktných ílovcov sa po vyťažení v halde rozpadla na beztvarú prachovitú až ílovitú kašovitú zeminu. V tektonicky porušených zónach masívu tieto horniny aj v masíve mali povahu hliny až ílovitej hliny. Ondrášik et al. (2002) uvádzajú, že horniny pri styku s vodou v stene štôlne napučali v prípade, keď ich prirodzená vlhkosť

Obr. 2. Porucha primárneho ostenia steny prieskumnej štôlne tunela Ovčiarsko spôsobená objemovo nestálymi paleogénnymi ílovcami (foto A. Matejček).

Fig. 2. A break of the torcret lining in the wall of the pilot tunnel Ovčiarsko due to Paleogene unstable shales (photo by A. Matejček).

v stene štôlne bola pod hranicou plasticity (w_p). Dôsledkom bolo vytláčanie ílovca v stene štôlne do výrubu, čo viedlo k vzniku ťahovej zóny nad stropom a k otvoreniu puklín. Pri zmene vlhkostných pomerov v masíve (sezónne zrážky, zaplavenie štôlne) niekoľko mesiacov po výrube sa masív nasýtil vodou, objemové zmeny ílovcov sa začali prejavovať aj v rozvoľnenom horninovom masíve a dôsledkom bol rast tlaku a porušenie torkrétového ostenia zo striekaného betónu (obr. 2). Vplyv objemových zmien ílových minerálov v horninovom masíve sa negatívne prejavil aj ich vytláčaním zo steny štôlne do tunelového otvoru a zmenšením priemeru otvoru štôlne, ako sa to zistilo meraním deformácií v zabudovaných konvergenčných profiloch (Matejček et al., 1998). V úsekoch s vyšším zastúpením objemovo nestálych ílových minerálov sa zaregistrovali deformácie 20 až 50 mm, v niektorých prípadoch 60 až 120 mm. Z laboratórnych analýz (Ondrášik et al., 2002) vyplýva, že v ílovcoch a prachovcoch „ekvivalentu domanižského súvrstvia" tvorí jemnú frakciu kremeň, kalcit, dolomit a ílové minerály a ílovú frakciu vo všetkých sledovaných vzorkách minerálna asociácia smektit, chlorit a illit. Potvrdil sa predpoklad, že ílovce a siltovce obsahujú vysoký podiel objemovo nestálych ílových minerálov zo skupiny smektitu, a to 20 až 35 %. V niektorých polohách je to viac ako 50 % ílovej frakcie. Vysoká napúčavosť sa zistila aj oedometrickými skúškami sledovaných hornín.

Vplyv minerálneho zloženia ílovej frakcie na vlastnosti ílovcov potvrdili aj presiometrické skúšky vo vrtoch v trase diaľnice D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka (Matys et al., 1998), ktorej súčasťou je aj projektovaný tunel Ovčiarsko. V ílovcovom súvrství bol veľký rozptyl deformovateľnosti bez závislosti od hĺbky, čo sa okrem vysokej tektonickej porušenosti prevažne ílovcového súvrstvia dá pripísať aj vplyvu rôznorodosti štruktúry a minerálneho zloženia.

Podľa pevnostných aj stálostných charakteristík medzi poloskalné horniny nepatrí iba uvedený úsek objemovo nestáleho ílovca, ale aj prevažná časť vyrúbaných litologických typov z tejto prieskumnej štôlne (Hyánková et al., 1998).

Prieskumná štôlňa Višňové

Podobná situácia ako v prieskumnej štôlni Ovčiarsko je aj pri razení prieskumnej štôlne plánovaného tunela Višňové na severe Slovenska. Poloskalné horniny sú tam nielen v úvodnej časti štôlne zo strany jej západného portálu budovanej paleogénnymi súvrstviami, ale i v mezozoických komplexoch krížňanského príkrovu, ktorými bude tunel prechádzať.

Tab. 1 stručne hodnotí prvých 500 m prieskumnej štôlne diaľničného tunela Višňové zo strany západného portálu podľa výskytu litologických typov a ich pevnostných charakteristík určených priamo v teréne (index pevnosti pri bodovom zaťažení a odrazová pevnosť je určená Schmidtovým kladivom). Z prehľadu je zrejmé, že paleogénne horniny, ktorými prechádza prvých 115 m prieskumného diela, už podľa uvedených pevnostných charakteristík jednoznačne patria medzi poloskalné horniny. Nestálosť ílovcov vo vode potvrdzuje ich zaradenie k tejto skupine hornín. Mezozoické horniny krížňanského príkrovu – vyskytujúce sa v úseku od 115 do približne 1300 m – sú zastúpené veľmi pestrými litologickými typmi (slienitý vápenec, „flekenmergelský" vápenec, bridlice, „allgäuské vrstvy", rétske bridlice, keuperské piesčité bridlice, dolomity, karbonatické ílovce, gutensteinský vápenec), z čoho vyplýva aj nesmierna premenlivosť vlastností a pevnostná anizotropia. Celý úsek mezozoického horninového masívu je navyše intenzívne tektonicky porušený, čo sa odzrkadľuje v častom striedaní pevnejších a slabších typov hornín. To vlastne celý masív znehodnocuje a pri zovšeobecnení posúva do kategórie poloskalných hornín. Jednotlivé polohy pevnejšieho dolomitu a tektonicky menej porušeného vápenca s pevnosťou nad 50 MPa (veľmi ojedinele aj mierne nad 100 MPa) sú také malé, že sú ako stavebný materiál prakticky bezvýznamné. V rámci mezozoických komplexov sa vyskytujú aj polohy veľmi oslabených hornín evaporitového typu (sadrovec, vápenec s pseudomorfózami dolomitu po sadrovci, alterovaný dolomit), ako aj ílovce s obsahom vápencových budín a s polohami sadrovca, ktoré sa

Tab. 1
Prehľad litologických typov a ich pevnostných charakteristík z prieskumnej štôlne tunela Višňové v úseku 0–500 m zo strany západného portálu
Review of rocks and their strength parameters from the pilot gallery for the tunnel Višňové in the section 0–500 m from the side of the west mouth

Staničenie štôlne *(zo strany záp. portálu)* *[m]*	Litologický typ	Index pevnosti určený zo skúšky pevnosti pri bodovom zaťažení $I_{s(50)}$ *[MPa]*	Pevnosť v tlaku určená z hodnoty odrazovej pevnosti *[MPa]*
0,0–39,9	Striedanie navetraných pieskovcov a ílovcov (ílovce sú v prevahe)	pieskovec: 0,5–2,9 ílovec: 0,4–0,9	< 50
39,9–101,0	Ílovce až piesčité ílovce, miestami uhoľnaté, laminované	0,2–1,0	< 50
103,0–208,6	Vápnité pieskovce, slienité vápence, vápence tektonicky porušené	1,3–2,8	< 50
208,6–232,1	Slienitý vápenec	1,6–4,9	10–102
233,9–328,2	Brekciovitý, tenkodoskovitý až doskovitý dolomit	1,1–2,7	10–60
254,7	Poloha rétskych bridlíc	0,7	< 12
335,7–365,1	Dolomit	2,46–6,52	5–98
369,7–412,0	Striedanie karbonatických ílovcov a tektonicky porušených doskovitých dolomitov	ílovec: 0,6–1,4 dolomit: 0,8–3,75	8–100
413,5–456,0	Gutensteinský vápenec	0,9–3,5	< 60
458,2–495,2	Doskovitý až lavicovitý, navetraný dolomit	1,2–3,4	5–60
500,5–503,7	Tenkodoskovitý vápenec	2,4–2,6	55

pri styku s vodou menia na brečku a kašovatejú (Matejček et al., 2001).

Pre charakter horninového prostredia bude razenie tunela v prvom kilometri náročné a vyžiada si finančne nákladné technológie pri priebežnom zabezpečovaní výrubu, ako aj pri definitívnej ochrane stien a stropu tunela. Ťažkosti sa vyskytli už pri otváraní západného portálu prieskumnej štôlne. V horninovom masíve, ktorý tvoria paleogénne horniny, sa prejavila nestabilita svahov v okolí portálu, čo si nevyhnutne vyžiadalo ich sanáciu.

Razením tunela v tomto prostredí vznikne aj veľký objem vyrúbaného materiálu typu poloskalných hornín, ktorý sa bude dať použiť pri stavbe diaľnice iba veľmi obmedzene (Wagner a Durmeková, 1999, 2000).

Laboratórny výskum poloskalných hornín

Poloskalné horniny sa pri testovaní v laboratóriu v mnohom správajú odlišne ako *in situ*, ale pre ekonomickú náročnosť terénnych veľkomierkových testov a ich nedostupnosť pri niektorých stavebných činnostiach je laboratórny výskum v našich podmienkach najčastejšou metódou na zisťovanie vlastností hornín, ich hodnotenie a charakterizovanie. Laboratórne skúšky sú cenné aj z analytického hľadiska, lebo majú najpresnejšie definované okrajové podmienky (Feda, 1977). Pri hodnotení horninového materiálu z hľadiska jeho použiteľnosti v stavebníctve sú nenahraditeľné.

Už sme uviedli, že naše normy zaraďujú poloskalné horniny medzi skalné typy a platia pre ne rovnaké kritériá hodnotenia a testovacie postupy ako v mechanike skalných hornín. V praxi však – napr. pri laboratórnych skúškach hodnotenia základných vlastností poloskalných hornín – sa vynára viac ťažkostí a potvrdzujú, že pri zisťovaní fyzikálnych, pevnostných či technologických charakteristík týchto hornín nemožno vždy postupovať podľa zaužívaných metodík ako pri výskume typických skalných hornín. Týka sa to v prvom rade tej skupiny hornín, ktoré sú tvrdšie a pevnejšie ako tradičné zeminy, ale nesprávajú sa ako skalné horniny, napr. hornín, ktoré sa pri kontakte s vodou rozpadávajú.

Príprava skúšobných vzoriek

Výskum vlastností hornín v laboratóriu sa spravidla odvíja od prípravy skúšobných vzoriek. Výber metód na zisťovanie jednotlivých vlastností, ako aj úspešnosť získavania parametrov charakterizujúcich horninu závisí najmä od možnosti prípravy skúšobných teliesok, predpísaných normami na testovacie postupy. Ak povaha horninového materiálu umožňuje pripraviť pravidelné skúšobné telieska – prizmatické alebo valčeky, možno horninu otestovať celým súborom skúšok používaným na hodnotenie skalných hornín, teda použiť metódy mechaniky hornín. Pri mnohých litologických typoch (ílovce, bridlice, alterované horniny) je príprava pravidelných skúšobných teliesok technicky veľmi náročná až nemožná, čím sa veľmi obmedzujú možnosti aplikácie jednotlivých skúšok a zužuje rozsah charakteristík, ktoré horninu technicky hodnotia. Pri poloskalných horninách sú často k dispozícii len nepravidelné skúšobné vzorky a tomu treba prispôsobovať metodiku laboratórneho testovania. V takýchto prípadoch možno získať iba orientačné pevnostné charakteristiky nepriamymi metódami, napr. skúškou pevnosti pri bodovom zaťažení (point load test). Pri nedostatku pravidelných skúšobných teliesok býva nevýhodou z toho vyplývajúca nepresnosť korelácie s požadovanou základnou klasifikačnou charakteristikou – pevnosťou v prostom tlaku σ_c a uvádzanie pevnostných charakteristík nie jednou presnou hodnotou, ale iba rozsahom hodnôt (možná minimálna a maximálna hodnota).

Individuálnosť prístupu k testovaniu hornín

V rade litologických typov poloskalných hornín sa nedá vopred určiť celý súbor vlastností, ktoré bude možno zís-

kať laboratórnym výskumom. Nejednoznačnosť vyplýva najmä zo správania hornín v styku s vodou. Pri nestálych typoch hornín nemožno stanoviť také charakteristiky, ako je nasiakavosť horniny, mrazuvzdornosť a pod., ale dajú sa nahradiť charakteristikou rozpadavosti (Hrašna et al., 1987b). Z toho potom pramení aj nejednotnosť a neúplnosť získaných parametrov charakterizujúcich istý litologický typ.

Individuálnosť prístupu k získavaniu inžinierskogeologických charakteristík materiálu ilustrujeme na neogénnom piesčitom ílovci z lokality Gemerček pri Fiľakove, ktorý podľa pevnosti v prostom tlaku (σ_c = 25–30 MPa) patrí do skupiny poloskalných hornín so strednou pevnosťou (trieda R3 podľa STN 72 1001). Vrtné jadro z hĺbky okolo 200 m má priemer 87 mm. Keďže príprava skúšobných valčekovitých teliesok sa pri veľmi opatrnom rezaní vrtného jadra vydarila, bolo možno stanoviť pevnostné i deformačné charakteristiky horniny, ale ťažko sa zisťovali niektoré fyzikálne a stálostné vlastnosti. Pre rozpadavosť sa nedali urobiť skúšky vyžadujúce kontakt s vodou (zistiť hmotnostnú či objemovú nasiakavosť, trvanlivosť skúškou SDT (Slake durability test), koeficient zmäkčenia, mrazuvzdornosť). Na druhej strane práve vďaka dokonalej rozpadavosti materiálu sa mohol doplniť súbor skúšok o testy z oblasti mechaniky zemín – zamerané na granulometrické zloženie, plasticitu a konzistenciu. Pripraviť vzorku na skúšku v triaxiálnom prístroji, ktorá musí mať predpísaný priemer skúšobného valčeka odlišný od priemeru vrtného jadra (čiže sa pri nej musí postupovať len metódami mechaniky zemín), sa z tohto horninového typu pre pevnú až tvrdú konzistenciu a rozpadavosť (drobenie) materiálu nepodarilo.

Zo skúseností z laboratórneho výskumu poloskalných hornín ďalej rezultuje, že sa aj najzákladnejšie fyzikálne charakteristiky získavajú podstatne prácnejšie ako pri pevných skalných horninách a navyše nie sú vždy reprezentatívne. Napr. na získanie hodnoty suchej objemovej hmotnosti (hustoty, objemovej hmotnosti zdanlivej) pri nestálych horninách je nevyhnutné použiť parafínovú metódu, náročnú na čas aj precíznosť. Pyknometrická metóda na zisťovanie mernej hmotnosti (hustoty pevných častíc, skutočnej objemovej hmotnosti) v mnohých prípadoch vyžaduje podstatne dlhšie odvzdušňovanie vzorky v pyknometri a veľakrát aj opakovanie celej skúšky pre neprípustný rozptyl v konečných hodnotách, ktorý vzniká napriek dodržaniu predpísaných postupov (takým problematickým litologickým typom je napr. slienitý vápenec). Z uvedeného je zrejmá nevyhnutnosť používať pri získavaní hodnotiacich charakteristík horninového materiálu metódy náročnejšie na čas.

Anizotropia vlastností

Pre viaceré litologické typy poloskalných hornín je charakteristická anizotropia vlastností, najmä pevnostných a deformačných parametrov, vyplývajúca z geometrickej anizotropie štruktúry horniny (usmernenie minerálnych zŕn v hornine ako výsledok vrstvovitosti pri sedimentárnych alebo bridličnatosti pri slabo metamorfovaných horninách). Správne charakterizovať vlastnosti horniny znamená otestovať dvojnásobné množstvo vzoriek v smere paralelnom s textúrnymi prvkami, ako aj v kolmom smere, určiť minimálne a maximálne hodnoty skúmaných vlastností a potom vyjadriť koeficient anizotropie. Ak sa neprihliada na anizotropiu horniny a vzorky sa testujú chaoticky, vznikajú ťažkosti s interpretáciou výsledkov skúšok a priemerné hodnoty sa javia ako nereprezentatívne.

Nové metódy v laboratórnom hodnotení poloskalných hornín

Základné metódy laboratórneho výskumu poloskalných hornín už boli viac ráz rozpracované aj publikované (Hyánková et al., 1976; Hrašna et al., 1987a) a vzhľadom na platné a záväzné normy sú v podstate totožné s metódami hodnotenia pevných skalných hornín. Londýnsky Imperial College of Science and Technology vyvinul nové prístroje a Medzinárodná spoločnosť pre mechaniku hornín ich prijala ako štandardné na hodnotenie vlastnosti hornín. Takým je už spomenutý prístroj na zisťovanie pevnosti pri bodovom zaťažení, použiteľný v laboratóriu aj v teréne, a prístroj na určovanie indexu trvanlivosti, určený na hodnotenie odolnosti hornín proti pôsobeniu rozličných rušivých vplyvov v prírodných podmienkach. Opis prístrojov a metodika nimi vykonávaných skúšok už boli publikované (Durmeková et al., 2001), a preto ich neuvádzame. Obidva prístroje sú veľmi vhodné práve na testovanie „slabších" typov hornín. Naše normy ich ešte neuvádzajú, a tak ich používanie je zatiaľ iba doplnkom k zaužívaným a normovým skúškam.

Záver

Poloskalné horniny, ich definícia, klasifikácia i hodnotenie sú stále otvorenou a aktuálnou inžinierskogeologickou témou. Z doterajšieho štúdia poloskalných hornín vyplývajú nasledujúce poznatky:

– Pre rad nepriaznivých vlastností, s ktorými sa treba v stavebnej činnosti vyrovnať, sú problematickou skupinou hornín.

– V našich normách sa im nevenuje dostatočná pozornosť.

– Pri laboratórnom hodnotení ich vlastností nie je vždy možný jednoznačný prístup.

– Voľba testovacích postupov pri nich závisí od technických možností prípravy skúšobných teliesok predpísaných normami.

– Pre možnú prítomnosť objemovo nestálych minerálov je dôležité poznať ich minerálne zloženie.

– Na komplexné hodnotenie ich vlastností je v mnohých prípadoch nevyhnutné kombinovať metódy obidvoch geotechnických odborov – mechaniky hornín a mechaniky zemín.

– Správne hodnotenie ich vlastností vyžaduje ustavičnú konfrontáciu výsledkov získaných v laboratóriu s ich správaním *in situ*.

Pre rozsiahle teritoriálne rozšírenie treba poloskalným horninám venovať mimoriadnu pozornosť. Tieto horniny

vyžadujú špecifický prístup, individuálne hodnotenie vlastností, netradičné technológie spracúvania kvôli ich zužitkovaniu v stavebnej praxi.

Ďakujeme Slovenskej správe ciest a firme Geofos, spol. s r. o., Žilina za možnosť publikovať informácie získané inžinierskogeologickým prieskumom pre diaľničný tunel Ovčiarsko a Višňové.

Práca je súčasťou riešenia grantového projektu agentúry VEGA 1/7364/20 Hodnotenie vyťaženého horninového materiálu pre alternatívne využitie v stavebníctve.

Literatúra

Anagnostopoulos, A., Schlosser, F., Kalteziotis, N. & Frank, R., 1993: Prologue. Geotechnical engineering of hard soils – soft rocks. *In: Anagnostopoulos et al. (eds.). Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 344 2, VII-VIII.*

Durmeková, T., Grünner, K. & Wagner, P., 2001: The tunnel's muck as a construction material. *Acta geol. Univ. Comen., 56, pp. 77–92.*

Feda, J., 1977: Základy mechaniky partikulárních látek. *Praha, Academia. 348 s.*

Hrašna, M., Hyánková, A. & Letko, V., 1986: Inžinierskogeologická klasifikácia a charakteristika poloskalných hornín. *Manuskript – archív Katedry inžinierskej geológie PF UK. Bratislava. 18 s.*

Hrašna, M., Hyánková, A. & Letko, V., 1987a: Zisťovanie a charakteristika fyzikálnotechnických vlastností poloskalných hornín. *Manuskript – archív Katedry inžinierskej geológie PF UK. Bratislava. 50 s.*

Hrašna, M., Hyánková, A. & Letko, V., 1987b: Inžinierskogeologická klasifikácia a charakteristika poloskalných hornín. *Mineralia Slov., 19, s. 553–559.*

Hyánková, A., Wagner, P. & Ondrášik, M., 1998: Posúdenie vlastností rúbaniny z tunela Ovčiarsko. *Geológia a životné prostredie I. Bratislava. s. 22–24.*

Hyánková, A. & Letko, V., 1976: Zvláštnosti laboratórneho výskumu poloskalných hornín. *Acta geol. Univ. Comen., 29, s. 119–135.*

Johnston, I. W. & Novello, E. A., 1993: Soft rocks in the geotechnical spectrum. Geotechnical engineering of hard soils – soft rocks. *In: Anagnostopoulos et al. (eds.). Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 344 2, pp. 177–183.*

Matejček, A. & Ondrášik, R., 1998: Hodnotenie geologického prostredia v trase tunela Ovčiarsko. *Geológia a životné prostredie I. Bratislava, s. 20–22.*

Matejček, A. & Bohyník, J., 2001: Výsledky geotechnického monitoringu a skúšok *in situ* v prieskumnej štôlni. Úloha: Diaľnica D1 Višňové – Martin, podrobný IGHG prieskum formou prieskumnej štôlne pre tunel Višňové. *Manuskript – archív fi Geofos Žilina.*

Matys, M., Štofko, S. & Maas, P., 1998: Pressumeter tests in Paleogenic rocks. Communications on the edge of the millenniums. *Proc. of the 10th International scientific conference, University of Žilina, pp. 303–306.*

Ondrášik, R., Matejček, A. & Šamajová, E., 2002: Mineralogické zloženie a napúčavosť ílovcov vnútrokarpatského paleogénu v prieskumnej štôlni tunela Ovčiarsko. *Mineralia Slov., 34, 5–6, 329–334.*

Wagner, P. & Durmeková, T., 1999: Laboratórne zhodnotenie rúbaniny z prieskumnej štôlne pre tunel Višňové – úsek 0,0 až 115 m od západného portálu. *Manuskript – archív Katedry inžinierskej geológie PF UK. Bratislava. 16 s.*

Wagner, P. & Durmeková, T., 2000: Laboratórne zhodnotenie rúbaniny z prieskumnej štôlne pre tunel Višňové – úsek 252,7 až 810.0 m od západného portálu. *Manuskript – archív Katedry inžinierskej geológie PF UK. Bratislava. 16 s.*

Záruba, Q. & Mencl, V., 1974: Inženýrská geologie, 3. doplnené vydanie. *Praha, Academia. 512 s.*

STN 72 1001 Pomenovanie a opis hornín v inžinierskej geológii (s účinnosťou od 08/1990).

STN 73 1001 Základová pôda pod plošnými základmi (s účinnosťou od 10/1988).

Aspects of the soft rocks evaluation in engineering geology

Soft or weak rocks occur widely in Slovakia and it is practically impossible to avoid these rock materials in the present construction of engineering works. They occur almost in all lithological formations either as a final product of lithogenesis or as a result of retrograde changes from originally hard rocks. The occurrence of soft rocks is rising to younger geological units.

These materials represent borderline geotechnical materials and their behaviour falls somewhere between the area of traditional soil mechanics and rock mechanics (Fig. 1). Soft rocks are characterized by undesirable properties as low strength, high compressibility, less brittleness, high porosity, respectively a disintegration in contact with water, swelling, etc. In building activity they represent a problematic rock environment and they require a special access in the assessment of engineering-geological properties and of their behaviour.

An insufficient attention is devoted to these materials in current Slovak Standards. Soft rocks are classified according to the Uniaxial Compressive Strength only. Such criteria as the behaviour of rocks in contact with water, anisotropy of mechanical properties or a great range of property data in a framework of one lithological type are not taken into consideration in Standards. In general, in Standards are evaluating the short-term aspects only and properties changes in time are omitted, what has a substantial significance in the case of soft rocks.

Unfavourable properties of the soft rocks are reflected in any building activity, especially in a tunnelling construction. In last years it has started a construction of the highway network in the northern mountainous part of Slovakia. There are some pilot galleries under construction (Ovčiarsko, Višňové, Horelica) mostly in soft rock.

The example of the complicated driving in the soft rock massif is the pilot gallery for the tunnel Ovčiarsko in a section built up by Paleogene shales from the Central-Carpathian Flysch unit of the Žilinská kotlina basin. These shales have showed the satisfactory strength characteristics *in situ* and the driving progressed very well. For that reason the engineers did not consider it necessary to protect the walls and ceiling during driving operations. In time, and mainly after changes of the moisture conditions (season rainfall and following flood of the pilot gallery), the shales started to swell and deform the torcret lining (Fig. 2). Mineralogical analyses confirmed the presence of clay minerals – illite, chlorite and smectite. The content of unstable minerals from the smectite group was 20 up to 35 % (Ondrášik et al., 2002). The high swelling of the shales have been determined by oedometer tests, too.

Similar condition is in another pilot tunnel, Višňové, in northern Slovakia. The soft rocks occur in Paleogene (from the first to 115 m from the side of the west mouth), irregularly in Mesozoic complexes of the Krížna nappe (a section from 115 m up to ca 1300 m) and sporadically in the crystal-

line rock mass – mainly in places of frequent tectonic failures.

Laboratory research of soft rocks must be very specific and requires a specific technology. The range of obtained characteristics of the evaluated rock material depends in the first place, on the sampling. In the case of regular samples, it is possible to use methods of the rock mechanics. In the case of rock material disintegrated in water, it is possible to complete testing methods by methods of the soil mechanics. In the case of anisotropic rocks, it is necessary to test at least, a double number of samples for the representative assessment of rock properties.

Some new methods have been developed for the laboratory testing of irregular samples in the world – Point Load Test and Slake Durability Test – both methods are very suitable for properties estimation of soft or weak rocks. These methods have not included in Slovak Standards up till now and their using has an additional character only.

Mineralia Slovaca, 34 (2002), 329–334

Mineralogické zloženie a napúčavosť ílovcov vnútrokarpatského paleogénu v prieskumnej štôlni tunela Ovčiarsko

RUDOLF ONDRÁŠIK[1] ANTON MATEJČEK[2] a EVA ŠAMAJOVÁ[3]

[1]Katedra inžinierskej geológie Prírodovedeckej fakulty UK, Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava
[2]GEOFOS, s. r. o., Veľký diel 3223, 010 08 Žilina
[3]Geologický ústav Prírodovedeckej fakulty UK, Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava

(Doručené 24. 8. 2001, revidovaná verzia doručená 11. 10. 2002)

Mineralogy and swelling of the Inner Carpathian Paleogene shale in the pilot tunnel Ovčiarsko, Northwest Slovakia

The pilot tunnel Ovčiarsko, 2368 m long, was driven trough flysch suits of the Klippen belt, consisting of Mesozoic and Inner Carpathian's Paleogene layers. Geology of the suit is very complex. One of the main problem is linked to high content of smectites in the Inner Carpathian Paleogene shale, particularly in faults. Shale exhibits properties of semi-hard rocks in situ. However, they swell in contact with water and vapor and rapidly alter into soft clays. Excavated fragments, deposited in dump, exhibit rapid decomposition within some hours. Identification of clayey fraction, laboratory swelling tests and knowledge about their genesis were very useful for interpretation of field research results and in situ tests in the pilot tunnel for the tunnel designing.

Key words: shale, clay mineralogy, swelling

Úvod

Pri komplexnom hodnotení horninového masívu sa ako súčasť prác využívajú aj petrografické a mineralogické analýzy a poskytujú veľmi dôležité informácie o geologickej stavbe, vlastnostiach hornín a o ich správaní, najmä ak sa na zložení niektorých typov hornín a výplňových materiálov poruchových zón zúčastňujú aj ílové minerály. Tieto minerály významne ovplyvňujú vlastnosti hornín v profile výrubu, vývoj deformácií, celkovú stabilitu výrubu, ako aj využiteľnosť vyťažených hornín. Overiť prítomnosť ílových minerálov a identifikovať ich je dôležité najmä pri objemovo nestálych ílovitých horninách, lebo patria medzi rizikové faktory realizácie podzemných stavieb.

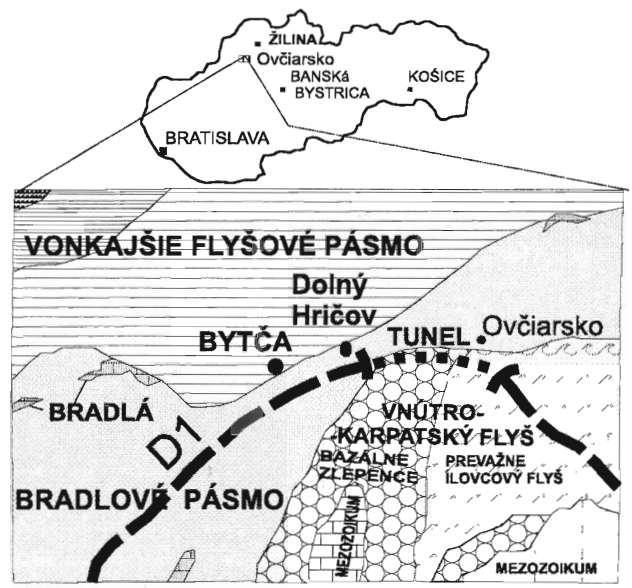
Opodstatnenosť takéhoto postupu sa potvrdila aj v prípade prieskumnej štôlne tunela Ovčiarsko.

Geologická charakteristika horninového prostredia tunela Ovčiarsko

Prieskumná štôlňa s prierezom 11 m^2 dlhá 2368 m v priestore severnej rúry projektovaného tunela v trase diaľnice D1 Hričovské Podhradie – Višňové na JZ od Žiliny (obr. 1) sa razila v zložitých geologických pomeroch flyšových hornín bradlového obalu v západnej a vnútrokarpatského paleogénu vo východnej časti.

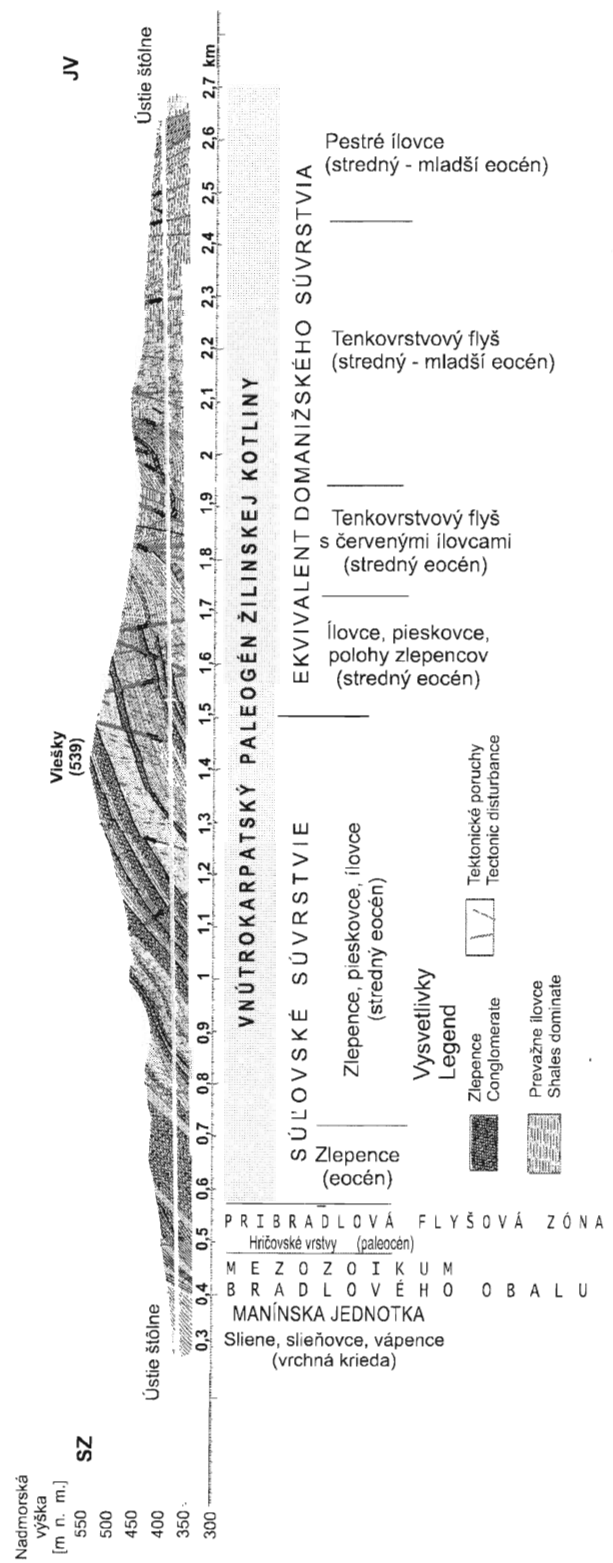
Geologickým pomerom tohto územia venovalo pozornosť viac autorov a prác. Medzi najvýznamnejšie patrí práca Andrusova a Kuthana (1944), Samuela et al. (1972), Salaja et al. (1978, 1984), Marschalka a Kyselu (1979), Marschalka a Samuela (1993) a Salaja (1994, 1995). V rámci podrobného prieskumu okolie tunela zmapoval a geologické pomery prehodnotil Potfaj (1998).

Autori sa pri označovaní súvrství a ich veku rozchádzajú, čo zrejme vyplýva z toho, že sa odvolávajú na rozličné oblasti výskytu príslušných vrstiev v širšom okolí.



Obr. 1. Geologická schema širšieho okolia projektovaného tunela Ovčiarsko.

Fig. 1. Geologic scheme of the pilot tunnel Ovčiarsko surroundings.



Obr. 2. Geologický profil tunela Ovčiarsko (upravený podľa Matejčeka et al., 1998).

Fig. 2. Geological cross-section of the pilot tunnel Ovčiarsko (after Matejček et al., 1998).

Pri základnom členení súvrství sa v príspevku pridržame Salaja (1994), ktorý zhodnotil širšie územie v rámci geologickej mapy stredného Považia, Domanižskej kotliny a severnej časti Strážovských vrchov v mierke 1 : 50 000, a pri podrobnom členení Potfaja (1998), ktorý študoval geologické pomery v bezprostrednom okolí a priamo v prieskumnej štôlni. Pre nejednotnosť názorov označujeme vyššiu časť flyšového súvrstvia vnútrokarpatského paleogénu Žilinskej kotliny v súlade s Potfajom (1998) podmienečným názvom „ekvivalent domanižského súvrstvia" (obr. 2).

Prieskumnou štôlňou bola overená geologická stavba masívu. V celej dĺžke ju tvorí heterogénne flyšoidné súvrstvie troch základných geotektonických jednotiek. Je to:

1. Flyšové súvrstvie obalu bradlového pásma manínskej jednotky so striedaním lavíc slieňov, slienitých bridlíc, vápnitých ílovcov, pieskovcov a piesčitých vápencov. V tomto súvrství, ktoré patrí do zóny vonkajších Západných Karpát, je vyrazený západný úsek štôlne v dĺžke 191 m.

2. Flyš bradlového (alebo pribradlového) pásma, zastúpený hričovskými vrstvami – siltovité pieskovce až siltovce, tmavé a červenohnedé vápnité ílovce, v širšom okolí štôlne aj zlepence a rifové vápence (paleocén). V štôlni tvorí úsek dlhý 90 m.

3. Flyšové súvrstvie vnútrokarpatského paleogénu vo východnej časti štôlne v dĺžke 2096 m, ktoré tvorí:

a. bazálne súľovské súvrstvie s prevahou zlepencov nad ílovcami a slieňovcami v spodnej časti a vo vrchnej časti s vyšším zastúpením ílovcov;

b. ekvivalent domanižského súvrstvia v pieskovcovo-ílovcovom vývoji s prevahou sivozelených a sivých ílovcov, sčasti slienitých a so zastúpením pestrých, červenofialových ílovcov.

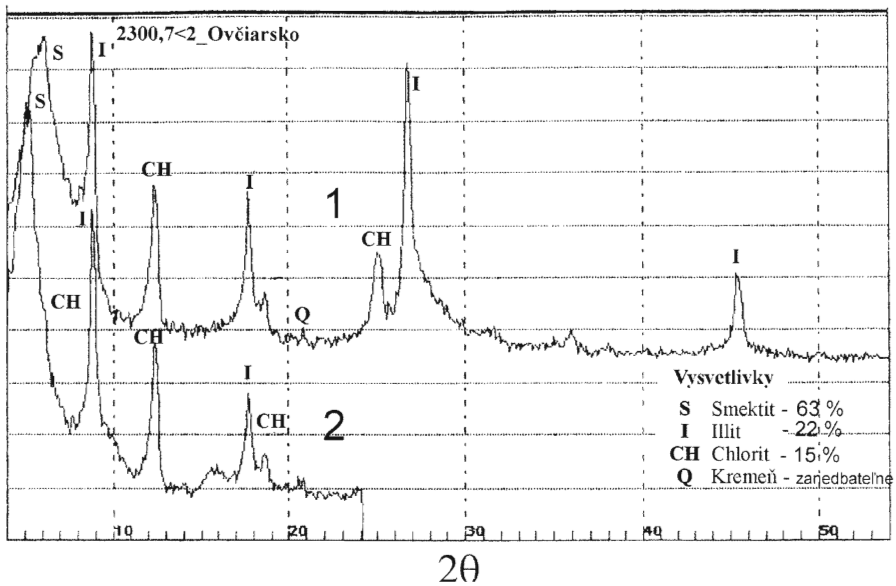
Flyšové súvrstvie vnútrokarpatského paleogénu Žilinskej kotliny vzniklo v plytkom mori na krátku vzdialenosť spláchnutých suchozemských produktov zvetrávania. Celé súvrstvie je nepravidelne, ale vcelku intenzívne tektonicky porušené.

Horniny v masíve mali povahu poloskalných hornín a po vyťažení sa ich vlastnosti v halde veľmi rýchlo menili. Kým zlepenec v masíve bol rozpadavý, v halde v priebehu dňa nadobudol povahu pevnej skalnej horniny. Prevažná časť pôvodne kompaktných ílovcov sa však po vyťažení v halde rozpadla na beztvarú prachovitú až ílovitú kašovitú zeminu. Uvedené zmeny fyzikálno-mechanických vlastností hornín boli podnetom na bližšie sledovanie obsahu a zloženia ílovej zložky.

Mineralogickým zložením ílovej frakcie v ílovcoch vnútrokarpatského paleogénu Žilinskej kotliny sa v predchádzajúcom období iba zbežne zaoberali geológovia pri tvorbe geologických máp.

Metódy zisťovania fyzikálno-mechanických vlastností a identifikácie ílových minerálov

V stene prieskumnej štôlne sa zo všetkých litologických typov hornín odobrali vzorky na laboratórne rozbory, a to petrograficko-mineralogické analýzy, na zistenie



Obr. 3. Difrakčný záznam vzorky s prevahou ílovej frakcie z prieskumnej štôlne Ovčiarsko. 1 – < 2 μm neupravovaná frakcia, 2 – nasycovaná etylénglykolom.

Fig. 3. X-ray powder diffraction pattern of a sample with dominating clay fraction from the pilot tunnel Ovčiarsko. 1 – < 2 mm fraction untreated, 2 – ethylene glycol treated.

fyzikálno-mechanických vlastností, a keďže sa preukázala napúčavosť ílovcov, pozornosť sa sústredila aj na identifikáciu ílových minerálov.

Mineralogicko-petrografické analýzy s použitím polarizačného mikroskopu na výbrusoch vykonal Ďurkovič a Sýkora (1998).

Komplexné fyzikálno-mechanické analýzy sa robili v laboratóriách INGEO, a. s., Žilina (Matejček et al., 1998). Štandardnými postupmi sa stanovilo zrnitostné zloženie, konzistenčné medze, prirodzená vlhkosť, merná hmotnosť, obsah uhličitanov a organických látok, zhutniteľnosť, objemová hmotnosť, hutnosť, pórovitosť výpočtom z mernej a objemovej hmotnosti, hmotnostná nasiakavosť do ustálenej hodnoty, stupeň nasýtenia výpočtom z vlhkosti, mernej a objemovej hmotnosti, pevnosť v prostom a priečnom tlaku, konsolidovaná odvodnená šmyková pevnosť, stlačiteľnosť a pretvárne vlastnosti. Napúčavosť sa zistila na neporušených vzorkách s prirodzenou vlhkosťou v oedometri s prístupom vody cez perforovanú podložku. Rozdiely výšky vzorky sa merali v intervale 1, 24 a 96 hodín a v jednom prípade po 120 hodinách.

Minerálne zloženie ílového podielu vybraných reprezentatívnych litologických typov hornín – prípadne výplne tektonicky porušených zón – sa stanovilo práškovou rtg. difrakčnou analýzou. Ílová frakcia < 5 alebo < 2 μm sa získala dezintegráciou vzoriek ultrazvukom a odstránením hrubšieho podielu sedimentáciou. Orientované preparáty pripravené sedimentáciou ílovej suspenzie na sklenú podložku a potom nasycované etylénglykolom sa analyzovali na počítačom riadenom rtg. difraktografe DRON-3 ($Cu_{K\alpha}$ žiarenie Ni filter, napätie 40 kV, prúd 20 mm, clona 1; 1; 0,5) s použitím počítačového programu na práškovú difrakčnú analýzu – systém ZDS. Prítomnosť expandujúcich minerálov (skupina smektitu) sa zistila na difraktograme vzoriek nasycovaných etylénglykolom (obr. 3). Semikvantitatívne (bez použitia štandardu) sa obsah identifikovaných minerálnych fáz zisťoval na základe integrálnych intenzít analytických reflexov s prepočtom na 100 %.

Výsledky laboratórnych skúšok a ich porovnanie so správaním hornín v masíve

V ílovcoch sa zistil vysoký podiel ílovej zložky. Ílové minerály sa vo zvýšenej miere vyskytujú vo výplňových materiáloch poruchových zón. Granulometrickou analýzou sa zistilo, že obsah ílových minerálov v neporušených ílovcoch dosahuje až 20 % a v tektonicky porušených zónach 30 až 35 % (Matejček et al., 1998). Hmotnostná nasiakavosť neporušených ílovcov bola 6 až 12 % (t. j. 15 až 30 % objemu), zvetraných ílovcov až 60 % (t. j. až 130 % objemu). Napúčanie vzoriek v oedometri sa prejavilo zväčšením objemu a deformáciou od 0,37 až po 3,99 % v smere osi oedometra v priebehu týždňa. Väčšia časť napúčania sa uskutočnila v priebehu prvých 24 hodín (hodnoty sú v tab. 1).

Z laboratórnych analýz vyplýva, že v ílovcoch a prachovcoch „ekvivalentu domanižského súvrstvia" tvorí jemnú frakciu kremeň, kalcit, dolomit a ílové minerály a ílovú vo všetkých sledovaných vzorkách minerálna asociácia smektit, chlorit a illit. Potvrdila sa opodstatnenosť predpokladu, že ílovce a siltovce obsahujú vysoký podiel objemovo nestálych ílových minerálov zo skupiny smektitu. V niektorých polohách je to viac ako 50 % ílovej frakcie (tab. 2).

Výsledky identifikácie minerálov a napúčavosti hornín umožňujú interpretovať správanie hornín počas budovania tunela v okolí prieskumnej štôlne. V horninovom masíve patria siltovce a ílovce medzi poloskalné horniny a v tektonicky porušených zónach masívu získavajú povahu hliny až ílovitej hliny. Ak je ich prirodzená vlhkosť v stene štôlne pod hranicou medze plasticity (W_P), pri styku s vodou napúčava ílová zložka a miestami nastávajú výrazné objemové zmeny. V dôsledku toho sa v stene štôlne vytláčali ílovce do výrubu a to viedlo k vzniku ťahovej zóny nad stropom a k otvoreniu puklín. Niekoľko mesiacov po výrube sa pri zmene vlhkostných pomerov v masíve (sezónne zrážky, zaplavenie štôlne) masív nasýtil vodou,

Tab. 1
Podiel ílových minerálov v ílovej frakcii
Content of clay minerals in a clayey fraction

Poradové číslo	Staničenie	Priemer vzorky	Prírastok Δ h za 1 hodinu		Prírastok Δ h za 24 hodín		Prírastok Δ h za 96 hodín		Prírastok Δ h za 120 hodín	
		Výška vzorky h (mm)	(mm)	%	(mm)	%	(mm)	%	(mm)	%
1	2237	h 32,4	0,12	0,37	0,00	0.00	0,12	0,37		
2	2269	d 63,4	0,10	0,16	0,57	0,90	1,67	2,63		
		29,6	0,15	0,51	0,99	3,34	1,18	3,99		
3	2021	d 63,4	0,02	0,03	0,24	0,37	0,65	1,03		
		d 63,4	0,03	0,04	0,25	0,39	0,49	0,77		
4	2262	h 49,7	0,05	0,10	0,69	1,38	0,69	1,39		
5	2169	d 63,5	0,06	0,03	0,58	0,91	0,94	1,48		
6	RII. 14 m	h 22,4	0,12	0,54	0,22	0,98	0,35	1,56		
		h 16,2	0,05	0,31	0,23	0,98	0,35	2,16		
7	MVO-23 10,2 m	h 30,1							0,04	0,14

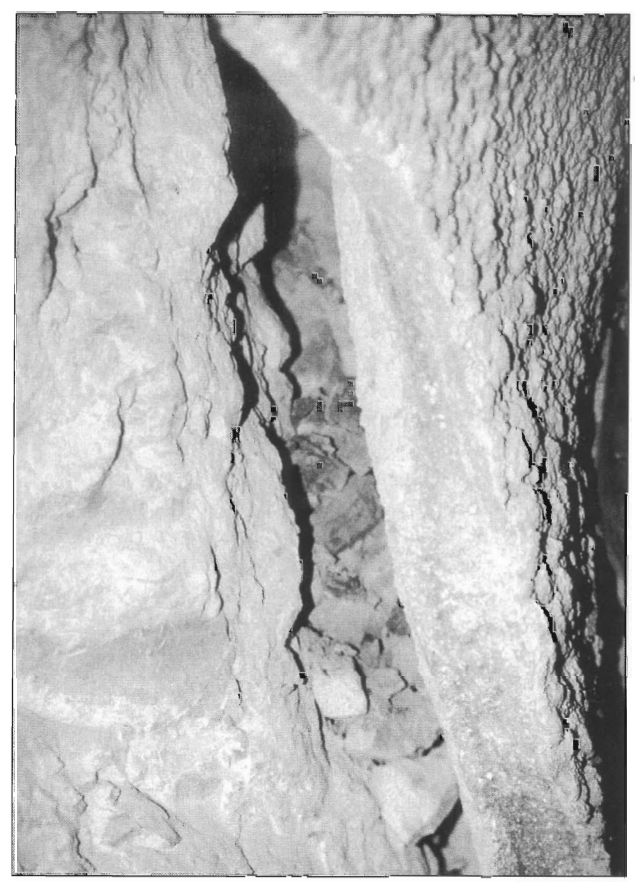
objemové zmeny ílovcov sa začali uplatňovať aj v okolí puklinového priestoru v masíve a dôsledkom bol aj vzrast tlaku a porušenie torkrétového ostenia zo striekaného betónu (obr. 4, 5). Vplyv objemových zmien ílových minerálov v horninovom masíve sa negatívne prejavil aj vytláčaním ílovcov zo steny štôlne do tunelového otvoru a zmenšením priemeru otvoru štôlne, ako sa to zistilo meraním deformácií v zabudovaných konvergenčných profiloch (Matejček et al., 1998). V úsekoch s vyšším zastúpením objemovo nestálych ílových minerálov bola zaregistrovaná deformácia 20–50 mm, v niektorých prípadoch 60–120 mm (v staničení 2301 m v profile KPV-7), maximálne až 313 mm (v staničení 2404.0 m v profile KPV-5). Celé úseky prieskumnej štôlne sa museli zabezpečiť ďalšími vystrojovacími prvkami.

Vysoký obsah smektitu sa viaže na horniny ekvivalentu domanižského súvrstvia s prevahou ílovcov vo východnej časti štôlne v staničení od 1600 m. Negatívny vplyv objemovo nestálych ílových minerálov sa prejavil najma v úsekoch s výraznejším tektonickým porušením a s dosahom zvetrávania.

Podľa rakúskej tunelárskej normy ÖNORM B 2203 boli všetky ílovcové úseky zatriedené do kategórie C2 až

Tab. 2
Hodnoty napúčavosti ílovcov z oedometrických skúšok
Swelling values from the oedometric tests of shales

Poradové číslo	Staničenie	Smektit	Illit	Chlorit	Ine spolu
1	535.7	56	14	30	0
2	1695.7	40	17	12	22
3	1936.1	41	33	26	0
4	2090.6	61	17	19	3
5	2194.7	42	25	17	16
6	2223.0	45	27	18	10
7	2300.7	33	25	17	25
8	2300.7	63	22	15	0
9	2399.6	48	18	18	16
10	2406 8	48	18	18	16
11	2412.8	46	23	16	15
12	2426.0	50	20	15	15
13	Rozrážka RI-1	63	18	15	4



Obr. 4. Odlupovanie ostenia steny štôlne následkom objemových zmien ílovca v masíve
Fig. 4. Flaking of the pilot tunnel lining due to the shale swelling

Obr. 5. Poruchy primárneho ostenia v dôsledku objemových zmien ílovca v stene prieskumnej štôlne.

Fig. 5. Pilot tunnel lining failure due to the shale swelling.

C3, do ktorých sa zaraďujú tlačivé horniny. Z celkovej dĺžky štôlne reprezentovali úseky v kategórii C2 336,7 m (čo je 14,5 % z celej dĺžky), C3 60,1 m, (2,6 %) a v osobitne vyčlenenej kategórii P (C4) s najnepriaznivejšími geotechnickými vlastnosťami 78,9 m (3,4 %).

Medzi úseky so zastúpením objemovo nestálych ílových minerálov patria bloky v celkovej dĺžke 645 m, z toho pre úsek dlhý 302 m bude nevyhnutné prijať opatrenia proti nepriaznivému vplyvu tlačivých hornín.

Diskusia

Význam zisťovania obsahu a zloženia ílových minerálov v ílovcoch horninového masívu v súvislosti s plánmi budovania tunela spočíva v identifikácii zón s napúčavým ílom, čo umožňuje urobiť spoľahlivé závery založené na výsledkoch laboratórnych skúšok a správania hornín v prieskumnej štôlni.

Deformácie prejavujúce sa vytláčaním ílovcov zo steny výrubu, ktoré vznikajú najmä vo flyši „ekvivalentu domanižského súvrstvia", sú dôsledkom nielen plastických deformácií tlakom nadložia, ale do značnej miery aj objemových zmien – napúčania ílovcov pri ich hydratácii. Absorpcia vody ílovými horninami vedie k ich napúčaniu a jeho intenzita sa mení v závislosti od zloženia, obsahu a disperzie ílových minerálov. Stupeň disperzie ílovej zložky s rôznym minerálnym zložením je v masíve veľmi rozdielny.

Výsledky mineralogického štúdia ílovej frakcie spomenutých ílovcov a výplňových materiálov tektonických porúch ukázali, že dominujúcim ílovým minerálom je smektit, ktorý sa vždy prejavuje vyššou disperziou častíc a zvýšením obsahu koloidov v ílovej zložke (Sergejev et al., 1971). Disperznosť, a teda aj merný povrch ílových častíc sú vždy väčšie pri ílových mineráloch s nestabilnou expandujúcou kryštalickou mriežkou, čo sa vzťahuje na smektit.

Podľa Milenzu a Kinga (1955, in Grim, 1962) je napúčanie spôsobované dvomi príčinami: 1) zväčšovaním vrstvičiek kapilárne viazanej vody následkom uvoľnenia efektívneho tlaku a 2) osmotickým pohlcovaním vody ílovými minerálmi a vzdialením vrstiev kryštálovej mriežky. Podľa Sergejeva et al. (1971) vrstvy viazanej vody, ktoré sa vytvárajú okolo koloidných a ílovitých častíc, oslabujú väzby medzi nimi, vzďaľujú ich a tým spôsobujú zväčšovanie objemu ílovcov, čo je charakteristické najmä pri obsahu minerálov zo skupiny smektitu. Napúčaním sa nielen zväčšuje objem ílovcov, ale oslabujú sa aj väzby ílovitých častíc a účinkom vody sa ílovce môžu rozmočiť a skašovatieť. Hydratácia a napúčanie majú osmotickú povahu v súvislosti s vyššou koncentráciou solí v pórovom roztoku ílovcov ako vo vode prichádzajúcej do styku s ílovcami. Osmotickému mechanizmu pripisuje veľký význam aj Brekke (1965). Gillot (1987) spresňuje, že napúčanie je dôsledkom medzivrstvovej hydratácie a osmózy medzi štruktúrnymi vrstvami ílových minerálov. Napúčanie neporušených ílovcov môže podľa Grima (1962) trvať aj niekoľko mesiacov po ich odľahčení a vystavení pôsobeniu vlhkosti, čo je v súlade aj s poznatkami z prieskumnej štôlne.

Napúčavosť vyvoláva tlak, ktorý podľa výsledkov z ílu s obsahom smektitu dosahuje od 0,05 do 0,5 až 1,2 MPa (Gillot, 1987). Veľkosť tlaku závisí od mnohých okolností, najmä od minerálneho zloženia ílovcov, ich štruktúry, zloženia a koncentrácie pórových roztokov, od stupňa nasýtenia, konsolidácie a cementácie. Z ílových minerálov má najvyššiu napúčavosť smektit. Brekke (1965) uvádza, že napúčavosť ílu spôsobuje už relatívne nízky podiel montmorillonitu v ílovej frakcii.

Vplyv minerálneho zloženia ílovej frakcie na vlastnosti ílovcov potvrdili aj presiometrické skúšky vo vrtoch v trase diaľnice D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka, ktorej súčasťou je aj projektovaný tunel Ovčiarsko (Matys, Štofko a Maas, 1998). V ílovcovom súvrství bol veľký rozptyl deformovateľnosti bez závislosti od hĺbky. Okrem vysokej tektonickej porušenosti prevažne ílovcového súvrstvia sa to dá pripísať aj vplyvu rôznorodosti štruktúry a minerálneho zloženia.

Záver

Vo flyšových horninách vnútrokarpatského paleogénu, v ktorých sa bude raziť východná časť tunela Ovčiarsko,

prevládajú porušené ílovce a siltovce. Hoci sa v masíve prejavujú ako poloskalné horniny, v poruchových zónach nadobúdajú povahu hliny a ílovitej hliny. V styku s vodou sa rýchlo rozpadajú a kašovatejú aj neporušené pevné ílovce a siltovce. Obsah ílovej zložky je 20 až 35 %. Laboratórnymi identifikačnými metódami sa v ílovej frakcii zistil vysoký obsah smektitu a skúškami v oedometri jeho vysoká napúčavosť. Na tomto základe možno konštatovať, že vysoká tlačivosť ílovcov v masíve nie je daná iba ich plastickým správaním, ale do značnej miery aj napúčavosťou. Tým sa dá vysvetliť správanie ílovcov a siltovcov v styku s vodou a narastanie ich tlačivosti v stene štôlne až po čase potrebnom na absorbovanie vody do ílovcov s obsahom smektitu.

Uvedené fakty naznačujú vyššie riziko pri razení tunela Ovčiarsko, ale podľa výsledkov inžinierskogeologického prieskumu prieskumnou štôlňou bude možno riziko znížiť vhodnou technológiou razenia a nasledujúcim zabezpečením výrubu tunela.

Príspevok vznikol v súvislosti s riešením grantovej úlohy 1/7190/20.

Literatúra

Andrusov, D. & Kuthan, M., 1944: Podrobná geologická mapa Slovenska. List Žilina (4361/2). *Práce Št. geol. Úst., 10, 196 s.*

Brekke, T. L., 1965: On the measurement of the relative potential swellability of hydrothermal montmorillonite clay from joints and faults in pre-cambrian and paleozoic rocks in Norway. *Int. J. Rock Mech. Mining Sci., 2, pp. 155–165.*

Ďurkovič, V. & Sýkora, M., 1998: Mineralogicko-petrografické rozbory. *In: Matejček, A. (ed.): Podrobný inžiniersko-hydrogeologický prieskum formou prieskumnej štôlne pre tunel Ovčiarsko. Manuskript – archív INGEO, a. s., GEOFOS, s. r. o., Žilina.*

Gillot, J. E., 1987: Clay in engineering geology. Developments in engineering geology 41 *Elsevier. Amsterdam, 468 p.*

Grim, R. E., 1962: Applied Clay Mineralogy. *New York, McGraw-Hill Co. Inc. 384 p.*

Marschalko, R. & Kysela, J., 1979: Geológia a tektonika pieninského bradlového pásma a manínskej jednotky medzi Žilinou a Považskou Bystricou. *In: Maheľ, M. (ed.): Tektonické profily Západných Karpát. Bratislava, GÚDŠ, 41–57*

Marschalko, R. & Samuel, O., 1993: Sedimentológia východnej vetvy súľovských zlepencov. *Západ. Karpaty, Sér. Geol., 17, s. 7–38.*

Matejček, A., Panek, M. & Méryová, E., 1998: Podrobný ighp formou prieskumnej štôlne pre tunel Ovčiarsko. [Záverečná správa.] *Manuskript – archív INGEO, a. s., GEOFOS, s. r. o., Žilina, GEOstatik, s. r. o., Žilina.*

Matys, M., Štofko, S. & Maas, P., 1998: Pressumeter tests in Paleogenic rocks. Communication on the edge of the milleniums. *Proceeding 10. Intern. sci. conf. University of Žilina, 9.–11 September 1998, pp. 303–306.*

Potfaj, M., 1998: Vyhodnotenie geologickej situácie v okolí štôlne Dolný Hričov – Ovčiarsko. *In: Matejček, A. (ed.): Podrobný ighg prieskum formou prieskumnej štôlne pre tunel Ovčiarsko. Manuskript – archív INGEO, a. s., GEOFOS, s. r. o., Žilina.*

Salaj, J., 1994: Geológia stredného Považia a pribradlového pásma so súľovským paleogénom a mezozoikom severnej časti Strážovských vrchov. *Zem. Plyn Nafta, 39, 4, s. 3–51*

Salaj, J. & Samuel, O., 1984: Microbiostratigraphical division of West Carpathians Mesozoic an paleogene. *Západ. Karpaty, Sér. Paleont., 9, pp. 11–71.*

Salaj, J., Kysela, J., Gašparíková, V & Began, A., 1978: Dán a mont manínskej série západne od Žiliny a otázka laramského vrásnenia. *Geol. Práce, Spr., 70, s. 57–81*

Sergejev, F M., Golodkovskaja, G. A., Ziangirov, R. S., Osipov, V I. & Trofimov, V. T., 1971: Gruntovedenije. *Moskva, Izd. 595 p.*

Mineralogy and swelling of the Inner Carpathian Paleogene shale in the pilot tunnel Ovčiarsko, Northwest Slovakia

The pilot tunnel Ovčiarsko, 2368 m long with cross-section 11 m^2, was drived along the northern tunnel tube line as a part of the highway D1 in the passage Hričovské Podhradie – Višňové, southwest of the town Žilina (Fig. 1). The pilot tunnel crosses tectonic contact between the Carpathian Klippen belt and the Inner Carpathian Paleogene. The west part of the tunnel, in the length 281 m was driven trough the Klippen belt mantle rocks, and the western part, in the length 2096 m, in the rock of the Inner Carpathian Paleogene flysch respectively (Fig. 2).

The Inner Carpathian Paleogene flysch consists of two lithological complexes: a) basal comglomerates with shale and sandstone layers, – Súľov conglomerates; b) shale with sandstone layers, gray green, gray and reddish violet, partly marly, shale – "equivalent of the Domaniža layers". Conglomerate in the rock mass partly disintegrated when cut alters to compact hard rock in the dump. In contrary, big part of shale disintegrated and altered to mud in the dump.

Samples were taken from any rock lithological type for laboratory testing of physio-mechanical properties. Swelling of shale samples were tested as well (Tab. 1). The fine fraction of shale, representing 20 to 35 % of the total, consists of quartz, calcite, dolomite and clay minerals. Identification of clay particles (< 2 mm fraction of the shale) was performed by x-ray powder diffraction pattern (Fig. 3). Smectites, chlorite, and illite were identified (Tab. 2).

Geology of the area studied several authors. The most relevant are results of Andrusov and Kuthana (1944), Samuel et al. (1972), Salaj et al. (1978, 1984), Marschalko and Kysela (1979), Marschalko and Samuel (1993), Salaj (1994, 1995), Potfaj (1998).

The deformation of shale in the pilot tunnel walls were monitored by dilatometers. The pilot tunnel tube diameter was reduced 20–50 to 60–120 mm. It is interpreted, trough the clay identification and swelling tests, that the deformation was caused not only by the stress deformation but by swelling of shales as well. Swelling progressed some weeks terminating by a failure of the pilot tunnel lining where not waterproof technology was used (Figs. 4 and 5).

Shale undergoing to swelling represents 645 m of the pilot tunnel. Responsible measures for preventing water admission to shale in the tunnel wall are designed.

Mineralia Slovaca, 34 (2002), 335–342

Cífer-Pác (western Slovakia): an example of the Neolithic site of local stone raw materials used for implements construction

DUŠAN HOVORKA[1], RADOVAN MLATEC[2] and TITUS KOLNÍK[3]

[1]Faculty of Natural Sciences, Comenius University, Mlynská dolina, 84215 Bratislava, Slovak Republic
[2]Philological faculty, Konstantin the Philosopher University, Trieda A. Hlinku, 94900 Nitra, Slovak Republic
[3]Archaeological Institute of the Slovak Academy of Sciences, Akademická 2, 94921 Nitra, Slovak Republic

(Received 24 January 2002)

Abstract

Site Cífer-Pác, position Nad mlynom, is characterized by its Early and classic Linear Pottery Culture belonging to the Želiezovce Group. In this paper we present characteristics of the raw material used by the Neolithic communities for implements construction. Their typology as well as quantitative proportion of individual implements and of raw material used, and realised thin sections studies enabled us to confirm previous estimations that metamorphic rocks of the greenschists and amphibolite facies represent the most frequently used raw material types. Their provenience is very local. Both types occur in neighbour hood of the Malé Karpaty Mts. Beside the greenschists (and amphibolites) seldom artefacts have been made from the other raw material types, i. e. sandstone, crystalline limestone, teschenite a. o.

Key words: western Slovakia, Cífer-Pác, Neolithic, mostly local raw material types: greenschists and amphibolites

Introduction

The settlement of Cífer-Pác is located in the Trnava Table about 14 km east of the Malé Karpaty Mts. This northwestern edge of the Danube Lowland was included in the dense Neolithic occupation. A number of Early Neolithic sites were recognized, based on accidental finds, surface collections, rescue and systematic excavations – Blatné (Pavúk, 1979, 1980), Čataj (Pavúk, 1976, 1986), Borovce – (Kolník and Paulík, 1957) etc.

The Neolithic site Cífer-Pác, location "Nad mlynom" has been situated on a low terrace (maximum altitude is 140 m. a. s. l.) on the right bank of the Gidra stream, a tributary of the Dudváh river. The subsoil consists of loess and loess-loam layers overlying a gravelly-sand substratum. From the pedological viewpoint, within 0.5 km radius is dominated by black soil.

The existence of the settlement from the Roman period has been known since the 1965's. Large-scale systematic excavations at the site, led by T. Kolník, were conducted in 1969–1980. The total area excavated at Cífer-Pác was close to 8000 m^2. Most of the features belong to the La Téne periods and Linear Pottery Culture and the Želiezovce Group. The Neolithic settlement did not completely occupy the excavated area. The area uncovered in the southern and southwestern parts of the investigated area contained only few features.

The total of more than 400 features from the Linear Pottery Culture and the Želiezovce Group were uncovered, but only the lower parts of some features were preserved and most of the shallow post holes were obliterated.

The remains of five houses (no complete ground plan) and building pits (characteristic long pits alone longer sides of houses) without any post holes were found.

The central part of the site (but probably edge of the Neolithic settlement) yielded the second important group of features datable to the Želiezovce Group – concentration of 15 ovens. Some of them were partly destroyed.

Only part of the features were partly processed, so the results must be treated as partial. Settlement at Cífer-Pác probably lasted through Early and Classic (Notenkopf) Linear Pottery Culture and the Želiezovce Group II-III periods (Mlatec, 2000). The analysis of the find complex from Cífer-Pác contributes to the solution of problems relating to the development of the Linear Pottery Culture and the Želiezovce Group in Slovakia and Central Europe, as well.

Polished stone industry

The polished stone industry is one of the most typical attributes of the Early Neolithic. These artefacts seems to have been the only tools used for work with a wood. The aim of study presented here is analysis of used raw material types and identification of their possible provenance.

The assemblage of polished stone implements from Cífer-Pác contains 97 finds. Most of them (67 artefacts) comes from excavated area but not from features and only 10 typologically specifiable finds comes from datable features. So the majority of tools could not be dated and its exact chronological position is unsure.

Classification shows that flat axes and shoe-last chisels are most characteristic types of tools in this periods. For assemblage from the Cífer-Pác site the same ascertain is valid. The flat axes are represented by 31 finds and shoe-last chisels by 14 implements. But the most numerous are unspecifiable fragments (44 finds). A transverse profile, shape, thickness versus width or other metric characteristics, wear traces are important for the next subdivision.

From the state of preservation viewpoint the most typical are breakage in the plane perpendicular to the base and occasionally split lenghtwise.

Perforated tools amount to five finds: three axe-hammers and two globular macehead. Only fragments of these artefacts are known from Cífer-Pác. All fragments are broken at the perforation. Some tools were secondary adapted as a simple hammer or handstone.

Raw material types

Geological structure of the lowland areas is generally unfavourable to found suitable hard raw materials used for implements construction. On the other side lowland areas covered by fertile soils have been densily inhabited namely in the Middle and Late Neolithic as well as in the younger time-periods. The explanation is simple: agriculture, which in the given period represents the main food supply for increasing population needs more and more stone tools for permanent houses construction and implements for soil treatment.

For sites located on lowlands or wide river valleys suitable raw materials were taken from rivers bed deposits on one side, or they have been imported (in the form of semiproducts, or ready made implements) from hilly or mountaineous areas, where suitable rock bodies were cropping out on the surface. Subordinate amount of implements should have been transported from distant sources (Hovorka and Illášová, 2000). In the case of the discussed site river Váh is located some 25 km aside, which represents still "one day walking" distance, e. g. relatively easy reachable source of the raw materials needed. Simultaneously topographically elevated Malé Karpaty Mts. offer several suitable raw material types used for various implements construction.

In the following we dealt with individual raw material types all of which have been identified by thin sections studies. Among the raw material types all main genetic rock groups have been found, e. g. sedimentary, igneous as well as metamorphic ones. Their short characteristic is as follows.

Sedimentary rocks

No typical sedimentary raw material types have been found on the site under consideration. In the following we present one implemented raw material which originated through the process of precipitation from hydrothermal solutions.

Opal-chalcedony hydrothermalite

Only one small fragment of unknown implement-type of irregular shape with one polished side belongs to this category. Fragment has dark-grey color and aphanitic appearence. Raw material of the fragment has character of breccia, in which dark-grey fragments (small blocks) composed of aphanitic quartz-chalcedony aggregate are cemented by the light quartz matter. Such appearance of the given raw material type is in favour of hydrothermal "cementation" of previously existing dark, under hydrothermal conditions originating $SiO_2.nH_2O$ matter. Such hydrothermal precipitates are known to occur as filling of hydrothermal veins in the area limited by Pezinok and Pernek towns in the Malé Karpaty Mts.

Igneous rocks

Also in the case of this genetic raw material type only one fragment raw material which belongs to this category has been documented.

Alkali volcanic/subvolcanic rock

Irregular smal, on one side oval (globular), and on the other side irregularly broken fragment with documented boring has dark color and fine- to medium (1–3 mm) grained size of individual constituents.

Thin section study allows to characterize the raw material under consideration as follows. Rock has hollocrys-

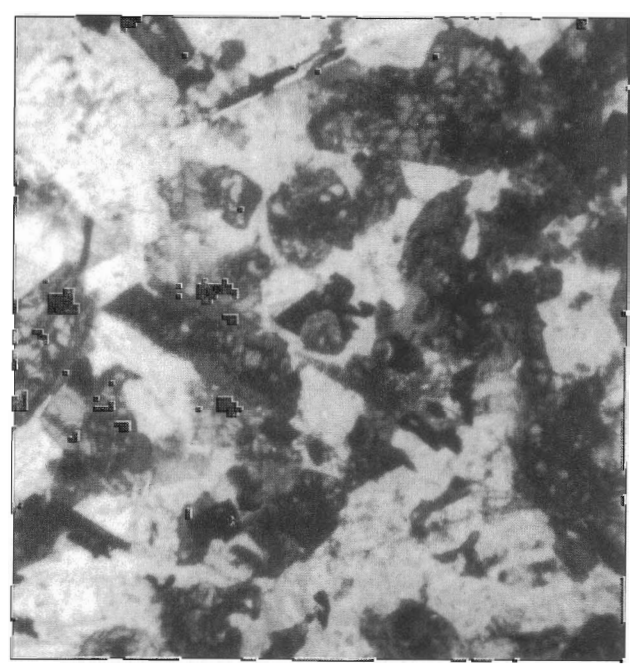


Fig. 1. Mesocratic holocrystalline massive subvolcanic (?) rock of the teschenite family. Cífer-Pác, 28/78. Magn. 7.5x, // polars

talline character (Fig. 1). It has massive pattern and is composed of plagioclases, which bears mostly twinned character, Ti-rich of violet-brown color clinopyroxenes, dark brownish-green strongly pleochroic monoclinic amphiboles, in accessory amount also apatite, ore minerals and products of their (only partly expressed) secondary alterations.

The raw material under consideration we rank among the rocks of teschenite-picrite family. They are known to occur in hundreds individual occurrences in the Moravskosliezske Beskydy Mts. both on the Czech Republic as well as Poland territories. Though several tens of the rock types have been described being the raw material types of the Neolithic/Aeneolithic implements documented on the Slovak Republic territory (Hovorka and Illášová, 2000), no rock type belonging to the teschenite-picrite family and being used as the raw material has been described yet.

Accepting this assumption we have to consider 100–200 km long transport of the given raw material or ready made implement to the given site.

Metamorphic rocks

Raw materials of the metamorphic schist family with developed metamorphic foliation represent the most used raw material types. Planes of metamorphic foliation (= schistosity) form the planparallel limits of hammer-axes, chisels and the other prolonged implement types.

Greenschists

This rock type represents product of low to medium grade metamorphic recrystallization of basic intrusives, effusives as well as pyroclastic deposits. They do occur in different geological units of various age (stratigraphy). In the Western Carpathians they form a part of so called core mountains (the Malé Karpaty Mts., Tribeč, Považský Inovec etc. mountain chains) in the territory of the Slovak Republic.

Greenschists are mainly fine-grained rocks with well or slightly developed metamorphic foliation (schistosity). Planes of metamorphic foliation are in the majority of cases planparalel two main sides of the given artefact. Desirable technological properties of this raw material type is the consequence of columnar, in some cases pronouncedly longcolumnar habit of the actinolithic hornblende on one side, and the absence or even low amount of phyllosilicates (micas) on the other one.

In the Malé Karpaty Mts. crystalline core greenschists and low-grade amphibolites occur namely in the form of the belt between the Pezinok and Pernek towns, and are simultaneously members of so called Harmónia Fm. of the SE slopes of the mountain range under consideration.

For the greenschist/amphibolite bodies metasomatic and thermal influence of granitic bodies is characteristic. The degree of mentioned thermic effect is variable: various spotted schists and even contact hornfelses originated in mentioned processes. Observable biotitization (introduction of potassium into beds of greenschists/amphibolites) is the most characteristic postmetamorphic process. Biotitization in thin sections is documented by the presence of tiny postkinematic anchimonomineral veinlets filled up by dark mica aggregate, which diffusely penetrates into neighbouring rock.

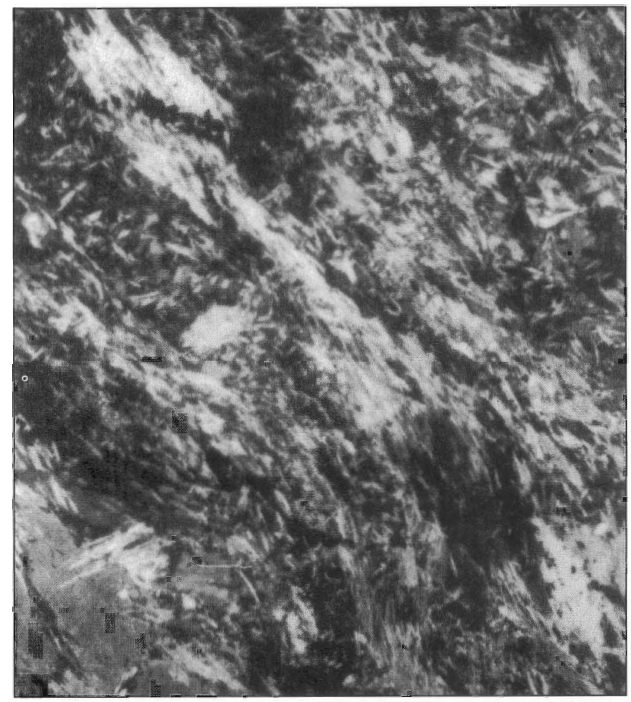


Fig. 2. Albite-actinolite greenschist with prononced foliation. Cífer-Pác. 98/72. Magn. 12.5x, crossed polars.

This characteristic process, and namely its products enable us to joint individual implements made of this category of raw material to the occurrences of discussed rocks just in the Malé Karpaty Mts., which occurrences represent outcrops in distance of 15–25 km. Though small size of individual documented implements offer possibility to bound them to the river Váh valley gravel deposits, mentioned biotitization/phlogopitization univocally bound them to the Malé Karpaty Mts. deposits. Based on the grain-size, fabric features, mineral composition a. o., among the greenschists documented as the implements raw material types, we distinguished several varieties. They are as follows.

Albite-actinolite schists. They have dark-green or even gray-green color and of pronouncedly schistose (Fig. 2) as well as more-or-less massive pattern (Fig. 3). Dominant rock-forming mineral is represented by columnar/long-columnar actinolithic hornblend of light-green colour and observable pleochroism. End terminations of some hornblende crystals have felty-like morphology, which is highly favourable property for this rock type to be used as the raw material for implements construction.

Quantitative proportion of albite present varies from 5 vol. % to 30 vol. %. Processes of postkinematic biotitization of amphibole columns are observable on the majority of artefacts studied. The quantitative proportion of dark mica flakes is mostly low, not exceeding 5 volume percent.

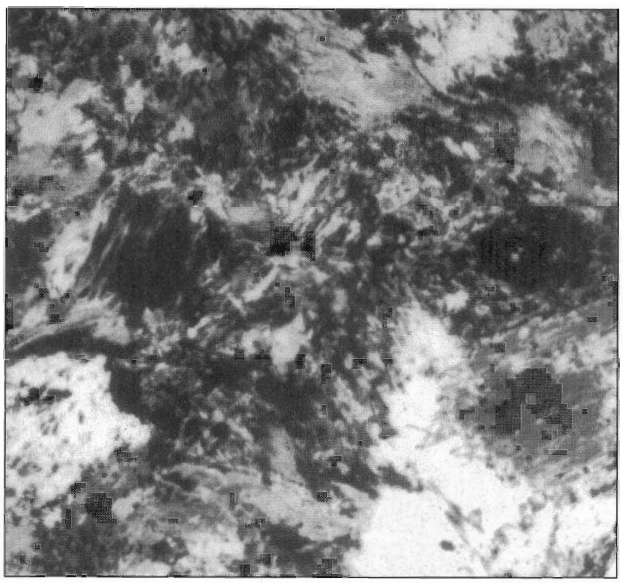


Fig. 3. Albite-actinolite schist of porphyroblastic pattern Cífer-Pác, 192 Magn 12 5x, crossed polars.

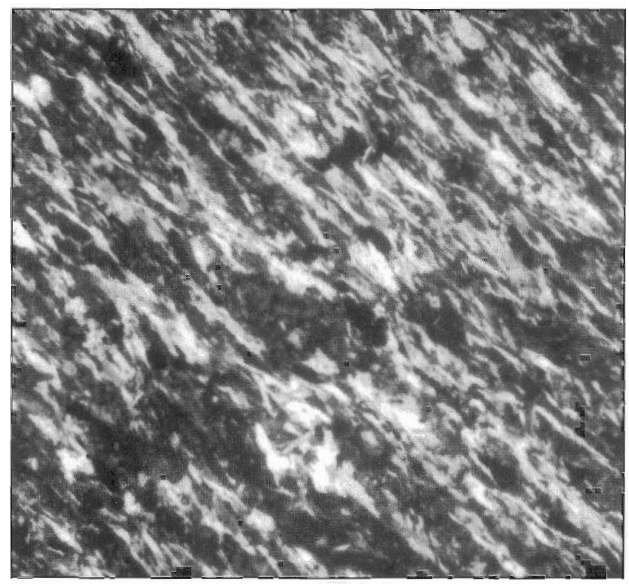


Fig. 4. Monomineral actinolite schist with well prononced foliation Cífer-Pac, 174 Magn 12 5x, crossed polars

In the rock variety under consideration albite crystals form lenses and in less amount also tabular idioblastic small crystals (up to 0.4 mm), generally of the low degree of secondary recrystallization. Fine-grained magnetite/ilmenite pigment is distributed regularly in the whole rock, though locally aggregate accumulations are observable. Fine-grained ore pigment (not exceeding 5 volume per cents) conditioned gray tint of the artefacts.

Banded albite-actinolite schists. This variety (18/74) is characteristic by manyfold alternation of 0.X mm thick light (albite) and dark (actinolite) laminae. They are perpendicular with long planes of the artefact. Individual bends have straight prolongation and in thin section image the boundaries between bands are gradual.

This characteristic fabric of the given greenschist variety is the reflection of lamination of premetamorphic protolith. The most probably actinolite laminae represent metamorphic equivalent of originally fine-grained volcaniclastic (volcanic ash) material and light (mostly albite) should have been fine-clastic material.

Also in this case the Malé Karpaty Mts. have been the provenience of this raw material type.

Anchimonomineral (nephritoid) actinolite schists are less frequent in comparison to the above mentioned type. Felty pattern of long-columnar actinolite crystals (Fig. 4) is characteristic, but not the only one. In general this raw material type is very fine-grained (0.2 mm). Gradually increased amount of albite is characteristic and approaches this rock-type to the previous one. Among them exists gradual transition. Also in this rock-type variety the traces of biotitization (introduction of potassium into the rock) are traceable.

Biotite-actinolite schists. Both raw material varieties characterized above in places gradually pass into type, in which substantial amount od dark mica is present (e. g. 182/78, 115/77, 59/76, 4/77, 321/77 a. o.). Dark mica mostly forms lenses or irregularly shaped aggregates which gradually pass into the matrix of the rock. On mica aggregates no traces of their degradation (e. g. chloritization) are traceable, so dark mica represents product of the last metamorphic processes which influenced/formed given mineral association. As it has been mentioned earlier this process is represented by an introduction of potassium from the cooling granitic body into its metamorphic envelope, represented among others also by various greenschist varieties.

This raw material type has characteristic appearance. On surface planes of individual implements yellow-gold to light-brown aggregates of dark mica, or in the majority of cases on surface planes irregular negative cavities of

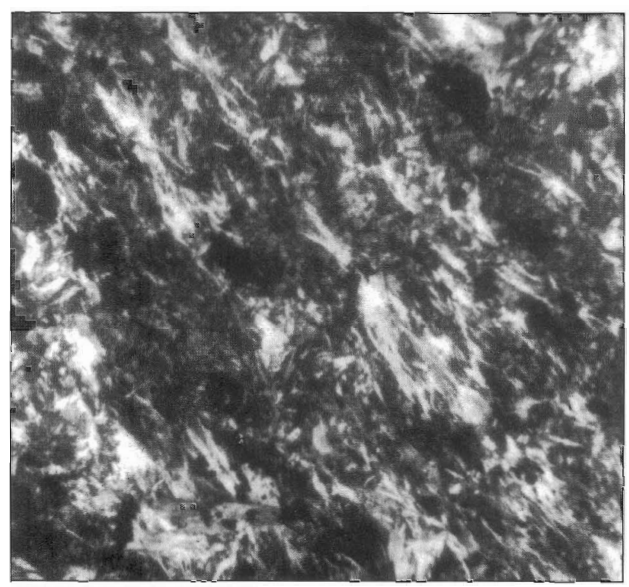


Fig. 5. Al-spinel–anthophyllite–hornblende schist. Cífer-Pác, 270/73. Magn. 24x, crossed polars.

mm to 1 cm dimension are typical. They represent weathered dark mica aggregates, which have been moved away.

Biotite-actinolite schists represent the most characteristic raw material type occurring in the Malé Karpaty Mts.

Al-spinel–anthophyllite–hornblende schist belongs to the peculiar raw material type described in detail by Hovorka et al. (1997). Implements made from this raw material type (Fig. 5) occur in several sites of the western Slovakia, having highest population just around the Malé Karpaty Mts. Implements made from this raw material type have been identified in the Záhorie lowland as well as the Trnava loess table and the Southslovakian lowland. Four small non-bored axes (from the total set of 30 thin sections) belong to the less present, but not unigue from the quantitative point of view.

Antigorite serpentinite

In the set of artefacts from the given site we have identified 3 of them, being constructed from the antigorite serpentinite. One of them we studied using polarizing microscope. By naked eyes observation all 3 fragments of implements are made from just identical raw material type – so thin section characterization one of them should be considered to be valid for all of them.

Raw material of this type is dark-grey, locally with bluish tint, aphanitic, homogeneous with irregular lighter spots. Massive character of the given rock is evident in their thin section image. The strongly dominated phase is flaky antigorite of hap-hazard orientation. In subordinate amount relics of brown, pleochroic monoclinic amphibole (Fig. 6) is observable. Phantoms of short-columnar pyroxenes are also detectable. Pigmentation of the given rock is caused by submicroscopic magnetite pigment, which is regularly disseminated in the whole rock, or locally is also concentrated on tiny veinlets.

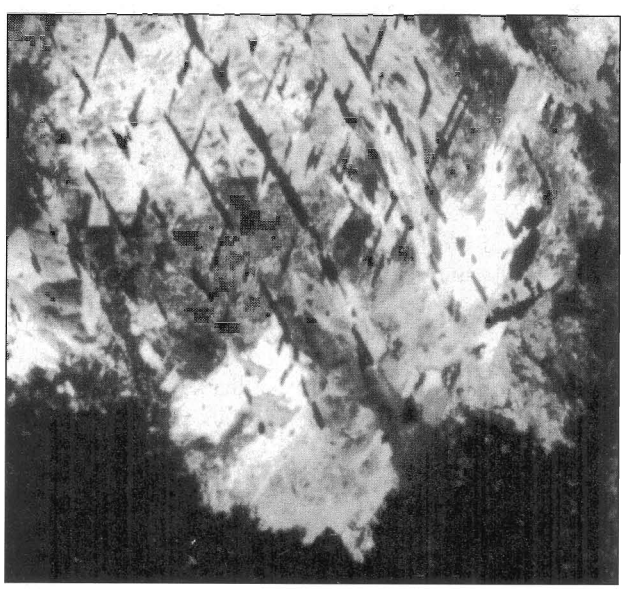


Fig. 6. Antigorite serpentinite (dart part) with relic clinoamphibole (upper part). Cífer-Pác, 4B. Magn. 12.5x, crossed polars.

Post-serpentine veinlets are filled up by talc and carbonate.

To the problematic of antigorite serpentinite as the raw material type used in the Neolithic/Aeneolithic should be added following. Processes of hydration (serpentinization) of ultrabasic rocks underwent under various temperature conditions. During low temperature (up to approximately 300 °C) serpentine polymorphs known under generally accepted terms chrysotile and lizardite originate. In the case of excess of MgO also unsubstantial amount of brucite appears. When hydratation recrystallization underwent under higher temperature conditions instead of mentioned serpentine polymorhs antigorite (+ talk ± Mg-chlorite, ± Mg-rich amphibole a. o.) originate. For lizardite-chrysotile serpentinites the veins and veinlets filled up by fibrous chrysotile (asbest) belong to their characteristic features. Such veins and veinlets (sometime of only 0.1 mm thickness) are planes of mechanical splitting of the given raw material or even of ready made implements. Long experiences of the Neolithic populations enables raw material selection, which starting process have been applied on serpentinites too. Implements described from several localities (review see paper by Hovorka and Illášová, 2000) have been made univocally from the antigorite serpentinites only.

Following mentioned limits for the given raw material geological occurrences, and simultaneously taking into account presence of relics of brown magmatic hornblende, we consider geological units forming the eastern rim of the Bohemian Massif to be provenience of the antigorite serpentinite occurrences. In such case antigorite serpentinite raw material has been transported on approximately 150 km distance.

Metagabbro

This raw material type has been used for two (98/7, 192) implements construction of which only fragments we have at our disposal. In the both cases raw material is represented by massive rock-types of the ghost magmatic pattern and dark grey-green color. Raw material type under consideration is composed mostly of wide columns (being pseudomorphs after pyroxenes) of light green actinolitic amphibole and tabular plagioclases. They are partly secondary altered into saussuritic aggregates. Accesories (apatite, titanite, titanomagnetite, a. o.) are also present.

Provenience of this raw material type is not unambiguous: it is either some of geological units rimming the Bohemian Massif on the east, or the Malé Karpaty Mts. crystalline core. In the last mentioned mountain chain namely among Tertiary conglomerates on the eastern slopes of the mountain ridge there are known various varieties of gabbro/metagabbro pebbles up to 10 cm in diameter. As they are present in the form of individualized pebbles on the surface, their picking and consequent elaboration seems to be probable.

Metagreywacke

Only one columnar fragment of implement (192/77) with a polished part of the fragment we had at our dispo-

sal. Fragment is light-grey in colour. In thin section fine-grained (0.3–0.4 mm) massive to slightly schistose aggregate of quartz and feldspar is documented. The spaces among mentioned crystals are filled up by fine-flaky sericite (muscovite) aggregate mostly of preferably oriented pattern. This aggregate represents recrystallized original clay matrix of the protolith.

In the both distinguished Early Paleozoic Fms. of the Malé Karpaty Mts. there occur metasediments of various protolith types. Based on the intensity and the type of metamorphic recrystallization the Harmonia Fm. located on the southeastern slopes of the discussed mountain range seems to be the most probable raw material source.

Metaquartzite

Also in this case in documented set of artefacts only one of them (192/77) has been constructed from metaquartzite. Raw material of this type is pinkish light-brown

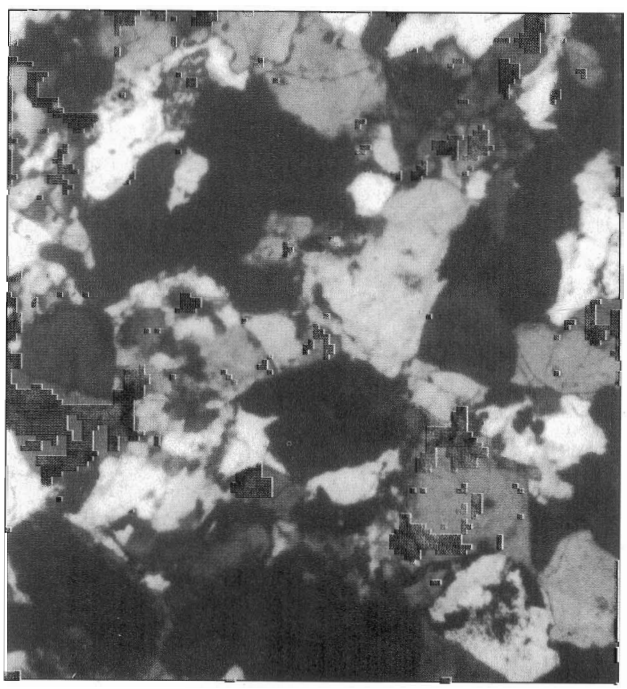


Fig. 7. Granoblastic pattern of metaquartzite. Cífer-Pac. 192B/77 Magn. 12.5x, crossed polars.

in color in thin section is represented by a fine-grained (0.2–0.3 mm) aggregate of prevailing quartz. But also crystals of feldspars and white mica are present (Fig. 7). In the documented rock characteristic is the presence of around 7 mm in diameter pebble of coarser-grained (in comparison to the main rock) metaquarzite. The presence od such pebble documents conglomerate character of the premetamorphic sandstone protolith of the given rock.

Metaquartzite occurs as the characteristic rock-member of the Mesozoic envelope unit of the Malé Karpaty Mts. So this mountain range we consider to be supplier of this raw material type.

Crystalline limestone (marble)

Two fragments of oblong bored implements, the most probably of the crushers character are documented from the site Cífer-Pác. Both of them are of light colours: one is dirty white and the other one is of yellowish colour. As no metamorphic calcium silicates are present (Fig. 8) in the given raw material type, we consider relatively pure limestones to be premetamorphic protolith of documented implements.

Comparatively intensively recrystallized limestone does not occur in the territory of the country. So Moldanubicum partial units (Moravian branch of Moldanubicum) we consider to be provenience of the given raw material type.

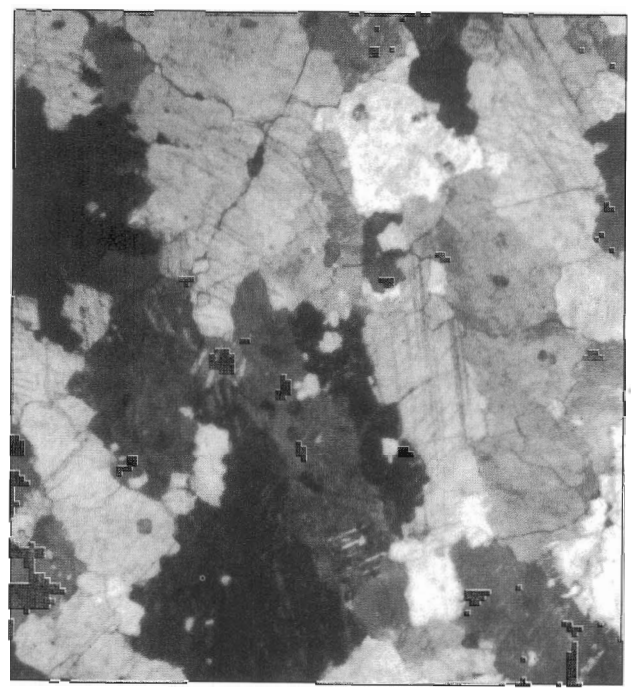


Fig. 8. Medium-grained crystalline limestone. Cífer-Pac. 105/70 Magn. 7.5x, crossed polars.

Discussion and conclusion

Following the Šarišské Michaľany site, where from the great majority of documented Neolithic implements were constructed from the very local raw materials (Banská et al., 1998; Hovorka and Šiška, 2000) of sedimentary origin, Cífer-Pác represents the other one with local raw materials used in the Neolithic. In contrast to the Šarišské Michaľany in the case of Cífer-Pác majority of the raw material types used have their origin in mountaineous area of the Malé Karpaty Mts. located some 20–30 km from the described site. In this case the nearest geological occurrences of metamorphic rocks of needed technical properties do occur in the Malé Karpaty Mts., namely in its Pezinok-Pernek and Harmonia Fms. Another less probable source, based on small size and uneven petrography is the river Váh valley, which occures in 25–30 km distance. Lack of observed biotitiza-

tion of greenschists and amphibolites in case of pebbles is also in favour of the Malé Karpaty geological bodies to be source of discussed raw material types.

Among implements (or in the majority of cases in their fragments) approximately 80 % is made from the greenschist. For the majority of them, characteristic petrographic feature is expressed by the presence of postmetamorphic biotitization (phlogopitization), which process has not been reported in regional extend yet from another core mountain of the country. Based also on this characteristic we are abble to bound the great majority of implements from the given site to the Malé Karpaty Mts. geological occurrences.

Permanent problem of the last years is to locate raw material occurrences in the case of greenschists with Al-rich green spinel. Such raw material has been described in detail from several western Slovakia localities (Hovorka et al., 1997). From this greenschist variety we have documented also 4 small non-bored axes from the discussed site. If we consider that 30 thin sections studied represent characteristic set of implements, in such case 4 Al-rich spinel greenschists are equal to 12 per cent of the implements studied in thin sections under polarizing microscope.

Similar situation is on the other studied sites located in the western part of the country (Hovorka et al., 1997). Greenschist varieties with Al-rich green spinel have been found also in the northwestern Hungary (Szakmány, oral communication). From the given distribution of implements made from the greenschist variety of Al-rich green spinel it follows that the Malé Karpaty Mts. are located in centrum from which mentioned raw material should have been distributed. In this connection it ought to be mentioned that such greenschist varieties have not been reported yet (Cambel, 1954; Cambel and Kamenický, 1985) from the mountain range, and negative results yelded concentrated effort of one of the authors (DH) in checking several tens of other thin sections from the above mountain range.

As the Al-rich green spinel represents characteristic marker of given pT conditions of origin – mostly medium till elevated pressure during metamorphic recrystallization – which conditions should be approximate by granulite facies pT conditions, we can bound the original (source) raw material type for discussed implements in the Malé Karpaty Mts. conditionally only. In this mountain range no such metamorphic complexes are known to occur.

Among the set of implements studied in thin sections we identified one fragment with preserved bored part (in direction of borehole being 3.5 cm long) made from subvolcanic pronouncedly alkaline basic rock of the teschenite-picrite family. Numerous geological occurrences of rocks of the given provenience are known to occur on the territory of Moravia (easternmost county of the Czech Republic) as well as Poland. As an alternative source rock-body located near Višňové, Krpeľany and others resp. located in the river Váh valley (Hovorka and Spišiak, 1988) should be considered. In this case we ought to consider pebble of the river Váh valley of alkaline subvolcanic rock has been used for implement construction.

The other (metagraywacke, metagabbro, metaquartzite) raw material types, identified in thin sections, in all cases have been represented by one artefact only. For all of them we consider the Malé Karpaty Mts. to be source area of mentioned raw material types.

The other raw material types, namely sandstone and crystalline limestone are not of the Malé Karpaty Mts. provenience. Meanwhile fine-grained sandstone has been derived the most probably from the Tertiary filling of the Carpathians Flysch belt. Medium-grained dirty-white crystalline limestone has not equivalents among numerous Western Carpathians limestone bodies of various stratigraphy, so its derivation from the Bohemian Massif should be probable.

Concluding problematic of raw materials used by the Neolithic population of site Cífer-Pác it has been mainly influenced by the supposed practical use of elaborating artefact, e. g. sandstone always were used as the grinders of implements a. o. On the other side soft crystalline limestone (marble) has been used for decorative parts of dress construction a. o.

References

Banská, M., Hovorka, D. & Šiška, S., 1998: Paleogene limy mudstones: local raw material of neolithic stone artefacts of the Šarišské Michaľany site (Eastern Slovakia). *Archeol. Rozhl., L, s. 656–661.*

Cambel, B. & Kamenický, L., 1982. Geochémia metamorfovaných bázických hornín tatroveporidov Centrálnych Západných Karpát. *Bratislava, Veda, 514 s.*

Cambel, B., 1954: Geologicko-petrografické problémy severnej časti kryštalinika Malých Karpát. *Geol. práce, Zoš., s. 363–374.*

Hovorka, D. & Illášová, Ľ., 2000: What do we know about abiotic raw materials used by the Neolithic/Aeneolithic populations on the territory of nowadays Slovakia? *Krystalinikum, 26, s. 83–110.*

Hovorka, D. & Spišiak, J., 1988: Vulkanizmus mezozoika Západných Karpát. *Bratislava, Veda, 263 s.*

Hovorka, D. & Šiška, S., 2000: Polished stone industry from the Neolithic settlement site of Šarišské Michaľany (Eastern Slovakia). *Mineralia Slov., 32, 5, s. 471–478.*

Hovorka, D., Farkaš, Z. & Spišiak, J., 1998: Neolithic jadeitite axe from Sobotište (Western Slovakia). *Geol. Carpath., 49, 4, s. 301–304.*

Hovorka, D., Illášová, Ľ. & Korikovsky, S., 1997: Spinel-hornblende-anthophyllite (nephritoid) neolithic axe from western Slovakia. *Geol. Carpath., 48, 2, s. 137–140.*

Kolník, T. & Paulík, J., 1957: Záchranný výskum na neolitickom sídlisku v Borovciach pri Piešťanoch. *Slov. Archeol., 5, 272–306.*

Kolník, T., 1978: Ďalšia etapa výskumu v Cíferi-Páci. *AVANS, Nitra, 1977, s. 128–135.*

Kolník, T., 1979: Výskum v Cíferi-Páci v roku 1978. *AVANS, Nitra, 1978, s. 142–153.*

Mlatec, R., Hovorka, D. & Kolník, T., 2002: Typology of the neolithic polished stony industry from the Cífer-Pác. Otázky neolitu a aeneolitu našich krajín. Nitra. *231–240.*

Mlatec, R., Analýza sídliska kultúry s lineárnou keramikou a želiezovskej skupiny v Cíferi-Páci. [Diplomová práca.] Filozofická fakulta Univerzity Komenského v Bratislave. 168 s. Nepublikované.

Pavúk, J., 1976: Záchranný výskum na trase autostrády v Čataji. *AVANS, Nitra, 1975, s. 177–181.*

Pavúk, J., 1979: Výskum neolitického sídliska v Blatnom. *AVANS, Nitra, 1978, s. 206–211*

Pavúk, J., 1980b: Výskum neolitickej osady v Blatnom. *AVANS, Nitra, 1979, s. 160–165.*

Pavúk, J., 1986: Linearkeramische Großbauten aus Čataj. *Slov. Archeol., 34, s. 365–382.*

Cífer-Pác (západné Slovensko) – príklad neolitickej lokality s použitými lokálnymi surovinami na výrobu kamenných nástrojov

Poloha Nad mlynom archeologickej lokality Cífer-Pác je na sprašovej Trnavskej tabuli. V rokoch 1969–1980 tam T. Kolník viedol systematické vykopávky na ploche skoro 8000 m^2. Podľa archeologických kritérií bola lokalita osídlená ľudom železovskej kultúry. Základné archeologické znaky lokality, ako aj typológiu kamenných artefaktov z nej uvádza Mlatec et al. (2002). V tomto článku je prehľad surovín (hornín) použitých na výrobu nájdených kamenných predmetov.

Kamenné neolitické artefakty sledovanej lokality sú vyrobené zo všetkých troch základných (sedimentárnych, vyvretých i metamorfovaných) typov hornín, ale kvantitatívny podiel surovín evidovaných kamenných výrobkov je veľmi rozdielny. Z kategórie usadenín sa štandardným mikroskopickým výskumom potvrdil iba jeden fragment predmetu nejednoznačného typologického zaradenia, ktorý je vyrobený z opálovo-chalcedónového hydrotermalitu. Podobne ojedinelé sú aj kamenné predmety z eruptívnych hornín. Dokumentovali sme fragment prevŕtaného sekerovitého (sekeromlatového) predmetu vyrobeného z alkalickej horniny patriacej těšínitovo-pikritovej asociácii Moravskosliezskych Beskýd.

Výrazne prevládajúcou kategóriou surovín kamenných artefaktov študovanej lokality sú rozličné typy metamorfovaných hornín. Dominantné postavenie medzi nimi majú variety zelenej bridlice. Charakteristická pre ne je postkinematická biotitizácia, prejavujúca sa zatláčaním prevažne aktinolitického amfibolu biotitom resp. aj tvorbou vlásočnicových monominerálnych žiliek rozličnej orientácie, čo je proces viažuci sa na intrúziu modranského granodioritu. Napriek tomu, že sa zelené bridlice vyskytujú aj v ďalších geologických jednotkách Západných Karpát, Českého masívu, ale aj Východných Álp, práve táto metasomatická biotitizácia umožňuje suroviny artefaktov stotožniť s horninovými súbormi harmónskeho súvrstvia malokarpatského kryštalinika. Z petrografického hľadiska sú zaujímavé zelené bridlice s podstatne zastúpeným zeleným a na hliník bohatým spinelom, ktoré sa ako suroviny artefaktov už detailne študovali (Hovorka et al., 1997). I keď podľa distribúcie artefaktov vyrobených z daného typu zelených bridlíc, ktoré sa našli na Trnavskej tabuli, ako aj na záhorských lokalitách, Malé Karpaty podmienečne považujeme za oblasť zdroja týchto surovín, ich geologické telesá sme v prírode ani napriek cieľavedomému terénnemu aj laboratórnemu výskumu doteraz nezistili.

Z ďalších typov metamorfovaných hornín sme ako suroviny artefaktov identifikovali antigoritické serpentinity, metagabrá, metadroby, metakvarcity a kryštalický vápenec. V práci diskutujeme aj o ich možnej proveniencii.

Podobne ako aj na iných spracovaných neolitických lokalitách (l. c.) nášho územia možno suroviny polohy Nad mlynom z lokality Cífer-Pác z hľadiska ich pôvodu pokladať za: a) lokálne, b) transportované zo strednej vzdialenosti aproximovanej dĺžkou „jednodenného resp. niekoľkodenného pochodu" a c) transportované na dlhú (viac ako 100 km) vzdialenosť.

Mineralia Slovaca, 34 (2002), 343–346

Fe-horizons in Carnian- and Eocene- sediments of Western Carpathians in Slovakia

JOZEF SALAJ, ĽUBICA PUŠKELOVÁ, LADISLAV ŠTEVULA a IVAN HOLICKÝ

Geological Institute of Slovak Academy of Sciences, Dúbravská cesta 9, 842 26 Bratislava
geolpus@savba.sk

(Received 12 December 2002)

Abstract

Oxides and oxidehydroxides of Fe in the Lunz horizon of Carnian and in the Middle Eocene concretions are the evidence of the humide paleoclimate, during which there occurred the bed-loading/drifting of material from fresh, respectively black ferric lateritic soils from the continent into the sea. The arising content of Fe-oxides in this paleoenvironment create unfavourable living conditions for benthic and agglutinated foraminifera, which could not exist here anymore. On the other hand the extinct planktonic foraminifera formed the cores of miniconcretions in Middle-Upper Eocene sediments, what caused their damage by conservation. Phase mineral composition of Fe-horizons was studied and investigated by petrographic and X-ray analyses. The presence of various Fe-oxides and hydroxides as well as of non-stoichiometric hydrates were determined.

Key words: Fe-horizons, Carnian (Lunz), Eocene, flysh, humide paleoclimate, Fe-oxidic and anoxic paleoenvironment, foraminifera, X-ray diffraction analysis

Introduction

In general, flysh sediments are poor on foraminifera, as on benthic, agglutinated, or calcareous – as on planktonic. This is relatively rich – as far as concerned the pelagic milieu and with sedimentation predominantly pure marled. In the last years (Salaj, 1998, 1999) flysh sediment horizons rich on admixture of various ferric oxides have been exposed to stratigraphic research (Schwertmann, 1969; Towe and Bradley, 1967; Mitchell et al., 1964). In these Fe-horizons benthic, agglutinated as well as calcareous microfauna were missing absolutely, because the Fe-oxidic paleoenvironment was absolutely unfavourable for development of this microfauna.

The pased planktonic foraminifera created the cores, around which had been formed a marl covering, rich on iron compounds. After a detailed research of great amount of these mini concretions rich on Fe compounds, there were found rare imprints of ferric planktonic foraminifera, occasionally available for the detailed stratigraphic research. In some horizons rich on Fe-oxides/hydroxides it was arosen the formation of relatively great (to 5–10 cm) ferric concretions (Schwertmann, 1966; Schellmann, 1959; Deer et al., 1967).

The formation of these Fe-compounds was a result of humid paleoclimate which caused after monsoon rains the drifting or bed-loading of red-rusted, even blacked lateritic soil horizons, or rusty-red paleosoils "terra rossa" from the continent down to the sea (Čuchrov, 1955; Čuchrov, 1975).

X-ray diffraction analysis of Fe-concretion

Some of these sedimentary horizons rich on Fe-compounds were undergone to a mineralogical study. The samples were analysed by powder X-ray diffraction method using a Philips PW 1710 diffractometer (Cu-anticathode with Ni-filter or Co-anticathode with Fe-filter, current 20 mA, voltage 35 kV).

First (oldest) horizon from Triassic is from Carnian, Lunz – layers of Strážov unit – from Strážovské vrchy Mts. (Babčan, 1974).

Second horizon belongs to the Paleogene flysh sediments – Domaniža Formation (Middle Eocene) of Súľov Paleogene (Malá Lednica).

The last one is located in Bystrica Formation of Magura Paleogene W from Dlhé Pole (Nízke Javorníky Mts.). Age: upper part of Middle Eocene (25 m NE from elevation point 460.5 m)

OCHRES I. – Lunz (the oldest Upper Triassic) – 5 mm thin ferric position formed by magnetite in thick Lunz – sandy complex strata. Locality: Strážovské vrchy Mts., at the elevation Dievčia, near Rriedky.

From the splinters and partly also powdered considerably brown particles, which were scraped-out from the surface of the supplied Lunz rock – after thoroughly pulverizing the X-ray diffractometric record was carried out (Fig. 1). It had been established that the sample contains above all mainly quartz, less feldspars and magnetite. As minor phases there are present the micaceous compounds (muscovite, sericite, hydromuscovite), vermiculite and hematite

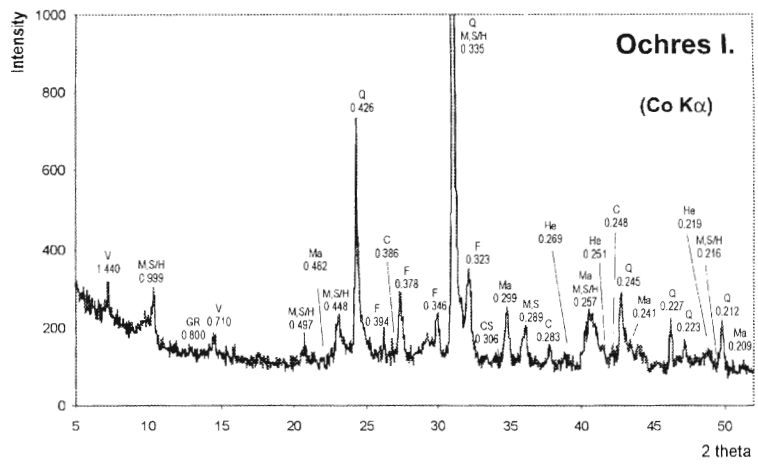


Fig. 1. X-ray diffraction pattern from sample "Lunz" V – vermiculite, M – muscovite, S – sericite, H – hydromuscovite, F – feldspar, Q – quartz, C – calcite, Ma – magnetite, He – hematite, G – goethite, CS – gypsum.

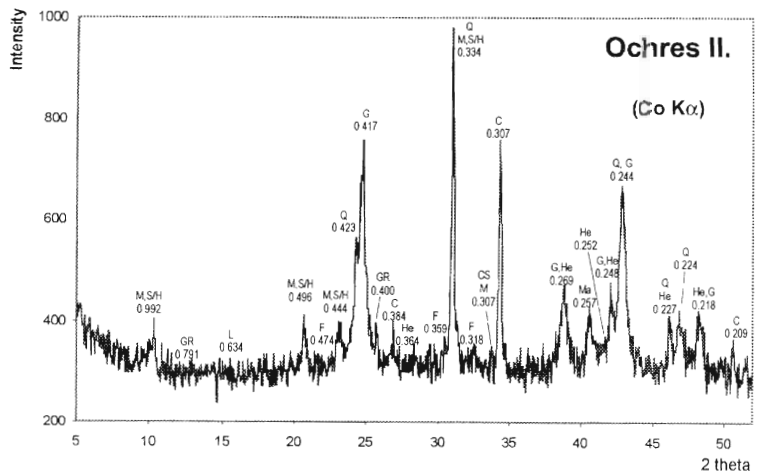


Fig. 2. X-ray diffraction pattern of sample from Domaniža Formation, Malá Lednica. Legend: see Fig. 1.

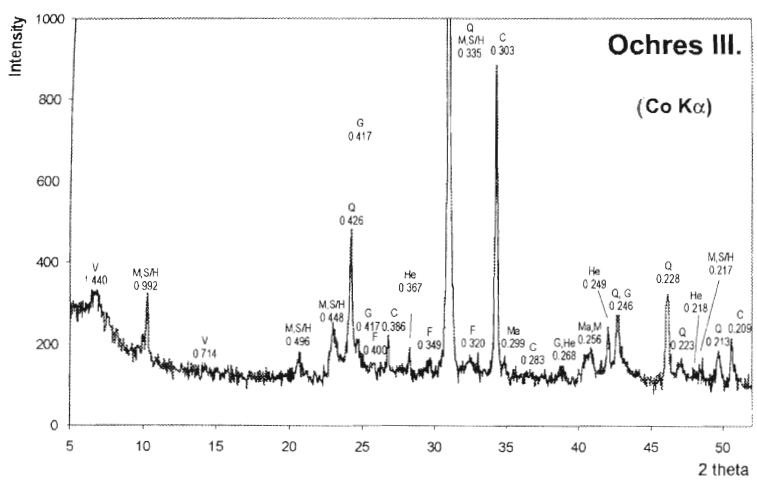


Fig. 3. X-ray diffraction pattern from central, uncovered, clay-coloured part of concretion. Legend: see Fig. 1

are obvious. Finally – traces of green-rusts, calcite and gypsum were found (Tamaura et al., 1983).

OCHRES II. – Flysh complex strata of Upper Lutetian from the notch of a field way near Malá Lednica.

This sample was prepared from small splinters, or scraped-out from the surface of a rock with the most ochred and browned, even blacked layers on rims of the given concretion – with absolutely highest amount of -FeOOH, i. e. goethite which may occur together with lepidocrocite (Fig. 2) (B. chin, 1988; Hanslík et al., 1980).

OCHRES III. – Core of the investigated ferric concretion in the central, uncovered, denuded and clay-coloured part surrounded by ochred, till browned layers.

From the performed X-ray diffractometric record (Fig. 3) it is obvious that this sample contains as dominant phases: quartz, calcite, micaceous compounds (muscovite, sericite, hydromuscovite), vermiculite and hematite. Minority phases consist of magnetite and feldspars. Some traces of gypsum are also present.

OCHRES IV. – Sample from dark, zonal rounded iron oxidic fayers, ca. 3 mm thick, forming the cover of the given concretion. Locality: the Nízke Javorníky Mts. At a forest way, 20 m NE from the elevation point 460.5 m (see photo, Fig. 4).

Comparing the obtained diffractions on the record (Fig. 5) with the values of ASTM cards concerning the second position and the intensity, it may be stated that they belong unambiguously to the iron oxide/hydroxide phases, namely to goethite, magnetite and hematite as the main phases – followed by some minor amounts of nearer non-identifiable iron phases, but with indication on non-stoichiometric composition. Otherwise at least in the same amount also the other minerals, such as quartz, calcite are present with traces of feldspars (Petrovič et al., 1985).

As it is known, magnetite – as one of the most abundant and ubiquitous detrital minerals – occurs in varying amounts in thermally metamorphosed sediments. Under suitable conditions by a partial reduction of colloidal iron oxides it may become concentrated by stream or tidal action and by floating or loading of various particles down to the sea, forming magnetite sands. Then the matrix hardened to compacted layers on the ground of the sea. The given concretion is just from such a matrix, loosened from this medium and then abraded (Yamaguchi and Takahashi, 1982).

Notice: Printings of the precise interplanar spacings concerning to investigated samples are to disposal separately.

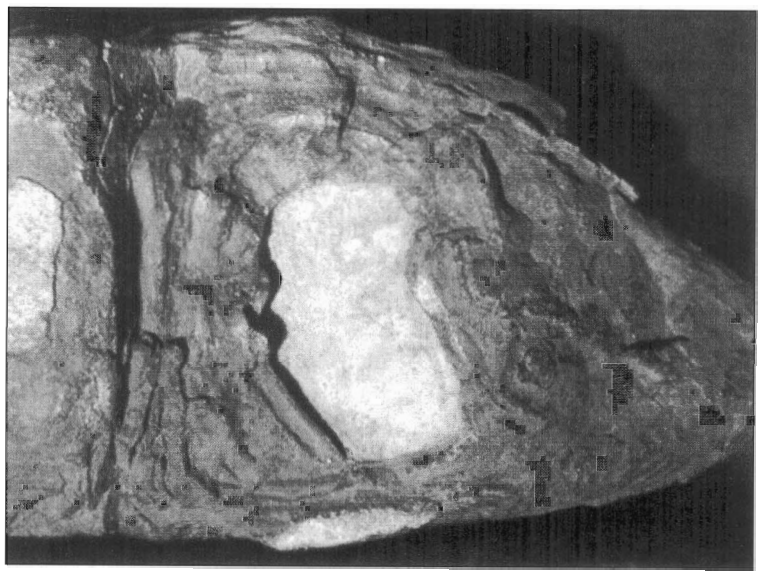


Fig. 4. General view on the investigated concretion.

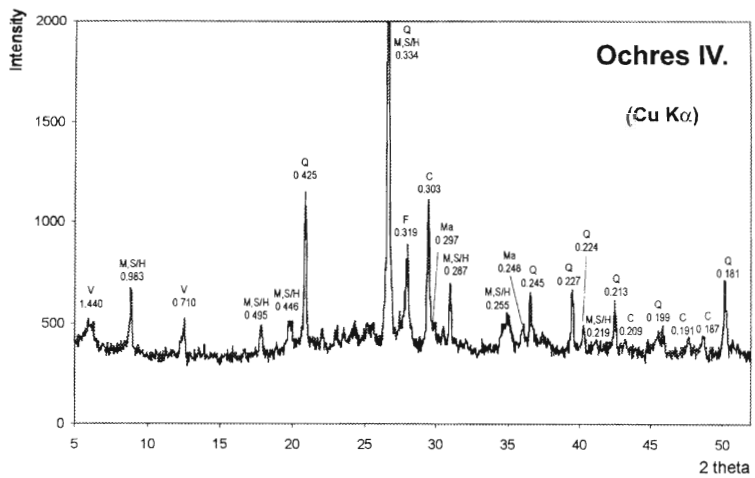


Fig. 5. X-ray diffraction pattern from cover of concretion, Bystrica Formation, Veľké Pole. Legend: see Fig. 1.

Conclusions

In the Middle Eocene Flysh formations of the Magura tectonic unit, as well as in the Central Carpathian Paleogene, including Súľov Paleogene – there are many horizons with Fe-oxides. That is the consequence of very humid paleoclimate period accompanied by monsoon rains – these caused the bed-loading of weathered iron paleosoils into the sea, where they caused new formation of Fe-oxides/hydroxides.

If in the Middle Eocene of the Middle Považie area there are significant Fe-oxidic horizons, then in the Lower and Upper Eocene there are significant reduction horizons. In the Lower Eocene of Bystrica unit (in the region Dlhé Pole, Veľké Rovné) in the flysh shallow-water regressive sediments (in subsoil of Vychylov series of strata) the coal shales – abundant marcasite, pyrite and much coal matter are present. The lagunar Paleo-medium was under the influence of humid paleoclimate unfavourable for the development of bentose as well as for planctonic foraminifera.

In the lower part of pelagic Upper Eocene (a zone with *Globigerinatheka semiinvoluta*) in the globigerina marls with hornstone-calcites (locality e. g. Ráztoka, Poluvsie) pyrite is abundant, but less marcasite. Paleo-medium was unfavourable for development of bentose- and aglutinated-, as well as for calcareous foraminifera. On the other hand planctonic foraminifera and radiolaria after the extinction and setting to bottom of the sea were predominantly pyritized or filled by pyrite.

References

Babčan, J., 1974: Príspevok k teórii vzniku oxidu železa v sideritových ložiskách. *Mineralia Slov., 1, s. 93–96.*

B chin, K., 1988: Vliv Fe (II) iónů a dalších příměsí na průběh transformace oxidů hydroxidů železitých. *Autoreferát disertační práce, Praha.*

Hanslík, T., B chin, K., Šubrt, J. & Zapletal, V., 1980: Tepelná stabilita -oxidhydroxidu železitého (goethitu). *Silikáty XXIV, s. 185–188.*

Čuchrov, F. V., 1975: Gipergennyje okisly železa v geologičeskich procesach. *Moskva, Nauka. 206 s.*

Čuchrov, F. V., 1955: Kolloidy v zemnoj kore. *Izd. AN SSSR, Moskva, 672 s.*

Deer, W. A., Howie, R. A. & Zussman, J., 1967: Rock-forming minerals, Vol. 5. Longmans, 371 p.

Mitchell, B. D., Farmer, V. C. & McHardy, W. J., 1964: Amorphous inorganic materials in soils. *Advances in Agronomy, 16, pp. 327–383.*

Petrovič, J., Števula, L. & Pisárčik, M., 1985: Interaction between -, - or -FeOOH and water at 60 °C, 80 °C and 100 °C. *Chem. Papers, 39, 1, pp. 59–68.*

Salaj, J., 1998: Odraz paleoklímy v sedimentoch paleogénu stredného Považia. *Zem. Plyn, Nafta, 42, 3, s. 171–187.*

Salaj, J., 1999: Niekoľko nových poznatkov o odraze paleoklimatu v mezozoických a paleogénnych sedimentoch stredného Považia. *Zem. Plyn, Nafta, 44, 1–2, s. 87–89.*

Schellmann, W., 1959: Experimentelle Untersuchungen über die sedimentäre Bildung von Goethit und Hämatit. *Chem. Erde, 20, pp. 104–135.*

Schwertmann, U., 1966: Die Bildung vo Goethit und Hämatit in Böden und Sedimenten. *Proceedings of the International Clay Conference, Jerusalem, Israel, 1, pp. 159–165.*

Schwertmann, U., 1969: Die Bildung von Eisenoxidmineralen. *Fortschr. d. Mineral., 46, 2, pp. 274–285.*

Tamaura, Y., Ito, K. & Katsura, T., 1983. Transformation of -FeO(OH) to Fe_3O_4 by adsorption of iron(II) ion on -FeO(OH). *J. chem. Soc. Dalton Trans., pp. 189–194.*

Towe, K. M. & Bradley, W F., 1967: Mineralogical constitution of colloidal "hydrous ferric oxides" *J. Colloid and Interface Sci., 24, pp. 384–392.*

Yamaguchi, T. & Takahashi, T., 1982: Origin of preferential X-ray line broadening in goethite-derived Fe_2O_3. Communications of the *Amer. ceram. Soc. Bull., C-83.*

Fe horizonty v karnských a eocénnych sedimentoch Západných Karpát na Slovensku

Lunzské flyšové sedimenty vrchného karnu a eocénu, hlavne stredného, sú na foraminifery chudobné. Platí to o bentóznych aglutinovaných, vápnitých a rovnako aj o planktonických foraminiferách. Bohatý výskyt planktonických foraminifer sa viaže iba na pelagické prostredie s prevažne slienitou sedimentáciou. Prakticky úplná sterilita týkajúca sa foraminifer je aj v horizontoch s vysokou koncentráciou rozličných oxidov a hydroxidov Fe a z toho je zrejmé, že Fe oxidačné paleoprostredie bolo pre rozvoj foraminifer, ako aj mikroorganizmov rozličného typu absolútne nepriaznivé. Planktonická mikrofauna po zániku vytvárala jadierka, okolo ktorých sa vytvoril slienitý obal, ale bohatý na zlúčeniny Fe. Po detailnom výskume veľkého množstva minikonkrécií bohatých na zlúčeniny Fe sa zriedka nachádzali odtlačky „železitých" planktonických foraminifer, občas aj neurčiteľných a málokedy vhodných aj na detailné biostratigrafické štúdium. V niektorých horizontoch bohatých na Fe oxidy alebo hydrooxidy sa vytvorili železité konkrécie veľké až 5–10 cm. Týka sa to najmä období, v ktorých poklesla morská hladina viažuca sa na splytčenie a zvýšenie znosu Fe zlúčenín z pevniny do mora. V eocéne sú takéto horizonty hlavne vo vrchnom lutéte, vo vrchnom bartóne a na rozhraní bartónu a priabónu. Tieto Fe zlúčeniny sa tvorili ako výsledok humídnej paleoklímy, ktorá spôsobila, že sa pri výdatných dažďoch prejavil znos červených, hrdzavých alebo čiernych laterických pôdnych horizontov, ako aj červenej paleopôdy typu *terra rossa*.

Výskyt jedného z najstarších Fe horizontov, ktoré sme študovali, sa v karnských lunzských vrstvách strážovskej jednotky Strážovskej hornatiny potvrdil iba nedávno (Salaj, 1999). V tejto jednotke približne 3 km na JZ od Pružiny v nadloží sivých ladinsko-spodnokarnských raminských biopelmikritických vápencov s bohatou foraminiferovou asociáciou, hlavne s *Turriglomina mesotriasica* (Koehn-Zaninetti) a *Turriglomina magna* (Urosevic), a v podloží *hauptdolomitu* v zárezе lesnej cesty vystupuje približne 15 cm hrubá pasáž po prvý raz preukázaných lunzských vrstiev (odkrytých iba po výdatných dažďoch). Výskyt 5 cm hrubých uhoľných lupkov s preplástkami čierneho uhlia, uhoľnej rastlinnej sečky, jemnozrnných laminovaných 2–5 cm hrubých aleuritických, pigmentom Fe prestúpených pieskovcových polôh, ako aj železitej polohy hrubej 3–5 mm potvrdzuje, že sa toto súvrstvie usadilo v podmienkach plytkovodnej sedimentácie za existencie pomerne krátkej, ale veľmi teplej humídnej paleoklímy. Blízkosť morského pobrežia sa prejavila znosom materiálu z červenej železitej lateritickej paleopôdy.

Ďalšie Fe horizonty sa potvrdili v paleogénnych flyšových sedimentoch – jeden z domanižských vrstiev (stredný eocén) súľovského paleogénu (Malá Ľadnica), druhý z bystrických vrstiev (stredný eocén) bystrickej jednotky magurského paleogénu na Z od Dlhého Poľa (Javorníky) a tretí – mimoriadne bohatý i na pomerne veľké Fe konkrécie – z Javorníkov je tiež z bystrických vrstiev rovnakej jednotky (vrchná časť stredného eocénu) z oblasti Veľkého Poľa (25 m na SV od kóty 460,5 m).

Rad horizontov bohatých na Fe oxidy je aj na viacerých lokalitách centrálnokarpatského paleogénu a niektoré sa podrobili rtg. fázovej difrakčnej analýze, a to z lunzských vrstiev (Fig. 1), zo strednoeocénneho domanižského súvrstvia súľovského paleogénu (Fig. 2) a z bystrického strednoeocénneho flyšového súvrstvia (Fig. 3 až 5).

Rtg. difrakčnou analýzou, ktorou sa identifikovalo minerálne fázové zloženie vzoriek, sa zistilo, že vrstvy (ako celok) obsahujú železité oxidohydroxidy definovaného zloženia, najmä goethit, ako aj železité oxidy, predovšetkým magnetit, hematit, ale aj oxidohydroxidy a hydroxidy nestechiometrického zloženia.

Jednoznačne sa potvrdilo, že tieto vrstvy vznikli pri striedaní vlhkej tropickej až subtropickej a chladnejšej zimnej paleoklímy sedimentáciou sprevádzanou aj morským prílivom a odlivom, ako aj rozličnými paleoprúdmi, ktoré výrazne pomohli plošne rozšíriť Fe horizonty rôzneho typu v sedimentárnych flyšových komplexoch. Významnú úlohu pri ich tvorbe plnili aj eocénne paleoinundačné sedimentačné cykly nerovnakej intenzity tak, ako sa to skôr dokumentovalo v spodnom eocéne súľovského paleogénu (Salaj, 1998).

Je nesporné, že pri geologickom mapovaní flyšových sedimentov rozličného veku bude treba venovať mimoriadnu pozornosť sedimentačnému paleoprostrediu, v prvom rade otázke, či v ňom mohli alebo nemohli žiť rozličné paleoasociácie foraminifer. Pri ich biostratigrafickom výskume už nestačí iba konštatovať, že odobraté vzorky sú na mikrofaunu sterilné, ale treba nevyhnutne hľadať príčinu, prečo je to tak. Ďalšie poznatky nemožno získať inak ako zužitkovaním novej, na čas veľmi náročnej biostratigrafickej metodiky. Boli by sme radi, keby pri úspešnom plnení cieľa pomohla aj táto naša práca.

Mineralia Slovaca, 34 (2002), 347–352

Granáty, turmalíny a stuhnuté taveniny v rutiloch lukáčovských vrstiev (kvartér)

KATARÍNA ŠARINOVÁ

Katedra mineralógie a petrológie Prírodovedeckej fakulty UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

(Doručené 7. 6. 2002, revidovaná verzia doručená 21. 10. 2002)

The garnets, tourmalines and solidified melts in rutile of the Lukáčovce Members (Quaternary)

The garnets, tourmalines and rutiles of the Lukáčovce Members (Lower Quaternary of the Nitrianska pahorkatina upland) were analyzed by electron microprobe. The almandine garnets indicate source composed of metamorphic rocks (fyllites, schists, gneisses). Almandine-spessartite garnets indicate the magmatic source formed by granitoids. The tourmalines generally belong to the schorlonite-dravite solutions series. The Al, Fe, Mg and Ca atomic proportions plotted on the diagrams confirm the source formed by metapelites and metapsammites. The rutiles enclose solidified melt inclusion of basic and foidite composition, which indicates source formed by basalts and alkaline basalts. The rutiles enclosing quartz and solidified melt inclusion of acid composition are indicating more acid magmatic melt from which rutile crystals originated.

Key words: Lukáčovce Members, Quaternary, heavy minerals, source rocks

Geologická pozícia

Študované územie sa nachádza v severnom výbežku dunajskej panvy – v rišňovskej depresii (obr. 1). Geograficky je súčasťou Nitrianskej pahorkatiny, ohraničenej na Z Považským Inovcom, na S Strážovskými vrchmi a na V Tribečom. Analyzované vzorky ťažkých minerálov boli odobraté z piatich odkryvov dočervena sfarbených sedimentov označovaných ako lukáčovské vrstvy (Pristaš et al., 2000). Sú to spodnokvartérne limnofluviálne až fluviálne piesčité sedimenty (l. c.) charakteristické červenou farbou. Sublitický až litický piesok je slabo vytriedený a obsahuje prímes drobnozrnného štrku a ílu. Obliaky štrku tvorí pieskovec, kremeň, silicity, limonitové a vápnité konkrécie a malé množstvo granitoidných a metamorfovaných hornín a vulkaniklastov. Ílové minerály zastupuje illit, smektit, kaolinit a goethit. Vrstvy ležia horizontálne až subhorizontálne na neogénnych sedimentoch patriacich do volkovského súvrstvia (Pristaš et al., 2000) a ich kontakt je erozívny. Nadložie tvorí spraš alebo recentná pôda, ktorá pedogenetickými procesmi zasahuje do vrchnej časti lukáčovských vrstiev.

Metodika

Ťažké minerály boli separované v bromoforme vo frakcii 0,25–0,10 mm a v kontrolnej frakcii 0,10–0,05 mm. Detritické zrná sa určovali pod binokulárnou lupou. Na ďalšie spracovanie sa zrná manuálne separovali z frakcie 0,25–0,10 mm, potom boli zaliate do živice a pokovované. Chemické zloženie granátov, časti turmalínov (1/02 až 9b/02) a rutilov sa analyzovalo na prístroji CAMECA SX 100 (ŠGÚDŠ Bratislava) a druhej časti turmalínov (T1/01 až T6b/01) a rutilov sa meralo na prístroji JEOL JXA 733 (ŠGÚDŠ Bratislava) pri urýchľovacom napätí 15 kV, priemere lúča 2–5 μm a pri korekcii ZAF.

Granáty boli opticky nezonálne a merania lokalizované v strede zŕn. Časť turmalínov bola nezonálna alebo s veľmi úzkymi zónami na okrajoch. Tieto turmalíny sa merali v centre. Turmalíny s dobre vyvinutými zónami (obr. 2) sa merali v strede zŕn a v jednotlivých zónach. Zóny sa číslujú od stredu zŕn po okraje. V rutiloch sa analyzovali inklúzie stuhnutých tavenín.

Výsledky analýz sa prepočítali na kryštalochemické vzorce pomocou katiónov pripadajúcich na 12 O pri granátoch a 31 O pri turmalínoch so stanoveným obsahom F a Cl (1/02 až 9b/02). Turmalíny analyzované na prístroji JEOL JXA 733 (ŠGÚDŠ Bratislava) sa počítali na báze 15 katiónov (T1/01 až T6b/01).

Obr. 1. Situačná mapa študovaného územia.
Fig. 1. Map of studied area.

Tab. 1
Zloženie granátov lukáčovských vrstiev
The garnets composition from the Lukáčovce Members

Granát	1/02	2/02	3/02	4/02	5/02
SiO_2	36,44	36,94	37,32	38,57	36,21
TiO_2	0,049	0,056	0,061	0,071	0,064
Al_2O_3	21,07	20,86	20,98	21,50	20,48
Cr_2O_3	0,011	-	-	0,004	-
FeO	26,44	38,52	32,33	30,30	19,45
MgO	1,193	2,047	0,897	4,251	1,162
MnO	14,57	1,941	3,841	0,152	22,84
CaO	0,395	0,482	5,029	6,399	0,185
Spolu	100,163	100,843	100,448	101,254	100,393
Si	2,977	2,990	3,009	3,007	2,971
Ti_T	0,003	0,003	0,000	0,000	0,004
Al_T	0,020	0,007	0,000	0,000	0,025
Suma T	3,000	3,000	3,009	3,007	3,000
Al_Y	2,009	1,983	1,994	1,975	1,955
Fe_Y	0,000	0,017	0,002	0,021	0,045
Cr	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti_Y	0,000	0,000	0,004	0,004	0,000
Suma Y	2,010	2,000	2,000	2,000	2,000
Ca	0,035	0,042	0,434	0,535	0,016
Mg	0,145	0,247	0,108	0,494	0,142
Fe_X	1,807	2,590	2,178	1,955	1,290
Mn	1,008	0,133	0,262	0,010	1,587
Suma X	2,995	3,012	2,982	2,994	3,035
mol %					
Almandín	60,33	85,99	73,04	65,30	42,50
Spessartín	33,66	4,42	8,78	0,33	52,29
Grossulár	1,14	0,83	14,49	17,17	-
Pyrop	4,84	8,20	3,62	16,50	4,68
Andradit	-	0,56	0,07	0,70	0,53
Uvarovit	0,03	-	-	-	-

Tab. 2
Reprezentatívne zloženie turmalínov lukáčovských vrstiev (obsah B_2O_3 a H_2O sa dopočítaval do ideálnej stechiometrie)
The tourmalines representative composition from the Lukáčovce Members (contents of B_2O_3 and H_2O were calculated by stoichiometry)

Turmalín	1/02	3/02	5/02	8a/02	8b/02	8c/02
SiO_2	36,088	34,9953	35,0404	34,9558	35,4264	35,6073
TiO_2	0,1693	0,9356	0,8157	1,4454	0,9985	0,7621
Al_2O_3	32,302	29,7067	33,1523	32,8911	31,1233	31,1402
Cr_2O_3	0,0112	0	0,083	0	0,0111	0,0273
FeO	2,846	7,9232	6,0915	9,035	6,3337	5,1899
MnO	0,0282	0,0064	0,0139	0,0164	0	0
MgO	9,7606	7,3177	6,772	4,6071	7,8535	8,5329
CaO	0,4922	0,5917	0,6303	0,5211	0,6259	0,6578
Na_2O	2,5683	2,3371	1,8597	1,8304	2,3074	2,3540
K_2O	0,0069	0,0158	0,0124	0,0452	0,0152	0,0033
F	0	0,0494	0,1796	0,0513	0,1744	0,0691
Cl	0,0059	0,0049	-	0,0068	-	0,0028
Spolu	84,2794	83,8837	84,6510	85,4055	84,8695	84,3467
Spolu	84,2781	83,8618	84,5753	85,3823	84,7961	84,3170
Si	5,914	5,940	5,814	5,826	5,893	5,916
Al_T	0,086	0,060	0,186	0,174	0,107	0,084
Suma T	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
B	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Al_Z	6,000	5,883	6,000	6,000	5,995	6,000
Fe_Z	0,000	0,117	0,000	0,000	0,005	0,000
Suma Z	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
Ti	0,020	0,119	0,101	0,181	0,124	0,095
Al_Y	0,154	0,000	0,296	0,287	0,000	0,014
Cr	0,001	0,000	0,010	0,000	0,001	0,003
Fe_Y	0,389	1,008	0,845	1,259	0,876	0,720
Mn	0,003	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000
Mg	2,385	1,850	1,675	1,143	1,947	2,113
Suma Z	2,952	2,978	2,928	2,871	2,948	2,945
Ca	0,086	0,107	0,112	0,093	0,111	0,116
Na	0,814	0,767	0,595	0,591	0,742	0,757
K	0,001	0,002	0,002	0,009	0,002	0,001
Suma X	0,901	0,876	0,709	0,693	0,855	0,874
Vakancie	0,099	0,124	0,291	0,307	0,145	0,126
O, OH	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
OH	0,999	0,978	0,911	0,972	0,911	0,967
F	0,000	0,021	0,089	0,026	0,089	0,032
Cl	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,001
	dravit	dravit	dravit	skoryl	dravit	dravit

Granáty, turmalíny, stuhnuté taveniny v rutiloch a ich zdrojové horniny

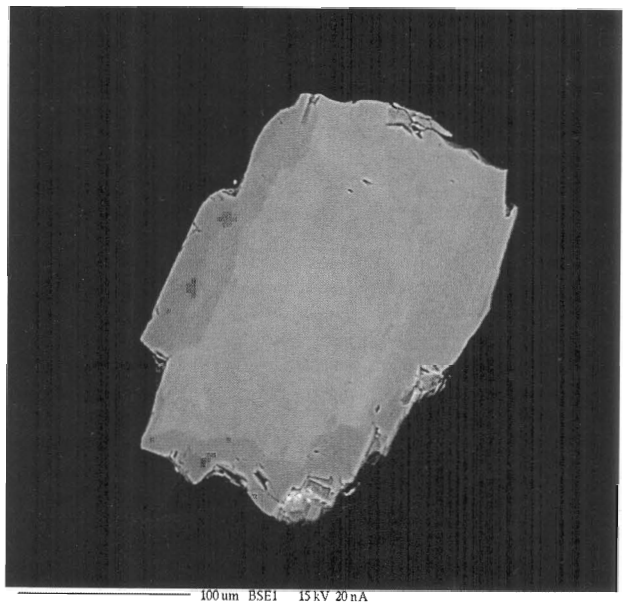
Granát, turmalín a rutil vystupujú v ťažkej frakcii spolu s ilmenitom, limonitom, staurolitom, epidotom a zirkónom. Vo veľmi malom množstve je zastúpený aj sillimanit, kyanit a na niektorých lokalitách aj Au. V kontrolnej frakcii (0,10–0,05 mm) sa zistil amfibol.

Granáty

Granáty sú prevažne ružové a len zriedka si zachovali kryštálový tvar. Väčšinou ide o polámané ostro ohraničené opticky nezonálne zrná.

Podľa výsledkov mikrosondovej analýzy rozlišujeme dva typy granátov. Prvý tvoria almandínové granáty (granát 2/02, 3/02 a 4/02; pozri tab. 1) s obsahom almandínovej molekuly od 65 do 85 % a zvyšok grossulárová (priemerne 11 %), pyropová (priemerne 9,5 %) a spessartínová molekula (priemerne 4,5 %). Do druhého typu zaraďujem granáty s vysokým obsahom spessartínovej molekuly (33,7 až 52,3 %) (granát 1/02 a 5/02; tab. 1). Ide o granáty almandínovo-spessartínového zloženia s obsahom almandínovej molekuly od 42,5 do 60,3 % a s priemerným obsahom pyropovej molekuly 4,8 %.

Granáty prvého typu – almandíny – sú typickými minerálmi metamorfovaných, pôvodne sedimentárnych



Obr. 2. Zonálny turmalín (08/02) z lukáčovských vrstiev (CAMECA SX 100).

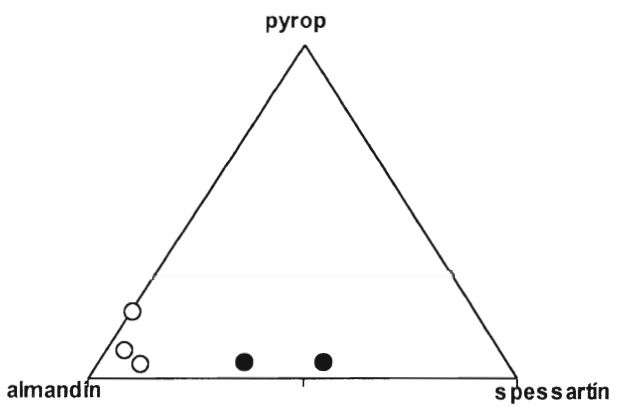
Fig. 2. Zonal tourmaline (08/02) from the Lukáčovce Members (CAMECA SX 100).

hornín (fylity, svory, ruly). Almandínovo-spessartínové granáty sú minerálmi granitových aplitov a pegmatitov (obr. 3).

Turmalíny

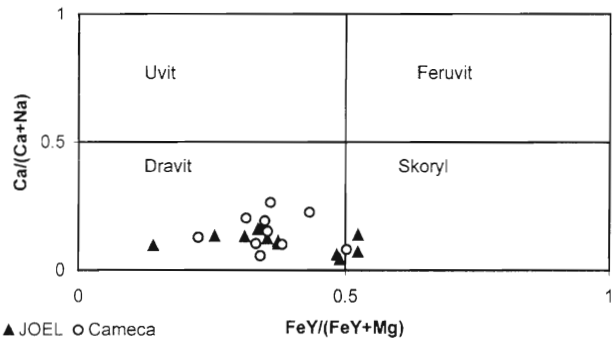
Kryštály turmalínov si v sedimente zachovali idiomorfný tvar. Ich stĺpčeky sú často priečne polámané a vyznačujú sa zelenohnedou až čiernohnedou farbou.

Podľa výsledkov mikrosondovej analýzy (tab. 2) som turmalíny zaradila do skorylovo-dravitového radu (obr. 4). Časť bola zonálna a pri zonálnych turmalínoch s vyšším



Obr. 3. Pyropovo-almandínovo-spessartínový diagram granátov lukáčovských vrstiev (O granát s prevahou almandínovej molekuly, ● almandínovo-spessartínový granát).

Fig. 3. Pyrop-almandine-spessartite diagram of garnets from the Lukáčovce Members (O garnet with dominant almandine molecule, ● almandine-spessartite garnet).



Obr. 4. Zaradenie turmalínov lukáčovských vrstiev podľa atómových proporcií (Δ – turmalíny merané na prístroji JEOL JXA 733, □ – turmalíny merané na prístroji CAMECA SX 100).

Fig. 4. Classification tourmalines from the Lukáčovce members on the base of atomic proportions (Δ – tourmalines determined by JEOL JXA 733, □ – tourmalines determined by CAMECA SX 100).

obsahom Fe v centre (skoryly a dravity bohaté na Fe) bol trend rastu obsahu Mg a poklesu Fe smerom od centra po okraj kryštálu a tiež nepatrný rast Ca týmto smerom. Zonálne turmalíny s vysokým obsahom Mg v centrálnej časti vykazovali opačný trend. Takýto vývoj, viditeľný na obr. 5 a 6, indikuje homogenizáciu prostredia v etape narastania turmalínov.

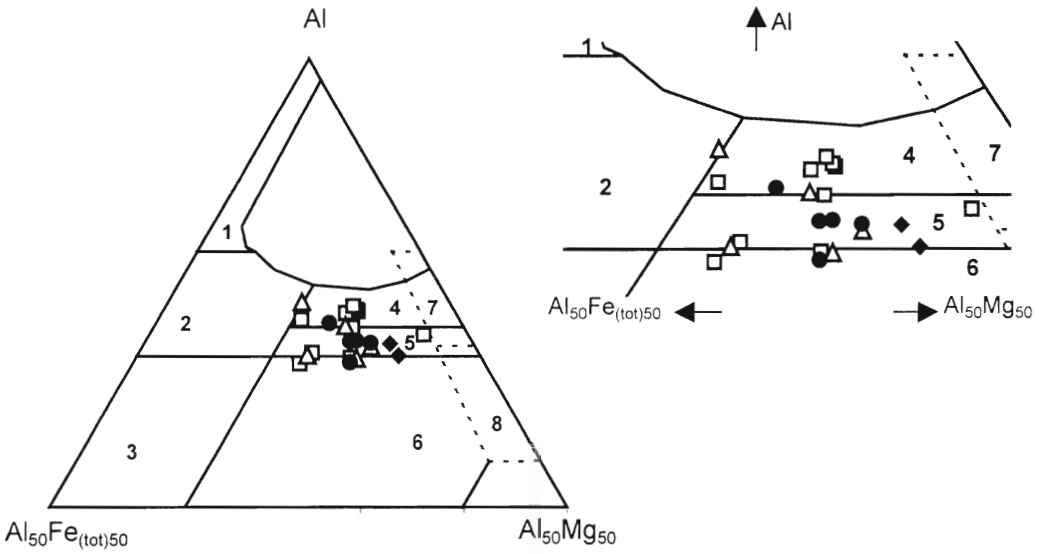
Priemety analyzovaných turmalínov, vyznačených v diagramoch Henryho a Guidottiho (1985), indikujú zdrojovú oblasť tvorenú metapelitmi a metapsamitmi koexistujúcimi s Al saturačnou fázou (obr. 5) a ochudobnených o Ca (obr. 6) a metapelitmi aj metapsamitmi nekoexistujúcimi s Al saturačnou fázou (obr. 5) ochudobnených o Ca (obr. 6).

Taveniny v rutiloch

Rutily tmavočervenej farby si zachovali kryštálový tvar. Elektrickou mikroanalýzou sa určilo ich chemické zloženie bez obsahu prvkov vzácnych zemín (tab. 3). Kryštály rutilov obsahujú uzavretý kremeň, apatit a zirkón. Zaujímavé sú inklúzie stuhnutých tavenín, na ktoré sa zamerali ďalšie analýzy (tab. 3). Taveniny sa zistili v štyroch rutiloch. Rutily s uzavreninami stuhnutých tavenín foiditového, bazanitového a bazaltového zloženia neobsahovali uzavretý kremeň. Jedna tavenina je trachydacitového zloženia (obr. 7). Taveniny uzavreté v rutiloch indikujú zdroj tvorený bázickými až ultrabázickými horninami, ale zároveň aj iný, acidnejší zdroj.

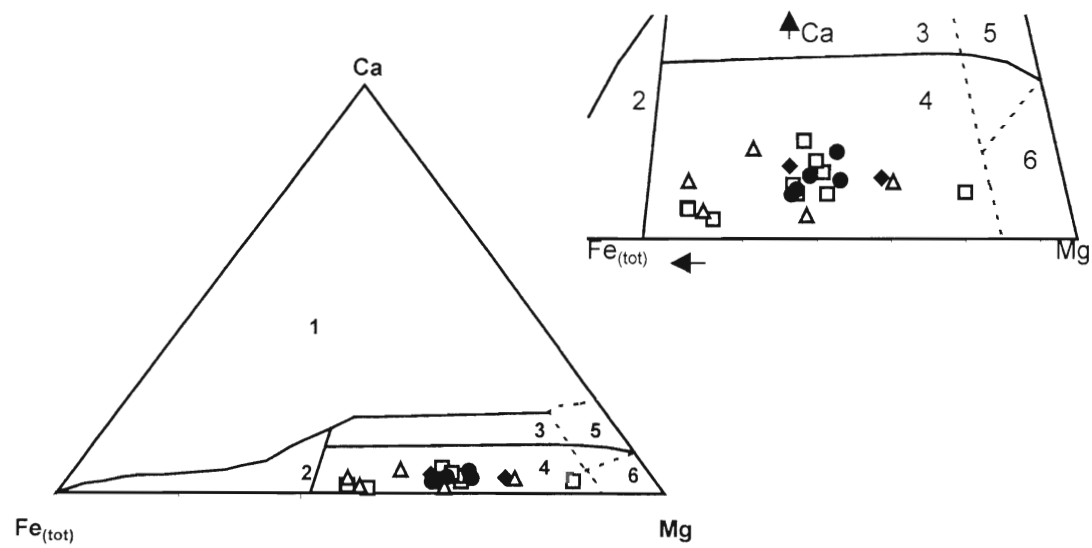
Záver

Z elektrónových mikroanalýz granátov a turmalínov vyplýva, že ich zdrojovou oblasťou boli metamorfované (fylity, svory, ruly) a granitové horniny. Koexistenciu s Al saturačnou fázou potvrdzuje prítomnosť staurolitu a v akcesorickom množstve aj sillimanitu a kyanitu. Na takéto zloženie zdrojovej oblasti, t. j. *kryštalinikum severnej časti Považského Inovca,* poukazuje aj celá aso-



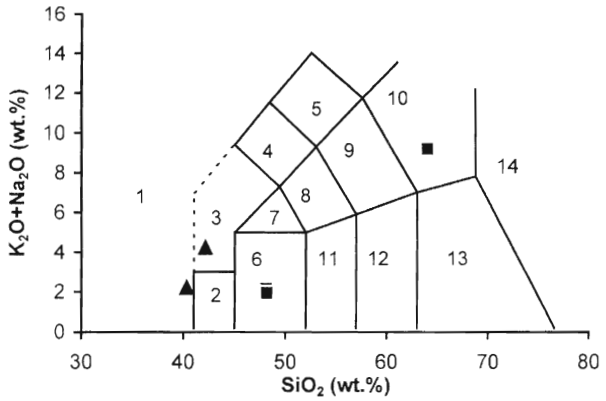
Obr. 5. Al-$Fe_{(tot)}$-Mg diagram turmalínov: turmalíny bez meraných zón a nezonálne turmalíny lukáčovských vrstiev (□), stred zrna zonálnych turmalínov (Δ), prvá zóna zonálnych turmalínov (●), druhá zóna turmalínov (◆); 1 – na Li bohaté granitoidné pegmatity a aplity, 2 – na Li chudobné granitoidné pegmatity a aplity, 3 – na Fe^{3+} bohaté kremenno-turmalínové horniny (hydrotermálne alterované granity), 4 – metapelity a metapsamity koexistujúce s Al saturačnou fázou, 5 – metapelity a metapsamity nekoexistujúce s Al saturačnou fázou, 6 – na Fe^{3+} bohaté kremenno-turmalínové horniny, vápenato-silikátové horniny a metapelity, 7 – nízkovápenaté metaultramafity a na Cr a V bohaté metasedimenty, 8 – metakarbonáty a metapyroxenity. Pole 4 a 5 presahujú do poľa 7 (Henry a Guidotti, 1985).

Fig. 5. Al-$Fe_{(tot)}$-Mg diagram (atomic proportions) of tourmalines from the Lukáčovce Members. Tourmalines without determined zones and azonal tourmalines (□), centre of grain of zonal tourmalines (Δ), first zone of zonal tourmalines (●), second zone of zonal tourmalines (◆); 1 – Li-rich granitoid pegmatites and aplites, 2 – Li-poor granitoid pegmatites and aplites, 3 – Fe^{3+}-rich quartz-tourmaline rocks (hydrotermally altered granites), 4 – metapelites and metapsammites coexisting with Al-saturated phase, 5 – metapelites and metapsammites not coexisting with an Al-saturated 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. Note the overlap of the fields 4 and 5 with field 7 (Henry and Guidotti, 1985).



Obr. 6. Ca-$Fe_{(tot)}$-Mg diagram turmalínov lukáčovských vrstiev: turmalíny bez meraných zón a nezonálne turmalíny lukáčovských vrstiev (□), stred zrna zonálnych turmalínov (Δ), prvá zóna zonálnych turmalínov (●), druhá zóna turmalínov (◆); 1 – na Li bohaté granitoidné pegmatity a aplity, 2 – na Li chudobné granitoidy a s nimi asociované pegmatity a aplity, 3 – na Ca bohaté metapelity, metapsamity a vápenato-silikátové horniny, 4 – na Ca chudobné metapelity, metapsamity a kremenno-turmalínové horniny, 5 – metakarbonáty, 6 – metaultramafity. Pole 4 presahuje do poľa 6 (Henry a Guidotti, 1985).

Fig. 6. Ca-$Fe_{(tot)}$-Mg diagram (atomic proportions) for tourmaline from the Lukáčovce members. Tourmalines without determined zones and azonal tourmalines (□), centre of zonal tourmalines (Δ), first zone of zonal tourmalines (●), second zone of zonal tourmalines (◆); 1 – Li-rich granitoid pegmatites and aplites, 2 – Li-poor granitoids and associated pegmatites and aplites, 3 – Ca-rich metapelites, metapsammites, and calc-silicate rocks, 4 – Ca-poor metapelites, metapsammites, and quartz-tourmaline rocks, 5 – metacarbonates, 6 – metaultramafics. Note the overlap of the field 4 with field 6 (Henry and Guidotti, 1985).



Obr. 7. Zloženie tavenín z rutilov zakreslené do TAS diagramu podľa Le Maitra et al. (1989). Taveniny merané na prístroji CAMECA SX 100 (■), taveniny merané na prístroji JEOL JXA 733 (▲). 1 – foidit, 2 – pikrobazalt, 3 – bazanit (Ol > 10 %) a tefrit (Ol 10 %), 4 – fonotefrit, 5 – tefrifonolit, 6 – bazalt, 7 – trachybazalt, 8 – bazaltický trachyandezit, 9 – trachyandezit, 10 – trachydacit (Q > 20 %) a trachyt (Q < 20), 11 – bazaltický andezit, 12 – andezit, 13 – dacit, 14 – ryolit, Q = normatívny kremeň, Ol = normatívny olivín.

Fig. 7. Solidified melts inclusion from the rutile, plotted to the TAS diagram (Le Maitre et al., 1989). The melts inclusion determined by CAMECA SX 100 (■), the melts inclusion determined by JEOL JXA 733 (▲). 1 – foidite, 2 – picrobasalt, 3 – basanite (Ol > 10 %) and tephrite (Ol 10 %), 4 – phonotephrite, 5 – tephriphonolite, 6 – basalt, 7 – trachybasalt, 8 – basaltic trachyandesite, 9 – trachyandesite, 10 – trachydacite (Q > 20 %) and trachyte (Q < 20 %), 11 – basaltic andesite, 12 – andesite, 13 – dacite, 14 – rhyolite, Q = normative quartz, Ol = normative olivine.

Tab. 3
Reprezentatívne zloženie rutilov lukáčovských vrstiev a zloženie stuhnutých tavenín v rutiloch
(* taveniny merané na prístroji CAMECA SX 100, zvyšok na prístroji JEOL JXA 733)
The rutiles representative composition from the Lukáčovce Members and solidified melts inclusion composition from the rutiles
(* melts determined by CAMECA SX 100, others determined by JEOL JXA 733)

Vzorka	Rutil	Vzorka	Tav 1	Tav 2	Tav 3a*	Tav 3b*	Tav 4*
SiO_2	0	SiO_2	40,3	42,12	48,125	48,1653	64,0426
TiO_2	99,5	TiO_2	2,7	3.15	1.5353	2,1535	0,8192
Al_2O_3	0	Al_2O_3	13,54	15,25	9,6494	9,6807	22,6166
MnO	0	Cr_2O_3	0	0	0,2018	0,2457	0,0094
FeO	0,49	MgO	9,01	15,27	16.0079	15,9203	0,0099
Spolu	99,99	CaO	10,13	10.95	10,9154	10,9395	3.6649
Ti	0,993	MnO	0	0	0,1071	0,1287	0
Fe	0,007	FeO	14,72	6,28	8.6448	8.4024	0
Suma	1	Na_2O_3	1,72	4.24	2,0188	1.7957	9.0665
O	2	K_2O	0.51	0	0.1351	0,1448	0,1173
Výpočet na jeden kation		Cl	0	0	0.013	0	0,0101
		Spolu	92,63	97,26	97,7953	97,5766	101,555
		O = F	-	-	-0.3234	-	-0.5046
		O = Cl	-	-	-0.0029	-	-0,0023
		Spolu	92,63 foidit	97.26 bazanit	97,7953 bazalt	97,5766 bazalt	101.048 trachydacit

ciácia ťažkých minerálov. Určovať prítomnosť bázických hornín až foiditov v zdrojovej oblasti len na základe inklúzií tavenín v rutiloch je dosť problematické, ale v kryštaliniku severnej časti Považského Inovca sa bázické horniny vyskytujú.

Identifikáciu zdrojovej oblasti lukáčovských vrstiev súčasne potvrdzuje litologické zloženie štrku a paleogeografická rekonštrukcia pleistocénu.

Článok vznikol v rámci grantového projektu Univerzity Komenského v Bratislave a grantu VEGA 1/8205/01.

Literatúra

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

Le Maitre, R. W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre Le Bas, M. J., Sabine, P. A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Wooley, A. R. & Zanettin, B., 1989: A classification of igneous rocks and glossary of terms. *Blackwell Oxford. 193 p.*

Pristaš, J., Elečko, M., Maglay, J., Fordinál, K., Šimon, L., Gross, P., Polák, M., Havrila, M., Ivanička, J., Határ, J., Vozár, J., Tkáčová, H., Tkáč, J., Liščák, P., Jánová, V., Švasta, J., Remšík, A., Žáková, E. & Töröková, I., 2000: Vysvetlivky ku geologickej mape Podunajskej nížiny – Nitrianskej pahorkatiny, 1 50 000. *Bratislava, GÚDŠ, 250 s.*

The garnets, tourmalines and solidified melts in rutile of the Lukáčovce Members (Quaternary)

The Lukáčovce Members are the Lower Pleistocene sandy sediments with their typical red color. The heavy mineral fractions contain magnetite, ilmenite, limonite, staurolite, tourmaline, epidote, garnet, zircon and the low amount of kyanite, sillimanite, amphibole and gold. This association indicates rock source formed by metamorphic rocks and granitoids.

The garnets are of pink colour with invisible optical zones. According to microprobe analyses they can be divided into two types. The almandine garnets indicate source of metamorphic rocks and almandine-spessartine garnets indicate their crystallization from granitic melts. The tourmaline schorlonite-dravite solution series are greenish-brown or blackish-brown in their color. They indicate the source formed by metapelitic and metapsammitic rocks coexisting with an Al-saturated phase and simultaneous metapelitic and metapsammitic rocks not coexisting with an Al-saturated phase. These rocks are poor of Ca. The analyses of zonal tourmalines refer to the homogenized environment during their growth. Homogenization is considered to act during the first crystal growing period. The microprobe analyses of rutiles indicate two different rock sources. The rutiles with enclosed quartz and acid solidified melt inclusions are indicating a more acid source. The rutiles with melt inclusion of basic and foidite composition indicate rocks source formed by basalts and alkaline basalts.

The heavy minerals indicate a rock source area formed by metamorphic, originally sedimentary rocks and granitoids. The basaltic rock source is not so clear, because it is confirmed only by the composition of melt inclusions within rutile. This source area, the crystalline complex of the northern part of the Považský Inovec Mts., is confirmed by the gravels lithology from the Lukáčovce Members and the former Pleistocene paleogeographic reconstruction.

Mineralia Slovaca, 34 (2002), 353–358

Nález mastodonta *Mammut borsoni* (Hays, 1834) pri Cerovinách – litologické pomery a stratigrafia

PETER HOLEC, MICHAL KOVÁČ, LUBOMÍR SLIVA, RASTISLAV VOJTKO a PETER JONIAK

Katedra geológie a paleontológie Prírodovedeckej fakulty UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

(Doručené 8. 1. 2002, revidovaná verzia doručená 4. 7. 2002)

Finds of Mastodon *Mammut borsoni* (Hays, 1834) near Ceroviny village, stratigraphy and lithological conditions

The tooth of the *Mastodon borsoni* (Hays, 1834) was found at the locality Ceroviny (NW from Nitra) in old sand pit. This species of a zygodont mastodon is known from the Pliocene of Europe and Northern Asia. The molars have sharp transversal ridges, derived from two fused cones, specialized for cutting the food like scissor. *Mammut borsoni* is often found associated with Anancus arvernensis (another mastodon). They must have had a different diet according to their dentition. *Mammut borsoni* cutting branches and twigs with its zygodont teeth, *Anancus arvernensis* with its bunodont teeth browsing on leaves, both in the moist woodlands at the river banks (Braber et al., 1999). The sands represent the Syslie hory members deposits. These Pliocene terrestrial deposits are represented by dominant alluvial deposits of the paleo-Váh river tributaries. In the Rišňovce depression, the tributaries are interpreted as meandering river deposits with different degree of river sinusoid. These deposits are composed from quartz to sublitic sands and gravels. Clastic material is formed mainly by quartz, less quartzstone and claystone intraclast. The lithological composition supports longer transport. Lithological character of sediments resembles both the sand of the Bánovce hollow from the locality Veľké Bielice (MN 16-17, Villanyian stage) and the top lying sands and gravels in the Vienna basin on the locality Mühlenberg bei Bernhardstahl (221 m), their age is also youngest Pliocene.

Key words: *Mammut borsoni*, Vertebrata, Proboscidea, Pliocene, meandering rivers, stratigraphy, Slovak Republic

Úvod

Lokalita sa nachádza asi 600 m na V od Roľníckeho družstva v Cerovinách (obr. 1, 2), obce ležiacej na SZ od Nitry. Je to ťažobná jama piesku dnes prakticky zasypaná odpadom. Sedimenty sú odkryté iba v lokálne ťaženej malej jame v pravej časti pieskovne. Vystupujú tu polohy pliocénneho piesku patriace do volkovského súvrstvia (Töröková, 1998, 2000). Podľa novšieho výskumu ich zaraďujeme do sysľohorských vrstiev (ruman).

Litologické pomery

Odkryté polohy piesku a štrku majú dobre zachovanú sedimentárnu textúru. Vo väčšine prípadov sa v nich vyvinulo korytové šikmé zvrstvenie dún a megačerín, redšie planárne šikmé zvrstvenie megačerín až čerín. V spodnej časti odkryvu sú vyvinuté široké, ale pomerne plytké kanály vyplnené drobnozrnným až strednozrnným štrkom (obr. 2, 3). Ílovité sedimenty sú zriedkavé, zachovali sa iba v profile Ce-2 a pravdepodobne reprezentujú výplň depresií na povrchu riečneho *point baru*. V odkryve je pozorovateľné všeobecné zmenšovanie zrnitosti smerom nahor. V spodnej časti sú polohy charakteristického štrku a hrubozrnného piesku s veľkorozmerným korytovým šikmým zvrstvením (profil Ce-1), vo vrchnej dominujú polohy strednozrnného až jemnozrnného piesku s prevažne planárnym, redšie korytovo šikmým zvrstvením (profil Ce-2). Klastický materiál je prevažne z kremeňa, v menšej miere z kremenca a z ílovcových intraklastov. Klasty sú veľké 0,3–3 cm a ílovcové intraklasty niekedy až 15 cm.

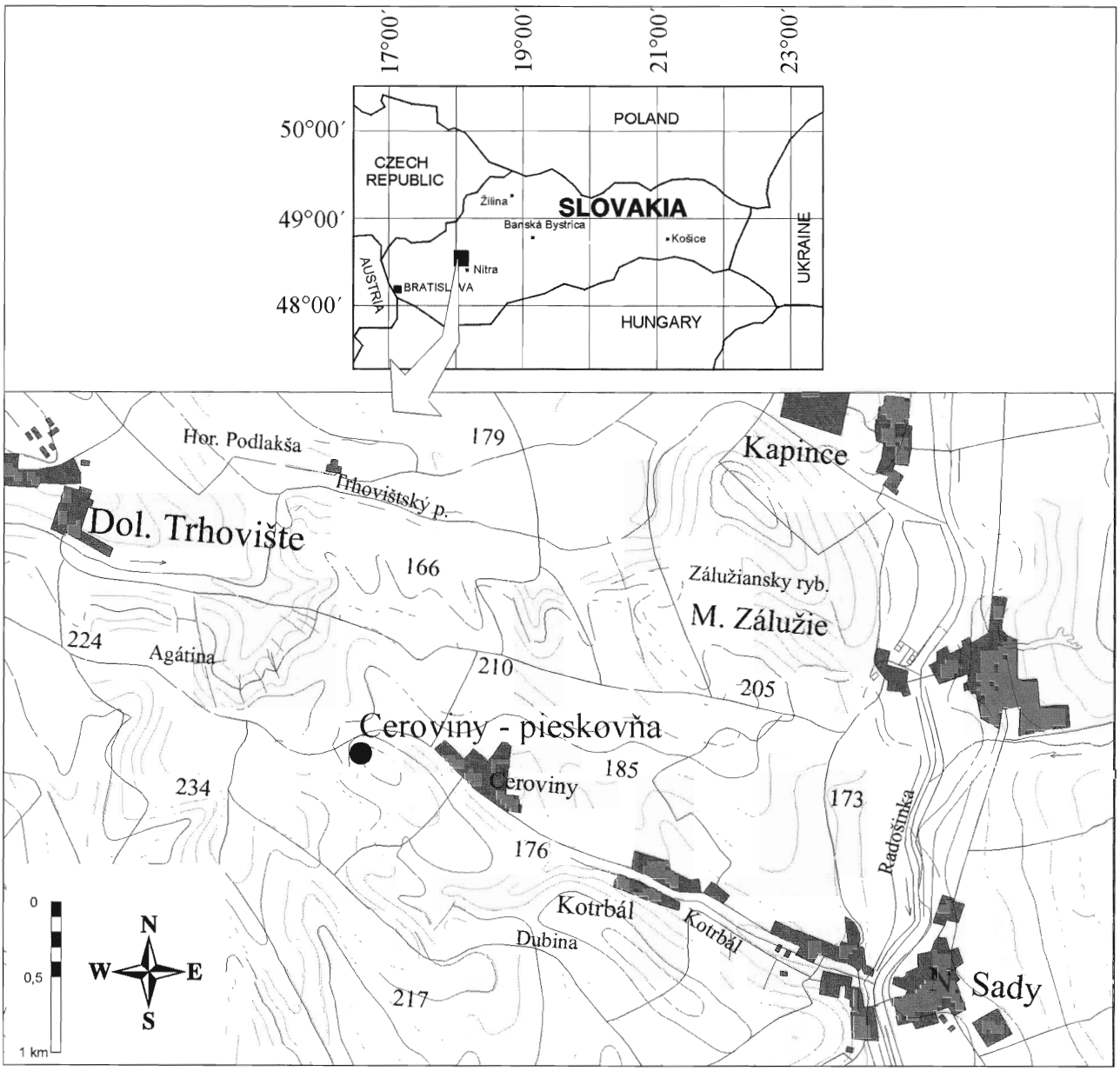
Opisované vrstvy sú sedimentmi meandrujúcej rieky. Aj napriek pomerne malému odkrytiu tu možno interpretovať sedimenty spodnej časti *point baru* (hlavne v profile Ce-2) prechádzajúce do prevažne piesčitých sedimentov *point baru*. Ostatné sedimentárne fácie nie sú na tejto lokalite prístupné pozorovaniu, ale možno ich študovať v okolitých pieskovniach.

Miesto nálezu zuba je na obr. 2 vyznačené čiernym terčíkom.

Stratigrafia

Obdobie mladšieho pliocénu až najspodnejšieho pleistocénu (ruman 3,6–2,4 (–1,8) Ma)

Kolárovské súvrstvie, dosahujúce hrúbku 100–200 m (Dlabač, 1960), sa v mladšom pliocéne usadilo hlavne v blatnianskej a gabčíkovskej depresii. V okrajových častiach ho tvoria hlavne polohy štrku a piesku, ktoré



Obr. 1. Situačný náčrtok lokality Cerovíny.
Fig. 1. Sketch map of Cerovíny locality.

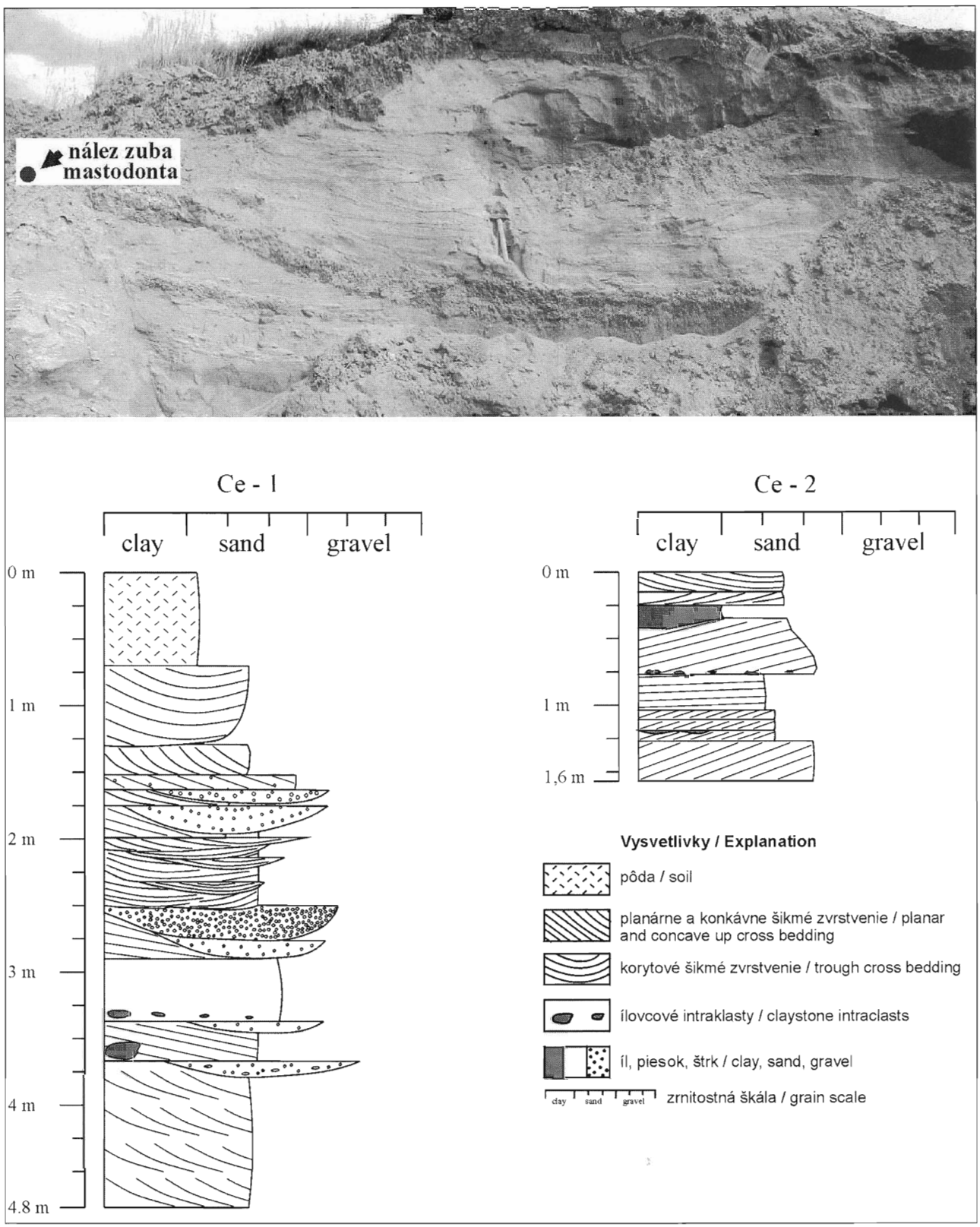
smerom do panvy prechádzajú do pestroílových a pieskových polôh. Jeho genéza sa viazala na riečne, aluviálne až jazerné prostredie.

Podľa najnovšieho výskumu (Joniak et al., 2001) má súvrstvie niekoľko charakteristických vývojov. Sú to v blatnianskej a gabčíkovskej depresii usadené prevažne riečne a deltové kolárovské vrstvy s. s., ďalej prevažne aluviálne cíferské vrstvy (Janáček, 1957) v blatnianskej depresii a sysľohorské vrstvy zachované v južnej časti Považského Inovca a na západnom okraji rišňovskej priehlbiny dunajskej panvy. Značné rozdiely v ich litológii a v smere transportu nás nútia uvažovať o ich vekovom zaradení:

(1) Kolárovské vrstvy vypĺňajú predovšetkým depocentrá blatnianskej depresie smeru SV–JZ, ktoré sa formovali v období dák až roman a reprezentujú usadeniny rozsiahlejšieho toku – paleoVáhu (3,6–2,4 Ma).

(2) Cíferské vrstvy reprezentujú piesčitú frakciu riečno-aluviálneho pôvodu a sú pravdepodobne o niečo mladšie, vrchnopliocénne (roman).

(3) Sysľohorské sa zachovali v reliktoch na svahoch Považského Inovca, sčasti ich stotožňujeme s piesčitými vývojmi cíferských vrstiev, ale reprezentujú prevažne aluviálne usadeniny a usadeniny malých tokov transportujúcich materiál zo SV naprieč dnes vyzdvihnutému hrastu Považského Inovca na JZ a usadzovali sa až po hranicu pliocén – pleistocén (3,6–2,4 –1,8 Ma).



Obr. 2. Sedimenty vrstiev Syslích hôr na lokalite Cerovinv s dobre pozorovateľným nahor sa zjemňujúcim trendom typickým pre *point bar* meandrujúcej rieky. Dole sedimentologické profily z tejto lokality.

Fig. 2. Sediments of the Syslie hory Mts. From locality Cerovinv with well visible fining upwards trend. They are typical for point bar and meandering river. In lower part of picture are sedimentological logs from this locality.

Nález zuba mastodonta *Zygolophodon borsoni* vo vrstvách Syslích hôr, ako aj ich litologický charakter pripomínajú jednak pieskové polohy z Bánovskej kotliny (Brestenská, 1961) na lokalite Veľké Bielice (MN 16–17, stupeň villányi), ďalej najvyššie uložené polohy piesku a štrku vo viedenskej panve na lokalite Mühlenberg bei Bernhardstal, ktoré sa vekovo zaraďujú do mladšieho pliocénu (Rögl a Harzhauser, 2001).

Nález podobnej fauny v štrku z lokality Strekov a Nová Vieska (MN 17 až MQ 1) (Holec, 1996) by dokonca posunul usadzovanie sysľohorských vrstiev až do obdobia okolo 1,8 Ma, teda už do najspodnejšieho pleistocénu, keď vznikali prvé terasy vo viedenskej panve (Wienerberg Terrasse a Laaberg Schotter) s podobnou faunou.

Paleogeografickú zmenu, ktorá súvisela s pokračujúcou tektonickou inverziou severnej časti dunajskej panvy, v pliocéne ovplyvnili aj klimatické zmeny, ktoré sa prejavili tvorbou červeníc v teplejších obdobiach koncom dáku a romanu.

Lokalita Ivanovce pri Trenčíne situovaná v severnom uzávere Blatnianskej priehlbiny dunajskej panvy, je charakteristická dočervena sfarbenou výplňou krasových puklín v mezozoických karbonátoch, obsahuje bohatú faunu cicavcov patriacu do zóny MN–15, stupňa csarnóta (Fejfar a Heinrich, 1985) a tým datuje obdobie na koniec dáku a začiatok romanu, teda hranicu 3,6 Ma. Podobné dočervena sfarbené usadeniny sme zastihli v podloží vrstiev Syslích hôr vo vrte pri Hlohovci, ktoré tam tvoria bázu kolárovského súvrstvia (Kováč et al., 2001).

Koniec romanu zrejme podobne ako koniec dáku predchádzalo aj obdobie tvorby červeníc a lateritov zachovaných v podobe redeponovaných reziduí nad ekvivalentmi vrchnej časti kolárovského súvrstvia (sysľohorské vrstvy). Tieto dočervena sfarbené reziduá sa v rišňovskej depresii definovali ako lukáčovské vrstvy (Maglay in Pristaš et al., 2000) a ich redepozícia sa zaraďuje do najspodnejšieho pleistocénu (1,8 Ma), teda do obdobia usadzovania štrkových akumulácií na lokalite Strekov a Nová Vieska (MN 17 až MQ 1).

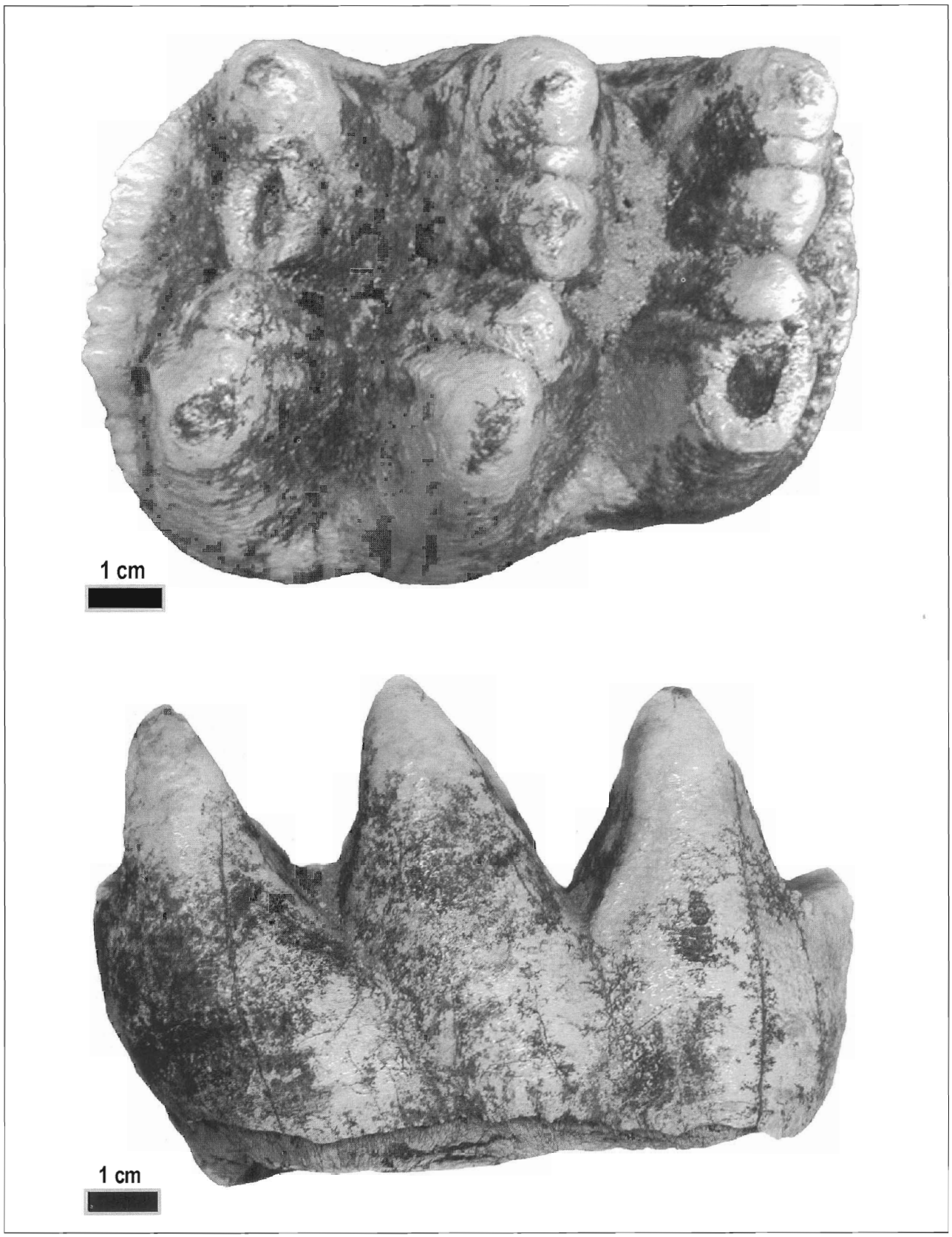
Vrstvová sled odzrkadľuje depozíciu spodnej časti sysľohorských vrstiev na aluviálnej planine v prostredí divočiacich tokov počas prevažne teplej a suchšej klímy s prechodom do humídnejšej a asi aj chladnejšej klímy. Riečne toky, ktoré transportovali usadeniny, smerovali zo SV na JZ. Sedimentárny sled pokračuje súvrstvím korytovo zvrstvených pieskových polôh, pričom niektorú výplň fluviálnych korýt selektívne cementuje karbonátový tmel. Medzi korytovými fáciami sa miestami zachovali zvyšky fácie agradačných valov a nivnej fácie, ktorá je často dezintegrovaná do ílových intraklastov rozličných rozmerov, poukazujúcich na riečnu eróziu. Laterálne a vertikálne usporiadanie fácií naznačuje dominanciu procesov agradačného meandrujúceho fluviálneho systému. V nadloží uvedených pieskových polôh sa nachádza súbor s dominanciou humídnych nivných fácií s častými prejavmi pedogenézy, ktorý spolu so zuhoľnatenými zvyškami rastlín poukazuje na to, že oblasť bola pravdepodobne pokrytá vegetáciou. Túto faciálnu asociáciu interpretujeme ako výsledok rozšírenia riečneho údolia v dôsledku tektonickej subsidencie. Nadložný štrkovo-piesčitý riečny cyklus znova pokryli polohy nivného piesčitého ílu. Celý sled pokrývajú diskordantne uložené polohy pleistocénnej spraše.

Paleontologická časť

Rad: Proboscidea Illiger, 1811
Podrad: Elephantoidea Osborn, 1921
Čeľaď: Mastodontidae Girard, 1852
Podčeľaď: Mastodontinae Brandt, 1869

Mammut borsoni (Hays, 1834)
Obr. 4

Materiál: M_2 dext. Lokalita Ceroviny, uložený v SNM č. Z
Opis: Zub má svetlookrovú až sivastú farbu. Zachovaná je iba jeho korunková časť, koreň je v mieste krčka odlomený. Obrys bázy zubnej korunky je na mesiálnej (prednej) strane zúžený, smerom k distálnej sa rozširuje (pozri obr. 3). Zub je zygodontný a trilofodontný. Zubná sklovina nie je hladká, ale pokrytá hrboľčekmi, ktoré sú výraznejšie pri zubnom krčku, teda pri báze zubnej korunky a smerom nahor k hrotom zuba sa vytrácajú. Osi hrebeňov nepretínajú sagitálne osi zuba kolmo, ale smerom na postrit zvierajú ostrý uhol, smerom na pretrit tupý, takže hrebene pretritu sú akoby posunuté distálne. Lingválna stena zuba je takmer kolmá, bukálna dorzálnym smerom zreteľne zošikmená. Zub je málo opotrebovaný žuvaním (hryzením). Na pretrite (= ektolofide) prvého hrebeňa – na protokonide je sklovina ohryzená tak, že je obnažený dentín a začína sa vytvárať „trojlístkový" vzor. Druhý hrebeň je trochu ohryzený na lingválnom hrote bukálneho polhrebeňa. Na zadnom hrebeni je zožuvaný bukálny hrot na lingválnom polhrebeni až na dentín. Údolia sú otvorené a smerom na bukálnu stranu (postritová časť – entolofid) trochu širšie ako pri lingválnej strane. Polhrebene na lingválnej strane sú úzkymi zárezmi rozdelené na dva väčšie hroty, pričom pri bukálnej strane väčšieho hrotu je vždy menší nižší hrot. Pretritová časť prvého a druhého hrebeňa (ektolofid) nesie len dva hroty, z ktorých vyššie sú bukálnejšie, len zadný polhrebeň je rozčlenený na štyri hrbole, pričom najvyšší je na bukálnej strane a ostatné smerom na sulkus sú postupne nižšie. Pri mesiálnom okraji nad kontaktnou plôškou s M1 sa dvíha cingulum v podobe 14 drobných tupých hrotov stúpajúcich od lingválnej aj mesiálnej strany. Najvyšší bod dosahuje v mieste sulku. Podobné cingulum, ale s väčšími hrotmi (je ich 10–11) je aj pri distálnom okraji zuba, ale má viac-menej priamy priebeh. Jeho hrúbka sa smerom od lingválnej aj bukálnej strany zväčšuje a najväčšia je v oblasti sulka. To spôsobuje, že zub je na distálnej strane konvexne zaoblený. Malé cingulum leží aj vo vyústení prvého údolia smerom na bukálny okraj zuba. V prvom údolí a v zubnej dutine sa pri pohľade odspodu zachoval hrdzavý slabo limonitizovaný piesok s prímesou jemného štrku (pozri obr. 1–4).
Rozmery: max. dĺžka = 109,4 mm, max. šírka = 80,7 mm, d/š = 1,35



Obr. 3. *Mammut borsoni* (Hays, 1834), M_2 dext. a – pohľad na žuvaciu plochu, b – pohľad na lingválnu plochu zuba.
Fig. 3. *Mammut borsoni* (Hays, 1834), M_2 dext. up – occlusal side, down – lingual side.

Číslo hrebeňa:	1	2	3
Šírka hrebeňov:	69,7	79,1	80,7
Výška korunky na postrite:	58,4	62,9	59,7
Výška korunky na pretrite:	63,4	65,5	50,4

Hrúbka skloviny: 4,7–5,0 mm (meraná pri obnažených častiach dentínu)

Poznámka: Vnútorná časť spodného zuba od lingválneho okraja po sulkus sa označuje ako postrit alebo entolofid, vonkajšia, teda od sulka po bukálnu (= labiálnu) stenu, ako pretrit alebo ektolofid. Sulkus je znížená časť v mediálnej osi zuba a rozdeľuje priečne hrebene na ektolofid a entolofid (Holec, 1985).

Počas vývoja tohto druhu od miocénneho druhu *Zygolophodon turicensis* po druh *Mammut borsoni* sa redukovali spodné kly. Kým *Zygolophodon turicensis* mal spodné kly vyvinuté normálne, *Mammut borsoni* ich má silne redukované až rudimentárne. Tento druh mastodonta je zo Slovenska známy z lokality Hajnáčka (Fejfar, 1964), Strekov (Schmidt a Halouzka, 1970; Holec, 1985), Veľké Bielice (Holec, 1985) a Moravský Svätý Ján (Holec, 1986). V Cerovinách ide o piaty nález tohto druhu. Jeho zvyšky sú opísané z mnohých lokalít západnej, strednej a východnej Európy a z Ázie (ich súhrn uvádza Holec, 1985). Novšie sa tento druh našiel aj v Holandsku (Mol a Essen, 1990). Braber et al. (1999) uvádzajú, že *Mammut borsoni* je druh typický pre pliocén. Žil vo vlhkých oblastiach blízko veľkých riek a živil sa najmä konárikmi a vetvičkami rozličných drevín. Hrúbka skloviny (5 mm) tohto zuba dobre korešponduje s naším nálezom z Cerovín. *Mammut borsoni* žil často v spoločnosti bunodontného mastodonta *Anancus arvernensis*, ako je to aj u nás na lokalite Strekov (Holec, 1996), ale ten prekročil hranicu pliocén – pleistocén a v Európe vymrel v spodnom pleistocéne.

Záver

Na základe nálezu mastodonta druhu *Mammut borsoni* možno jednoznačne určiť vek sysľohorských vrstiev ako pliocénny. Tento druh indikuje cicavčiu MN zónu 16–17 (pliocén, dák – roman). Sedimenty vytvorila meandrujúca rieka a v klastoch prevažuje kremeň nad kremencom a ílovcovými intraklastmi. Tieto pieskové polohy litologicky pripomínajú jednak pieskové polohy z Bánovskej kotliny (lokalita Veľké Bielice), jednak najvyššie uložené vrstvy piesku a štrku vo viedenskej panve na lokalite Mühlenberg bei Bernhardstahl, ktoré sa zaraďujú do mladšieho pliocénu.

Poďakovanie. Autori ďakujú agentúre za pridelenie grantu 1/6192/99.

Literatúra

Braber, F. I., Mol, D. & de Vos, J., 1999: On mastodon remains from the Netherlands: an overview. Deinsea 7, Annual of the Natural History Museum Rotterdam, pp. 55–66.

Brestenská, E., 1961: Present knowledge and problems of the Pliocene of the West Carpathians. *Geol. Práce, Zoš., 60, s. 149–157*

Dlabač, M., 1960: Poznámky ke vztahu mezi tvarem povrchu a geologickou stavbou Podunajské nížiny. *Geol. Práce, Zoš., 59, s. 69–101*

Feifar, O. & Heinrich, W. D., 1985: Zur Bedeutung der Wirbeltierfundstäten von Ivanovce und Hajnáčka für die Säugetierpaläontologie im Pliozän und frühen Pleistozän in Europa: Kenntnisstand und Probleme. *Věst. Ústř. Úst. geol., 60, 4, pp. 213–224.*

Fejfar, O., 1964: The Lower-Villafranchian Vertebrates from Hajnáčka near Fiľakovo in Southern Slovakia. *Rozpr. Ústř. Úst. geol., 30, 115 s.*

Holec, P., 1985: Finds of Mastodon (Proboscidea, Mammalia) relics in Neogene and Quaternary sediments of Slovakia (ČSSR). *Západ. Karpaty, Sér. Paleont., 10, s. 13–53.*

Holec, P., 1986: Reste von Mastodonten (Mammalia, Proboscidea) aus dem Wiener Beckens bei Moravský Ján (Slowakei). *Acta geol. geogr. Univ. Comen., Geol., 41, s. 135–144.*

Holec, P., 1996: A Plio-Pleistocene large mammal fauna from Strekov and Nová Vieska, south Slovakia. *Acta zool. Cracov., 39(1), Krakow, pp. 219–222.*

Joniak, P., Sliva, Ľ. & Vojtko, R., 2001: Pliokvartérne lokality južnej časti Považského Inovca. Katalóg lokalít, vyhodnotenie sedimentárneho záznamu a štruktúrna analýza vybraných lokalít. *Manuskript, Bratislava, EQUIS, 78 s.*

Maglay, J., Pristaš, J., Nagy, A. & Kernátsová, J., 1997: Vysvetlivky ku geologickým mapám 1 : 25 000, list 35–343 Dvorníky, 35–344 Alekšince, 35–433 Lužianky – Nitra (časť). [Čiastková záverečná správa.] *Manuskript, ŠGÚDŠ, Bratislava, s. 17–18.*

Mol, D. J. & Van Essen, J. A., 1990: *Mammut borsoni* from the Netherlands. *Lutra, 33, pp. 183–186.*

Pristaš, J., Elečko, M., Maglay, J., Fordinál, K., Šimon, L., Gross, P., Polák, M., Havrila M., Ivanička, J., Határ, J., Vozár, J., Tkáčová, M., Tkáč, J., Liščák, P., Jánová, V., Švasta, J., Remšík, A., Žáková, E. & Töröková, I., 2000: Vysvetlivky ku geologickej mape Podunajskej nížiny – Nitrianskej pahorkatiny, 1 : 50 000. *Vyd. Dionýza Štúra, Bratislava, s. 123–126.*

Rögl, F. & Harzhauser, M., 2001: Excursion. Late Miocene of the Northern Vienna Basin (Austrian part). *Naturhistorishes Museum Wien, 8 p.*

Schmidt, Z. & Halouzka, R., 1970: Nová fauna vertebrát z villafranchienu zo Strekova na Hronskej pahorkatine (Podunajská nížina). *Geol. Práce, Spr., 51, s. 173–183.*

Töröková, I., 1998: Jazerné sedimenty vrchného miocénu a pliocénu Nitrianskej pahorkatiny. [Diplomová práca.] *Manuskript, Kat. mineralógie a petrológie Prírodovedeckej fakulty UK Bratislava, 82 s.*

Töröková, I., 2000: The Pliocene deposits of Rišňovce depression – Volkovce Formation. *Slov. geol. mag., 4, 99, pp. 281–296.*

GeoVestník

Informačný spravodajca pre geológiu, baníctvo, úpravníctvo a životné prostredie

Príloha časopisu Mineralia Slovaca, roč. 34, č. 5–6

Obsah

Mineralia Slovaca od 35. ročníka pod záštitou Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra 1
7. medzinárodné alginitové sympózium 2
Profesijné asociácie a geológia 3
Vyšiel Anglicko-slovenský geologický slovník 4
Recenzia 4
Kronika 5
Významné životné jubileá členov SGS v roku 2003 6

Mineralia Slovaca od 35. ročníka pod záštitou Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra

V ostatných dvoch-troch rokoch malo združenie Mineralia Slovaca pri vydávaní časopisu Mineralia Slovaca veľké finančné ťažkosti. Tradičný zdroj financií, ktorým boli geologické organizácie, od roku 1994 postupne vysychal, až v roku 2002 – aj ako dôsledok nových legislatívnych úprav – vyschol načisto. Vydavateľ časopisu Geocomplex, a. s., Bratislava bol úspešný pri hľadaní aspoň jednorazovej finančnej pomoci, a tak vyšlo číslo 1 a 2 a koncom roka 2002 sa získali peniaze aj na dvojčíslo 3–4 a 5–6.

Vďaka veľkému a prirodzenému záujmu profesijných geologických organizácií a Slovenskej geologickej spoločnosti, ktoré sa jednoznačne vyjadrili za zachovanie časopisu, Slovenská geologická rada, poradný orgán ministra životného prostredia SR, prijala alternatívu začleniť časopis do Vydavateľstva ŠGÚDŠ. Vedenie ŠGÚDŠ so súhlasom MŽP SR takéto riešenie prijalo, a preto bude časopis Mineralia Slovaca od 1. januára 2003 vychádzať v jeho vydavateľstve.

ŠGÚDŠ a doterajší vydavateľ Geocomplex, a. s., požiadali o zmenu registrácie na Ministerstve kultúry SR. Časopis bude mať ročne iba štyri čísla, rovnako ako doteraz bude širokospektrálnym odborným periodikom a zachová si doterajšiu vonkajšiu aj vnútornú úpravu. Redakcia zostáva v Košiciach, nemení sa ani jej personálne obsadenie a bude ju riadiť hlavná redaktorka vydavateľstvo podľa pokynov vydavateľskej rady ŠGÚDŠ.

Keďže sa zameranie časopisu zachová, riaditeľ ŠGÚDŠ sa rozhodol nemeniť ani zloženie redakčnej rady. Doteraz sa nerozhodlo, či aj naďalej zostane časopisom SGS.

Združenie Mineralia Slovaca, ktoré pred 34 rokmi združilo všetky významné geologické organizácie na Slovensku s cieľom vydávať nový časopis pod názvom Mineralia Slovaca, prispelo neoceniteľným darom na rozvoj geológie na Slovensku, ktorý sa stal výborným pomocníkom pri odbornom raste geológov a spoľahlivým prostriedkom aj pri informovaní neodbornej verejnosti o najnovších poznatkoch a úspechoch geológov, geologických organizácií a spoločností na Slovensku.

Ako šéfredaktor, ktorý stál pri zrode časopisu Mineralia Slovaca a viedol ho 34 rokov, si dovoľujem v mene celej slovenskej geologickej spoločnosti poďakovať všetkým organizáciám, ktoré niesli bremeno vydávania tohto časopisu, ale aj tešili sa z jeho úspechov. Osobitná vďaka patrí najmä Geologickému prieskumu, n. p., v Spišskej Novej Vsi a jeho riaditeľovi Ing. Jánovi Bartalskému, CSc., a prvému riaditeľovi Slovenského geologického úradu Ing. Jánovi Slávikovi, DrSc., ktorí vzali na seba morálnu i finančnú zodpovednosť pri neľahkom zrode nového časopisu. Prvé číslo Mineralia Slovaca v roku 1969 mohlo vyjsť iba s pomocou ďalších organizácií – Slovenských naftových závodov Gbely, IGHP Žilina, GÚDŠ Bratislava, Geofondu Bratislava, SGS, Geofyziky Brno – a pod záštitou Geologického prieskumu, n. p., Spišská Nová Ves vychádzať až do roku 1992, keď vydávanie prevzala a. s. Geocomplex Bratislava a vďaka úsiliu jej generálneho riaditeľa RNDr. Adriána Panáčka, CSc., časopis vychádzal až do roku 2002. Ďakujem aj organizáciám, ktoré sa členmi Združenia Mineralia Slovaca stali neskoršie, ako aj tým, ktoré vznikli po privatizácii národných podnikov, za finančnú podporu, ktorú – ak im to situácia vo firme dovoľovala – poskytovali časopisu, ako aj všetkým predsedom združenia Mineralia Slovaca a členom všetkých doterajších redakčných rád, ktorí sa veľkou mierou zaslúžili o dobré meno časopisu.

Do nasledujúcich rokov želám nášmu časopisu Mineralia Slovaca – a dúfam, že so mnou aj všetci jeho spolutvorcovia, priaznivci a čitatelia – vhodné vydavateľské a odborné zázemie a nové úspechy.

Pavol Grecula
šéfredaktor

7. medzinárodné alginitové sympózium

(Salgóbánya – Lučenec)

V septembri 2002 sa na slovensko-maďarskom pomedzí v Salgóbányi (Salgótarján) a v Lučenci konalo 7. medzinárodné alginitové sympózium.

Sympóziá o alginite už majú istú tradíciu. Prvé bolo v Budapešti v roku 1984 a ďalšie v trojročných intervaloch vo Veszpréme a v Sitke. Na sympóziách sa schádzajú odborníci nielen z oblasti vyhľadávania a využívania alginitu, čiže geológovia a geofyzici, ale aj poľnohospodári z akademickej i praktickej sféry a najnovšie aj lesníci.

Ložisko alginitu sa ako výplň bazaltového maaru v rokoch 1993–1995 zistilo a overilo aj na Slovensku v Lučenskej kotline (Pinciná) a v inom bazaltovom maare pri Veľkej nad Ipľom – Jelšovci bolo objavené ložisko diatomitu.

Po novele slovenského banského zákona, platnej od 1. januára 2002, sekcia nerudných surovín pri Slovenskej obchodnej a priemyselnej komore so sídlom v Lučenci v dobrej viere, že otvoreniu ložiska pri Pincinej už nič nestojí v ceste, sa uchádzala o spoluusporiadanie sympózia tak, aby polovica jeho prednášok bola v Lučenci a aby na slovenskom území bola aj terénna exkurzia.

Sympózium prebiehalo 19. až 21. septembra 2002. Prvý blok prednášok odznel v horskom hoteli Mednes pri obci Salgóbánya v Maďarsku a druhý v kongresovom centre Reduta v Lučenci na Slovensku. Prednášky boli prierezom nových poznatkov o tejto zaujímavej nerastnej surovine. Od maďarských autorov to boli prednášky o obsahu síry v alginite Zadunajska, o možnosti využívať ho v púštnych podmienkach a v rodinných biofarmách, poznatky z porovnávania alginitu s inými materiálmi používanými v Maďarsku, prehľad o odborných a vedeckých prácach aj o realizovaných programoch zameraných na tento nerast v Maďarsku. Dve prednášky maďarských autorov sa zaoberali širšou problematikou bazaltového vulkanizmu v západnom Maďarsku a bazaltovými maarmi v Nógrade.

Slovenskí autori prednášali o nových výsledkoch výskumu pincinského alginitu. Poukázali na jeho vysoký fertilizačný efekt, zhodnotili vplyv alginitu na chemizmus pôdy a obsah ťažkých kovov v nej, na možnosti využívať alginit pri pestovaní lesa a v technológii čistenia odpadovej vody. Ďalšie prednášky rekapitulovali aplikáciu geofyzikálnych metód pri vyhľadávaní ložísk alginitu a všeobecne ložísk nerudných surovín viažucich sa na bazaltové

Obr. 1. Slovenská časť zasadania 7. medzinárodného alginitového sympózia bola v kongresovej hale Reduty v Lučenci.

Obr. 2. Predsedníctvo slovenskej časti 7. medzinárodného sympózia. Zľava: Ing. A. Molnár, CSc., organizačný garant sympózia, prof. I. Kraus, DrSc., predseda zasadania, a Dr. G. Solti, objaviteľ alginitu v Maďarsku a „duchovný otec" alginitových sympózií.

maary a informovali o výsledkoch najnovšieho vyhľadávacieho prieskumu maarových štruktúr v Cerovej vrchovine.

Nemeckí hostia sympózia, špecialisti na výskum maarov, ich vulkanológie a sedimentológie, prezentovali poznatky o syneruptívnych a posteruptívnych procesoch maarových a diatrémových vulkánov a o riasovej postvulkanickej sedimentácii v maaroch. Zaujala ich aj problematika bazaltového vulkanizmu v Cerovej vrchovine a v priľahlom maďarskom Cserháte do takej miery, že zvažujú možnosť navrhnúť medzinárodnej vulkanologickej asociácii, aby sa budúce sympózium jej sekcie na štúdium maarov konalo na slovensko-maďarskom pomedzí.

Na sympóziu bolo prezentovaných aj niekoľko posterov s alginitovou a maarovou problematikou.

Sympózium uzavrela geologická exkurzia po Cerovej vrchovine. Uviedli ju slovenskí vedeckí garanti sympózia prednáškami v pléne o geologickej stavbe Lučenskej kotliny, Cerovej vrchoviny a o bazaltovom vulkanizme Cerovej vrchoviny. Účastníci sympózia mali možnosť vidieť otvorené ložisko diatomitu v maare pri Jelšovci, no s poľutovaním vzali na vedomie, že napriek novele slovenského banského zákona, podľa ktorej sa alginit prekategorizoval do skupiny nevyhradených nerastov, čím sa prekonali legislatívne prekážky otvorenia pincinského ložiska, nie je toto ložisko doteraz otvorené a neťaží sa, hoci majitelia pozemkov, na ktorých sa ložisko nachádza, sú schopní otvoriť ho okamžite. Otvoreniu ložiska v súčasnosti kuriózne stojí v ceste stanovisko Hlavného banského úradu (ďalej HBÚ), ktorý neakceptuje novelu banského zákona a argumentuje tým, že nie je zákonná úprava zrušenia osvedčenia o ložisku vyhradeného nerastu, ktorý bol preradený medzi nevyhradené, čo je prípad alginitu (pozri novelu banského zákona z 1. januára 2002). HBÚ takto dôvodí napriek tomu, že obvodné banské úrady v minulosti už iniciovali zrušenie a domáhali sa zrušenia osvedčení ložísk surovín, ktoré neboli v kategórii vyhradených nerastov, a tým naliehali na orgán, ktorý ich vydal (SGÚ resp. MŽP SR). Podľa HBÚ to, čo platilo napr. pri pemzovom tufe, neplatí pri alginite, hoci podľa platného banského zákona sú obidve suroviny nevyhradenými nerastmi.

Obr. 3. Pohľad do kongresovej sály Reduty v Lučenci počas zasadania sympózia.

Aj na sympóziu bol vyjadrený názor, že HBÚ neudržateľnou argumentáciou bráni využívaniu takej v ochrane prírody cennej a všestranne využiteľnej suroviny, akou je alginit, čím nielen potenciálnym ťažiarom, ale najmä spoločnosti ako celku vznikajú ekonomické a národohospodárske škody. Alginit by sa napr. dal úspešne aplikovať pri výsadbe a obnove slovenských lesov, kde pre šok

Obr. 4. Časť účastníkov 7 medzinárodného alginitového sympózia na poslednej lokalite exkurzie v obci Hajnáčka.

zo sucha v jarných mesiacoch (dôsledok prebiehajúcich klimatických zmien) neujme 50 až 64 % sadeníc stromov a strata je 300 až 350 miliónov Sk ročne. Alginit pridaný do sadbových jamiek by vďaka svojej schopnosti udržiavať vodu mohol škody znížiť na minimum.

Je poľutovaniahodné, že sa o možnosti využívať alginit doteraz nezaujímajú slovenskí poľnohospodárski odborníci (na sympóziu chýbali). Pestovatelia lesa sa naopak na sympóziu zúčastnili aktívne. Konštatovaná nepriaznivá situácia je nesporne dôsledkom stavu, že sa o slovenskom alginite síce hovorí, ale táto surovina je doteraz legislatívne akoby zakliata v zemi a nemožno sa dostať ani k jednému kilogramu vzorky na laboratórne alebo akékoľvek iné preskúšanie.

Dionýz Vass

Profesijné asociácie a geológia

Zmeny v spoločnosti po roku 1989 vyvolali aj pohyb v systéme vzťahov medzi základnými zložkami pracovného procesu, v ktorom vystupujú zamestnanci jednak ako odborníci a jednak ako ľudia, zamestnávatelia a štátna správa. Bezprostredne po vychýlení spoločnosti do iného systému sa pociťovala potreba pokryť dôležitú časť pracovných vzťahov, ktorú reprezentujú zamestnanci ako odborníci. Ako huby po daždi začali vznikať profesijné asociácie a komory, čo malo svoje opodstatnenie. Štátna správa ostala štátnou správou, zamestnávatelia tiež, i keď sa rozdelili na štátny a súkromný sektor. Odbory, ktoré by mali chrániť záujmy všetkých zamestnancov príslušného rezortu najmä v sociálnej sfére bez ohľadu na profesiu, tiež existujú, ale zamestnanci ako odborníci v tej-ktorej profesii ostali bez základne. Odborné spoločnosti pri SAV na to nestačia, čiže medzi piliermi zamestnaneckých vzťahov (štátna správa – zamestnávatelia – odbory – odborníci) štvrtý – profesionálny – chýbal, a tak zákonite museli vznikať profesijné asociácie.

Nie inak to bolo aj v rezorte geológie. Najprv začali tvoriť asociácie skupiny odborných profesií, ktoré najviac pociťovali tlak nových podmienok a kde vzniklo aj veľa súkromných subjektov. Založila sa asociácia inžinierskych geológov (SAIG), hydrogeológov (SAH), ložiskových geológov (SALG) a geofyzikov (SAG). Neskôr v roku 1994 sa konštituovala ešte geotermálna asociácia (SGA) a v roku 2002 asociácia geochemikov (SAGCH).

Plejáda ostatných geológov rozličného zamerania, od špecialistov paleontológov či petrológov až po terénnych geológov, mapovačov a tektonikov, ktorá pomerne dlho ostávala bokom, sa v roku 1996 združila v Asociácii geológov Slovenska (AGS) a za svoje hlavné ciele v súlade so stanovami AGS pokladá najmä rozvoj geologických vied na Slovensku, reprezentáciu geologickej obce voči štátnym orgánom a hospodárskym organizáciám, ochranu profesijných záujmov svojich členov, spoluprácu so štátnou správou pri tvorbe legislatívy v odbore geológie a pri udeľovaní odbornej spôsobilosti, predkladanie námetov a vyjadrení k zameraniu výskumu a k spoločenskej objednávke v odbore geologických vied, spoluprácu pri príprave učebných plánov geológie a so SGS pri príprave odborných konferencií a seminárov.

AGS pri svojom vzniku mala okolo 60 členov zo ŠGÚDŠ, Prírodovedeckej fakulty UK, SAV, Fakulty BERG Technickej univerzity v Košiciach, Nafty Michalovce a z iných organizácií a pracovala na báze troch klubov – v Bratislave, Banskej Bystrici a v Košiciach. Počas svojho pôsobenia sa angažovala najmä v legislatívnej oblasti (geologický zákon, zákon o geologickej komore), pri príprave geologickej a surovinovej koncepcie, pri organizovaní odborných konferencií a seminára doktorandov.

Podstatné na ďalšom vývoji v asociáciách je to, že sa v roku 1996 podarilo dosiahnuť dohodu o spolupráci a združiť ich

na základe zmluvy o súčinnosti do jedného subjektu – Únie geologických asociácií Slovenska (ÚGAS), ktorá v roku 1999 nadobudla aj právnu subjektivitu. ÚGAS je funkčná doteraz (čo je na slovenské pomery vzácne) a do značnej miery nahrádza úlohu komory. Úlohou ÚGAS je koordinovať činnosť profesijných asociácií vo sfére ich spoločných záujmov vo vzťahu k iným domácim a zahraničným organizáciám a k orgánom štátnej správy. V roku 1997 sa slovenské geologické profesijné asociácie prostredníctvom ÚGAS stali členom Európskej federácie geológov (EFG). ÚGAS sa pozitívne prejavila najmä v legislatívnej oblasti a v Slovenskej geologickej rade a stala sa významnou súčasťou diania v oblasti geológie na Slovensku.

Funkčnosť, dobrá organizácia a korektné vzťahy medzi základnými zložkami v geologickom rezorte musia ležať na srdci každému, koho geológia nielen živí, ale má ju aj ako poslanie alebo prostriedok na sebarealizáciu. Geológii patrí veľmi významné miesto v každom štáte, osobitne v štáte s takou pestrou a zložitou geologickou stavbou, akú má Slovensko.

Vladimír Bezák

Vyšiel Anglicko-slovenský geologický slovník so zoznamom slovenských názvov

V týchto dňoch sa na knižný trh dostáva očakávaný a veľmi potrebný *Anglicko-slovenský geologický slovník so zoznamom slovenských názov* (1. vyd. Bratislava, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra 2002), ktorého autorom je Bohumil Molák, Pavol Liščák a kolektív.

Úlohu slovníka takéhoto typu na Slovensku dlho a úspešne suploval *Anglicko-český geologický slovník s rejstříkem českých názvů* O. Zemana, K. Beneša a kolektívu z roku 1985. Za 16 rokov od jeho vydania v rade disciplín, ako je štruktúrna geológia, stratigrafia, hydrogeológia, hydraulika, veda o zemskom teple, inžinierska geológia, geotechnika, geológia životného prostredia, informatika, ale aj oblasť geologického či banského hospodárstva, pribudlo nemálo nových termínov a technických výrazov, a preto nielen geológovia a iní odborníci a vedno s nimi aj podnikatelia vo sfére energetiky, nerastných surovín, stavebníctva či odpadového hospodárstva pociťovali – na Slovensku mimoriadne intenzívne – naliehavú potrebu väčšieho geologického prekladového slovníka. Po získaní súhlasu autora a jediného držiteľa autorských práv spomenutého Anglicko-českého geologického slovníka doc. RNDr. O. Zemana, CSc., autori nového slovníka prehodnotili a upravili jeho anglickú časť, českú nahradili slovenskou a k takto získanému základu pridali bázu dát s viac ako 9000 novými heslami. Anglicko-slovenský geologický slovník, ktorý predstavujeme, tak obsahuje vyše 27 000 hesiel a jeho súčasťou je aj abecedný zoznam slovenských názvov na preklad zo slovenčiny do angličtiny.

Recenzentom slovníka je prof. PhDr. Ján Horecký, DrSc., RNDr. Jaroslav Lexa, CSc., prof. Ing. Milan Matula, DrSc., prof. RNDr. Milan Mišík, DrSc., a prof. Peter P. Hudec, PhD., a vedeckým redaktorom RNDr. Pavol Grecula, DrSc.

Slovník vydal ŠGÚDŠ v náklade 1000 ks, jeho cena je 490 Sk a možno ho kúpiť v predajni geologických publikácií v ŠGÚDŠ (Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava).

Je predpoklad, že prezentovaný *Anglicko-slovenský geologický slovník so zoznamom slovenských názvov* aspoň sčasti pokryje potreby v čase, keď absolútna väčšina literatúry z oblasti geologických vied vychádza v angličtine. Slovník je určený najmä vedeckým, odborným a technickým pracovníkom, ako aj učiteľom a študentom geologických, prírodovedných a technických škôl všetkých stupňov.

Pavol Liščák

Recenzia

B. CAMBEL, M. SLAVKAY & M. KALIČIAK: **Významní slovenskí geológovia**. Bratislava, Veda, vyd. Slovenskej akadémie vied (2000, 508 s.)

Na sklonku roku 2002 – viac než jeden a pol roka potom, čo sa objavila v distribúcii – som podrobnejšie listoval v knižnej publikácii *Významní slovenskí geológovia*. Predovšetkým oceňujem myšlienku, úsilie i námahu vynaloženú na zostavenie takéhoto diela, lebo pomáha lámať bariéru ignorancie minulosti, ktorá je obzvlášť pevne zakotvená v natureli Slovákov. Nevážime si vlastnú históriu, tradície a máme averziu k návratom do archívov, knižníc. Neradi zotierame prach starobylých análov, zabudnutých kníh či časopisov a potom sa nám stáva, že objavujeme dávno objavené. Okrem toho akoby sme mali záľubu v premenúvaní a ustavičnej reorganizácii všetkého, čo má určitú historickú kontinuitu. Dôkazom takéhoto zástoja v nedávnej minulosti bola snaha vymazať z registrov i z pamäti meno najstaršej geologickej inštitúcie na Slovensku – Geologického ústavu Dionýza Štúra – jej bezcitným premenovaním na Geologickú službu Slovenskej republiky.* O to záslužnejšie je úsilie autorov oživiť pamäť slovenskej geologickej obce a zhrnúť základné biografické údaje o slovenských geológoch.

Kniha vypĺňa jedno veľké vákuum v historiografii slovenskej geológie, ktoré sa kryje s obdobím vzniku a rozvoja moderných slovenských geovied, keď obdobie ich úsvitu historiograficky zmapoval už Ľudovít Ivan. V recenzovanej publikácii sú biografie slovenských a na Slovensku pôsobiacich geológov prevažne povojnového obdobia, do ktorého zapadá aj vznik slovenských univerzít zameraných na výchovu odborníkov geovedných disciplín. Autori si predsavzali zostaviť biografie geovedcov narodených pred rokom 1951, čiže tých, ktorí v roku vydania diela mali 50 a viac rokov.

Žiaľ, autorom sa nepodarilo preklenúť niektoré úskalia redakčnej úpravy diela, a to napriek uisteniam v úvode, že sa tak, aj na základe posudkov recenzentov, urobilo.

Pri niektorých geologičkách nie je uvedené rodné meno (napr. Drnzíková, Gerdhofferová, Hroncová, A. Hyánková, Kubová, Polakovičová, Scheibnerová).

Pri väčšine osobností biografia neprezrádza nič o ich rodinnom zázemí, s kým žili, či žijú v manželstve, koľko majú potomkov, či niektorý z nich nepokra-

čuje v profesii rodiča. Za zmienku by stálo aj to, či životný partner – i keď profesiou nepatrí medzi geológov, aspoň nepriamo napomáhal rozvoj slovenskej geológie (napr. práca v redakcii geologického časopisu, v geologických laboratóriách a pod.). Ľudskú stránku osobností by nesporne zvýraznila aj stručná zmienka o tvrdších ranách osudu, ak také boli (tragická udalosť v rodine, tragická alebo náhla smrť). Takéto zmienky sú bežné a prirodzené v biografiách osobností z iných profesií, napr umelcov a pod.

Akademické a pedagogické tituly geológov sú zašifrované v texte. Bolo by užitočné uviesť ich aj za menom v záhlaví. Tituly dávajú o osobnosti užitočnú skratkovú informáciu, akýsi stručný prierez ich vedeckej a pedagogickej kariéry. Tak je to napr. v Náučnom geologickom slovníku (2. diel, Praha, Nakl. ČSAV 1961).

Neviem si vysvetliť, prečo v publikácii nie je zmienka o RNDr. Viere Kantorovej-Navarovej. Zdá sa, že jej biografia vypadla z diela nedopatrením, lebo biografia jej manžela Ing. Dr. Jána Kantora, CSc., tam je a redaktori museli vedieť aj o vedeckej kariére jeho manželky. To isté platí o RNDr Anne Kullmanovej-Salontayovej. Chýbajúce údaje o RNDr. Kantorovej zostavovatelia mohli nájsť v zdravici k jej jubileu (Geol. práce, Spr., 78, 1982, s. 7–9), alebo v nekrológu (Geol. práce, Spr., 100, 1995, s. 7–8). Podobne biografické údaje o RNDr. Ružene Lehotayovej-Danihelovej bolo možno čerpať z publikovanej zdravice (Geol. práce, Spr., 88, 1989, s 21–26). Chýba aj zmienka o RNDr. Jozefovi Hanáčkovi.

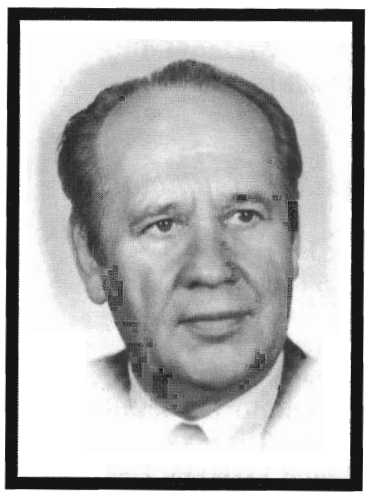
Napriek istým nedostatkom recenzované biografické dielo je a ostane míľnikom v historiografii slovenskej geológie, lebo ťažko predpokladať jeho reedíciu. Dúfam, že v budúcnosti s novým autorským a redaktorským kolektívom uzrie svetlo sveta pokračovanie tohto pionierskeho diela. Vtedy azda bude príležitosť napraviť aspoň niektoré nedostatky a pri koncipovaní druhého diela sa vyvarovať chýb, ktorým sa nepodarilo napriek dobrej vôli – vyhnúť autorskému kolektívu recenzovanej publikácie.

Dionýz Vass

*Je zarážajúce, že v biografii hlavného protagonistu premenovania ústavu sa práve toto hodnotí ako zásluha (s. 108, posledná veta 3. odseku).

Kronika

Ondrej Samuel (1931–2002)



Pred Vianocami 2002 náhle zomrel RNDr. Ondrej Samuel, DrSc., jedna z najvýraznejších osobností druhej generácie slovenských geológov.

O Samuel sa narodil a vyrastal v Palárikove, stredoškolským vzdelaním bol orientovaný na ekonomickú problematiku a po maturite sa rozhodol pre prírodovedné univerzitné štúdium. Absolutórium získal na Fakulte geologicko-geografických vied UK v Bratislave, ktorá prechodne vydeľovala geológov a geografov z rámca pôvodnej Prírodovedeckej fakulty UK. Po skončení univerzitných štúdií bol O. Samuel istý čas asistentom akademika D. Andrusova, zakladateľa modernej slovenskej geológie. Patril medzi jeho posledných blízkych spolupracovníkov a vedno s ním redigoval doteraz neprekonané trojzväzkové encyklopedické dielo o stratigrafii Západných Karpát. Kmeňovým pracoviskom Dr O. Samuela bol Geologický ústav D. Štúra v Bratislave. Na pracovisku, kde pôsobili aj významní slovenskí geológovia prvej generácie (Maheľ, Fusán, Leško, Seneš, Kantorová, Brestenská a i.), získal O. Samuel už vtedy rozsiahlu a ustavične rastúcu sumu poznatkov o geológii Západných Karpát. Nimi usmerňovaný sa po vlastnom zvážení špecializoval na biostratigrafiu s osobitným dôrazom na biostratigrafiu paleogénneho útvaru. Na tomto úseku na prelome 50. a 60. rokov minulého storočia chýbala osobnosť schopná poskytovať mapujúcim geológom spoľahlivé informácie o presnejšom veku paleogénnych sedimentárnych formácií centrálnych a vonkajších Západných Karpát. O. Samuel si zvolil vtedy najefektívnejšiu biostratigrafickú metódu – štúdium foraminifer. Keď si túto metodiku dokonale osvojil, rozšíril stratigrafický rozmer svojich štúdií na kriedu a trias a svojimi biostratigrafickými prácami zásadne prispel do tvorby generálnych geologických máp ČSR v mierke 1 : 200 000, ktoré, ako je všeobecne známe, mali vo svete mimoriadne priaznivý ohlas. Neskôr sa jeho poznatky využívali pri zostavovaní regionálnych geologických máp Západných Karpát v mierke 1 : 50 000. Ako vedec vychádzajúci z biostratigrafických poznatkov sa aktívne zapájal do práce Čs. stratigrafickej komisie a bol slovenským partnerom mnohoročného predsedu tejto komisie prof. I. Chlupáča. Osud rozhodol, že aj on nedávno opustil českú geologickú obec.

RNDr O. Samuel, DrSc., sa nevenoval iba foraminiferovej biostratigrafii, ale hlbšie bádal aj v paleontológii foraminifer. Opísal takmer 40 nových druhov tejto čeľade a využíval na to aj nové metódy výskumu elektrónovým mikroskopom. Svoje foraminifery v ultrazväčšení tohto mikroskopu pozoroval aj očami estéta, hľadal i nachádzal krásu tvarov ukrytú v mikrokozme, v prapodivných schránkach morských organizmov.

O. Samuel popri praktickej mravčej práci mikropaleontológa biostratigrafa považoval za úplne samozrejmé zdokonaľovanie sa vo vlastnom vednom odbore. Osem rokov po skončení univerzitných štúdií napriek určitým zdravotným ťažkostiam a istému nepochopeniu pražskou paleontologickou školou obhájil kandidátsku dizertáciu, získal vedeckú hodnosť CSc. a neskôr ako jeden z najtalentovanejších Slovákov v roku 1972 (41-ročný) aj DrSc.

Popri svojej úzkej špecializácii sa O. Samuel venoval aj širokej problematike základnej geológie a paleontológie, a to predovšetkým ako redaktor či spoluredaktor a spoluator viacerých encyklopedických diel. Spolu s prof. Andrusovom redigoval a mnoho hesiel autorsky spracoval v už spomenutom Stratigrafickom slovníku Západných Karpát, zúčastnil sa na tvorbe Encyklopedického slovníka geologických vied, redigoval paleontologický terminologický slovník a fytopaleontologický slovník, ktorého vydania sa už nedočkal.

RNDr O. Samuel, DrSc., i keď vyťažený vedeckou prácou sa nevyhýbal ani organizačnej práci. Dlhšie obdobie bol zástupcom riaditeľa GÚDŠ a vedúcim paleontologického oddelenia tohto ústavu. Významne sa zaslúžil o slovenskú vedeckú geologickú tlač ako šéfredaktor edičnej rady publikácií GÚDŠ, ako vedúci redakčného okruhu pre paleontológiu, ale aj ako člen redakčných rád vedeckých geologických časopisov v bývalej ČSR. V organizačnej práci si vedel získať dôveru do takej miery, že mu zverovali významné funkcie napriek tomu, že sa politicky neangažoval. Vynikal aj ako trpezlivý vyjednávač a spolutvorca zásadných dokumentov týkajúcich sa slovenskej geológie, najmä v kritických chvíľach či už v roku 1989 alebo po ňom.

RNDr. O. Samuel priamu pedagogickú činnosť nevykonával, ale bol školiteľom viacerých vedeckých ašpirantov v odbore paleontológia a geológia, z ktorých vyrástli poprední odborníci mladšej generácie slovenských geológov.

Pracovná aktivita Dr. O. Samuela prekračovala hranice Slovenska. Angažoval sa najmä v KBGA a isté obdobie tejto asociácii aj predsedal. Spolupracoval so zahraničnými odborníkmi a stal sa čestným členom zahraničných geologických spoločností – poľskej, českej a maďarskej. Pozývali ho na medzinárodné vedecké konferencie, sympóziá a zjazdy. Viac takýchto akcií organizoval,

napr. medzinárodné mikropaleontologické kolokvium v roku 1986, a zapájal sa do prípravy zjazdov SGS, ktorej istý čas bol aj predsedom. Je držiteľom viacerých vyznamenaní, medailí a ocenení. Medzi spolupracovníkmi, ako aj v slovenskej geologickej obci bol obľúbený a mal prirodzenú autoritu.

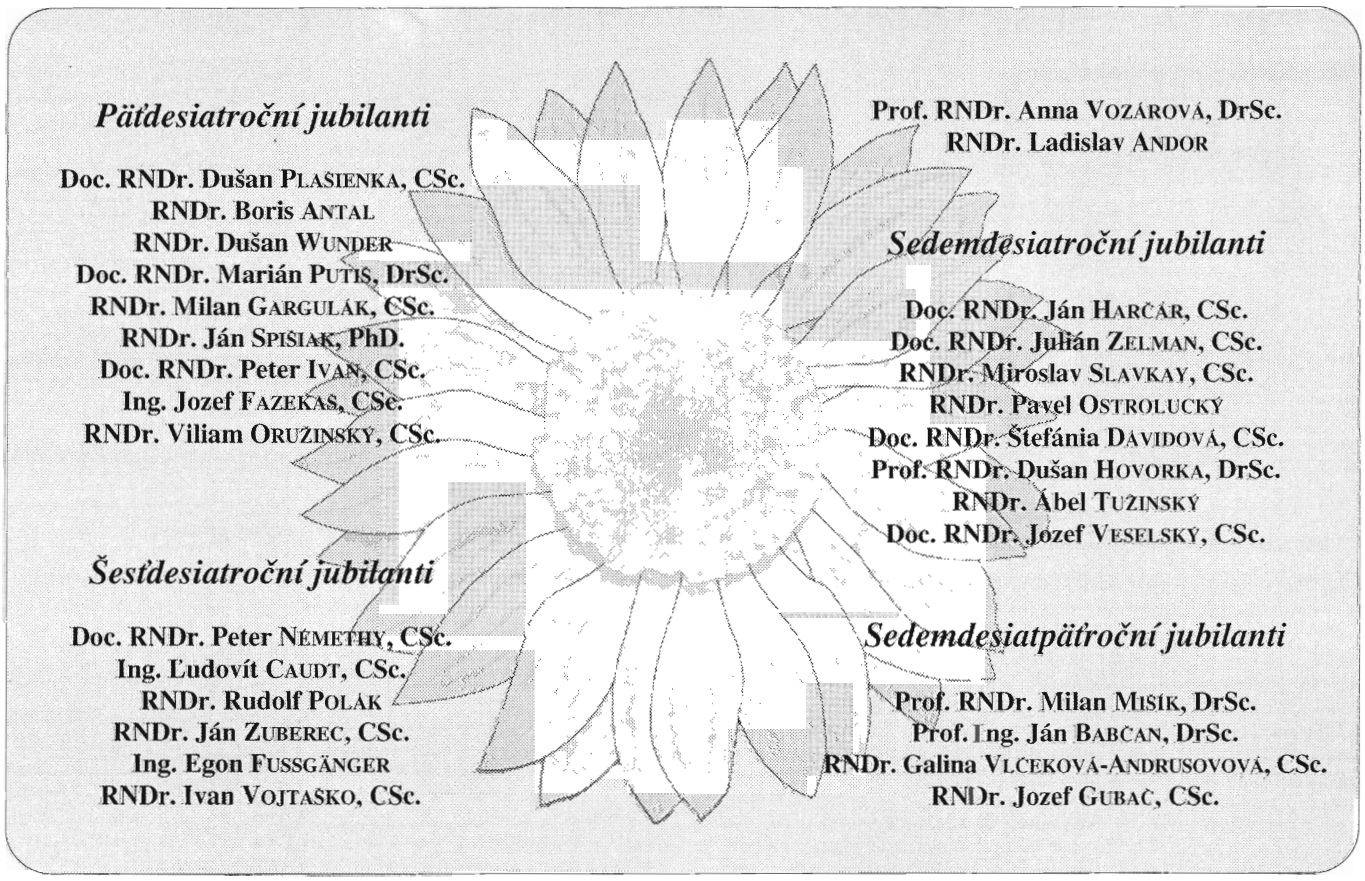
RNDr. O. Samuel, DrSc., publikoval okolo 300 vedeckých prác a autorsky sa zúčastnil na tvorbe piatich rozsiahlych monografií. Bibliografiu jeho prác publikovali vedecké periodiká Geologica Carpathica (32, 1981, 4), Mineralia Slovaca (13, 1981, 3) a bola doplnená v Geologických správach (93, 1991).

Ondrej, bol si dobrým priateľom i učiteľom, zápalistým vedcom i dôstojným reprezentantom svojho stavu. Vždy, najmä v kritických chvíľach pre slovenskú geológiu, sme Ťa videli stáť na strane pravdy a spravodlivosti. Nech týchto niekoľko riadkov je holdom celej slovenskej geologickej komunity Tvojej osobnosti, zásluhám a dielu, ktoré významom prekračuje hranice krajiny pod Tatrami, kde si sa narodil a kde budeš snívať svoj večný sen.

Dionýz Vass

Jubilanti SGS

Významné životné jubileá členov Slovenskej geologickej spoločnosti v roku 2003



V mene celej geologickej verejnosti všetkým jubilantom srdečne blahoželáme a do ďalších rokov želáme veľa tvorivých síl a dobré zdravie.

Doc. RNDr. Dušan Plašienka, CSc.
predseda SGS

Rady autorom

Každý autor sa usiluje, aby jeho článok bol nielen obsahovo, ale aj graficky na vysokej úrovni. Vaše ilustrácie budú kvalitné, ak presne dodržíte naše inštrukcie.

Už pri príprave obrázka treba zvážiť, či sa umiestni na jeden stĺpec alebo na dva stĺpce, resp. na celú tlačenú stranu. Vhodne upravený obrázok (veľkosť písmen, hrúbka čiar) možno reprodukovať aj v pomere 1:1 alebo odporúčame urobiť kresby (perovky) väčšie, ako sa predpokladá ich veľkosť po vytlačení. Perovky majú byť zhotovené sýtym čiernym tušom. Pri obrázkoch urobených na počítači treba redakcii poslať originálne obrázky (nie xeroxové kópie) vytlačené na pauzovacom papieri - *tlač laserovou tlačiarňou v kamennej podobe pri vysokom rozlíšení (min. 300 DPI)*. Pri zostavovaní obrázkov redakcia odporúča pracovať s programami vo vektorovom zobrazení (napr. Corel Draw — TIFF). Neodporúčame používať veľmi tenké čiary (tzv. vlasovej hrúbky) ani na obrysy, ani vo výplni.

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. Optimálna veľkosť písma v časopise po zmenšení je pri veľkých písmenách a číslach 2 mm a pri malých písmenách 1,6 mm.

Všeobecne

1. Rukopis v dvoch exemplároch a originál obrázkov a jedným odtlačkom musia byť vyhotovené podľa inštrukcií pre autorov časopisu Mineralia Slovaca. V opačnom prípade redakcia článok vráti autorovi pred jeho zaslaním recenzentovi.
2. Ak je možnosť, pošlite text článku na diskete 3,5", spracovaný v editore T602 (WinText602, Ami Pro, MS Word, WordPerfect, PC) alebo MS Word, QuarkXPress (Mac) v norme Kamenických alebo Latin2. S disketou zašlite aj jeden výtlačok textu na papieri.
3. Rozsah článku je najviac 20 rukopisných strán včítane literatúry, obrázkov a vysvetliviek. Uverejnenie rozsiahlejších článkov musí schváliť redakčná rada a ich zaradenie do tlače bude zdĺhavejšie.
4. Články sa uverejňujú v slovenčine, češtine, angličtine, resp. ruštine. Abstrakt a skrátené znenie článku (resumé) je obyčajne anglické (ak je článok v angličtine, potom resumé je v slovenčine).
5. Súčasne s článkom treba redakcii zaslať autorské vyhlásenie. Obsahuje meno autora (autorov), akademický titul, rodné číslo, trvalé bydlisko.

Text

1. Úprava textu včítane zoznamu literatúry prispôsobte súčasnej úprave článkov v časopise.
2. Text sa má písať s dvojitou linkovou medzerou (riadkovačom 2), na strane má byť 30 riadkov, šírka riadku je asi 60 znakov.
3. Abstrakt aj s nadpisom článku sa píše na samostatný list. Obsahuje hlavné výsledky práce (neopakovať to, čo je už vyjadrené nadpisom), nemá obsahovať citácie a jeho rozsah nemá byť väčší ako 200 slov. (Abstraktu treba venovať náležitú pozornosť, lebo slúži na zostavovanie anotácií.)
4. Text má obsahovať úvod, charakteristiku (stav) skúmaného problému, resp. metodiku práce, zistené údaje, diskusiu a záver.
5. Zreteľne treba odlíšiť východiskové údaje od interpretácií.
6. Neopakovať údaje z tabuliek a obrázkov, iba ich komentovať a odvolať sa na príslušnú tabuľku, resp. obrázok.
7. Text treba členiť nadpismi. Hlavné nadpisy písať do stredu, vedľajšie na ľavý okraj strany. Voliť najviac tri druhy hierarchických nadpisov. Ich dôležitosť autor vyznačí ceruzkou na lavom okraji strany: 1 - hierarchicky najvyšší, 2 - nižší, 3 - najnižší nadpis.
8. V texte sa uprednostňuje citácia v zátvorke, napr. (Dubčák, 1987; Hrubý et al., 1988) pred formou ... podľa Dubčáka (1987). Ani v jednom prípade sa neuvádzajú krstné mená.
9. Umiestnenie obrázkov a tabuliek sa označí ceruzkou na ľavom okraji rukopisu, resp. stĺpcového obťahu.
10. Grécke písmená použité v texte treba identifikovať na ľavom okraji slovom (napr. sigma).
11. Pri písaní starostlivo odlišujte pomlčku od spojovníka.
12. Symboly, matematické značky, názvy skamenelín, slová a pod., ktoré treba vysádzať kurzívou, autor v rukopise podčiarkne vlnovkou.
13. K článku treba pripojiť kľúčové slová.
14. Abstrakt, resumé, vysvetlivky k obrázkom a názvy tabuliek predloží autor redakcii aj v angličtine.

Ilustrácie

1. Musia byť vysokej kvality. Majú dokumentovať a objasňovať text. Originál (pred zmenšením) môže mať rozmer najviac 340 x 210 mm. Maximálny rozmer ilustrácie vytlačený v časopise je 170 x 230 mm. Skladacie ilustrácie treba úplne vylúčiť.
   V prípade ilustrácií vytvorených na počítači prosíme o ich zaslanie na diskete 3,5" vo formáte CorelDraw (PC), Adobe Illustrator (PC, Mac) alebo Aldus FreeHand (Mac).
2. Ilustrácie pripravovať s vedomím, že sa budú zmenšovať (zvyčajne o 50 %) na šírku stĺpca (81 mm) alebo strany (170 mm). Podľa toho pripravovať ich veľkosť a formu, resp. ich zoskupenie.
3. Voliť takú veľkosť písma a čísel, aby najmenšie písmená po zmenšení boli veľké aspoň 1,2 mm. Úmerne zmenšeniu voliť aj hrúbku čiar.
4. Obrázky popisovať šablónou, nie voľnou rukou.
5. Všetky ilustrácie včítane fotografií musia obsahovať grafickú (metrickú) mierku.
6. Zoskupené obrázky, napr. fotografie, 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.
7. Fotografie musia byť ostré, čiernobiele, kontrastné a vyhotovené na lesklom papieri. Je vhodné, aby sa zmenšovali minimálne o 50 %.
8. Na všetkých obrázkoch sa na okraji (na fotografiách na zadnej strane) ceruzkou uvedie číslo obrázku a meno autora. Na fotografiách sa šípkou doplní aj orientácia obrázku.
9. Na mapách a profiloch voliť jednotné vysvetlivky, ktoré sa uvedú pri prvom obrázku.
10. Názvy obrázkov a vysvetlivky sa píšu strojom na osobitný list.
11. Všetky ilustrácie sa musia citovať v texte.
12. Ilustrácie sa zasielajú redakcii už imprimované, teda pri korektúre ich už nemožno opravovať a dopĺňať.
13. 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 alebo na šírku strany. Rozsiahlejšie tabuľky sa neprijímajú.
2. Údaje zoraďujte do tabuľky iba vtedy, ak sa nedajú uviesť v texte.
3. Nadpis tabuľky a prípadný sprievodný text sa píše strojom na osobitný list (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 poriadku 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. Citácie s doplnkom „v prípade", „zadané do tlače" sú neplnohodnotné a nemajú sa používať ani v texte. Citácia „osobná informácia" sa cituje iba v texte (Zajac, os. informácia, 1988).
2. Používať nasledujúci spôsob uvádzania literatúry:
   Kniha
   Gazda, L. & Čech, M., 1988: Paleozoikum medzevského príkrovu. Alfa Bratislava, 155.
   Časopis
   Vrba, P., 1989: Strižné zóny v komplexoch metapelitov. Mineralia Slov., 21, 135 - 142.
   Zborník
   Návesný, D., 1987: Vysokodraselné ryolity. In: Romanov, V. (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 GP 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 (knihe) cituje názov, údaje a pod. iného autora, ktorý nie je spoluautorom publikácie, potom sa v texte cituje vo forme (Gerda in Kubka, 1975), ale v zozname literatúry sa uvádza iba Kubka, J., 1975.