

Minerálne zloženie a fyzikálne vlastnosti alterovaného ryolitového tufu z vybraných ložísk južnej časti Tokajských vrchov (Maďarsko)

TOMÁŠ KRATOCHVÍL¹, VLADIMÍR ŠUCHA², RENÁTA ADAMCOVÁ³,
ANDREJ JANEĀA⁴ a TIBOR MÁTYÁS⁵

^{1,2}Katedra ložiskovej geológie Prírodovedeckej fakulty UK, Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava

³Katedra inžinierskej geológie Prírodovedeckej fakulty UK, Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava

⁴Štátny geologický ústav D. Štúra, regionálne centrum,
Kynceľovská cesta 10, 974 01 Banská Bystrica

⁵Geoproduct Kft, Béla Bartók utca 7-9, 3909 Mád, Hungary

Mineral composition and physical properties of altered rhyolite tuff from selected deposits of the southern part of Tokaj Mountains (Hungary)

This study is concerned on mineral composition and physical properties of altered rhyolite tuff deposits in the southern margin of the Tokaj Mts. Mineral composition was studied qualitative and quantitative by XRD, FTIR, SEM and physical-mechanical properties were investigated by optical porosimetry, stereopocnometry and water absorption capacity.

Ca-montmorillonite and clinoptilolite are dominant mineral phases in the Šuba deposit. Clinoptilolite predominates in the Rátka V, VII and mordenite in the Hangács deposit. Potassium feldspars prevail in the Bekecs deposit. Rátka V and Bekecs tuffs show high values of porosity and water absorption capacity.

Bacterial experiments confirmed elimination of bacterial strain E.coli MC 100 when Šuba tuff was added.

Key words: mineral composition, physical properties, clinoptilolite, smectite, porosity, E. coli

Úvod

Predmetom nášho záujmu bolo predovšetkým bezprostredné okolie obce Mád, kde sa ťaží relatívne veľa ložísk nerudných surovín na rozličné účely (obr. 1). Niektoré z nich, z ktorých chýbali informácie o minerálnom zložení, sú predmetom nášho štúdia. Zamerali sme sa na 5 ložísk – Šuba, Hangács, Bekecs, Rátka V a Rátka VII. Na ložisku Šuba sa pre obsah smektitu a zeolitu ťaží biely pemzovitý sklovitý alterovaný ryolitový tuf z dvoch etáží (obr. 2), z malého jednoetážového lomu Hangács pórovitý alterovaný tuf zelenej farby (obr. 3), v limnickej panve Rátka zelený alterovaný ryolitový tuf s obsahom zeolitu (obr. 4) a v lome pri obci Bekecs alterovaný ryolitový tuf sivej farby.

Suroviny z takýchto ložísk sa dajú dobre prakticky využívať, čo potvrdzuje viac komerčných produktov dostupných v súčasnosti na trhu. Tuf z ložiska Šuba a Rátka sa používa na čistenie vody, ako aj na farmaceutické účely a z ložiska Hangács ako dekoračný materiál do interiérov a exteriérov. Na čistenie vody záhradných jazier sa používa tuf z ložiska Bekecs, a to pre jeho filtračné vlastnosti.

Hlavným cieľom nášho štúdia bolo zistiť kvalitatívne a kvantitatívne minerálne zloženie surovín zo sledovaných lokalít, ako aj niektoré fyzikálno-mechanické parametre, aby sa ťažené materiály dali lepšie zhodnotiť.

Metódy spracúvania a analýzy vzoriek

Vzorky surovín (1–2 kg) sú z odberu v povrchových ťažobniach. Odber sa robil tak, aby pokryl všetky horninové typy, ktoré sa na ložiskách ťažia.

Časť vzoriek sa použila v pôvodnom stave na prípravu výbrusov a na fyzikálno-mechanické merania (uvádzajú sa ďalej) a časť bola podrvená a spracovaná na účely minerálnej analýzy. Ak horniny obsahovali dutiny vizuálne vyplnené odlišným materiálom, analyzovali sa oddelene.

Na zisťovanie kvalitatívneho a kvantitatívneho zastúpenia minerálnych fáz sa použila rgt. difrakčná analýza orientovaných a neorientovaných preparátov. Orientované sa zhotovili nanosením cca 0,2 g ílovej frakcie na sklenené podložné sklíčko, aby sa dali lepšie identifikovať ílové minerály na základe zvýraznenia ich bazálnych reflexov. Pred ich prípravou sa vzorky separovali na frakciu pod 2 μm na získanie ílovej frakcie. Použil sa postup uvedený v práci Šuchu et al. (1991).

Pred kvantitatívnou rgt. difrakčnou analýzou sa vzorky tufu zhomogenizovali kvartovaním a pulverizovali sa na frakciu pod 0,4 mm. Vzorka v množstve 3 g sa zmiešala s 0,333 g ZnO (vnútorný štandard), zmes sa vložila do kontajnera s korundovými valčekmi a pridalo sa k nej 4 ml metanolu. Po dôkladnom pretrepaní sa kontajner vložil do špeciálneho mlyna (McCrone Micronizing Mill),

vzorka sa v ňom mlela 5 minút na výslednú frakciu 20 μm , po mletí sa vysušila a zhotovil sa z nej neorientovaný preparát na kvantitatívnu analýzu. Kvantitatívna analýza preparátov sa vykonala programom Rock Jock, ktorého autorom je Eberl (2003), a použila sa na zistenie kvantity minerálneho zloženia z neorientovaných celohorninových frakcií tufu z ložiska Šuba, Hangács, Rátka V, Rátka VII a Bekecs. Pri tufe z ložiska Šuba sa na to použila ílová frakcia pod 2 μm .

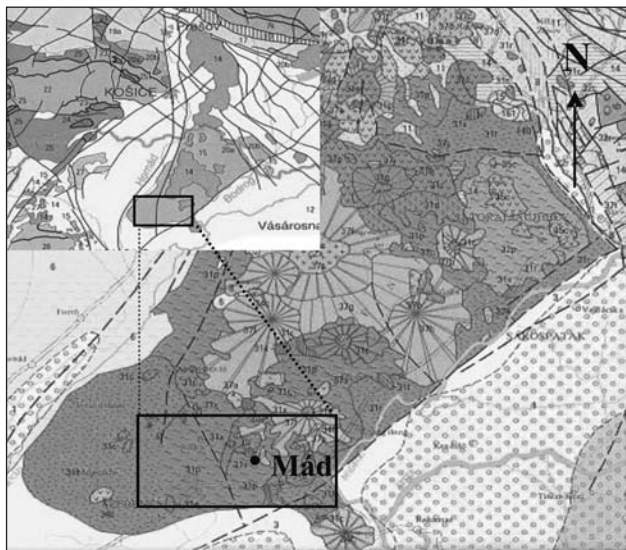
Neorientované i orientované preparáty v prírodnom stave alebo po sýtení etylénglykolom sa analyzovali na difraktometre Philips PW 1710 s Cu lampou pri napätí 35 kV, intenzite 20 mA s krokom 0,02 ° 2 θ /0,8 s. Pri kvantitatívnej rtg. difrakčnej analýze sa použil krokový

čas 2 s. Poloha rtg. difrakčných reflexov bola vyjadrená v stupňoch 2 τ .

Infračervenou spektroskopiou sa analyzovala vzorka tufu z ložiska Šuba vo frakcii 0,2 μm a v množstve 1 mg. Pomiešala sa s 200 mg KBr a potom sa lisovala do tabletkovej formy. Riadkovacou elektrónovou mikroskopiou sa pozorovala morfológia minerálov na povrchu a v dutinách tufu. Pred analýzou bola vzorka pokovovaná zlatom. Analýza sa vykonala na elektrónovom mikroskope JEOL JXA-840 A.

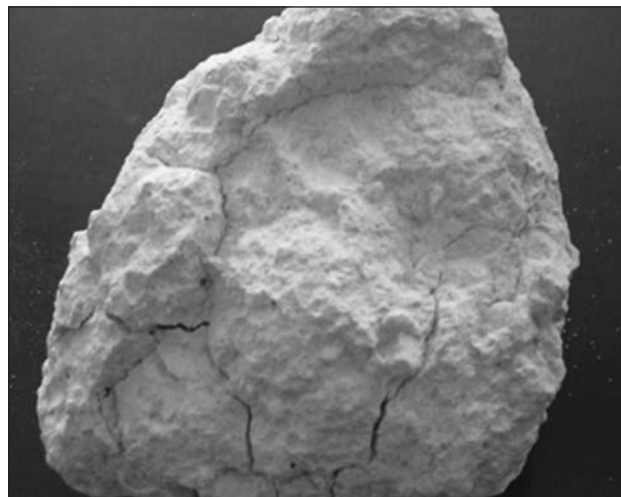
Optická porozimetria sa použila na zistenie optickej pórovitosti tufu z lokality Hangács, Rátka VII a Bekecs.

Optická pórovitosť je časť efektívnej pórovitosti, ktorú možno pozorovať a identifikovať pomocou optických



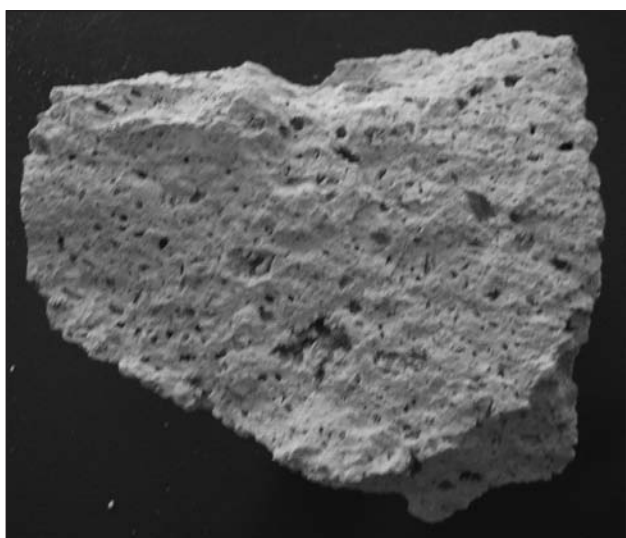
Obr. 1. Študovaná oblasť v Tokajských vrchoch (upravené podľa Lexu et al., 2000).

Fig. 1. Location of studied area (arranged after Lexa et al., 2000).



Obr. 2. Alterovaný ryolitový tuf z ložiska Šuba.

Fig. 2. Altered rhyolite tuff from Šuba deposit.



Obr. 3. Alterovaný ryolitový tuf z ložiska Hangács.

Fig. 3. Altered rhyolite tuff from Hangács deposit.



Obr. 4. Alterovaný ryolitový tuf z ložiska Rátka VII.

Fig. 4. Altered rhyolite tuff from Rátka VII deposit.

zariadení a metód. Princíp optickej porozimetrie spočíva vo vizualizácii pórovej siete farebnou polymerizujúcou látkou, ktorá je opticky pozorovateľná vo výbruse naimpregnovaného materiálu bežným petrografickým mikroskopom. Prostredníctvom CCD kamery umiestnenej na polarizačnom mikroskope a prepojenej s digitalizačným zariadením na počítači možno získať digitálny obraz pórovej sústavy vhodný na ďalšie spracovanie (binarizácia) a analýzy. Metodika optickej porozimetrie sa skladá z technologickej a analytickej časti. Technologická zahŕňa úpravu vzoriek pred impregnáciou, ich sušenie, impregnáciu farbiacou látkou, polymerizáciu farbiacej látky a prípravu preparátu. Pred impregnáciou sa vzorky upravili na rozmery 2,5 x 4 cm a dali sa vysušiť, aby sa odstránila voda z pórov. Vzorka sa farbiacou látkou impregnovala v konštantných tlakovo-teplotných podmienkach vákuovej komory a potom nasledovala polymerizácia v tlakovej komore za konštantných tlakovo-teplotných podmienok. Po polymerizácii sa pripravovali mikroskopické výbrusy, brúsili sa a rezali v nezmáčavom prostredí. Použili sa špeciálne nosiče brúsneho materiálu, lebo vzorky obsahovali ílové minerály. Analytickú časť tvorili dve analýzy, digitálna obrazových dát a vizuálna pórovitosť. Digitálna analýza sa vykonala na súbore binarizovaných snímok získaných CCD kamerou s využitím špeciálneho programu, ktorý umožnil zistiť optickú pórovitosť pri každom zábere, čím sa získal súbor meraní každej analyzovanej vzorky. Jeho hodnotením sa stanovili základné parametre pórovej sústavy. Ide najmä o celkovú optickú pórovitosť (aritmetický priemer meraní), štruktúrnu homogenitu pórovej siete (koeficient variácie) a rovnomernosť distribúcie optickej pórovitosti (smerodajná odchýlka).

Vzhľadom na to, že sa tuf z Rátky V nedal dostatočne naimpregnovať farbiacou látkou, pravdepodobne pre ťažko prístupné póry alebo submikropórovitosť, rozhodli sme sa na zistenie pórovitosti použiť He stereopyknometer, prístroj vhodný na zisťovanie objemu tuhých látok a fungujúci na princípe Archimedovho zákona. Telesom vytlačené médium je hélium, ktoré vďaka malej molekule môže preniknúť až do najmenších pórov horniny. Meranie sa robilo na dvoch vzorkách tvaru valca ($d \cong 6,5$ cm a $h \cong 3,5$ cm). Vzorka sa po vložení do skúšobnej komory s objemom V_c v pyknometri preplachovala héliom 20 minút pri tlaku približne 16 až 17 psi (1 psi = 6,895 kPa). Potom

sa komora so vzorkou opätovne dostala na tlak okolo 17 psi. Po ustálení čítania (čas potrebný na preniknutie plynu do všetkých komunikujúcich pórov) sa presne odčítal tlak p_1 a trojcestným ventilom sa pripojila prídavná prázdna komora s objemom. Stlačený plyn potom expandoval do pridaného priestoru za súčasného poklesu tlaku až na hodnotu p_2 . V_c , V_A , p_1 , p_2 sa dosadili do vzťahu odvodeného z rovnovážnej plynovej rovnice (Quantachrome, 2003):

$$V = V_c + \frac{V_A}{1 - \frac{p_1}{p_2}}$$

Získané V [cm^3] reprezentuje objem pevnej fázy suchého horninového valca prístupnej pre hélium (teda zahŕňa aj uzavreté, neefektívne póry). Objem efektívnych pórov V_{ef} sa vypočítal ako

$$V_{ef} = V_d - V$$

kde V_d je celkový čiže „vonkajší“ objemu suchého horninového valca [cm^3] zistený vážením na suchu a pod vodou podľa STN 72 1010 (na rozdiel od normy sa na nepriepustné obalenie valca namiesto tekutého parafínu použil plátkový PARAFILM M®). Efektívna pórovitosť sa zistila z podielu $n_{ef} = V_{ef}/V_d$ a celková pórovitosť tufu n [%] zo vzťahu

$$n = \left(1 - \frac{\rho_d}{\rho_s}\right) \cdot 100$$

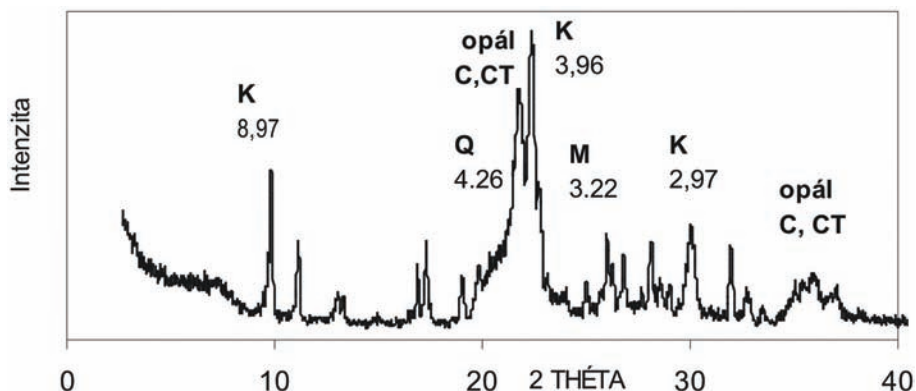
kde ρ_s je merná hmotnosť tufu určená klasickým pyknometrom s vodou podľa STN 7201011 a ρ_d objemová hmotnosť vysušenej horniny vypočítaná z pomeru hmotnosti horninového valca m [g] po sušení pri teplote 105 °C a pri objeme V_d .

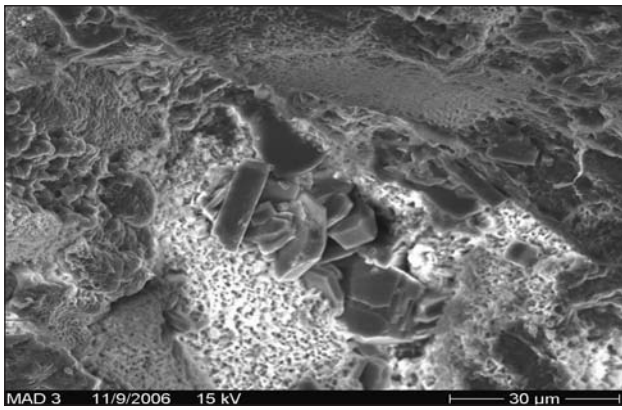
Nasiakavosť sa stanovila podľa normy STN 72 11 55 po 48 hodinách.

Pôsobenie komerčného prírodného produktu Neurosan na bakteriálny kmeň *Escherichia coli* typu MC 100 sa overovalo takto: Bakteriálny kmeň *E. coli* rástol 24 hodín v tzv. LB médiu, v roztoku s vysokou koncentráciou

Obr. 5. Rtg. práškový neorientovaný záznam celohorninovej vzorky z ložiska Šuba (K – klinoptilolit, M – mordenit, Q – kremeň, opál C resp. opál CT, Sm – smektit).

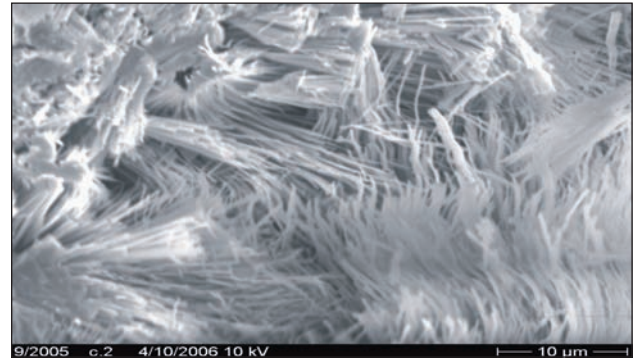
Fig. 5. XRD pattern of randomly oriented specimen from Šuba deposit (K – clinoptilolite, M – mordenite, Q – quartz, opal C or opal CT).





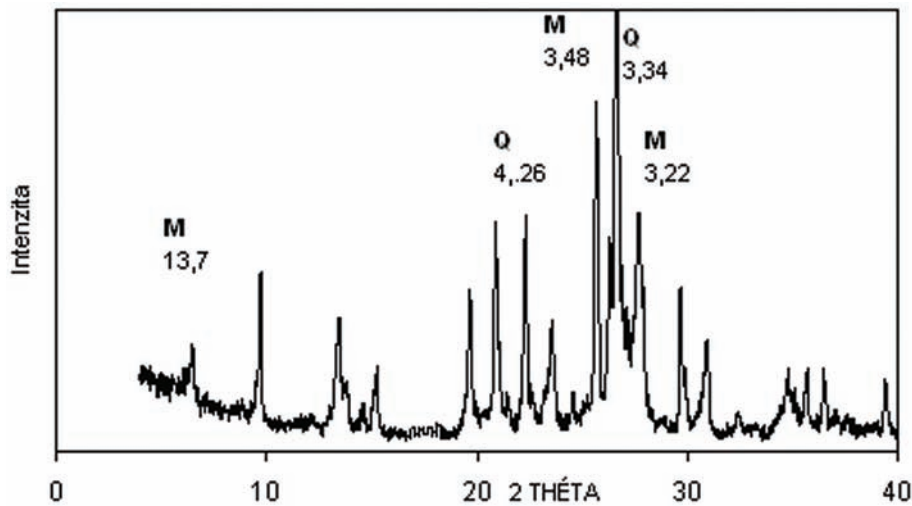
Obr. 6. Klinoptilolit a smektit v tufe z ložiska Šuba. Snímka z riadkovacieho elektrónového mikroskopu.

Fig. 6. SEM image of clinoptilolite and smectite in tuff from Šuba deposit.



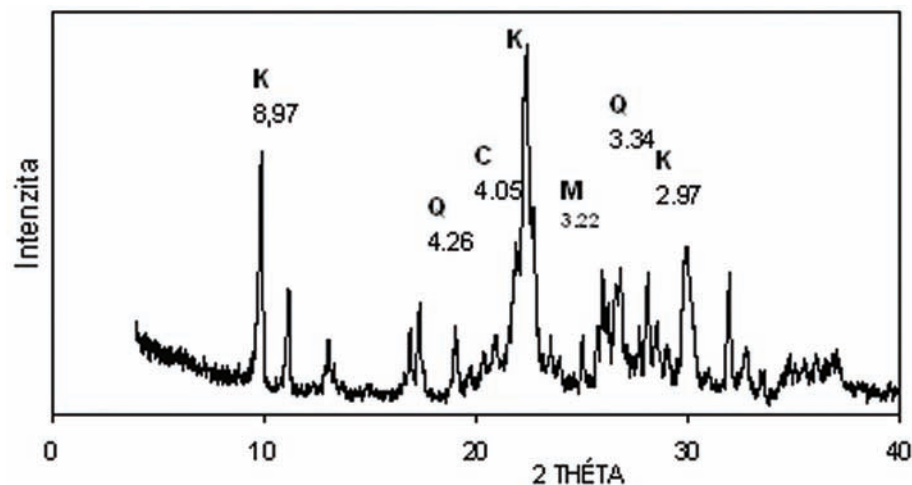
Obr. 9. Mordenit v tufe z ložiska Rátka VII. Snímka z riadkovacieho elektrónového mikroskopu.

Fig. 9. SEM image of mordenite in tuff from Rátka VII deposit.



Obr. 7. Rtg. práškový neorientovaný záznam celohorninovej vzorky z ložiska Hangács (M – mordenit, Q – kremeň).

Fig. 7. XRD pattern of randomly oriented specimen from Hangács deposit (M – mordenite, Q – quartz).



Obr. 8. Rtg. práškový neorientovaný záznam celohorninovej vzorky z ložiska Rátka VII (K – klinoptilolit, M – mordenit, Q – kremeň, C – cristobalit).

Fig. 8. XRD pattern of randomly oriented specimen from Rátka VII deposit (K – clinoptilolite, M – mordenite, Q – quartz, C – cristobalite).

organických látok (15 g/l), so salinitou 10 g NaCl/l a s pH 7,3 (Williams et al., 2004). Použilo sa riedenie $2,7 \times 10^2$ kol/ml. Z objemu narastenej kultúry 1300 μ l sa odobralo 400 μ l E.coli a zmiešalo sa s 200 mg Neurosanu. Na porovnanie bakteriálneho rastu sa zmes inkubovala 7,5 hodiny pri teplote 37 °C spolu so 400 μ l E.coli bez Neurosanu. Po inkubácii sa odobralo 50 μ l zo zmesi, kde bol Neurosan a bakteriálny kmeň, a z objemu 400 μ l bez Neurosanu a vložilo sa do platní s agarom na kvantifikáciu bakteriálnych kolónií.

Výsledky

Analýzy minerálneho zloženia

Šuba

V neorientovaných preparátoch sa identifikoval klinoptilolit, mordenit, draselný živec, opál C resp. opál CT, kremeň, smektit (obr. 5) a v orientovaných smektit, kaolinit a opál CT. Najväčšie kvantitatívne zastúpenie má Ca smektit (38 %) a výrazné aj opál CT (37 %), klinoptilolit (18 %), mordenit (7 %). Dominantné zastúpenie smektitu, opálu CT a klinoptilolitu sa potvrdilo aj v orientovaných preparátoch.

Infračervenou spektroskopiou bolo na základe vibrácií OH skupín pri vlnočte 926 a 882 cm^{-1} možno identifikovať smektit ako dioktaedrický montmorillonit. Podľa vibračného pásu OH skupín pri vlnočte 1100 a 800 cm^{-1} sa dalo zistiť vulkanické sklo. Prítomnosť cristobalitu potvrdil pás pri 620 cm^{-1} . Vzájomné priestorové vzťahy smektitu a klinoptilolitu dobre zdokumentovala riadkovacia elektrónová mikroskopia (obr. 6).

Hangács

V tufe sa zistil mordenit, draselný živec a kremeň (obr. 7). Smektit sa vyskytoval iba v dutinách. Z hľadiska kvantity v ňom dominoval mordenit (80 %) a kremeň (20 %). Riadkovacou elektrónovou mikroskopiou sa v dutinách tufu zistil klinoptilolit, mordenit a kremeň.

Rátka V, VII a Bekecs

V tufe z obidvoch ložísk sa potvrdila prítomnosť klinoptilolitu, mordenitu, draselného živca, cristobalitu a kremeňa (obr. 8). Z uvedených minerálnych fáz mal najväčšie kvantitatívne zastúpenie klinoptilolit. V tufe z Rátky V sa zistil jeho nižší obsah (tab. 1). Mordenit, charakteristický typickým steblovitým tvarom kryštálov, dobre doložila elektrónová riadkovacia mikroskopia (obr. 9).

Tuf z ložiska Bekecs z minerálneho hľadiska tvoril kremeň a ortoklas (obr. 10) a kvantitatívne v ňom prevládali ortoklas (58 %) nad kremeňom (42 %).

Optická porozimetria, He pyknometria a nasiakavosť

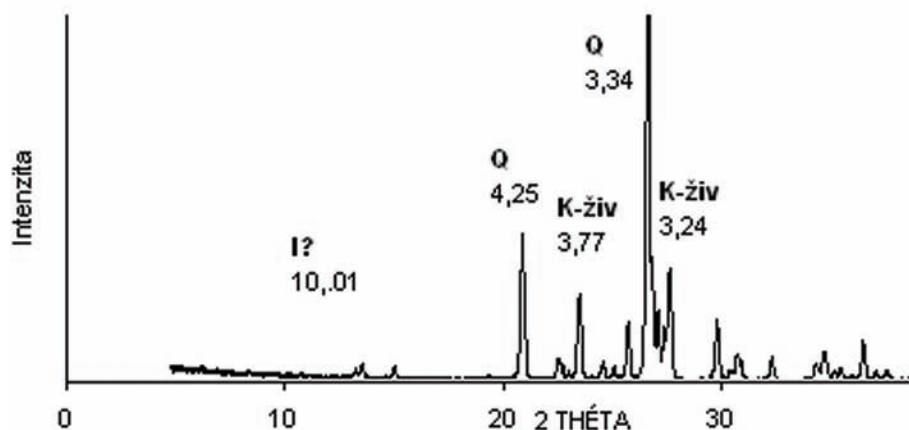
Pomerne vysokú celkovú optickú pórovitosť (33,3 %) a zároveň najlepšie parametre pórovej siete mal tuf z ložiska Bekecs. Veľmi nízka smerodajná odchýlka a koeficient variácie poukazujú na pravidelnú distribúciu pórovej siete a jej veľmi dobrú štruktúrnú homogenitu (tab. 2). Nižšiu celkovú optickú pórovitosť mal tuf z Rátky VII, a to 31,04 %. Vyššia smerodajná odchýlka signalizuje nepravidelnú distribúciu pórovej siete (tab. 2). Varičný koeficient svedčí o slabšej homogenite pórovej siete. Najnižšiu celkovú optickú pórovitosť mal tuf z ložiska Hangács (23,44 %). Z pomerne vysokej smerodajnej odchýlky meraní vyplýva nepravidelná distribúcia pórovej siete a z vyššieho

Tab. 1
Výsledky kvantitatívnej rgt. difrakčnej analýzy tufu z ložiska Rátka VII
Results of quantitative X-ray diffraction analysis of the tuff from Rátka VII deposit

Rátka	hmotnostné percento Rátka VII	hmotnostné percento Rátka V
klinoptilolit	81	79
mordenit	11	11
smektit	4	4
cristobalit	3	3
kremeň	> 1	3

Obr. 10. Rtg. práškový neorientovaný záznam celohorninovej vzorky z ložiska Bekecs (Q – kremeň, K-živ – draselný živec, I – illit).

Fig. 10. XRD pattern of randomly oriented specimen from Bekecs deposit (Q – quartz, K-živ – potassium feldspars, I – illite).



Tab. 2
Parametre optickej porozimetrickej tufu z ložiska Bekecs,
Rátka VII a Hangács
Parameters of optical porosimetry of tuff from deposit Bekecs,
Rátka VII and Hangács

Parameter	Bekecs	Rátka VII	Hangács
celk. optická pórovitosť [%]	33,30	31,04	23,44
koeficient variácie [%]	0,17	0,49	0,57
smerodajná odchýlka	5,59	15,52	13,34

Tab. 4
Nasiakavosť tufu po 48 hodinách
Water absorption capacity of tuff after 48 hours

Lokalita	Nasiakavosť [%]
Bekecs	37,29
Rátka VII	33,34
Rátka V	34,12
Hangács	26,31

Tab. 3
Celková a efektívna pórovitosť tufu z Rátky V a potrebné parametre na jej výpočet
Total and effective porosity of Rátka V tuff and necessary parameters for their calculation

Tuf Rátka V	Valec 1	Valec 2
celkový objem suchého valca V_d (cm ³)	52,808	58,346
merná hmotnosť stanovená klasickým pyknometrom (g·cm ⁻³)	2,3733	2,3733
objemová hmotnosť suchého tufu ρ_d (g·cm ⁻³)	1,5028	1,5198
celková pórovitosť n (%)	36,68	35,96
objem pevnej fázy horninového valca prístupnej pre hélium V (cm ³)	33,699	37,876
objem efektívnych pórov V_{ef} (cm ³)	19,109	20,46
efektívna pórovitosť n_{ef} (%)	36,19	35,08

variačného koeficientu horšia homogenita pórovej siete ako pri tufe z ložiska Bekecs (tab. 2). Celková pórovitosť tufu z Rátky V dobre koreluje s efektívnou pórovitosťou stanovenou He pyknometrom (tab. 3).

Nasiakavosť meraná pri týchto štyroch vzorkách veľmi dobre koreluje so zistenou optickou pórovitosťou. Jednoznačne najvyššiu nasiakavosť mala vzorka tufu z ložiska Bekecs a najnižšiu z ložiska Hangács (tab. 4).

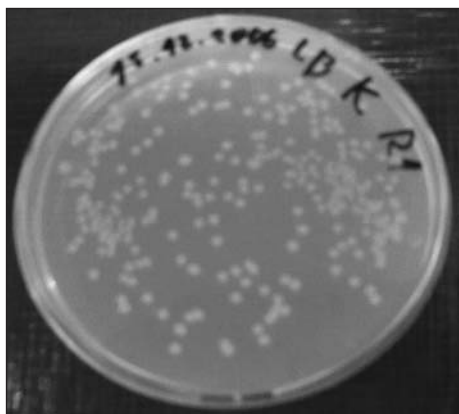
Overovanie vplyvu tufu zo Šuby na rast bakteriálneho kmeňa

Bakteriálnym experimentom sa podarilo potvrdiť elimináciu kolónií bakteriálneho kmeňa *E.coli* typu MC 100 po pridaní preparátu Neurosan, pretože z pôvodných 108

bakteriálnych kolónií, ktoré rástli bez Neurosanu (obr. 11), zostali po pridaní preparátu iba dve (obr. 12).

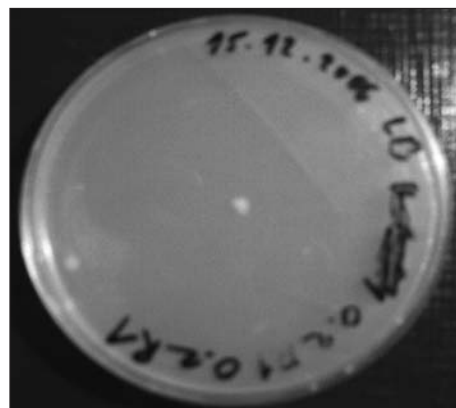
Diskusia a závery

Suroviny z piatich ložísk, ktoré sme študovali, sú bežnými produktmi postvulkanickej alterácie tufu, aký možno nájsť v relatívne hojnom množstve vo všetkých vulkanických oblastiach. Sú to suroviny s rozličným stupňom a geochemickým typom alterácie. Najvyšší stupeň alterácie majú ložiská z Rátky a zo Šuby. Dve ložiská z oblasti Rátky sú produktmi intenzívnej zeolitizácie v silne alkalickom prostredí. Ide o surovinu s vysokým obsahom zeolitu s dobrým potenciálom na využívanie vo všetkých oblastiach aplikácie zeolitu s dominantným



Obr. 11. Kolónie *E.coli*, rastúce bez pridaní Neurosanu.

Fig. 11. Colonies *E.coli* which grow without addition of Neurosan.



Obr. 12. Kolónie *E.coli* po pridaní Neurosanu.

Fig. 12. Colonies *E.coli* after addition of Neurosan.

obsahom klinoptilolitu. Na rozdiel od Rátky je ložisko Šuba zmesou zeolitu a smektitu s nápadným zastúpením obidvoch zložiek. Ide teda o produkt intenzívnej alteračnej premeny v mierne alkalickom až neutrálnom prostredí, ktoré umožnilo intenzívnu smektitizáciu. Je to typická prechodová fáza alterácie, ktorá sa všeobecne pokladá za slabo prakticky využiteľnú, lebo pre zmiešaný obsah zeolitu a smektitu surovinu nemožno zaradiť ani medzi kvalitné zeolitové suroviny, ani medzi bentonity. Hangács a Bekecs predstavujú slabo alterovaný tuf, ktorý sa bežne prakticky nevyužíva. Na základe poznania minerálnej skladby a fyzikálno-mechanických parametrov surovín možno zaujímavu porovnať ich praktické využitie a ich minerálne zloženie. Paleta úspešných produktov, ktorú už relatívne dávno doniesla na trh spoločnosť Geoproduct, bola postavená na empirických skúškach bez detailného poznania minerálneho zloženia. Široké a dlhodobé uplatňovanie produktov na trhu ukazuje, že aj suroviny, pri ktorých je klasické hodnotenie využiteľnosti negatívne, majú svoj potenciál. Z piatich typov surovín z piatich ložísk z okolia Mádu to potvrdzujú tri – Šuba, Hangács a Bekecs. V nich minerálne zloženie neindikuje širokú využiteľnosť podľa klasických kritérií, ale prax ukazuje, že pri správne zvolenom produkte a vhodnej aplikácii majú bohaté uplatnenie a vysokú pridanú hodnotu.

Osobitne zaujímavé je uplatňovanie zmesi zeolitu a smektitu zo Šuby, ktorá sa používa na výrobu celej série kozmetických, farmaceutických a environmentálnych produktov. V tejto súvislosti je mimoriadne dôležitá inhibičná schopnosť materiálu vo vzťahu k baktériám. Velmi dobré vlastnosti tufu z ložiska Bekecs, dokumentované jeho veľkou optickou pórovitosťou, ako aj nasiakavosťou, ho predurčujú na efektívne čistenie vody.

Skúsenosti získané pri využívaní surovín pochádzajúcich z okolia Mádu v praxi ukazujú, že možnosti aplikácie alteračných produktov vulkanických hornín vonkoncom nie sú vyčerpané a do budúcnosti môžu byť dobrým stimulom hlavne pre aplikovaný výskum a vývoj.

Podakovanie. Za vykonanie bakteriálneho experimentu ďakujeme RNDr. Romanovi Šmidákovi z Ústavu molekulárnej biológie SAV v Bratislave.

Literatúra

- EBERL, D. D., 2003: Users guide to Rock Jock. A program for determining quantitative mineralogy from powder X-ray diffraction data. USGS Open file report 03 – 78, 40.
- LEXA, J., et al., 2000: Geologická mapa Západných Karpát (1 : 500 000). Bratislava, ŠGÚDŠ.
- MAŤO, L. & JANEGA, A., 2004: Metodika optickej porozimetrie, možnosti využitia. *Geol. Práce, Spr.*, 109, 113–118.
- STN 721154: Stanovenie vlhkosti a nasiakavosti kameniva.
- STN 72 1011: Laboratórne stanovenie mernej hmotnosti zemín.
- STN 72 1010: Laboratórne stanovenie objemovej hmotnosti zemín.
- ŠUCHA, V., ŠRODOŇ, J., ZATKALÍKOVÁ, V. & FRANCÚ, J., 1991: Zmiešanovrstevnatý minerál typu illit/smektit: separácia, identifikácia, využitie. *Mineralia Slov.*, 23, 3, 267–274.
- WILLIAMS, L. B., HOLLAND, M., EBERL, D. D., BRUNET, T. & BRUNET de COURRSOU, L., 2004: Killers Clays! Natural antibacterial clay minerals. Feature article. *London Mineralogical Society Bulletin*, 139, 3–8.
- http://www.quantachrome.com/pdf_brochures/07111.pdf

Rukopis doručený 29. 11. 2007
Rukopis akceptovaný 29. 1. 2008
Revidovaná verzia doručená 19. 5. 2008

Mineral composition and physical properties of altered rhyolite tuff from selected deposits of the southern part of Tokaj Mountains (Hungary)

Surroundings of village Mád in the southern margin of the Tokaj Mountains (Hungary) is well-known by industrial non-metallic raw materials. Šuba zeolite-bentonite tuff deposit is used in many pharmaceutical products and water treatment technologies. Rátka V, VII and Hangács zeolite tuffs are used for filtration of waste water and as decoration material. Bekecs tuff is very good material for filtration of garden lakes. The aim of research was to investigate qualitative and quantitative mineral composition of presented altered rhyolite tuff deposits and their physical-mechanical properties as well. Mineral composition was studied by qualitative and quantitative X-ray diffraction analyses with Rock Jock programme. Fourier transform infrared spectroscopy and scanning electron microscopy were used as well. The optical porosimetry was applied for

determination of porosity of altered rhyolite tuffs from Hangács, Rátka VII and Bekecs deposits. The effective porosity of Rátka V tuff was investigated by helium stereopycnometry.

Tuff from Šuba deposit contains smectite (38 %), opal CT (37 %), clinoptilolite (18 %) and mordenite (7 %). The Rátka VII, V tuff shows similar mineral composition, but with different quantitative representation (81 % clinoptilolite, mordenite 11 %, cristobalite 3 %, smectite 4%, quartz 1 %). High contents of potassium feldspars occurs in tuff from Šuba deposit (58 % orthoclase, 42 % quartz). The Bekecs tuff shows high values of total optical porosity and water absorption capacity. Effective porosity of Rátka V analysed by helium stereopycnometer correlates with total porosity. Elimination of bacterial strain E.coli MC 100 when tuff Šuba (natural product Neurosan) was added to the bacterial

culture was confirmed, because in agar plate with tuff from Šuba 2 the bacterial colonies remained.

Two mineral deposits from Rátka basin are products of intensive zeolitization in strong alkaline environment and have good potential for many industrial applications of zeolite. In comparison with deposit Rátka, Šuba

deposit presents mixture of zeolite and smectite and it is a product of intensive alteration in medium alkaline to neutral environment. Šuba deposit and weakly altered tuffs from Hangács and Bekecs deposit are not used in the world usually, but practical use indicates their high added value.