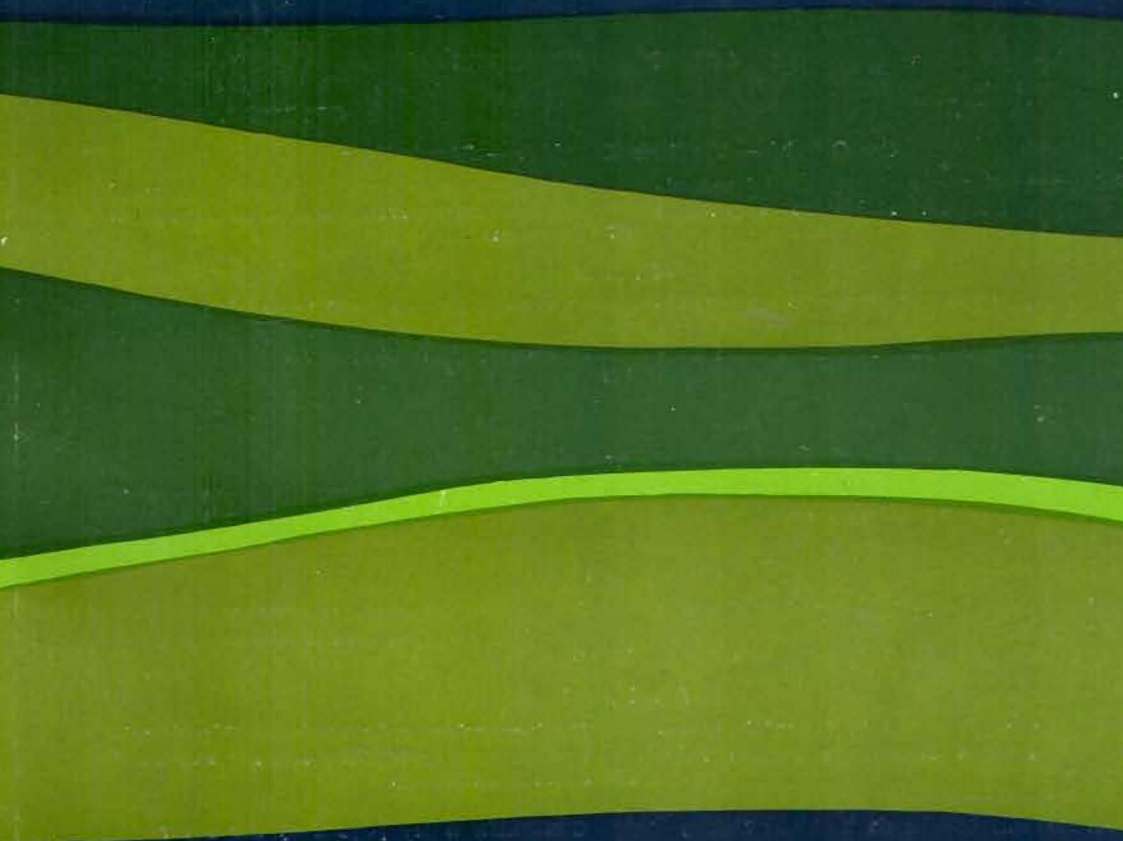


# MINERALIA SLOVACA

14

1982

2



Ing. Ján BARTALSKÝ, CSc., *vedúci redaktor*  
RNDr. Pavol GREČULA, CSc., *vedecký redaktor*  
RNDr. Pavol MALACHOVSKÝ, *technický redaktor*

## REDAKČNÁ RADA.

Ing. Ján KURÁŇ, CSc., *predseda redakčnej rady*

RNDr. Juraj ANTAS  
RNDr. Ján BYSTRICKÝ, DrSc.  
akademik Bohuslav CAMEL  
RNDr. Miroslav HARMAN, CSc.  
prof. RNDr. Jakub KAMENICKÝ  
RNDr. Vlastimil KONEČNÝ, CSc.  
Ing. Ján KOZÁČ  
Ing. Ivan KRAVJANSKÝ  
RNDr. Bartolomej LEŠKO, DrSc.  
akademik Michal MAHEL  
Ing. Ivan MARUŠIAK, CSc.

prof. Ing. Milan MATULA, DrSc.  
Ing. Ivan PAGÁČ, CSc.  
RNDr. Anton PORUBSKÝ, CSc.  
Ing. Rudolf RUDINEC, CSc.  
RNDr. Ondrej SAMUEL, DrSc.  
RNDr. Miroslav SLAVKAY, CSc.  
RNDr. Ivan SARIK  
RNDr. Pavol TKÁČIK  
Ing. Milan TAPÁK, CSc.  
prof. RNDr. Cyril VARČEK, CSc.  
RNDr. Imrich VARGA

## OBSAH

## CONTENTS

### PŮVODNÉ PRÁCE

### ORIGINAL PAPERS

*Oto Orlický — Vladimír Kropáček — Dionýz Vass*

Paleomagnetizmus a rádiometrický vek alkalických bazaltov stredného a južného Slovenska

Palaeomagnetism and radiometric ages of alkaline basalts from Central and Southern Slovakia

97

*Ján Král*

Petrogenetické aspekty štúdia distribúcie stopových prvkov v mineráloch — urán v akcesorickom apatite kryštálických hornín

Petrogenetic aspects of trace element distribution in minerals: uranium in accessory apatite of crystalline rocks

117

### SPRÁVY

### REPORTS

*Jozef Stankovič — Dušan Jančuľa*

Predbežná správa o výskyte chrómspinelu a Niminerálov na lokalite Jasenie-Kyslá, Nízke Tatry

Preliminary report on the occurrence of chromian spinel and Ni-minerals on the Jasenie-Kyslá locality, Nízke Tatry Mts.

131

*Ondrej Rozložník*

Výskyt karbonátových konkrécií na ložisku Mária v Rožňave

Occurrence of carbonate concretions on the Mária deposit in Rožňava (Eastern Slovakia)

139

*Pavel Fejdi*

Rtg mikroanalýza horninotvorných minerálov: možnosti stanovenia obsahu  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{Fe}^{3+}$

Electron microprobe analysis of rock minerals: possible method of  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Fe}^{3+}$  content estimation

145

*Pokračovanie obsahu na 3. strane obálky*

*Continuation see page 3 of the cover*

## Paleomagnetizmus a rádiometrický vek alkalických bazaltov stredného a južného Slovenska

OTO ORLICKÝ\*, VLADIMÍR KROPÁČEK\*\*, DIONÝZ VASS\*\*\*

\* Geofyzika, n. p., Brno, závod Bratislava, Geologická 18, 834 37 Bratislava

\*\* Geofyzikálny ústav ČSAV, Boční II, 141 31 Praha 4 — Spořilov

\*\*\* Geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 809 40 Bratislava

(7 obr. a 3 tab. v texte)

Doručené 1. 10. 1981

### Палеомagnetизм и радиометрические возрасты алкалических базальтов Средней и Южной Словакии

Полученные результаты подтвердили очень хорошее согласие между полярностью остаточной намагниченности базальтов, промежутками положительного или отрицательного направления земного магнитного поля (по палеомagnetической шкале И. М. Дюгала 1977) и радиометрическими возрастaми алкалических базальтов Средней и Южной Словакии. Возникновение базальтов в районе Бреги и Тековска Брезница совпадает с нормальной эпохой Брунеса; возникновение базальтов в районе Гайначка, Блговце и Годейова с нормальной эпохой Гаусса; возникновение базальтов в районе Калвария, Кисигибель и Подречани совпадают с эпохой 7. указанной шкалы. Возникновение остальных базальтов с отрицательной полярностью остаточной намагниченности в районе возле Филякова совпадает с реверсной эпохой Матуйама.

### Palaeomagnetism and radiometric ages of alkaline basalts from Central and Southern Slovakia

Results of palaeomagnetic investigations confirmed a very good coincidence between the polarity of remanent magnetic polarization (RMP) of alkaline basalts, normal and reversal intervals of the McDougall's palaeomagnetic scale and radiometric ages. The age of basalt samples from Brehy and Breznica localities coincides with the Brunhes normal epoch, samples from Kalvária hill at Banská Štiavnica, Kysihybeľ and Podrečany localities with the Epoch No. 7 whereas the age of basalts from other localities with reverse polarity of the RMP in the surroundings of Filákovо is in relation with the Matuyama reverse palaeomagnetic epoch. The age of basalt samples from Hajnačka, Blhovce and Hodejov localities coincides with the Gauss normal epoch.

Od roku 1966 doteraz skúmali magnetické a paleomagnetické vlastnosti vybraných lokalít s výskytom bazaltických hornín viacerí autori. A. E. M. Nairn (1966) študoval produkty finálneho vulkanizmu deviatich lokalít zo stredného a južného Slovenska. Vyslovil predpoklad, že sa bazaltová aktivita uplatňovala v období blízkom rozhraniu pliocén — pleistocén počas ukončovania reverzného a prechodu do obdobia normálneho zemského magnetického poľa, ktoré trvá dodnes. L. Dublan (1967) podľa výsledkov paleomagnetického výskumu bazaltov lokalít Kysihýbeľ a Brehy predpokladal, že tieto produkty sú mladšie ako 1 mil. rokov. O. Orlický (1971) vykonal paleomagnetický výskum a bádal magnetické minerály bazaltických hornín 24 lokalít stredného, ale najmä južného Slovenska. Podľa jeho náhľadu sú bazaltické horniny kladnej polarizácie remanentnej magnetickej polarizácie (RMP) mladšie ako 0,9 mil. rokov, bazalty so zápornou RMP pokladal v porovnaní s predchádzajúcimi za staršie. V. Kropáček et al. (1981) zisťovali prirodzenú remanentnú polarizáciu (NRMP), nasýtenú RMP, Curieovu teplotu a magnetické minerály, hysterézne krivky a magnetickú susceptibilitu bazaltov z 13 lokalít južného Slovenska.

Okrem toho K. Balogh et al. (1981) vykonali rádiometrické analýzy a stanovili vek bazaltických hornín stredného a južného Slovenska.

Cieľom nášho príspevku je podať súborné výsledky mikroskopických analýz, rádiometrického veku, vlastností magnetických minerálov a paleomagnetické charakteristiky bazaltov stredného a južného Slovenska a na základe ich analýzy posúdiť vhodnosť bazaltov na paleomagnetické účely, ale najmä upresniť čas vzniku predmetných produktov finálneho vulkanizmu Západných Karpát.

## Stručná petrografická charakteristika a identifikácie magnetických minerálov

Bazaltické horniny stredného a južného Slovenska patria medzi najmladšie produkty vulkanickej aktivity a v súlade s najmodernejšou klasifikáciou medzi alkalické bazalty. Lokality sú na obr. 1.

*Nefelinický bazanit.* Pre všetky lokality s jeho výskytom je charakteristické, že je tmavosivý až sivočierny a čiastočne premenený. Má holokryštalickú a porfyrickú textúru, miestami s glomeroporfyrickými zhlukmi. Zo svetlých minerálov sú prítomné plagioklasy a nefelín, z tmavých olivín a augit, obidva väčšinou korodované. Z akcesorických minerálov je zastúpený magnetit a apatit. Vyskytuje sa na lokalitách (uvádzame aj ich osobitosti):

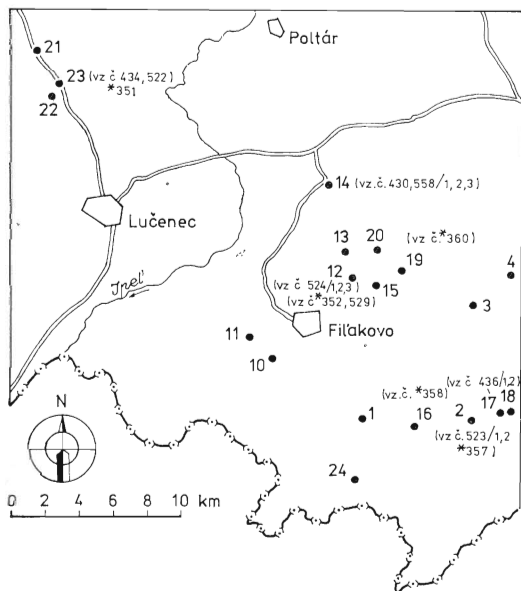
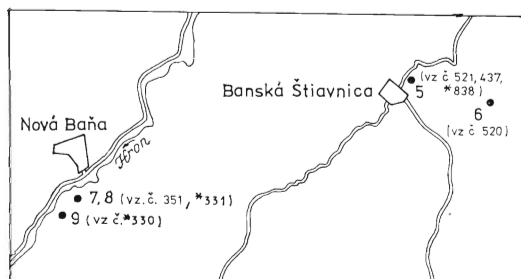
*Belinský vrch* (lok. 1). Kameňolom nachádzajúci sa JV od obce Belina — JV od Filakova. Zo sekundárnych minerálov je prítomný iddingsit, kalcit, zeolity a limonit. V základnej hmote je veľa magnetitu.

*Blhovce* (lok. 3). Kameňolom vzdialený 0,7 km na JV od obce. Základná hmota je ofitická, tvoria ju ihličky plagioklasov, zrníčka pyroxénu, magnetitu a nefelínu. Zo sekundárnych minerálov je prítomný iddingsit.

*Kysihýbeľ* (lok. 6, vz. č. 520). Prírodný odkryv 0,7 km na S od stanice Banský Studenec. Vzorky pochádzajú z oválnej dajky prenikajúcej biotiticko-amfibolický andezit vrchnobádenského alebo spodnosarmatského veku. Základná hmota doleritickej štruktúry je z olivínu, pyroxénu, plagioklasu, nefelínu a akcesorického apatitu a magnetitu. Prítomný je aj titánovo-železitý augit. V bazanite sa vyskytujú aj zeolity, kalcit, aragonit a chlorit.

*Brehy* (lok. 7 a 8, tiež vz. č. 351 a \*331). Ide o lom na západnom okraji dedinky 2 km južne od mesta Nová Baňa. Lom je v cca 2 km lávovom prúde, ktorý pokračuje od krátera z centrálnej časti troskového kužela v blízkosti dedinky Tekovská Breznica. Špecifikom horniny je, že bazanit miestami prechádza do limburgitoidu so základnou hmotou bohatou na nefelín a s podradne zastúpeným vulkanickým sklom. V hornine je prítomný





Obr. 1. Situačná mapa miest odberov vzoriek 1—24 — čísla lokalít, čísla s hviezdikou — číslo vzorky podľa V. Kropáčka et al. (1981), ostatné čísla v zátvorke — číslo vzorky podľa K. Balogha et al. (1981)

1—24 — locality number, numbers with asterisk refer to sample numbering from Kropáček et al. (1981), numbers in brackets refer to sample numbering from Balogh et al. (1981)

aj titánovo-železitý magnetit a ilmenit.

**Šavol** (lok. 13). Kameňolom 2 km na SV od dediny. V hornine je prítomný olivín prechádzajúci na okrajoch do iddingsitu. Vyskytuje sa tu aj dvojčatne zrastený a na okrajoch chloritizovaný augit.

**Veľké Druvce** (lok. 14, tiež vz. č. 430, 558/1,

2, 3). Kameňolom založený vo zvyškoch lávového prúdu. Zo sekundárnych minerálov je v hornine hlavne limonit. Základná hmota je mikrodoleritická, tvoria ju mikrolity plagioklasov, zrníčka olivínu, pyroxénu, magnetitu a apatitu.

**Konrádovce** (lok. 19 a 20, tiež vz. \*360). Kameňolom lok. 19 je na JZ a lok. 20 na SZ od obce. Lomy sú v lávovom prúde. Zo sekundárnych minerálov je prítomný iddingsit. Základná hmota je doleritická, tvoria ju mikrolity plagioklasov, zrníčka pyroxénu, olivínu, magnetitu a apatitu.

**Hajnáčka** (lok. 2, vz. č. 523/1, 523/2, \*357). Ide o prirodzený odkryv na V od hradného kopca. Významnú časť základnej hmoty tvorí jemnozrnný materiál pochádzajúci z eger-ských sedimentov. Póry a pukliny sú vyplnené karbonátmi a zeolitmi. Ďalšia vzorka z odkryvu je opísaná ako olivnický bazalt. Olivín je v hornine korodovaný, zmenený na iddingsit až kalcit. Prítomný je aj pyroxén a korodovaný amfibol. Z akcesorických minerálov je zastúpený magnetit a apatit, zo sekundárnych iddingsit, chlorit, kalcit a zeolity.

**Bulhary** (lok. 12, tiež vz. č. 524/1, 2, 3, 529, \*352). Kameňolom 1,1 km na V od dediny je založený v mocnom lávovom prúde. Pozdĺž jeho okrajov sú zvyšky tufov, trosky, opracované tufy, epiklastický vulkanický pieskovec a štrk. M. Mihalíková (1966) opísala horninu ako nefelnický bazanit, J. Hančinová (1970), ako olivnický bazalt. Olivín je veľmi korodovaný, na okrajoch serpentinizovaný a chloritizovaný. Potvrdila sa aj prítomnosť iddingsitu. Niektoré augity majú okolo okraja zrnká rudných minerálov vytvárajúce glomeroporfyrické zhluky. Magnetitu je menej v základnej hmote a vytvára veľké výrastlice. Zo sekundárnych minerálov je zastúpený rhönit, serpentín a rudné minerály. Podľa M. Mihalíkovej (1966, in Kantor — Wiegnerová, 1981) dutiny v hornine vyplňa aragonit a zeolity.

**Olivinický bazalt.** Pre všetky jeho lokality je charakteristické, že je tmavosivý až čierny a väčšinou čiastočne premenený. Hornina má holokryštalickú — porfyrickú textúru a afanitickú, miestami afanitickomandľovcovú štruktúru. Z tmavých minerálov je prítomný olivín, augit a vo vzorkách väčšiny lokalít aj monoklinický pyroxén. Tieto tmavé minerály sú v horni-

nách všetkých skúmaných lokalít korodované. Augit je ojedinele dvojčatne zrastený. Zo svetlých minerálov sú zastúpené plagioklasy. Z akcesorických minerálov je vo vzorkách zo všetkých lokalít prítomný apatit a magnetit. Olivinický bazalt sa vyskytuje na týchto lokalitách:

*Hodejov* (lok. 4). Ide o prirodzený odkryv. Olivín, ako aj monoklinický pyroxén sú korodované. Olivín prechádza na okrajoch do iddingsitu a čast jedincov sa zmenila na serpentín. Zo sekundárnych minerálov sa vyskytuje serpentín a iddingsit. V základnej hmote je veľa magnetitu a olivínu.

*Banská Štiavnica-Kalvária* (lok. 5, tiež vz. č. 521, 437 a vz. č. \*838). Ide o vypreparovanú dajku na SV od mesta Banská Štiavnica prenikajúcu biotiticko-amfibolickým andezitom vrchnobádenského alebo spodnosarmatského veku. M. Šimová (1965) opísala tento produkt finálneho vulkanizmu ako olivinický bazanit. V zmysle F. Fialu (in Kantor — Wiegerová, 1981) je hlavná masa tohto porfyrického bazaltu určená ako limburgitický — nefelinický bazanitoid. Vzorku, na ktorej sa vykonali aj paleomagnetické merania, na základe mikroskopických analýz opísala J. Hančinová (1970) ako bazanit. Olivín postihla iddingsitizácia. Základná hmota je z olivínu, titánovo-železitého augitu, plagioklasu, nefelínu a sekundárneho magnetitu a apatitu. V hornine sú vzácné prítomné aj malé zrnká analcímu a phillipsitu.

*Tekovská Breznica* (lok. 9, tiež vz. č. \*330). Zárez vedľa cesty smerom na Tekovskú Breznicu. Augit aj olivín sú korodované, časť olivínov má iddingsitovú obrubu. Obe dva minerály vytvárajú glomeroporfyrické zhluky. V základnej hmote je veľa izometrických zrníček magnetitu.

*Filakovo* (lok. 11). Kameňolom 2,5 km na ZZJ od mesta Filakovo. Okrem augitu a olivínu je v hornine prítomný egirín — augit. Biotit je úplne zatlačený hnedočerveným rhönitom ihličkovitého tvaru. Časť jedincov olivínu je serpentinizovaná a chloritizovaná. Zo sekundárnych minerálov je zastúpený serpentín a chlorit. V základnej hmote sú vtrúsené aj zrníčka rudných minerálov.

*Šíd* (lok. 15). Kameňolom 2 km na S od obce Šíd. Bezfarebný olivín a pyroxén sú na okrajoch serpentinizované. Zo sekundárnych minerálov je v hornine kalcit a serpentín. Zá-

kladná hmota sa sčasti premenila na kalcit a žltohnedý minerál podobného pleochroizmu, ako má biotit.

*Hajnáčka — Ragáč*. (lok. 17. vz. č. 436/1, 2). Kameňolom 2 km na V od obce. Niektoré jedince pyroxénu sú málo opacitizované a miestami uzatvárajú magnetit. Základná hmota je hyaloofitická a budujú ju lištovité labradora, zrníčka olivínu, pyroxénov, magnetitu a vulkanické sklo.

*Hajnáčka* (lok. 18) Kameňolom 2,5 km na V od obce. V hornine sú zastúpené aj rudné minerály a kalcit. Základná hmota je doleritická, tvoria ju ihličky plagioklasu, zrníčka pyroxénov, olivínu, magnetitu, apatitu a kalcitu.

*Uderiná* (lok. 21). Prirodzený odkryv 1 km na J od obce. V hornine je olivín zmenený na iddingsit. Pyroxén vytvára zhluky izometrických a stĺpcovitých zrn. Sekundárne minerály zastupuje iddingsit a chlorit. Základná hmota je doleritická, tvoria ju mikrolity plagioklasov, zrníčka olivínu, pyroxénu a magnetitu.

*Podrečany* (lok. 23, tiež vz. č. 434, 522 a \*351). Kameňolom 2,1 km na JV od obce. Vzorku odobranú na paleomagnetický výskum opísala J. Hančinová (1970) ako olivinický bazalt. M. Mihalíková (1966) opísala horninu tohto lomu ako plagioklasový bazalt. V zmysle M. Fialu (in Kantor — Wiegerová, 1981) sa väčšina hornín z tejto oblasti charakterizuje ako nefelinický bazanit, severnejšie okolie nefelinického bazaltu sa identifikuje ako pemzový živcový bazalt a 2 km na JV od obce sa vyskytuje plagioklasový bazalt. V hornine je olivín premenený na iddingsit. V prípade olivinického bazaltu sa okrem iddingsitu potvrdila aj prítomnosť serpentínu. Zo sekundárnych minerálov je tu limonit, chlorit, serpentín a chalcedón. Základná hmota doleritickej textúry je z olivínu, augitu, magnetitu, plagioklasu, pelagonitu a akcesorického apatitu.

*Mačacia* (lok. 24). Kameňolom 2 km na V od obce Bukovina. Olivín je v hornine intenzívne korodovaný a augit dvojčatne zrastený. V základnej hmote je bohato zastúpený magnetit. Zo sekundárnych minerálov prevláda limonit.

*Limburgitoidný bazanit*. Hornina je sivočierna a čiastočne premenená, má hemikryštalickú — porfyrickú textúru a afana-

tickú — mandľovcovú štruktúru. V hornine sú plagioklasy, intenzívne korodované olivín a augit. Augit je dvojčatne zrastený. Bohato je zastúpený magnetit, ako aj apatit, zo sekundárnych minerálov limonit a kalcit. Základná hmota je hyalopilitická a skladá sa z vulkanického skla, mikrolitov plagioklasov, zrníčok pyroxénov, olivínu a nefelínu. Pyroxény, zastúpené v stĺpkovitom tvare, vytvárajú zhľuky. Uvedená hornina sa nachádza na lokalite

*Sovi vrch — Šurice* (lok. č. 16, vz. č. \*358). Prírodný odkryv cca 2,5 km na J od obce Šurice je v bazanitovej žile prerážajúcej bazaltové pyroklastiká.

### Magnetické minerály bazaltov

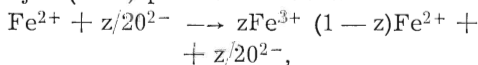
Medzi prvými skúmať ferimagnetickú frakciu bazaltických hornín Slovenska A. E. M. Nairn (1966). Podľa výsledkov meraní Chevallierovými váhami predpokladal, že nositeľmi stabilnej zložky RMP sú kyslíčníky  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  —  $\text{Fe}_2\text{TiO}_4$  —  $\text{FeTiO}_3$  —  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , napr. z lokality Brehy s Curieovou teplotou ( $\theta$ ) = 300 °C, Podrečany = 330 °C, Bulhary  $\theta$  = 570 °C, Hajnáčka  $\theta$  = 350 °C, Šurice  $\theta$  = 400 °C. Novšie práce V. Kropáčka et al. (1981) potvrdzujú, že podľa výsledkov teplotnej závislosti nasýtenej remanentnej magnetickej polarizácie iba vzorky štyroch z 13 skúmaných lokalít (Bacúrov — vz. \*342, Hajnáčka — vz. \*357, Šurice — vz. \*358, Žakýl — vz. \*831) vykazujú len jednu Curieovu teplotu, a tým aj jednu ferimagnetickú fázu. V ostatných 9 lokalitách (Tekovská Breznica — vz. \*330, Brehy — vz. \*351, Podrečany — vz. \*351, Bulhary — vz. \*352, Fiľakovo — vz. \*355, Čamovce — vz. \*356, Gemerský Jablonec — vz. \*359, Konrádovce — vz. \*360, Kalvária — vz. \*360, Kalvária — vz. \*838) sa identifikovali dve rozdielne Curieove teploty — nižšia v rozpätí od 125 do 250 °C a vyššia v rozpätí od 390 do 550 °C.

Za vysokoercitívnu (s vyššou magneticou stabilitou) pokladáme zložku RMP s vyššou Curieovou teplotou ( $\theta$  = 400—550 °C). Nízkoercitívnu zložku RMP vyvolali komponenty s nižšou Curieovou teplotou ( $\theta$  = 125—250 °C).

Prítomnosť dvoch rozdielnych ferimagnetických fáz identifikovali aj rtg merania (Kropáček et al., 1981). Výsledky potvrdzujú prítomnosť dvoch spinelových titanomagnetitových fáz, jednu s priemernou hodnotou mriežkovej konštanty  $a$  =  $0,8463 \pm 0,0008$  nm, zodpovedajúcu fáze s nižšou Curieovou teplotou, a druhú s priemernou hodnotou mriežkovej konštanty  $a$  =  $0,8388 \pm 0,001$  nm, fázu s vyššou Curieovou teplotou.

Priemerné zloženie titanomagnetitov  $x \text{ Fe}_2\text{TiO}_4$  ( $1 - x$ )  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  týchto fáz je pre prvú fázu  $x = 0,64 \pm 0,06$  a pre druhú fázu  $x = 0,29 \pm 0,13$ .

Stupeň oxidácie ( $z$ ) titanomagnetitov, ktorý definoval W. O'Reilly a S. K. Banerjee (1966) pomocou vzťahu



je pri všetkých vzorkách s titanomagnetitovými fázami s  $x > 0,5$  veľmi nízky ( $z = 0,16 \pm 0,1$ ). Výnimku tvorí iba jedna z kubických fáz, a to pri vzorke č. \*355, \*360 a \*838, kde kubickú fázu tvorí silne katiónovodeficitný titanomagnetit blízky titanomaghemitu, kde  $z \rightarrow 0,8$ .

### Rádiometrický a izochrónny vek bazaltov vybraných lokalít

K. Balogh et al. (1981) interpretovali výsledky analytického a izochrónneho veku nezvetraných vzoriek bazaltov vybraných lokalít. Vek bazaltov lokalít uvádza tab. 1.

Autori podľa výsledkov petrografických, petrochemických a rádiometrických analýz rozdelili skúmané bazalty do troch skupín.

Do prvej skupiny zaradili alkalické oli-

*Priemerný analytický a izochrónny vek bazaltov stredného a južného Slovenska*  
*Average analytical and isochrone ages of basalt from Central and Southern Slovakia*

Tab. 1

| Označ. lokality | Názov lokality, vzorka číslo                 | Priemerný analytický vek (mil. r.) | Izochrónny vek (mil. r.) |
|-----------------|----------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| 2               | Hajnáčka, 523/1, 2                           | $2,58 \pm 0,22$                    | $2,75 \pm 0,44$          |
| 5               | B. Štiavnica-Kalvária, 521, 437              | $7,29 \pm 0,41$                    | —                        |
| 6               | Kysihýbeľ, 520                               | $6,77 \pm 0,48$                    | —                        |
| 5 + 6           | B. Štiavnica, Kysihýbeľ, 520, 521, 437 spolu | $7,10 \pm 0,40$                    | $8,08 \pm 0,58$          |
| 7 + 8           | Brehy, 351                                   | $0,53 \pm 0,16$                    | —                        |
| 12              | Bulhary, 259, 524/1, 2, 3                    | $2,19 \pm 0,16$                    | $1,47 \pm 0,31$          |
| 14              | Veľké Dravce, 430, 553/1, 2, 3               | $1,90 \pm 0,13$                    | $1,62 \pm 0,32$          |
| 17              | Hajnáčka-Ragáč 436/1, 2                      | $1,39 \pm 0,12$                    | $1,35 \pm 0,32$          |
| 23              | Podrečany, 434, 522                          | $6,44 \pm 0,27$                    | $6,17 \pm 0,47$          |

vinické bazalty Lučenskej kotliny, lok. Podrečany (23). Pokladajú ich za najstaršie produkty finálneho vulkanizmu južného Slovenska. Predpokladajú, že alkalický olivinický bazalt lok. 5 (Kalvária) a nefelinický bazanit lok. Kysihýbeľ (6) sú toho istého veku.

Druhá skupina zahŕňa nefelinické bazanity lokalít okolia Filakova (lok. 2, 12, 14, 17). Predpokladajú, že horniny lokality 2, 12, 14 vznikli v pliocéne, horniny lokality 17 počas pleistocénu. Bazalty odobraté z dajky lokality Hajnáčka (lok. 2) vykazujú vyšší analytický aj izochrónny vek v porovnaní s nefelinickým bazanitom pochádzajúcim z lávových prúdov. Uvedení autori dávajú vyšší vek do súvislosti s kontamináciou inými horninami, resp. predpokladajú, že tento jav sčasti indikuje, že explozívna aktivita alebo vznik diatrému predchádzal efuzívnej aktivite. V prípade lokality Bulhary (lok. 12) uprednostňujú

izochrónny vek pred analytickým. Vek  $1,47 \pm 0,31$  m. r. zodpovedá času chladnutia lávy tejto lokality.

Nefelinický bazanit lávového prúdu v blízkosti obce Brehy (lok. 7 a 8) s analytickým vekom 0,53 mil. r. pokladajú za najmladší produkt finálneho vulkanizmu vôbec.

Vzhľadom na metodické možnosti K/Ar metódy nepovažujú vykázaný analytický vek za prijateľný. Predpokladajú, že sú mladšie, pretože tieto kvartérne bazalty ležia na riskej terase v údolí Hrona, ktorej vek je stanovený na 0,13—0,22 mil. r.

### Metodika paleomagnetického výskumu a základné výsledky

Bádali sme bazaltické horniny z 24 lokalít (obr. 1). Magnetické charakteristiky sa merali hlavne astatickým magnetometrom

LAM-1 a časť vzoriek rotačným magnetometrom JR-3. Testy paleomagnetической stability sme vykonali metódou striedavej demagnetizácie s rotujúcou vzorkou okolo dvoch vzájomne kolmých osí pri kompenzovaní zemského magnetického poľa. Výsledky striedavej demagnetizácie sú na obr. 2, 3, 4 a potvrdzujú prítomnosť pravdepodobne viskózne magnetizácie bazaltických hornín prevažnej časti lokalít, ktorá je v rozsahu aplikovaného demagnetizujúceho poľa 0 až  $600 \times 10^3/4 \pi \text{ A/m}$  eliminovaná.

Predložené výsledky zodpovedajú iba stabilnej zložke RMP. Zo stereografických projekcií obr. 2, 3 vidieť, že sa deklinácia (D) a inklinácia (I) RMP v rozsahu použitého demagnetizačného poľa menia pri vzorkách hornín lokality 6 (Kysihýbeľ), 7, 8 (Brehy) a 9 (Tekovská Breznica) nevýkazujú ustálený smer RMP. RMP týchto lokalít pokladáme za nestabilnú, a preto sme smery RMP ani ďalšie odvodené charakteristiky nevypočítali. Na ďalšie využitie v prípade týchto lokalít môže slúžiť iba polarita RMP. Paleomagnetické charakteristiky hornín lokalít sú v tab. 2 a graficky vyjadrené na obr. 5. Všetky základné aj odvodené paleomagnetické charakteristiky sme zistili minipočítačom Texas Instruments TI-59 podľa vlastného výpočtového programu.

Z rozboru charakteristík uvedených v tab. 2 a na obr. 2, 3, 4, 5 vychodia nasledujúce predpoklady:

Paleomagnetická stabilita ani ďalšie charakteristiky skúmaných hornín nie sú v priamej súvislosti s petrografickým zložením, a preto nie je vhodné naše výsledky zoskupovať podľa petrografických odlišností.

Horniny lokalít 1 až 9 a lokality 21 majú kladnú polaritu RMP, ostatných 14 lokalít zápornú.

Z lokalít s kladnou polaritou stabilnej zložky RMP sa anomálnym smerom RMP

prejavujú horniny lokality 5 (B. Štiavnica-Kalvária) a lok. 21. Vypočítané štatistické parametre — koeficient presnosti  $k$  a polovičný vrcholový uhol kužela spoľahlivosti  $\alpha_{95}$  lok. 5 — poukazujú na veľmi koherentné smery RMP individuálnych vzoriek, ako aj na vysokú paleomagnetickú stabilitu.

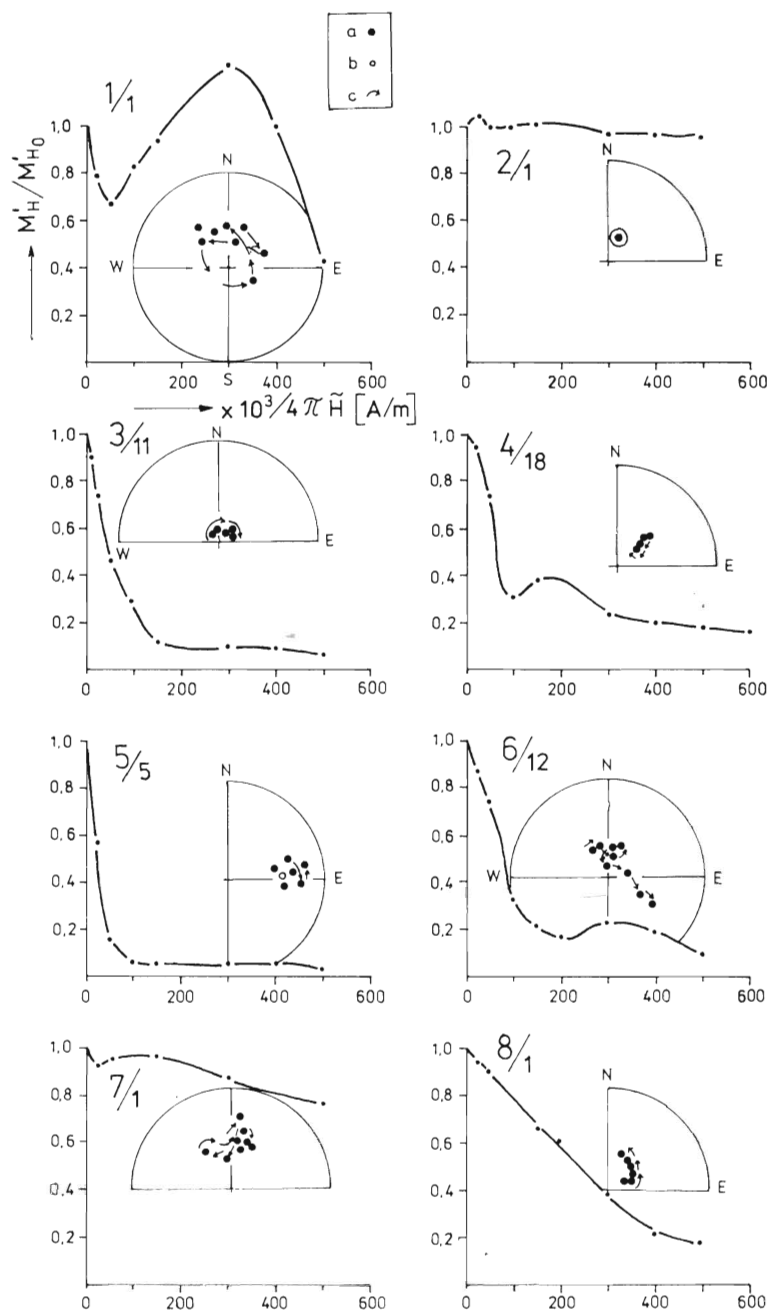
Z lokalít so zápornou polaritou stabilnej zložky RMP sa anomálnymi smermi prejavujú horniny odkryvu 10, 11, 12, 18, 22 a 24. Pri lokalitách 11, 12, 24 štatistické parametre poukazujú na pomerne veľkú heterogénnosť smerov. Horniny ostatných lokalít so zápornou polaritou RMP vykazujú väčšinou dobrú paleomagnetickú stabilitu, ako aj vzájomne veľmi blízke smery RMP.

Veľkosťou prirodzenej remanentnej magnetickej polarizácie (NRMP) a objemovej magnetickej susceptibility ( $\chi$ ) sa bazalty podľa jednotlivých lokalít odlišujú, ale na presnejšie rozčleňovanie týchto hornín, najmä z hľadiska určovania doby ich vzniku, tieto charakteristiky využiť nemožno. Najvyššiu hodnotu NRMP má vzorka lokality Podrečany (23), najnižšiu lokality 18.

Podľa dosiahnutých paleomagnetických údajov sa ako napoužiteľnejšie kritérium na určovanie doby vzniku skúmaných hornín ukazuje polarita RMP, ale nie samostatne, lež iba v spätosti s rádiometrickým vekom. Predkladáme aj vypočítané smery RMP, a tým aj odvodené paleopóly jednotlivých lokalít (tab. 2), zoskupenie lokalít podľa vzájomne blízkyh smerov RMP, ako aj zoskupenie lokalít podľa paleomagnetických kritérií a geologických poznatkov (tab. 3), ale nepripisujeme im definitívny význam.

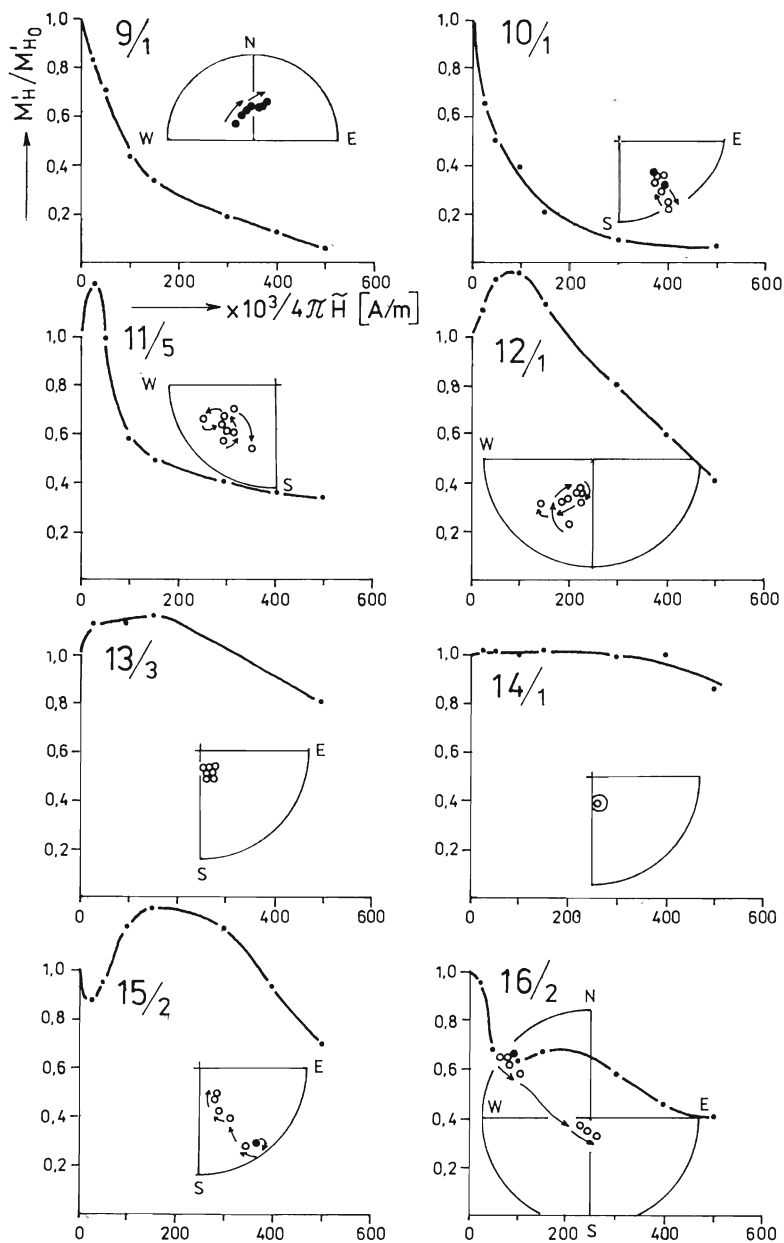
## Interpretácia výsledkov

Zo vzájomného porovnávania vyčlenených typov bazaltických hornín vychodí,



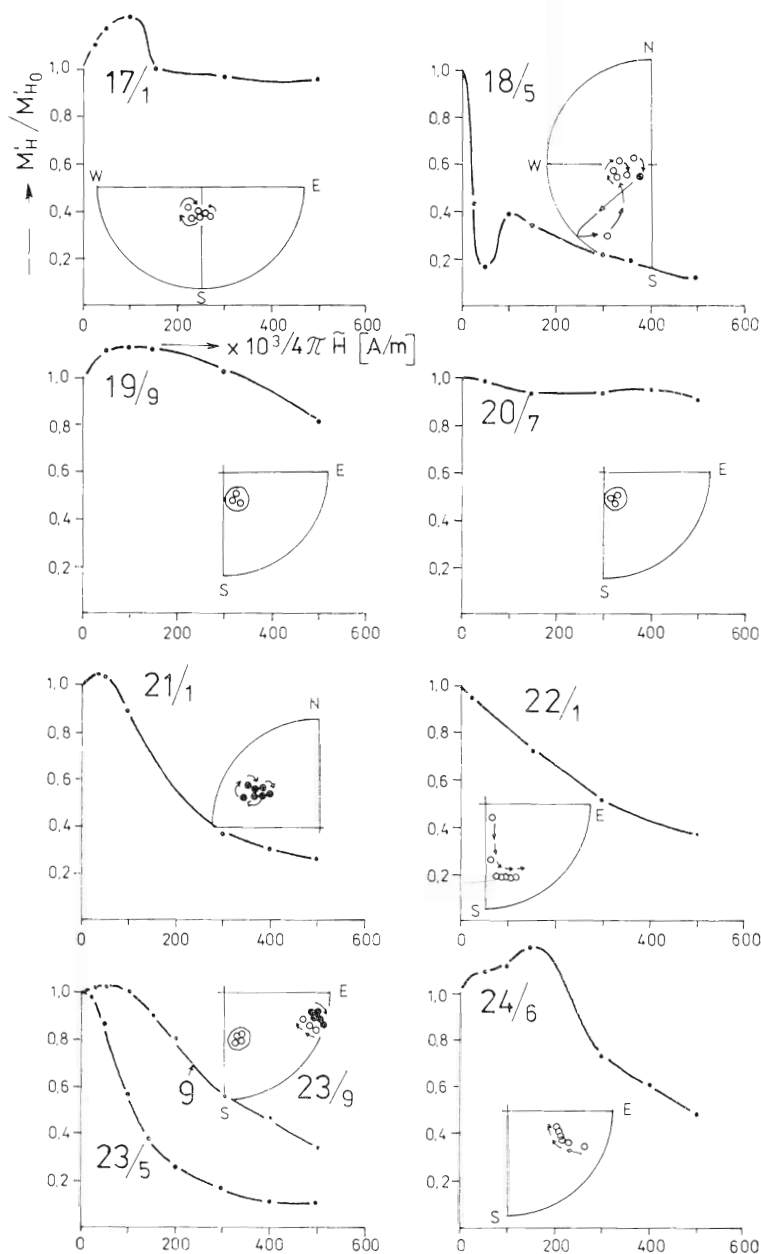
Obr. 2. Vybrané krivky striedavej demagnetizácie.  $M'_H/M'_H_0$  — pomer remanentnej magnetickej polarizácie (RMP) pri istej hodnote oproti hodnote RMP bez účinku demagnetizačného poľa, 6/12 — číslo lokality s poradovým označením vzorky, a, b — hodnoty RMP s kladnou (a) a zápornou (b) polaritou RMP, c — tendencia zmeny smeru RMP

Fig. 2. Selected alternating demagnetization curves.  $M'_H/M'_H_0$  — ratio between the RMR after influence of a certain alternating field and the RMP before the influence of the alternating field, 6/12 — locality number over the sample serial number, a, b — values of positive (a) and negative (b) polarity of the RMP, c — tendency towards RMP direction change

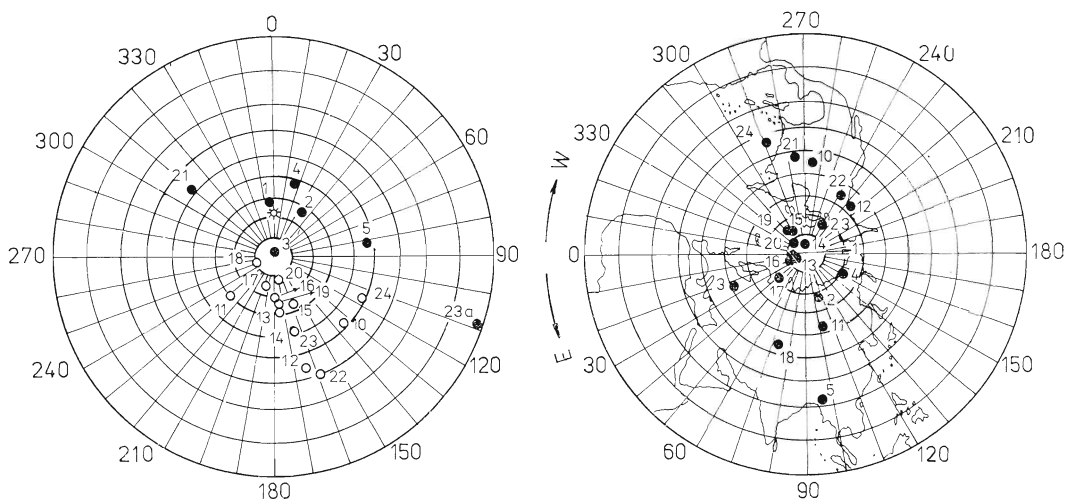


Obr. 3. Vybrané krivky striedavej demagnetizácie. Vysvetlivky pozri pri obr. 2.  
 Fig. 3. Selected alternating demagnetization curves. Explanations as in fig. 2



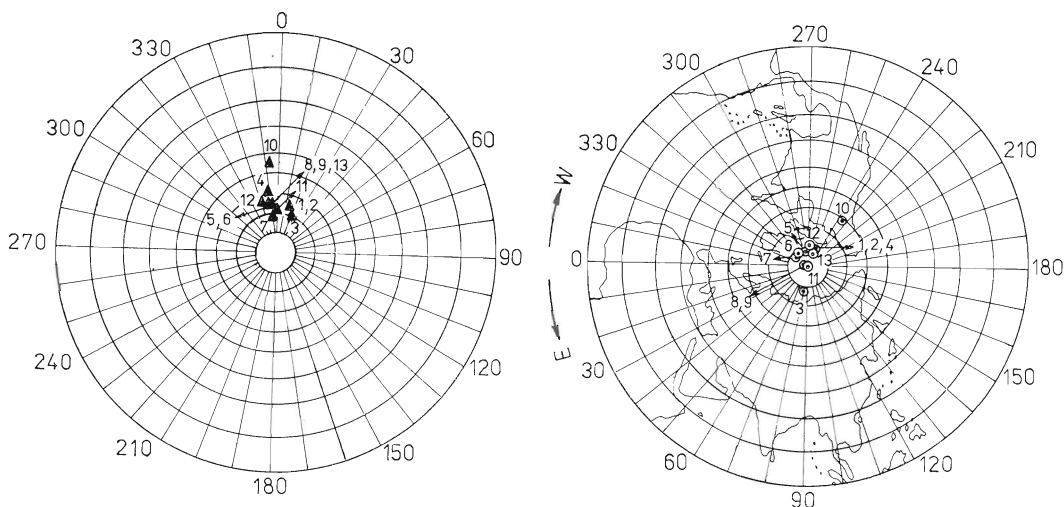


Obr. 4. Vybrané krivky striedavej demagnetizácie. Vysvetlivky pozri pri obr. 2  
 Fig. 4. Selected alternating demagnetization curves. Explanations as in fig. 2



Obr. 5. Středné paleomagnetické směry A a polohy paleopólu bazaltických hornin jednotlivých lokalit B, a — lokality s kladnou, b — lokality so zápornou polaritou RMP

Fig. 5. Mean palaeomagnetic directions A and palaeopole positions of basaltic rocks from single localities B. a — locality with positive RMP, b — locality with negative RMP



Obr. 6. Středné paleomagnetické směry A a polohy paleopólu B alternativně (1—13) zoskupených lokalit (pozri tab. 3)

Fig. 6. Mean palaeomagnetic direction A and palaeopole position B of alternatively arranged localities (1—13, according to tab. 3)

| Ozn. lok. | Názov lokality                 | Geografické súradnice |             | NRMP (nT) | Suscep. (SI) | Str. smery RMP                  |       | k     | $\alpha_{95}$ | Poloha paleo-magnet. pólu |             | $\delta m$ | $\delta p$ | n  |
|-----------|--------------------------------|-----------------------|-------------|-----------|--------------|---------------------------------|-------|-------|---------------|---------------------------|-------------|------------|------------|----|
|           |                                | $\varphi L$           | $\lambda L$ |           |              | D(°)                            | I(°)  |       |               | $\varphi_p$               | $\lambda_p$ |            |            |    |
|           | Belinský vrch (lom)            | 48,212                | 19,858      | 4 131,6   | 35 419       | 358,7                           | 60,8  | 407,0 | 3,8           | 83,53                     | 331,5       | 4,4        | 5,8        | 7  |
|           | Hajnáčka                       | 48,219                | 19,957      | 2 659,0   | 7 375        | 31,0                            | 63,0  | 18,9  | 5,2           | 68,42                     | 108,3       | 6,4        | 8,2        | 15 |
|           | Blhovce (lom)                  | 48,282                | 19,957      | 7 249,0   | 36 613       | 11,0                            | 88,0  | 114,7 | 5,2           | 52,17                     | 21,2        | 10,4       | 10,4       | 11 |
| 4         | Hodejov                        | 48,294                | 19,988      | 853       | 15 742       | 19,0                            | 51,0  | 18,1  | 14,6          | 68,04                     | 152,17      | 13,3       | 19,7       | 13 |
| 5         | B. Štiavnica-Kalvária          | 48,462                | 18,917      | 14 781,0  | 41 889       | 83,0                            | 43,0  | 540,9 | 3,3           | 22,93                     | 96,53       | 2,5        | 4,1        | 7  |
| 6         | Kysihýbeľ                      | 48,462                | 18,940      | 1 086     | 20 862       | v rozsahu 0—500 °C — nestabilná |       |       |               |                           |             | —          | —          | 1  |
| 7         | Brehy                          | 48,409                | 18,650      | 1 293     | 25 106       | v rozsahu 0—500 °C — nestabilná |       |       |               |                           |             | —          | —          | 1  |
| 8         | Brehy                          | 48,409                | 18,650      | 294,0     | 22 611       | v rozsahu 0—500 °C — nestabilná |       |       |               |                           |             | —          | —          | 4  |
| 9         | Tekovská Breznica              | 48,400                | 18,644      | 1 548     | 55 403       | v rozsahu 0—500 °C — nestabilná |       |       |               |                           |             | —          | —          | 4  |
| 10        | 2,5 km na JZ od Filakova (lom) | 48,250                | 19,798      | 2 509     | 28 437       | 132,4                           | —43,2 | 24,6  | 12,4          | 46,34                     | 264,6       | 9,6        | 15,4       | 10 |
| 11        | 2,5 km na ZZJ od Filakova      | 48,262                | 19,780      | 2 626     | 28 548       | 230,0                           | —60,0 | 18,1  | 14,6          | 54,29                     | 102,6       | 16,7       | 22,1       | 9  |
| 12        | Bulhary                        | 48,292                | 19,865      | 943       | 27 220       | 166,6                           | —34,3 | 31,4  | 12,2          | 58,6                      | 225,0       | 8,0        | 13,9       | 8  |

| Ozn. lok. | Názov lokality                               | Geografické súradnice |             | NRMP (nT)       | Suscep. (SI)     | Str. smery RMP |              | k      | $\alpha_{95}$ | Poloha paleo-magnet. pólu |                | $\delta_m$ | $\delta_p$ | n      |
|-----------|----------------------------------------------|-----------------------|-------------|-----------------|------------------|----------------|--------------|--------|---------------|---------------------------|----------------|------------|------------|--------|
|           |                                              | $\phi_L$              | $\lambda_L$ |                 |                  | D(°)           | I(°)         |        |               | $\phi_p$                  | $\lambda_p$    |            |            |        |
| 13        | 2 km na SV od obce Savol (lom)               | 48,310                | 19,855      | 848,7           | 16 878           | 175,4          | —68,5        | 595,7  | 1,6           | 85,5                      | 341,0          | 2,3        | 2,7        | 18     |
| 14        | Lom JV od Veľkých Draviec                    | 48,348                | 19,842      | 749,2           | 14 081           | 172,3          | —63,4        | —      | —             | 83,7                      | 259,9          | —          | —          | 1      |
| 15        | Lom 2 km na S od obce Síd                    | 48,291                | 19,882      | 1 728,9         | 12 400           | 158,2          | —63,5        | —      | —             | 74,8                      | 285,9          | —          | —          | 1      |
| 16        | Soví vrch — bazaltová žila                   | 48,217                | 19,909      | 6 676,8         | 4 407            | 180,0          | —70,0        | 21,2   | 26,5          | 84,3                      | 19,9           | 39,2       | 45,6       | 4      |
| 17        | 2 km na V od obce Hajnáčka                   | 48,224                | 19,983      | 843,4           | 24 557           | 195,0          | —76,0        | 314,8  | 5,2           | 72,7                      | 42,8           | 8,8        | 9,6        | 6      |
| 18        | 2,5 km na V od obce Hajnáčka                 | 48,229                | 19,990      | 197             | 21 051           | 255,0          | —70,0        | —      | —             | 44,8                      | 73,2           | —          | —          | 1      |
| 19        | Konrádovce (lom)                             | 48,296                | 19,893      | 924             | 11 313           | 160,9          | —64,4        | 279,5  | 3,3           | 76,9                      | 287,9          | 4,23       | 5,28       | 11     |
| 20        | Konrádovce (lom)                             | 48,310                | 19,879      | 942             | 11 069           | 173,1          | —68,7        | 891,9  | 2,2           | 84,2                      | 332,8          | 3,15       | 3,72       | 8      |
| 21        | 1 km na J od Uderinej                        | 48,412                | 19,608      | 4 843           | 11 875           | 310,2          | +38,3        | —      | —             | 42,3                      | 273,5          | —          | —          | 1      |
| 22        | na V od Podrečian                            | 48,399                | 19,630      | 3 046           | 13 320           | 158,0          | —31,0        | —      | —             | 53,6                      | 236,8          | —          | —          | 1      |
| 23        | Lom Podrečany-Tomášová                       | 48,388                | 19,624      | 4 763<br>27 333 | 33 531<br>21 702 | 166,3<br>109,4 | —52,4<br>2,4 | —<br>— | —<br>—        | 71,5<br>11,8              | 238,3<br>274,1 | —          | —          | 6<br>1 |
| 24        | Mačacia — 2 km na V od osady Šiat. Bukovinka | 48,187                | 19,855      | 1 607           | 34 138           | 115,4          | —42,7        | 18,7   | 21,8          | 34,9                      | 289,1          | 16,64      | 26,93      | 6      |

*Stredné paleomagnetické charakteristiky bazaltov alternatívne zoskupených lokalít*  
*Mean palaeomagnetic characteristics of basalts for localities arranged alternatively*

Tab. 3

| Alternatíva | Lokalita (spolu)                                       | n  | Geografické súradnice |             | Stredné smery RMP |      | $\alpha_{95}$ | k     | Súradnice paleopólu |             | $\delta_m$ | $\delta_p$ |
|-------------|--------------------------------------------------------|----|-----------------------|-------------|-------------------|------|---------------|-------|---------------------|-------------|------------|------------|
|             |                                                        |    | $\lambda_L$           | $\varphi_L$ | D°                | I°   |               |       | $\varphi_p(N)$      | $\lambda_p$ |            |            |
| 1           | 1, 2, 3, 4                                             | 4  | 19,940                | 48,252      | 16,1              | 66,1 | 19,4          | 23,4  | 79,3                | 102,7 E     | 31,7       | 25,9       |
| 2           | 1, 2, 3, 4, 5, 21                                      | 6  | 19,712                | 48,314      | 14,9              | 65,8 | 26,8          | 7,2   | 80,1                | 105,4 W     | 43,7       | 35,6       |
| 3           | 3, 4                                                   | 2  | 19,973                | 48,288      | 18,6              | 69,5 | 92,1          | 9,7   | 77,3                | 80,1 E      | 157,5      | 134,7      |
| 4           | 10, 11                                                 | 2  | 19,789                | 48,256      | 349,2             | 61,2 | —             | 4,1   | 80,8                | 100,4 W     | —          | —          |
| 5           | 10, 11, 13, 15, 19, 20                                 | 6  | 19,848                | 48,297      | 347,2             | 65,1 | 15,5          | 19,6  | 81,3                | 73,4 W      | 25,1       | 20,2       |
| 6           | 13, 15, 19, 20                                         | 4  | 19,877                | 48,302      | 346,2             | 66,5 | 5,0           | 341,5 | 80,9                | 61,0 W      | 8,2        | 6,7        |
| 7           | 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20                             | 7  | 19,892                | 48,285      | 351,6             | 68,1 | 4,6           | 170,1 | 83,9                | 38,4 W      | 7,8        | 6,6        |
| 8           | 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20                     | 9  | 19,899                | 48,280      | 356,1             | 66,5 | 10,4          | 25,7  | 87,3                | 54,1 W      | 17,0       | 14,0       |
| 9           | 14, 16                                                 | 2  | 19,876                | 48,283      | 355,6             | 66,7 | 15,9          | 249,5 | 86,9                | 48,6 W      | 26,2       | 21,6       |
| 10          | 22, 23                                                 | 2  | 19,627                | 48,394      | 351,4             | 41,8 | 50,5          | 26,6  | 61,6                | 122,7 W     | 61,8       | 37,8       |
| 11          | 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23         | 12 | 19,877                | 48,285      | 358,9             | 66,7 | 6,5           | 46,2  | 88,9                | 19,2 W      | 10,6       | 8,8        |
| 12          | 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 | 14 | 19,837                | 48,290      | 345,7             | 61,8 | 11,1          | 13,7  | 78,7                | 92,8 W      | 17,2       | 13,3       |
| 13          | všetky lokality spolu                                  | 20 | 19,799                | 48,297      | 353,2             | 63,5 | 10,4          | 10,9  | 84,4                | 101,9 W     | 16,4       | 13,0       |

n — počet lokalít, D — deklinácia RMP, I — inklinácia RMP,  $\alpha_{95}$  — polovičný uhol kužela spoľahlivosti, k — parameter presnosti,  $\varphi_p(N)$  — paleomagnetická šírka prepočítaná na S,  $\lambda_p$  — paleomagnetická dĺžka, E — východná, W — západná,  $\delta_m$ ,  $\delta_p$  — polosi oválu spoľahlivosti

že nefelinický bazanit, olivický bazalt, ako aj limburgitoidný bazanit obsahujú z kvalitatívneho hľadiska rovnaké tmavé, akcesorické a vo väčšine prípadov aj sekundárne minerály. Výnimočne sa nepotvrdili sekundárne minerály vzoriek lokality Brehy. J. Hančínová (1970) pri väčšine mikroskopicky analyzovaných vzoriek konštatuje prítomnosť magnetitu. Vzhľadom na použitú metodiku tu mohla nastať zámena, môže ísť o titanomagnetit, resp. aj iný tmavý minerál.

Výsledky mikroskopických analýz neumožňujú spresniť, ktoré z identifikovaných magnetických minerálov sú primárne, syngenetické so vznikom horniny, a ktoré sú výsledkom fyzikálno-chemických premien. Z výsledkov vidieť, že vo vzorkách niektorých lokalít je aj limonit, ktorý sa pokladá za rozpadový produkt železitých alebo titánovo-železitých kyslíčnikov, ako aj ďalšie sekundárne minerály, napr. zeolity. J. M. Ade — Hall et al. (1971) v súvislosti s prítomnosťou sekundárnych minerálov poukazujú na to, že opakovo-petrologické vlastnosti bazaltových láv sú výsledkom kombinovanej aktivity dvoch procesov, a to deuterickéj oxidácie, ktorá sa uplatnila počas pôvodného chladnutia bazaltovej magmy, a regionálnej hydrotermálnej premeny, uplatnenej po pochovaní stuhnutého vulkanického produktu mladšími lávami.

Výsledky rtg analýz neumožnili jednoznačne rozhodnúť, na ktorú fázu sa viaže primárna RMP. Prikláňame sa k náhľadu, že sa viaže na fázu s nízkou hodnotou Curieovej teploty ( $\theta = 125\text{--}250^\circ\text{C}$ ). Z predchádzajúcej úvahy vychodí, že magnetizácia zodpovedajúca ferimagnetickej fáze s nízkymi hodnotami  $\theta$  vykazuje nízku koerzitívnu silu (nízku stabilitu RMP). Vy-

sledky merania Curieovej teploty a rtg analýz potvrdzujú prítomnosť dvoch spinelových titanomagnetitových fáz (Kropáček et al., 1981). Ďalšie kyslíčniky železa nie sú z týchto meraní evidentné. Výsledky mikroskopických analýz potvrdzujú prítomnosť viacerých zlúčenín železa. Z tmavých minerálov je to vo všetkých vzorkách olivín (z neho môže oxidáciou vzniknúť magnetit) a augit, ktoré sú vždy korodované. Z akcesorických minerálov je zastúpený magnetit, zo sekundárnych najčastejšie iddingsit, menej limonit a zriedkavejšie serpentín. Aj keď nateraz nie sú k dispozícii laboratórne výsledky o možných premenách pôvodných feromagnetických a ferimagnetických minerálov, možnosť takýchto premien jestvuje a je častejšia pri opakovaných vulkanických procesoch, pri znovuprehriatí pôvodných hornín.

Veľmi cenné výsledky z hľadiska poznávania magnetickej fázy a možných premien vo vulkanických horninách sú v práci H. Beckera (1980), ktorý vykonal rozsiahle merania  $\Delta Z$  zložky zemského magnetického poľa v severnom a východnom Islande. Študoval magnetické vlastnosti postglaciálnych, pleistocénnych a terciérnych toleitiitických bazaltov. Bádáním vzoriek dajkových telies a lávových prúdov vymedzil oblasti hydrotermálnych a vysokoteplných oxidačných premien na kontakte dajka — lávový prúd. V prípade terciérnych bazaltov pripisuje autor týmto premenám regionálny, pri pleistocénových a postglaciálnych lokálny rozsah. Poukazuje na odlišné magnetické charakteristiky dajkových telies v porovnaní s lávovými prúdmi. Autor zdôraznil poznatok, že kým pri mladých bazaltoch, najmä pri dajkách, výsledky poukazujú na nízku

n — locality number, D — declination of the RMP, I — inclination of the RMP,  $\alpha_{95}$  — apex semiangle of probability cone for  $P=0.95$ ,  $\delta_p$ ,  $\delta_p$  — dimensions of the reliability oval for pole position, k — coefficient of dispersion,  $\varphi_p$ ,  $\lambda_p$  — coordinates of the palaeopole

stupeň premeny, pri terciérnych bazaltoch, najmä pri lávových prúdoch, poukazuje Curieova teplota na prítomnosť magnetitu a vysoký stupeň premien pôvodných magnetických minerálov.

Postglaciálne a pleistocénové dajky vykazujú podľa autora Curieovu teplotu v rozsahu od 120 do 280 °C, najčastejšie okolo 200 °C. Postglaciálna a pleistocénová láva vykazuje dva až tri odlišné intervaly Curieovej teploty (110—220 °C, okolo 300 °C a 400—500 °C). Terciérne dajky vykazujú Curieovu teplotu v intervale 150 až 480 °C a 520 až 600 °C, najčastejšie okolo 560 °C. Pri terciérnej láve je evidentný najčastejšie opakovaný výskyt okolo 570 °C, čo zodpovedá Curieovej teplote blízkej magnetitu. H. Becker (1980) uvádza, že znovuprehrievanie bazaltov pod vplyvom ďalších intrúzií alebo efúzií spôsobilo oxidáciu pôvodných titanomagnetitov na magnetity. Zdôrazňuje, že okrem premien pôvodných minerálov spôsobených aktívnymi roztokmi v rozpätí teploty 50—300 °C sa uplatnili premeny pôvodných magnetických minerálov pri vetraní do teploty pod 50 °C, keď vzniká maghemit.

V súvislosti so stanovovaním rádiometrického veku K/Ar metódou pripomíname, že mikroskopické analýzy potvrdzujú, že sú v bádaných horninách zeolity. J. M. Ade — Hall et al. (1971) uvádzajú, že mnohé zo zeolitov obsahujú sodík alebo draslík. Draslík je pravdepodobne produktom rozpadu pyrogenických minerálov alebo sludy. Jeho predisponovanie do sekundárnych minerálov mohlo prebiehať niekoľko miliónov rokov po pôvodnom vychladnutí bazaltovej magmy. Autori uvádzajú, že v prípade aktuálnosti tohto mechanizmu výsledky rádiometrického datovania zodpovedajú času formovania sa zeolitov, ale nie vzniku vulkanickej horniny, teda v práci uvedené rádiometrické veki mohol ovplyvniť opísaný efekt.

Všetky analyzované vlastnosti bazaltic-

kých hornín, geologické poznatky z príslušných oblastí a o dynamike zemského magnetického poľa za posledných cca 8 miliónov rokov umožňujú nasledujúcu interpretáciu výsledkov.

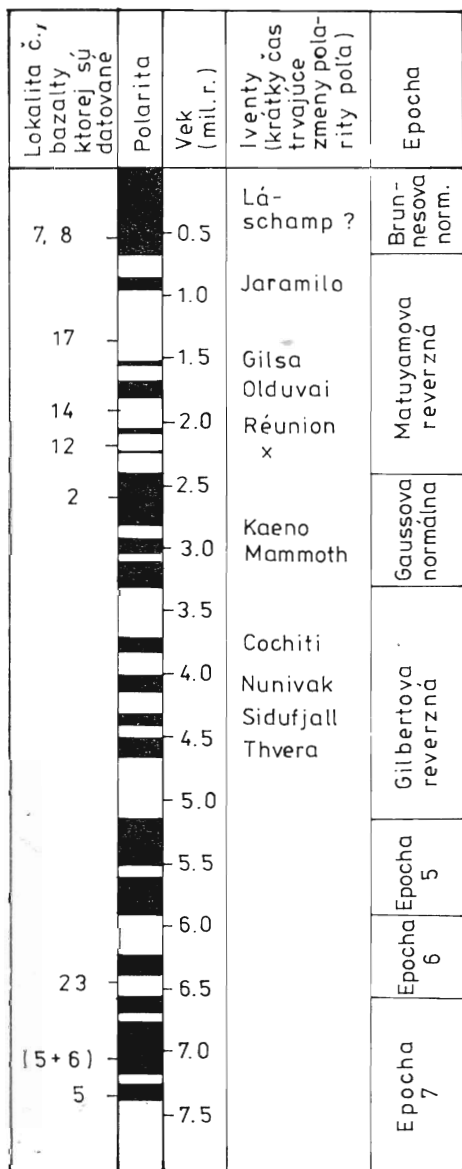
Stabilná zložka RMP sledovaných bazaltických hornín pravdepodobne nezodpovedá primárnej termoremanentnej magnetickej polarizácii syngenetickej s časom vzniku horniny. Predpokladáme, že sa viaže na sekundárne magnetické minerály, ktoré sú dôsledkom postalteračných procesov. Predpokladáme, že čas vzniku týchto minerálov nie je veľmi odlišný od času stuhnutia pôvodnej bazaltickej magmy.

Predpokladáme, že smer a polarita RMP študovaných bazaltov sú predovšetkým odrazom zemského magnetického poľa, ktoré pôsobilo v čase vzniku uvažovaných sekundárnych minerálov. Ale rozptyl v smere RMP medzi lokalitami navzájom svedčí o tom, že výslednú stabilnú zložku RMP pravdepodobne ovplyvnili okrem sekulárnych variácií aj fyzikálne a sekundárne procesy, ktorých pôvod dnes nepoznáme.

Vzhľadom na okolnosť, že sa rádiometrický vek hornín všetkých paleomagneticky skúmaných lokalít nestanovil a že oblasti s vývojom produktov finálneho vulkanizmu sú predmetom intenzívnejšieho geologického mapovania iba v súčasnosti, niet kritérií na posúdenie vzájomného časového vývoja jednotlivých lokalít, a preto sme niektoré lokality zoskupili do súborov iba alternatívne. Podmienečne zaraďujeme do jedného časového vývoja horniny lokality 3 s horninami lokality 4 (alt. 3, tab. 3), ďalej horniny lokality 13 s horninami lok. 15, 19 a 20 (alt. 6, tab. 3), horniny lok. 14 s horninami lok. 16 (alt. 9, tab. 3). Najtesnejšie zoskupenie smerov vykazuje alternatíva 11 (tab. 3), ktorá zahŕňa lokality so zápornou polaritou RMP. Súradnice paleopólu po prepoč-

te na S sú v prípade alternatív 11 veľmi blízke polohe dnešného zemského magnetického poľa. Z fyzikálneho hľadiska možno na základe výsledkov konštatovať, že zemské magnetické pole bolo v období posledných cca 8 miliónov rokov v priemere geocentrickým dipólom.

Z porovnania polarít RMP bazaltov



sledovaných lokalít s rádiometrickým vekom a najprepracovanejšou stupnicou striedania sa polarít zemského magnetického poľa (v zmysle McDougalla, 1977, pozri obr. 7) vychodí, že priemerný analytický vek hornín všetkých rádiometricky datovaných lokalít veľmi tesne korešponduje s intervalmi príslušnej polarít zemského magnetického poľa a polaritou RMP danej lokality. Vidieť, že horniny lokality 2, 5, 6, 7, 8 s kladnou polaritou RMP spadajú do intervalov kladnej polarít zemského magnetického poľa, ostatné horniny datovaných lokalít so zápornou polaritou RMP zasa do intervalov zápornej polarít zemského magnetického poľa. Izochrónne veku uvedené v tab. 1 podobnú zhodu nemajú.

Najpravdepodobnejším sa ukazuje, že do obdobia Gaussovej normálnej polarít poľa okrem lokality Hajnáčka spadá aj vznik bazaltov lokality 1, 3 a 4 (s kladnou polaritou RMP). Do obdobia Matuyamovej reverznej polarít poľa zaradujeme konvencionálne okrem vzniku hornín lokality 12, 14 a 17 aj lokalitu 13, 15, 16, 18, 19 a 20 (alt. 8, tab. 3), príp. aj vznik hornín lokality 10 a 11.

Podľa súčasných údajov o bazaltoch lokalít nemožno dospieť k podrobnejšiemu časovému rozlíšeniu.

*Recenzoval I. Marušiak*

Obr. 7. Stupnica zmien polarít zemského magnetického poľa podľa I. McDougalla (1977). Plné polia vymedzujú kladnú, prázdne zápornú polaritu geomagnetického poľa. Číslo v prvej kolónke na obr. 7 znamenajú číslo lokality, vodorovná čiara po ľavom okraji stupnice polarít vymedzuje stredný analytický rádiometrický vek príslušnej lokality. Fig. 7. Scale of the geomagnetic field polarity changes according to McDougall (1977). Full fields mean positive whereas empty fields negative polarity of the geomagnetic field, numbers in the first column are locality numbers, short horizontal lines at the left margin mean average analytical radiometric ages of the respective locality



## LITERATÚRA

- Ade Hall, J. M. — Palmer, H. C. — Hubbard, T. P. 1971: The Magnetic and Opaque Petrological Response of Basalts to Regional Hydrothermal Alteration. *Geophys. J. Roy. astron. Soc. (Oxford)*, 24, pp. 137—174.
- Balogh, K. — Mihalíková, A. — Vass, D. 1981: Radiometric dating of basalts in Southern and Central Slovakia. *Západné Karpaty, ser. Geol.*, 7, pp. 113—126.
- Becker, H. 1980: Magnetic anomalies ( $\Delta Z$ ) in NE Iceland and Their Interpretation Base on Rock — Magnetic Investigations. *J. geophys.*, 47, pp. 43—56.
- McDougall, I. 1977: The present Status of the Geomagnetic Polarity Time Scale. *Publication No 1288, res. School of Earth Sciences, A. N. U.*
- Dublan, L. 1967: Paleomagnetické štúdium vulkanických hornín okolia Novej Bane. [Diplomová práca.] *Manuskript — GÚDŠ Bratislava.*
- Hančinová, J. 1970: Výsledky mikroskopických analýz neovulkanických hornín stredného a južného Slovenska. *Manuskript — Geofyzika Bratislava.*
- Kantor, J. — Wiegerová, V. 1981: Radiometric Ages of some Basalts of Slovakia by  $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$  method. *Geol. zbor. Geologica carpath. (Bratislava)*, 32, pp. 29—34.
- Kropáček, V. — Lašfovičková, M. — Bochníček, J. 1981: Magnetic and electrical properties of basaltic rocks from South — Eastern Slovakia. *Sbor. geol. věd, ř. UG*, 17, pp. 87—100.
- Mihalíková, A. 1966: Petrografická a petrochemická charakteristika bazaltov JV Slovenska. *Zbor. geol. vied, rad ZK*, 5, s. 151—190.
- Nairn, A. E. M. 1966: Paleomagnetic Investigations of the Tertiary and Quaternary igneous rocks; a paleomagnetic study of the Central Slovakian Province. *Geofyz. sbor.*, 252, pp. 359—431.
- Orlický, O. 1971: Paleomagnetizmus v Karpatoch. [Ročná správa.] *Manuskript — Geofyzika Bratislava.*
- O'Reilly, W. — Banerjee, S. K. 1966: Oxidation of Titanomagnetites and Self — Reversal. *Nature (London)*, 211, pp. 26—27.
- Šimová, M. 1965: Petrografia a petrochémia produktov finálneho vulkanizmu Slovenského stredohoria. *Acta geol. geogr. Univ. Comen.*, 9, s. 9—89.

## Palaeomagnetism and radiometric ages of alkaline basalts from Central and Southern Slovakia

OTO ORLICKÝ — VLADIMÍR KROPÁČEK — DIONÝZ VASS

In the frame of the project "Palaeomagnetism of the Western Carpathians", products of subsequent and final volcanism in Central and Southern Slovakia were investigated by Orlický (1971). At the same time, Hančinová (1970) carried out microscopical analyses of basalts for this purpose (the results have not been published up to now). Few of authors employed recently palaeomagnetic data for a more precise determination of the time of origin of these basaltic rocks. So, Nairn (1966) assumed that the volcanic activity produced the basalts in question at the, or near to, Plio-/Pleistocene boundary during a period of reversed geomagnetic field but the end of which coincided already with the period of normal geomagnetic field persisting to the recent time. Basalt from Brehy and Kysihy-

beľ localities in Central Slovakia has been investigated by Dublan (1967). According to his interpretation, the age of these basalts is supposed to be less than one million years.

Valuable data on magnetic minerals in basalts from selected localities (Kropáček et al., 1981) as well as radiometric ages of basalts from Central and Southern Slovakia (Balogh et al., 1981) have been published in recent time. We have employed some of the most important results mentioned for our purpose. This has enabled us to analyse the unpublished palaeomagnetic data by Orlický (1971) in detail and to present a more comprehensive interpretation in this paper.

Three groups of basalts in question have been distinguished by Balogh et al. (1981). The first group includes alkaline olivine

basalts from the Lučenecká kotlina basin the oldest among all basalt occurrences in Southern Slovakia. Basalt from the Podrečany locality (No 23) yielded analytical radiometric age of  $6.44 \pm 0.27$  m. a. and an isochrone age of  $6.17 \pm 0.47$  m. a. Authors assume that basalts from the Kalvária hill (No 5) and Kysihybeľ (No 6) localities with ages of  $7.29 \pm 0.41$  and  $6.77 \pm 0.48$  m. a. respectively, are probably as old as the basalt originated during the same volcanic activity at Podrečany. The second group includes nepheline basanite occurrences from the surroundings of Fíľakovo (No 2, 12, 14 and 17) with analytical radiometric ages of  $2.58 \pm 0.22$  m. a. (Hajnáčka),  $2.19 \pm 0.16$  m. a. (Bulhary),  $1.90 \pm 0.13$  m. a. (Veľké Dravce) and  $1.39 \pm 0.12$  (Ragáč hill near Hajnáčka), respectively. The ages correspond to the time interval from the Pleistocene to the Pliocene.

Nepheline basanite lava flows near Brehy have Quarternary ages. The analytical radiometric age of  $0.53 \pm 0.16$  m. a. should not be real because the flows occur over the younger Riss terrace the latter corresponding to the interval of 0.13–0.22 m. a. The supposed age of basalt flow is about 0.13 m. a.

### Experimental methods and the interpretation of results

Palaeomagnetic investigation was applied to basalt samples coming from 24 localities. Most of rock samples were measured by an astatic magnetometer and only a part of them by a spinner magnetometer. Most of basalts are palaeomagnetically stable according to the laboratory tests of AC demagnetization. The basalts from Brehy (No 7 and 8), Tekovská Breznica (No 9) and Kysihybeľ (No 6) localities are supposed to be palaeomagnetically unstable. The results of laboratory tests are shown on figs. 2, 3 and 4. It is assumed that the RMP of basalts reflects the geomagnetic field persisting during their cooling. Moreover, it is assumed that the stable component of the RMP has been influenced, besides of the secular variation, also by secondary physical and chemical processes. Unfortunately, we are not able to recognize their origin.

According to Kropáček et al. (1981), most of basalts under consideration reveal two Curie's temperatures. The high coercitive portion of the remanent magnetic polarization (RMP) is due to the presence of a ferri-

magnetic mineral with a Curie's temperature of 400–500 °C and the low coercitive portion of the RMP is induced by another ferrimagnetic mineral with Curie's temperature attaining 120–270 °C values. The presence of two ferrimagnetic fractions has also been confirmed using a roentgenometric method by Kropáček et al. (1981). It can be demonstrated that the magnetic fraction of these two ferrimagnetic phases consists of titanomagnetite  $x\text{Fe}_2\text{TiO}_4 \cdot (1-x)\text{Fe}_3\text{O}_4$  with an average of  $x \sim 0.66$  and of another phase virtually represented by pure magnetite. Carriers of the stable palaeomagnetic component of the RMP are supposed to be magnetic minerals with Curie's temperatures as high as 400–550 °C. It is assumed that these minerals are secondary by origin but their age is supposedly not too deviating from cooling ages of the basalt magma in single investigated localities.

Palaeomagnetic results from basalt samples of single localities are summarized in tab. 2 and fig. 5 whereas comprehensive results obtained are in tab. 3 and fig. 6. One can see that the average direction of the RMP and palaeomagnetic pole positions of some alternatively arranged localities are very near to the position of the recent geomagnetic pole. Therefore, it may be postulated that the geomagnetic field was, in average, a geocentric dipole during the last 8 million years with regard to the radiometric ages indicated and to the palaeomagnetic characteristics of basalts under consideration.

The interpretation of results is based mainly, but not solely, on the polarity of the RMP of basalts using also the combination of radiometric ages with the scale of Earth's magnetic polarity changes taken from McDougall (1977, fig. 7). A very good correspondence has been shown between single polarity intervals of the scale, the average analytical radiometric ages and the RMP polarity of dated basalts. The age of basalt from Brehy and Tekovská Breznica localities coincides with the Brunhes normal epoch, ages of basalt from Hajnáčka, Blhovec and Hodejov with the Gauss normal epoch whereas basalts from Kalvária hill in Banská Štiavnica, Kysihybeľ and Podrečany (locality No 23) with the epoch No 7 of the scale mentioned. The age of basalts from other localities with reverse RMP polarity in the surroundings of Fíľakovo town coincides with the Matuyama reverse epoch.

Another result of investigation is that average analytical ages give better coincidence with the polarity intervals of the palaeomag-

netic scale as the isochrone ages obtained from the same basalt samples.

*Preložil I. Varga*

## ZO ŽIVOTA SPOLOČNOSTI

### **Založenie a program odbornej paleontologickej skupiny**

Na základe uznesenia Ústredného výboru Slovenskej geologickej spoločnosti sa 25. 2. 1982 konala ustanovujúca schôdza odbornej paleontologickej skupiny. Jej hlavným poslaním je vytvoriť základné predpoklady činnosti pre integráciu veľmi úzko špecializovaných paleontologických disciplín, ktoré z metodologickej stránky majú aj veľa spoločných problémov. Paleontológia podobne ako ostatné prírodovedné disciplíny prechádza v súčasnosti búrlivým rozvojom, ktorý prináša rad nových, často veľmi prekvapujúcich poznatkov. Preto je nevyhnutné nielen sa zoznamovať s novými poznatkami z oblasti Západných Karpát, ale vzhľadom na internacionálny a interdisciplinárny charakter paleontológie aj s poznatkami z rozličných oblastí sveta a viacerých vedných disciplín (biológia, geológia, matematika, kybernetika atď.).

Na uchovanie faktologického paleontologického materiálu, ktorý má predovšetkým významnú vedeckú hodnotu, neboli doteraz vytvorené zbierky, aj keď organizovaná geologická služba na Slovensku existuje už takmer polstoročie. Tento alarmujúci stav sa veľmi markantne prejavuje hlavne v súvislosti s depouvaním nových taxónov, ktoré sa doteraz

zo Západných Karpát opisali. V súčasnosti sa podrobné geologické mapy zostavujú prakticky z celého územia ČSSR. Keďže paleontologické údaje majú v sedimentárnych útvaroch prvoradý význam, je nevyhnutné ich paleobiologickú zložku na maximálnu objektivizáciu geologických javov systematicky hodnotiť na báze moderných ekostratigrafických metód. Takýto prístup si vyžaduje plánovitú medziinštitucionálnu kooperáciu a presnú lokalizáciu spracovaného materiálu.

Aj keď riešenie uvedených problémov presahujú kompetenciu odbornej skupiny, účastníci vyslovili presvedčenie, že odborná paleontologická skupina môže pri rozvoji paleontologických, a tým aj geologických disciplín na Slovensku zohrať pozitívnu úlohu. Veríme, že toto presvedčenie sa stane hlavným mobilizujúcim stimulom do činnosti paleontologickej práce.

Zvolenému výboru (doc. RNDr. H. Bystrická, CSc., RNDr. E. Činčurová, CSc., RNDr. V. Gašpariková, CSc., RNDr. J. Michalík, CSc., RNDr. E. Planderová, CSc.) želá geologická verejnosť veľa tvorivých síl i organizačných úspechov.

*O. Samuel*

## Petrogenetické aspekty štúdia distribúcie stopových prvkov v mineráloch — urán v akcesorickom apatite kryštallických hornín

JÁN KRÁL

Geologický ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 814 73 Bratislava

(8 obr. v texte)

Dotučené 29. 9. 1981

---

**Петрогенетические взгляды на распределение редких элементов в минералах: уран в аксесорном апатите кристаллических пород**

Авторы определяли вариабильность концентраций урана в отдельных зёрнах аксесорического апатита в кислых кристаллических породах Западных Карпат. Разница вариабильности концентраций урана и разные графики распределения дают представление о развитии охлаждения гранитоидных интрузий а также о связи между интрузиями и их метаморфной упаковки. Ингомогенита в содержании урана отдельных зёрн апатитов подтверждает этапное возникновение.

**Petrogenetic aspects of trace element distribution in minerals: uranium in accessory apatite of crystalline rocks**

The variability of uranium content in individual grains of accessory apatite was investigated on samples of crystalline rocks of the Western Carpathians. Differences in the variability of concentration as well as different pattern of distribution plots yields evidence, at the level of model appreciation, on processes of granitoid intrusion cooling and also on relations between the intrusive body and its mantle. Inhomogenities in uranium content within single apatite grains are indicative of its stadal development.

---

Kryštály pri raste z roztoku alebo taveniny prijímajú do svojej štruktúry isté množstvo cudzích atómov. Spravidla majú prednosť ióny, ktoré sa svojimi vlastnos-

fami, ako je napr. iónový polomer, elektronegativita a pod., približujú atómom, ktoré v štruktúre kryštálu nahrádzajú. Koľko množstvo prvku v kryštáli závisí

nielen od schopnosti prvkov vytvárať tuhý roztok, ale aj od fyzikálno-chemických podmienok ovplyvňujúcich hodnotu distribučného koeficienta medzi taveninou a vznikajúcou pevnou fázou.

Ak je známy distribučný koeficient, možno na základe existujúcich kvantitatívnych modelov (Allègre — Minster, 1978) riešiť základné petrogenetické otázky, t. j. pôvod magmy a mechanizmus vzniku vyvretej horniny. Práve koncentrácia stopových prvkov a ich distribúcia sú citlivé na zmeny genetických podmienok a na ich kľúčový význam pri riešení petrografických otázok upozornil už L. H. Ahrens (1954) a H. Neuman et al. (1954). Napriek tomu doteraz niet základných údajov o distribučných koeficientoch v rozličných reálnych horninách. Platí to najmä o granitoidných horninách, ktorých možnosti vzniku sú také premenlivé, že výsledky experimentálnych prác nie sú vždy na priame petrogenetické aplikácie vhodné (Hanson, 1978).

V geochemii sa najčastejšie využívajú dva typy informácií, a to koncentrácia prvkov a tvar ich distribúcie. Význam takýchto informácií nezávisí iba od použitej analytickej metódy, ale aj od rozsahu výskumu. Zásadný rozdiel je medzi informáciami získanými z celých hornín a z jedného minerálu. Možno oprávnenne predpokladať, že informácie o genéze hornín ležia ešte nižšie, a to na úrovni individuálnych zŕn jedného minerálneho druhu.

Cieľom nášho príspevku je ukázať možnosti petrogenetických aplikácií, ktoré môže poskytnúť takýto druh bádania.

Urán v akcesorickom apatite sme vybrali z niekoľkých príčin:

— Urán sa izomorfne viaže v štruktúre apatitu (Ames, 1960), pričom pravdepodobne zamedia Ca (Altschuler, 1958), aj keď D. McConnell (1973) predpokladá existenciu  $\text{UO}_4^{-4}$  tetraédrov, čo je analógia  $\text{AlO}_4^{-5}$ , ktoré sú v apatitoch prítomné.

Pretože v takomto prípade ide vlastne o zriedený tuhý roztok, možno predpokladať, že rozdiely v koncentrácii tohto prvku v individuálnych zrnách apatitu odrážajú zmeny termodynamických podmienok. To značí, že variabilnosť koncentrácie možno využiť na odhad genézy tohto minerálu, resp. jeho materskej horniny.

— FT metóda a jej vysoká citlivosť umožňujú spoľahlivú kvantitatívnu analýzu individuálnych zŕn akcesorického apatitu.

— Apatit je jedným z najrozšírenejších akcesorických minerálov kryštalických hornín. Aj keď nebolo veľa pokusov využiť zmenu jeho chemického zloženia na riešenie otázok petrogenézy, pozornosť si zaslúži práca M. Fleischera — Z. S. Altschulera (1969), D. E. Leeho et al. (1973), W. P. Nasha (1972) a J. S. Roeggeho (1974).

### Genetické príčiny variabilnosti obsahu stopových prvkov v mineráloch

Ak je kryštál v rovnováhe s taveninou, z ktorej rastie, každá zložka sa rozdelí medzi taveninu a vznikajúcu pevnú fázu tak, že jej chemický potenciál bude v každej fáze rovnaký. Za takých podmienok sa stopový prvok rozdelí medzi minerál a taveninu podľa Nerstenovho distribučného zákona (in McIntire, 1963)

$$C_s/C_l = D \quad [1]$$

kde  $C_s$  je koncentrácia daného prvku v pevnej fáze,  $C_l$  koncentrácia prvku v tavenine a  $D$  je distribučný koeficient.

Za takýchto podmienok je distribúcia prvku homogénna v individuálnom kryštáli i v rozličných kryštáloch tej istej fázy.

Logaritmický distribučný zákon sa uplatňuje pri nerovnovážnej kryštalizácii a vedie k nehomogénnej distribúcii prvku v individuálnych kryštáloch v celom objeme horninového telesa (McIntire, 1963).

Okrem distribučního zákona ovplyvňu-

jú distribúciu prvkov zmeny jeho hodnoty v priebehu kryštalizácie a homogénnosť vlastného zdrojového materiálu.

Hodnota distribučného koeficienta sa mení so zmenou teploty, tlaku a s chemickým zložením prostredia. Ale údaje o takýchto zmenách na reálnych petrologických systémoch sú stále vzácne. Podľa C. J. Allègreho — J. F. Minstera (1978) možno predpokladať, že zmena teploty 800—650 °C pri granitoidných horninách výrazne neovplyvňuje jeho hodnotu. Napr. experiment M. G. Seitz (1973) nedokázal nijakú zmenu distribučného koeficienta uránu medzi taveninou a vznikajúcim whitlockitom pri teplote nad 1000 °C. Na druhej strane sa dokázala závislosť veľkosti distribučného koeficienta stroncia medzi plagioklasom a taveninou. Jeho veľkosť závisí od obsahu Na v plagioklase (Sun et al., 1974). Podľa W. L. McIntire (1963) ani stredné zmeny tlaku túto hodnotu neovplyvňujú.

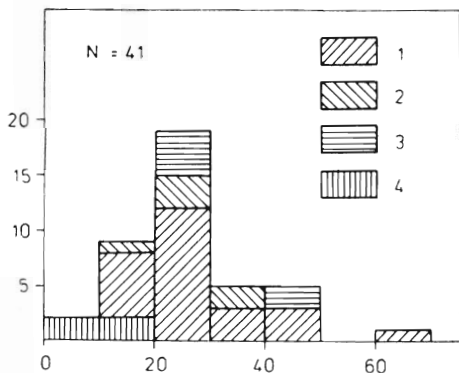
Vlastná homogénnosť zdroja je tiež faktorom výrazne sa zúčastňujúcim na distribúcii prvkov. Distribúcia prvkov v taveninách je výsledkom difúzie prvkov vyrovnávajúcej koncentračné rozdiely. Podľa údajov experimentálnych prác (Hofman — Hart, 1978, Hofman — Magaritz, 1976) je difúzna rýchlosť katiónov v rozličnom prostredí rozdielna a kolíše priemerne od  $10^{-13}$  do  $10^{-6}$  cm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>. Rýchlosť difúzie nezávisí iba od chemického zloženia tavenín, od druhu difundujúceho katiónu, tlaku (Misener, 1974), ale aj koncentračných gradientov medzi vyrovnávajúcimi sa objemami. Keďže difúzne koeficienty sú v podstate veľmi malé, niektorí autori (Jelisejeva et al., 1974) pokladajú vyrovnávanie koncentračných gradientov vo väčšej miere iba za výsledok mechanického premiešavania tavenín. Iná situácia nastáva pri malých objemoch, kde je vyrovnávanie koncentračných gradientov difúziou prvkov reálne.

Spomenuté faktory, od ktorých závisí distribúcia a koncentrácia prvku medzi jednotlivé fázy, t. j. vlastná hodnota distribučného koeficienta, zmena jeho hodnoty v priebehu kryštalizácie a homogénnosť zdroja, pôsobia spolu, a preto vplyv jednotlivých činiteľov oddelene sa posudzuje veľmi komplikovane. Situácia je ešte zložitejšia, ak sa prechádza od ideálnej silikátovej taveniny k reálnej anatektickej magme. Z uvedeného je zrejmé, že teoretické modely distribúcie prvkov môžu byť iba extrémnym priblížením k reálnemu stavu. Pretože empirické údaje sa od týchto modelov odlišujú, treba v prvom rade stanoviť objektívne miery odchýlok, čiže skúmať variabilnosť distribúcie stopových prvkov na úrovni individuálnych zrn toho istého minerálneho druhu.

### Koncentrácia uránu v apatite granitoidných a metamorfovaných hornín Západných Karpát

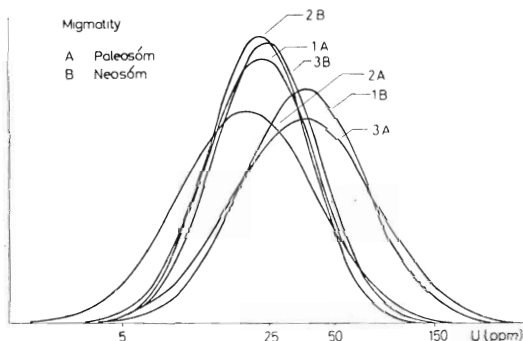
Priemerná koncentrácia uránu v akcesorickom apatite je spravidla nízka a kolíše od 15 do 67 ppm U. Z grafu 1 vidieť, že najčastejšie sú vzorky apatitu s koncentračným rozpätím od 20 do 30 ppm uránu. V tomto intervale je 50 % vzoriek granitoidných hornín a 46 % všetkých analyzovaných vzoriek (včítane apatitu z vulkanických hornín, ktoré sa spracovali na porovnanie). Z grafu vychodí, že sa koncentrácia uránu v apatite neviaže na konkrétny horninový typ. Staršia literatúra uvádza z podobných hornín vyššiu koncentráciu uránu v akcesorickom apatite: E. S. Larsen et al. (1956) 47—250 ppm, F. M. Hurley — H. W. Fairbairn (1973) priemer 215 ppm a V. V. Lachovič (1973) priemerný obsah uránu v akcesorickom apatite granitoidných hornín 96,4 ppm. Rozdiely sú sčasti zrejme výsledkom rozdielnych analytických metód, lebo analýzy apatitu

FT metódou z rozličných oblastí sú veľmi blízke, napr. 12 až 58 ppm z kryštalinika z poľskej strany Tatier (Burchart, 1972), 16—24 ppm z Krikuckého a Borovského masívu (Tan-Šan, Berzina et al., 1971).



Obr. 1. Histogram početnosti priemerných koncentrácií uránu v apatitoch skúmaných vzoriek. 1 — granitoidné horniny, 2 — pararuly, 3 — migmatity, 4 — vulkanity, N = počet vzoriek

Fig. 1. Frequency distribution of average uranium concentrations in apatite of the investigated sample set. 1 — granitoids, 2 — paragneiss, 3 — migmatite, 4 — volcanite, N = sample set



Obr. 2. Distribučné krivky uránu v akcesorickom apatite z paleosómovej a neosómovej časti migmatitov

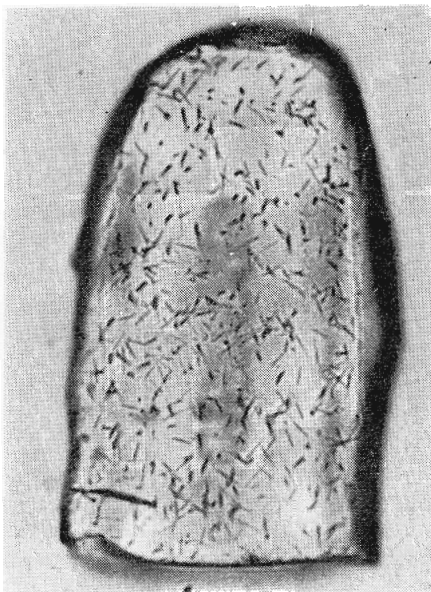
Fig. 2. Uranium distribution curves in accessory apatite from the neosome and paleosome of migmatite

Vo vzorkách akcesorického apatitu z paleosómovej a neosómovej časti migmatitov Nízkych Tatier je apatit z paleosómu častejšie s vyššou koncentráciou uránu ako apatit z neosómovej časti (obr. 2).

V úplnej väčšine zŕn (analytické údaje sú takmer zo 6000 zŕn) je distribúcia indukovaných stôp, t. j. distribúcia uránu homogénna (obr. 3). Iba v niektorých vzorkách apatitu z granodioritov, migmatitov a pararúl sa našli zŕna s nehomogénnou distribúciou uránu. Táto nehomogénnosť sa systematicky opakuje tak, že stred zŕn má vyššiu koncentráciu ako okrajové časti.

*Empirický tvar distribučných kriviek uránu v akcesorickom apatite*

Okrem práce I. G. Berzinyovej et. al.



Obr. 3. Homogénna distribúcia indukovaných stôp (t. j. koncentrácia uránu) na apatitovom zrne. Dĺžka stôp je približne 10  $\mu\text{m}$

Fig. 3. Homogenous distribution pattern of induced tracks (i. e. uranium concentration) in apatite grain. Track length about 10  $\mu\text{m}$

(1971), niet doteraz informácií o tvare distribúcie prvkov medzi zrnami toho istého minerálu. Aj v citovanej práci je histogram s malým počtom meraných zŕn a bez bližšieho štatistického hodnotenia. Preto sme na výskum distribúcie vybrali vzorky z geneticky odlišných prostredí, ale s podobným chemickým zložením celkových hornín. Na posúdenie zhody empirického rozdelenia s teoretickým normálnym, resp. lognormálnym (testovali sa iba tieto modely) sa použil  $\chi^2$  test, ktorý na posúdenie tvaru distribúcie niektorých prvkov prvýkrát použil S. Ďurovič (1957) v helpianskom pyrotíne. Kompletne výsledky testu, ako aj horninové typy s lokalizáciou uvádza J. Král (1981). Aj keď tieto testy nemajú rovnakú váhu, keďže množstvo meraných zŕn kolíše od 50 do 321, signalizujú značnú variabilnosť tvarov distribúcie. Prekvapujúce je, že pre niektoré distribúcie je vhodnejšou distribučnou funkciou normálne, nie lognormálne rozdelenie, ktorému sa v geochemii stopových prvkov tradične pripisuje priorita. Zo skúmaných vzoriek z granitoidných hornín 4 vyhovujú normálnemu rozdeleniu (z 24) a z paradúl 3 vzorky zo siedmich. Je charakteristické, že väčšinu študovaných distribúcií možno opísať lognormálnym rozdelením, niektoré vyhovujú obidvom distribúciám, niektoré nevyhovujú nijakému modelovému rozdeleniu. Rozdiely v tvare sa neviažu na istý horninový typ.

## Diskusia

Pri kryštalizácii apatitovej populácie musia zmeny v distribučnom koeficiente, rozdiely v rýchlosti kryštalizácie, nehomogénnosť v distribúcii uránu v tavenine spôsobovať rozdiely v hodnote takého štatistického parametra, akým je napr. variačný koeficient. To znamená, že štúdiom zmien tohto parametra možno získať infor-

mácie o zmene parametrov ovplyvňujúcich distribúciu prvkov. V našom prípade analyzujeme už kompletý výsledok týchto zmien — kontinuálny zápis vývojových stupňov zúčastňujúcich sa na vzniku celej apatitovej populácie.

## *Variabilnosť obsahu uránu v akcesorickom apatite ako genetický faktor*

Na porovnanie variabilnosti sa vybrali vzorky hornín podobného chemického zloženia, ale rozdielnej genézy. Takéto porovnanie má veľký význam, pretože predpokladáme, že rozhodujúcim činiteľom ovplyvňujúcim variabilnosť je rozličný spôsob vzniku. Napr. najzávažnejším rozdielom medzi granitoidnými horninami a vulkanitmi totožného chemického zloženia je zásadný rozdiel v teplote magmy (Harris et al., 1970), ktorá má pre distribúciu prvkov v roztokoch a taveninách kľúčový význam. Spočíva v tom, že rýchlosť difúzie prvkov rastie s teplotou exponenciálne. Ak to aplikujeme na náš problém, možno očakávať, že v prostredí s vyššou teplotou bude variabilnosť obsahu uránu nižšia. Z obr. 4 vidieť, že rozdiely vo variabilnosti z rozdielnych typov hornín sú značné. Variabilnosť veľmi kolíše aj v rámci jednotlivých typov. Najnižšie variačné koeficienty má apatit z vulkanických hornín (0.3—0.4) a do tohto intervalu patria aj niektoré vzorky z granodioritov. Pararuly majú približne také isté rozpätie ako vzorky z granitoidných hornín. Pri apatite z migmatitov je viditeľný posun hodnôt variačného koeficienta smerom k vyšším hodnotám.

Nižšie hodnoty variačného koeficienta z apatitu vulkanických hornín podporujú predpoklad o väčšej homogenosti distribúcie uránu v taveninách s vyššou teplotou. Pravdepodobne je možnosť využiť variačný koeficient na kvalitatívnu indikáciu vysokoteplotných prostredí. Použitie



tohto kritéria môžu obmedzovať rozdiely v homogenosti zdrojového materiálu, prítomnosť zachovaných zdedených kryštálov, rýchlosť kryštalizácie danej populácie, zmeny distribučného koeficienta v tom čase, ako aj výskyt jednotalivých vývojových stupňov. Napriek týmto komplikáciám možno konštatovať väzbu istých hodnôt na isté horninové typy. Z toho vychodí, že rozličné genetické podmienky sa

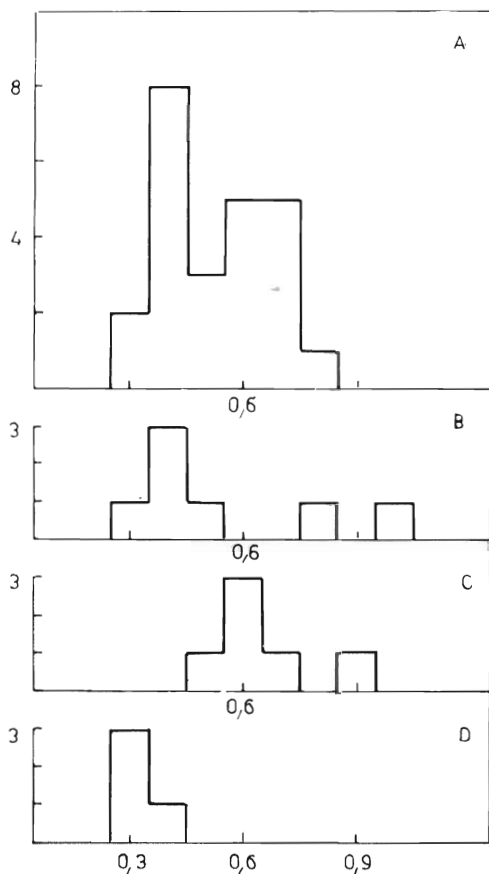
prejavujú v rozdieloch hodnoty variability.

### Interpretácia tvarov distribučných kriviek

Empirické distribučné krivky uránu v akcesorickom apatite možno rozdeliť na dva hlavné typy: 1. šikmé distribúcie, ľavostranne asymetrické, 2. symetrické distribúcie. Väčšinu z nich možno opísať lognormálnym, resp. normálnym rozdelením. Na obr. 5 sú histogramy rozdelenia hodnôt koncentrácie uránu oboch typov distribúcií.

V podstate niet dôvodu, prečo by distribúcia koncentrácie uránu medzi zrnami toho istého minerálu mala vyhovovať istej matematickej funkcii. Dá sa predpokladať, že tvar frekvenčnej krivky reprezentuje vážený súčet čiastkových distribúcií vzniknutých v priebehu rozličných etáp kryštalizácie horniny pri rozdielnej teplote, presýtení, zložení taveniny a pod. Hmotnosť bude proporcionálna k objemu minerálu, ktorý v danom objeme vykryštalizoval. Preto možno šikmé distribúcie stopových prvkov opísať rozličnými pravdepodobnostnými funkciami (Oertel, 1969, Ostafijčuk — Tolstoj, 1972), teda nie iba lognormálnou distribúciou.

Rozličné tvary empirických distribúcií uránu v apatite podporujú túto hypotézu. Empirické distribúcie reprezentujú spojené distribúcie A. B. Visteliusa (1960). Ich šikmosť je kontrolovaná hlavne pomerom váh, t. j. objemom kryštálov vytvorených v priebehu rozličných etáp vývoja horniny. Objem, resp. množstvo vznikajúcich kryštálov zasa ovplyvňuje teplota, a preto spojené distribúcie odzrkadľujú nielen teplotu, ale aj smer kryštalizácie a veľkosť kryštalizačného rozpätia, ktorú udáva rýchlosť chladnutia. Preto tvar distribučných kriviek v apatite z vulkanických hornín neprekvapuje (obr. 6). Tieto horniny nereprezentujú iba vysokú teplotu

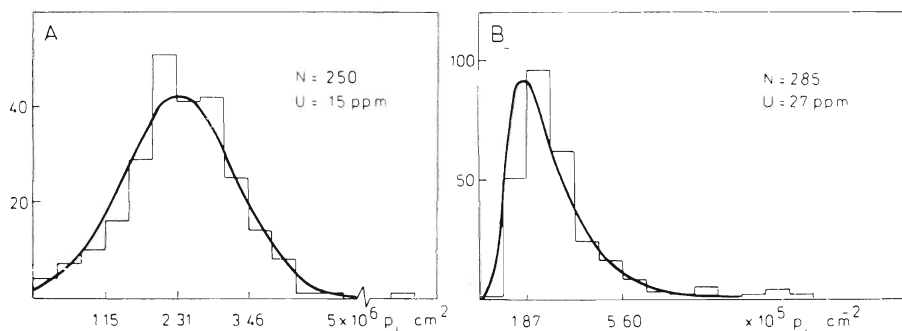


Obr. 4. Početnosť versus koeficient variácie v akcesorickom apatite z granitoidných hornín (A), pararúl (B), migmatitov (C) a vulkanitov (D)

Fig. 4. Relation between frequency and variation coefficient of uranium content in accessory apatite. A — granitoids, B — pararagneiss, C — migmatite, D — volcanite sample

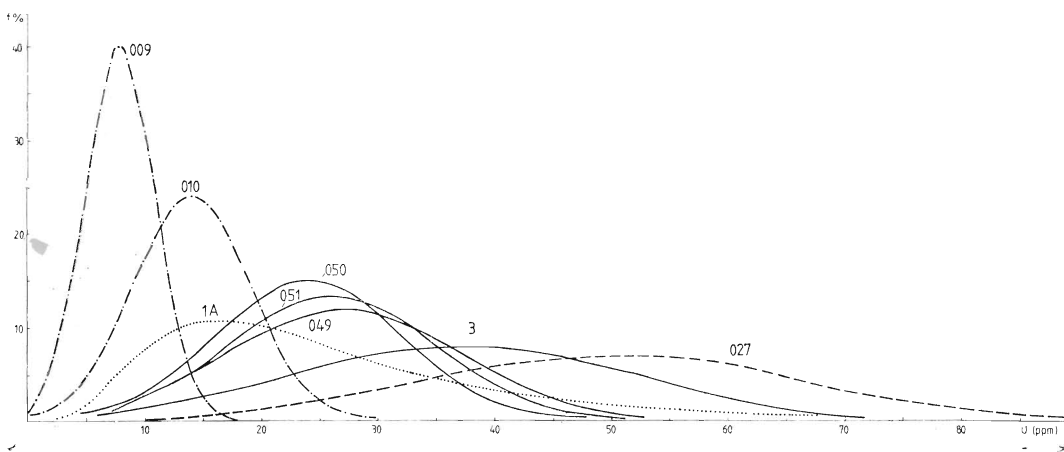
kryštalizácie, ale aj úzky kryštalizačný interval. Na grafe sú rozličné typy distribúcie uránu pochádzajúce z apatitu všetkých skúmaných hornín. Zaujímavá je veľ-

ká podobnosť v priemernej koncentrácii uránu i v absolútnej hodnote smerodajnej odchýlky pri vzorkách pochádzajúcich z granodioritu a pararúl, ktoré regionálne



Obr. 5. Typy distribúcie uránu v apatite. A — symetrická distribúcia, B — šikmá, ľavostranne asymetrická distribúcia. Do histogramu empirických hodnôt sú vkreslené teoretické krivky normálneho, resp. lognormálneho rozdelenia.  $p_i$  — množstvo stôp  $\cdot \text{cm}^{-2}$

Fig. 5. Uranium distribution pattern in apatite. A — symmetrical, B — left asymmetrical (skew) distribution. Theoretical distribution curves fitting both the normal and log-normal distributions are also plotted.  $p_i$  — track sum on  $\text{sq. cm}$



Obr. 6. Distribúcie uránu v akcesorickom apatite z rozličných hornín. 009, 010 — distribúcie v apatitoch vulkanických hornín, 1A — distribúcia uránu v apatite z paleosómovej časti migmatitu, 050 — distribúcia uránu v apatite z granitoidnej horniny, 049, 051 — distribúcia uránu v apatite z príslahlých pararúl, 3 — typ distribúcie z granodioritu z Chopka, 027 — distribúcia z pararuly z lomu Chorepa, neďaleko Klenovca

Fig. 6. Uranium distribution pattern in accessory apatite of different rocks. 009, 010 — distribution in the apatite of volcanic rocks, 1A — distribution in migmatite paleosome, 050 — distribution in apatite of granitoids, 049, 051 — distribution in the neighbour paragneiss, 3 — distribution in apatite of the Chopok granodiorite, 027 — distribution in apatite of paragneiss sample, Chorepa quarry near Klenovec village

veľmi tesne súvisia (049, 050, 051 — grano-diority a pararuly od Českého Brezova, veporikum). Tieto podobnosti pravdepodobne poukazujú na úzku genetickú späťnosť apatitu z dvoch geneticky rozdielnych prostredí.

Podobnosť tvaru distribučných kriviek je nápadná aj pri vzorkách, ktoré regionálne a geneticky nesúvisia. Distribúcia uránu v apatite z granodioritu z Chopka (3) má veľmi podobný tvar distribúcie ako urán z apatitu biotitickej pararuly z kameňolu Chorepa pri Klenovci (027).

Pretože sa rozdielne tvary distribučných kriviek neviazajú na istý horninový typ, je pravdepodobné, že ich tvar závisí aj od toho, aký stupeň rovnováhy sa v systéme dosiahol. M. I. Tolstoj — I. M. Ostafijčuk (1968) dokázali, že tvary distribúcie gália v kamenci sú symetrické pri rovnovážnej kryštalizácii. Ale tvar výslednej distribúcie môže byť niekedy výsledkom dvoch protichodných procesov (Chamskij, 1967). Z toho hľadiska je zaujímavá neprítomnosť symetrických distribúcií vo vzorkách apatitu z migmatitov.

### *Problém bimodálnych (multimodálnych) populácií*

S veľkou pravdepodobnosťou možno predpokladať, že sa istá monominerálna populácia v granitoidných horninách neprodukuje za rovnakých genetických podmienok. I. V. Nosirev — S. D. Turovskij (1968) uvádzajú, že kryštalizácia akcesorických minerálov prebieha etapovite a výsledkom môže byť kolísanie chemického zloženia minerálov toho istého druhu, ako napr. pri apatite z granitoidných hornín dokázal J. S. Roegge et al. (1974). Ak sa k tomu prirátajú možný výskyt zdedených populácií, je jasné, že monominerálna populácia môže byť súhrnom minerálnych jedincov kryštalizujúcich v rozličných obdobiach chladnutia intrúzie. V našom prí-

pade by tieto zmeny mohli spôsobovať fluktuácie priemerných hodnôt koncentrácie uránu. To by sa mohlo prejavovať na tvare histogramov distribúcie, lebo tie znamenávajú celkový vývoj apatitu v čase, ale nie jednu epizódu. Pri posudzovaní eventualít si treba uvedomiť, že populácia apatitu z odobratej vzorky (z hľadiska veľkosti masívov ju možno pokladať za bodový odber) nepredstavuje zrná vzniknuté in situ. Konvekčné prúdy, ktoré sa vyskytujú v nesolidifikovaných telesách, vyvolávajú pohyb vykryštalizovaných zrn, a to spôsobuje, že tieto zrná môžu byť v stuhnutých masívoch lokalizované ďaleko od miest svojho vzniku (Bartlett, 1969). Výsledkom potom je, že sa vo vzorke vedľa seba nachádzajú zrná, ktoré geneticky nesúvisia. Všetky tieto možnosti môžu spôsobiť vznik bimodálnych, resp. viacmodálnych distribúcií.

Výsledky analýz zo 41 vzoriek dokázali, že ich charakteristickou črtou, okrem jednej výnimky, kde je bimodálna distribúcia evidentná, je unimodálnosť. Jediná bimodálna distribúcia pochádza z apatitu vyseparovaného z amfibolicko-biotitickej ruly (Petríkovská dolina, veporikum). Grafickou analýzou na podobnostnom papieri (Kráľ, 1979) možno približne určiť priemerné koncentrácie uránu: 27 ppm U v zrnitostnej triede 0.10—0.20, 9 ppm U v zrnitostnej triede 0.20—0.50. V takom prípade je geneticky zaujímavá väzba rozdielnych koncentrácií uránu na rozdielnu veľkosť zrn.

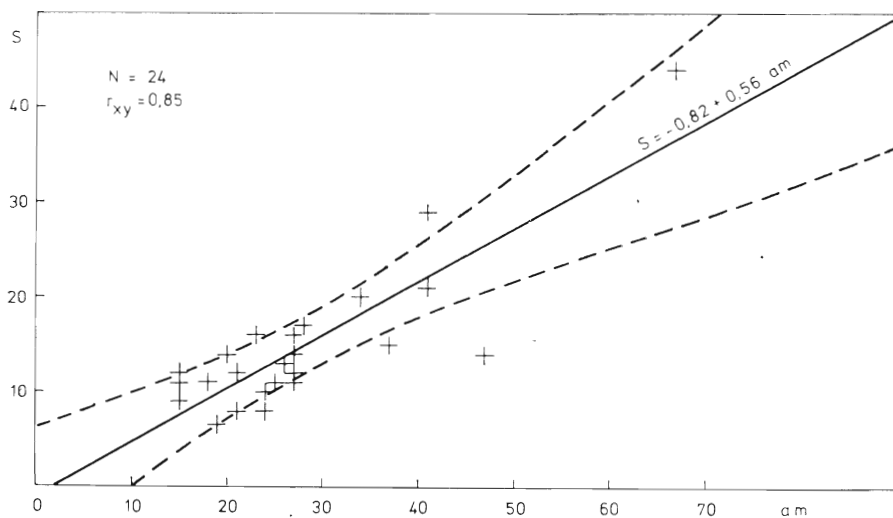
Ale ani unimodálne distribúcie nemusia byť dôkazom o jednorazovom vzniku apatitovej populácie. Šikmé distribúcie môžu vzniknúť spájaním individuálnych evolučných stupňov, v ktorých vznikajú distribúcie v podmienkach centrálnej limitnej teórie (Vistelius, 1960). Tento predpoklad možno dokázať pozitívnou lineárnou koreláciou medzi smerodajnou odchýlkou koncentrácií a priemernou koncentráciou.

Z obr. 7 vidieť, že táto závislosť pri apatite z granitoidných hornín existuje. Tento vzťah, s hodnotou korelačného koeficientu 0.85, možno opísať lineárnou závislosťou  $s = -0.82 \pm 7.04 + (0.56 \pm 0.23) \cdot am$  [2] kde  $s$  je smerodajná odchýlka koncentrácií a  $am$  aritmetický priemer koncentrácií. Aj keď je graf zložený iba z apatitu granitoidných hornín, pomerne vysoká smerodajná odchýlka regresného koeficienta poukazuje na to, že vznik variabilnosti koncentrácií uránu v apatitoch je spôsobený iba približne rovnakým mechanizmom.

#### *Inhomogénnosť uránovej distribúcie v individuálnych apatitových zrnách*

Experimentálne práce na granitických systémoch značne zmenili predstavu o fy-

zikálnych vlastnostiach a stave granitoidnej magmy. Zmena spočíva v zdôraznení existencie zdedených minerálnych asociácií, a to počnúc akcesorickými minerálmi a končiac horninotvornými. Tieto minerály pochádzajú z pôvodných metamorfovaných hornín, ktoré boli zdrojom vznikajúcej anatektickej magmy. Pretože anatexia hornín vhodného chemického zloženia môže nastať už pri teplote okolo 700 °C, H. G. F. Winkler — R. Breidhart (1978) predpokladajú, že neroztavený zvyšok môže obsahovať aj horninotvorné minerály. Práve v nich vystupuje značné množstvo akcesorických minerálov, ktoré potom predstavujú zdedenú populáciu z pôvodnej metamorfovej horniny. Možné komplikácie sú jasné — geochemický výskum je takto postavený na populáciách, ktoré nemu-



Obr. 7. Smerodajná odchýlka koncentrácií uránu versus priemerná koncentrácia uránu vo vzorkách apatitu z analyzovaných granitoidných hornín.  $N$  = počet vzoriek,  $r_{xy}$  = korelačný koeficient. Čiarkovane je vyznačený konfidenčný interval regresného koeficienta pri 95 % hladine istoty,  $s$  — smerodajná odchýlka,  $am$  — aritmetický priemer

Fig. 7. Relation between the standard deviation and average uranium concentration in the apatite of analyzed granitoids.  $N$  — sample set,  $r_{x,y}$  — correlation coefficient. Dashed limits give the confidence interval for regression coefficient at 95 p. c. confidence level,  $S$  — standard deviation,  $am$  — arithmetic mean

sia byť generačne ani geneticky príbuzné. Na druhej strane ak tieto minerály nevstupujú do výmenných reakcií s okolím, sú cenným materiálom informujúcim o procesoch, ktoré predchádzali vzniku horniny.

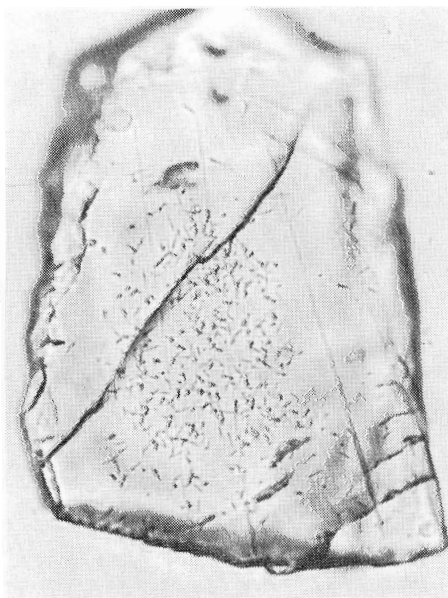
V publikovaných prácach chýbajú údaje o apatite v procesoch vysokostupňovej metamorfózy a anatexie. Je známe, že čistý syntetický apatit sa tavia v závislosti od odrody pri teplote 1620—1670 °C (Bhatnagar, 1969). E. B. Watson (1980) dokázal, že v podmienkach nízkoteplotného tavenia v horninách vrchného plášťa (t. j. cca 1100 °C) môže apatit ostať v rezíduu. Vzhľadom na oveľa nižšiu teplotu anatexie kyslých hornín je pravdepodobné, že sa apatit, podobne ako zirkón, počas týchto procesov môže zachovať.

Prejavy nehomogénnosti distribúcie stopových prvkov v mineráloch sa často interpretujú ako výsledok komplikovaného rastu kryštálov v rozličnom čase a za nerovnakých podmienok (Köppel — Grünfelder, 1971. Krogh — Davis, 1973, Gulson — Krogh, 1975). Prejavy zonality zistené pri apatite z niektorých vzoriek migmatitov, pararúl a granodioritov (obr. 8) možno takýmto procesom pripísať. Zonálnosť pri zirkóne je známa z polymetamorfovaných oblastí. Ponúka sa analógia, že vznik zonálnych apatitov je výsledkom podobných procesov. Ako vidieť z obr. 8, zonalita uránu je pravidelná: väčšia koncentrácia uránu v strede zrna, menšia na okraji. Podobné apatity s totožnou zonalitou našla E. Jägerová et al. (in Jäger, 1979) v metamorfovanom granite Rolondo v Alpách. Tento apatit nie je ani izotopicky homogenizovaný s ohľadom na Rb—Sr systém. Najprímernejšie si to možno vysvetliť tak, že si apatit počas svojej metamorfózy dokázal udržať pôvodné izotopické zloženie. Jadrá apatitu sú pravdepodobne zvyškom pôvodnej populácie, leť je z novotvoreného apatitu, ktorý vznikol v procese regionálnej metamorfózy, resp.

granitizácie. V takýchto prípadoch môže štúdium nehomogénnych zŕn poskytnúť informácie objasňujúce polymetamorfnú históriu materských hornín.

## Záver

Kvantitatívna analýza zabezpečujúca geochemické štúdium genézy vyvretých hornín umožňuje pestré a často originálne prístupy k riešeniu problémov. Moderné, citlivé analytické metódy (ako je napr. FT metóda) umožňujú odklon od tradičných mier, ktoré sa v geochémii používajú už od jej vzniku. Ale kritériá na zistenie genézy hornín často obmedzuje už zvolený druh analýzy. Je však otázka, či takto zvolené kritériá umožňujú poznať genézu hornín. Dobrý príklad je v práci



Obr. 8. Nehomogénna distribúcia uránu v individuálnom apatitovom zrne. Dĺžka stôp je cca 10  $\mu\text{m}$

Fig. 8. Inhomogeneous uranium distribution within apatite grain. Track length about 10  $\mu\text{m}$

J. Král'a (1981, obr. 2), v ktorom majú dve populácie apatitu s totožným aritmetickým priemerom koncentrácie uránu úplne rozdielny tvar distribúcie. Pritom je zrejmé, že koncentrácia prvku v hornine je menej závislým parametrom ako tvar distribučnej krivky.

Prítomnosť akcesorického apatitu v granitoidných horninách Západných Karpát sa interpretuje iba ako výsledok kryštalizácie z taveniny (Hovorka — Hvozďara, 1965, Hovorka, 1968, Veselský — Gbelský, 1978, Miko — Határ, 1976 a i.). Z toho aspektu je zaujímavá jasná geochemická príbuznosť (tvary distribučných kriviek aj priemerná koncentrácia uránu) z granodioritu od Českého Brezova s apatitom z príľahlých pararúl. Táto príbuznosť, aj keď iba lokálne zistená, naznačuje existenciu užších vzťahov medzi populáciou apatitu z pararúl a v nich ležiacich granitoidných intrúzií. Inhomogénnosť distribúcie uránu v rámci jednotlivých zŕn a charakter zonálnosti poukazujú pravdepodobne na ich etapovitý vznik. Fakt, že táto inhomogénnosť je zachovaná v horninách starých cca 300 mil. rokov, dokazuje, že procesy difúzie uránu v apatite sú bezvýznamné: apatit pravdepodobne zachováva stopy po etapovitom vývoji hornín. Ale jeho správanie sa v procesoch vysokostupňovej metamorfózy, resp. anatexie, z hľadiska distribúcie stopových prvkov nemožno nateraz bližšie špecifikovať.

Bádanie distribúcií uránu v apatite dokázalo značné rozdiely v ich tvare. Variabilitnosť koncentrácií uránu a tvar distribučných kriviek dávajú v zmysle modelových predstáv možnosť skúmať procesy späť s konsolidáciou a chladnutím granitoidných intrúzií. Preto sa dá očakávať, že geochemická analýza distribučných kriviek stopových prvkov v mineráloch získaných technikou zrno po zrne prinesie informácie dôležitejšie pre poznanie genézy hornín ako štúdium ich priemernej koncentrácie.

Podakovanie: Za kritické posúdenie pôvodného rukopisu ďakujem akad. B. Cambelovi, GÚ SAV Bratislava, a doc. J. Veselskému, CSc., Katedra geochemie a mineralógie PFUK, Bratislava. Za konkrétnu pomoc a záujem o túto prácu som zaviazaný Ing. Š. Ďurovičovi, CSc., ÚACH SAV Bratislava

Recenzoval B. Cambel

## LITERATÚRA

- Ahrens, L. H. 1954: The lognormal distribution of the elements. *Geochim. cosmochim. Acta (London)*, 5, pp. 49—73.
- Allegre, C. J. — Minster, J. F. 1978: Quantitative models of trace elements behavior in magmatic processes. *Earth planet. Sci. Lett. (Amsterdam)*, 38, 1, pp. 1—25.
- Altschuler, Z. S. — Clarke, R. S. — Young, E. J. 1958: Geochemistry of uranium in apatite and phosphorite. *Geol. Surv. prof. Pap. (Washington)*, 314-D, 99 p.
- Ames, L. L., Jr. 1960: Some cation substitutions during the formation of phosphorite from calcite. *Econ. Geol. (Lancaster, Pa.)*, 55, pp. 353—362.
- Bartlett, R. W. 1969: Magma convection, temperature distribution, and differentiation. *Amer. J. Sci.*, 267, pp. 1067—1082.
- Berzina, I. G. — Jelisejeva, O. P. — Stolarova, A. N. 1971: Uran v akcesorných apatitach. *Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. geol.*, 7, s. 79—86.
- Bhatnagar, V. M. 1969: The melting points of syntetic apatites. *Mineral. Mag. (London)*, 37, pp. 527—528.
- Burchart, J. 1972: Fission track age determination of accessory apatites from the Tatra Mts. Poland. *Earth planet. Sci. Lett. (Amsterdam)*, 15, pp. 418—422.
- Ďurovič, S. 1957: O lognormálnom rozdelení prvkov. *I. Geol. zbor. Slov. akad. vied*, 8, s. 306—322.
- Fleischer, M. — Altschuler, Z. S. 1969: The relationship of the rare earth composition of minerals to geological environment. *Geochim. cosmochim. Acta (London)*, 33, pp. 725—732.
- Gulson, B. L. — Krogh, T. E. 1975: Evidence of multiple intrusion, possible resetting of U—Pb ages, and new crystallization of zircons in the post-tectonic intrusions ("Rapakiwi granites") and gneisses from South Greenland. *Geochim. cosmochim. Acta (London)*, 39, pp. 65—82.

- Hanson, G. N. 1978: The application of trace elements to igneous rocks of granite composition. *Earth planet. Sci. Lett.*, (Amsterdam), 38, pp. 26—43.
- Harris, P. G. — Kennedy, W. Q. — Scarfe, C. M. 1970: Volcanism versus plutonism — the effect of chemical composition. In: *Mechanism of igneous intrusion*. Red. G. Newall — N. Rast. Liverpool, Gallery Press, pp. 187—198.
- Hofmann, A. W. — Hart, S. R. 1978: An assessment of local and regional isotopic equilibrium in the mantle. *Earth planet. Sci. Lett.* (Amsterdam), 38, 1, pp. 44—62.
- Hofmann, A. W. — Magaritz, M. 1976: Diffusion in silicate melts and glasses. *Carnegie Inst. Washington Yearb.*, 75, 249 p.
- Hovorka, D. 1968: Akcesorické minerály niektorých typov granitoidov Malej Magury, Malej Fatry a Tribeča. *Acta geol. geograph. Univ. Comen.*, Geol., 13, s. 165—186.
- Hovorka, D. — Hvoždara, P. 1965: Akcesorické minerály veporidných granitoidných hornín. *Acta geol. Univ. Comen.*, Geol., 9, s. 145—177.
- Hurley, P. M. — Fairbairn, H. W. 1957: Abundance and distribution of uranium and thorium in zircon, sphene, apatite, epidote and monazite in granitic rocks. *Trans. Amer. geophys. Union*, 38,6, pp. 939—944.
- Chamskij, E. V. 1967: Kristallizacija iz rastvorov. *Nauka, Leningrad*, 149 s.
- Jäger, E. 1979: The Rb—Sr method. In: *Red. E. Jäger — J. C. Hunziker: Lectures of isotope geology*. Berlin, Springer — Verlag. 329 S.
- Jelisejeva, O. P. — Riabčikov, I. D. — Bogatyreva, N. A. 1974: O typach rospredelenija urana v krystallach akcesornych cirkonov. *Geochimija (Moskva)*, 9, s. 1389—1398.
- Kráľ, J. 1979: Distribúcia uránu v akcesorickom apatite granitoidných a metamorfovaných hornín Západných Karpát. *Manuskript — Geofond Bratislava*. 176 s.
- Kráľ, J. 1981: Statistical analysis of variability of uranium contents in accessory apatite of the crystalline rocks of the West Carpathians. *Geol. zbor. Geologica carpath. (Bratislava)*, 32, 1, pp. 75—90.
- Köppel, V. — Grünenfelder, M. 1971: A study of inherited and newly formed zircons from paragneisses and granitized sediments of the Strona-Ceneri zone (Southern Alps). *Schweitz. mineral. petrol. Mitt.*, 51, pp. 385—409.
- Krogh, T. E. — Davis, G. L. 1973: The significance of inherited zircons on the age and origin of igneous rocks — an investigation of the ages of the Labrador adamellites. *Carnegie Inst. Washington Yearb.*, 72, pp. 610—618.
- Larsen, E. S. Jr. — Phair, G. — Gottfried, D. — Smith, W. L. 1956: Uranium in magmatic differentiation. *Geol. Surv. profess. Pap. (Washington)*, 300, pp. 65—74.
- Lee, D. E. — Brandt, E. L. M. — Van Loenen, R. E. — Rose, H. J. Jr. 1973: Chemistry of five accessory rock-forming apatites. *J. Res. U. S. Geol. Survey (Denver)*, 1, 3, pp. 267—272.
- Ljachovič, V. V. 1973: Redkije elementy v akcesornych mineralach granitoidov. *Moskva, Nedra*. 308 s.
- McConnel, D. 1973: Apatite. *Berlin, Springer*. 111 S.
- McIntire, W. L. 1963: Trace element partition coefficients — a review of theory and applications to geology. *Geochim. cosmochim. Acta (London)*, 27, pp. 1209—1264.
- Miko, O. — Határ, J. 1976: Kryštalínium Žiaru: nové poznatky o stavbe; akcesorické minerály. *Mineralia slov.*, 8, s. 335—354.
- Misener, D. J. 1974: Cationic diffusion in olivine to 1400 °C and 35 kbar. *Carnegie Inst. Washington Publ.*, 634, 117 p.
- Nash, W. P. 1972: Apatite chemistry and phosphorus fugacity in differentiated igneous intrusion. *Amer. Mineralogist*, 57, pp. 877—886.
- Neuman, H. — Mead, J. — Vitaliano, C. J. 1954: Trace element variation during fractional crystallization as calculated from the distribution law. *Geochim. cosmochim.*, *Acta (London)*, 6, pp. 90—99.
- Nosirev, I. V. — Turovskij, S. D. 1968: Vremjaislovija kristallizacii akcesornych mineralov izveržennych porod. *Red. V. V. Lachovič: Akcesornyje mineraly izveržennych porod Moskva, Nedra*. 331 s.
- Oertel, A. B. 1969: Frequency distribution of element concentration II. Surface soils and ferromagnesian minerals. *Geochim. cosmochim.*, *Acta (London)*, 33, pp. 833—839.
- Ostafijčuk, I. M. — Tolstoj, M. I. 1972: Statističeskije zakonomernosti raspredelenija chimičeskich elementov v granitoidach. *Nedra, Moskva*. 223 s.
- Roegge, J. S. — Logsdon, M. J. — Young, H. S. — Barn, H. B. — Borcsik, M. — Holland, H. D. 1974: Halogens in apatite from the Providencia area, Mexico. *Econ. Geol. (Lancaster, Pa.)*, 69, pp. 229—240.
- Seitz, M. G. 1973: Uranium and thorium partitioning in diopside — melt and whitlockite — melt system. *Carnegie Inst. Yearb. Washington*, 72, pp. 581—586.
- Sun, C. O. — Williams, R. J. — Sun, S. S. 1974: Distribution coefficients of Eu and Sr for plagioclase—liquid and clinopyroxene—liquid equilibria in oceanic ridge

- basalt: an experimental study. *Geochim. cosmochim. Acta* (London), 38, pp. 1415—1433.
- Tolstoj, M. I. — Ostafijčuk, I. M. 1968: Nekotoryje osobennosti statističeskogo raspredelenija elementov i mineralov v gornych porodach i ich značeniye pri mineralogo-geochimičeskich issledovanijach. In: *Red. V. V. Lachovič: Akcessornyje mineraly izveržennyh porod. Moskva, Nauka. 330 s.*
- Veselský, J. — Gbelský, J. 1978: Výsledky štúdia akcesorických minerálov granitoidov a pegmatitov Malých Karpát. *Acta geol. geogr. Univ. Comen., 33, s. 91—111.*
- Vistelius, A. B. 1960: The skew frequency distributions and fundamental law of geochemical processes. *J. Geol. (Chicago), 68, 1, pp. 1—21.*
- Watson, E. B. 1980: Apatite and phosphorus in mantle source regions: an experimental study of apatite/melt equilibria at pressures to 25 kbar. *Earth planet. Sci. Lett. (Amsterdam), 51, 2, pp. 322—335.*
- Winkler, H. G. F. — Breidhart, R. 1978: New aspects of granitic magmas. *Neu. Jb. Mineral. Mh., H. 10, pp. 463—480.*

## Petrogenetic aspects of trace element distribution in minerals: uranium in accessory apatite of crystalline rocks

JÁN KRÁL

The concentration and distribution of trace elements are parameters sensitive to changes of thermodynamic conditions. Already Ahrens (1954) and Neumann et al. (1954) called attention to the possibility of use trace element concentrations as petrogenetic indicators. The applicability does not depend solely on the analytical procedure used but also on the chosen scale of the investigation: a clear qualitative difference does exist between data obtained from whole-rock samples and concentration values within single minerals. Therefore it may be reliably supposed that relevant information about the rock genesis even should be drawn from trace element distribution patterns within individual grains of a given rock-forming mineral.

The distribution of an element into mineral phases or into single grains of a sole mineral species is influenced by several factors (McIntire, 1963). Hence the theoretical models of element distribution may represent only an extreme approximation of the real state. Since empiric data are deviating frequently from theoretical models, it is necessary to state exactly the degree of such deviations by investigating the variability of element distribution into single grains of the same mineral phase.

The distribution of uranium content in apa-

tite was chosen from different points of view:

— Uranium is being bound by isomorphy in the apatite structure (Ames, 1960). Because uranium is present in the form of diluted solid solution, it may be supposed that differences in uranium content within individual grains are indicative of processes related to the apatite genesis.

— The fission track and its high sensitivity allow to determine the uranium content in single apatite grains.

— Apatite is one of most common accessory minerals present in several crystalline rock varieties what allows to obtain data from different rocks.

A set of 41 samples of accessory apatite from West Carpathian crystalline rocks was subject to investigation. Rock samples were granitoids, paragneiss and migmatite. For the sake of comparison, also apatite from a volcanic rock sample was investigated (Král, 1981).

Obtained results cover three domains of problems:

1) Average uranium concentrations in accessory apatite of granitoids and migmatite fluctuate within narrow limits from 15 to 67 p. p. m. (fig. 1) the majority of which falls between the 20—30 p. p. m. range. It follows from the plot that no certain uranium content



is characteristic for a given rock type. In migmatite samples from the Low Tatra Mts., apatite in the paleosome contains more uranium than apatite within the neosome of the same rock (fig. 2).

2) The variability of uranium content in single samples expressed by the ratio of standard deviation and average concentration fluctuates between 0.30—0.87 in the investigated sample set. Lowest values of this variation coefficient were found for apatite of volcanic rocks but even for some samples of granitoids (fig. 4). The variability in paragneiss samples is roughly the same as in granitoids whereas apatite from migmatite samples reveals higher variability. Lower values of the ratio found for apatite of volcanic rocks point to higher homogeneity of uranium distribution in melts originated at higher temperatures. The ratio is probably indicative of high-temperature environments at a qualitative level, though, its use is hindered by several influences.

3) Shapes of distribution curves for uranium in apatite were compared with the normal and lognormal distributions using the chi-square test. Results together with the list of samples and localization are given by Král (1981). Although the results of tests were not normalized (the analyzed sample sets contain as many as 50 to 321 apatite grains), they prove considerable variability in distribution. Surprisingly, the empiric distributions satisfy sometime the normal and not the lognormal distribution pattern the last being preferred in geochemistry of trace elements by tradition. Differences in the shapes of distribution curves do not reflect the petrographic subdivision of samples. Examples of symmetric and asymmetric distribution patterns are in fig. 5.

There is no satisfactory reason to expect that the uranium distribution into single grains of apatite should satisfy a given mathematical function. Probably, the distribution curve reflects the sum of partial distributions

present which originated at different stages of rock crystallization covering by that the meaning of joint distribution of Vistelius (1960). High positive correlation found between the standard deviations and average concentrations (fig. 7) seems to support this presumption. The skewness of such distribution curve is controlled by the volume of partial apatite generations crystallized under single stages. The joint volume or the amount of crystal grains originated is moreover the function of crystallization temperature. Hence the joint distributions reflect not only the temperature conditions but also the crystallization span of apatite determined by the rate of cooling. Therefore different shapes of uranium distribution curves in apatite from volcanic rock samples if compared with paragneiss samples (fig. 6) are not surprising.

The presence of accessory apatite in granitoids of the Western Carpathians is interpreted hitherto as the result of crystallization from melts (Hovorka — Hvoždara, 1965, Veselský — Gbelský, 1978, Miko — Határ, 1976 a. o.). Bearing this in mind the striking similarity between concentrations and uranium distributions in granodiorite and neighbour paragneiss is interesting. Inhomogenities of the distribution into single grains of apatite within some samples but also the pattern of zonality (fig. 8) point to probable stadiation crystallization.

On the base of indicated experience one may deduce that the variability in uranium concentration (expressed by the shapes of distribution curves) into the accessory apatite of granitoids resulted during the cooling and consolidation processes of granitoid intrusions. The geochemical analysis using the grain-by-grain technique yields more relevant data on the rock genesis than average concentration values of elements.

*Preložil I. Varga*

## Predbežná správa o výskyte chrómspinelu a Ni minerálov na lokalite Jasenie-Kyslá, Nízke Tatry

JOZEF STANKOVIČ\*, DUŠAN JANČULA\*\*

\* Geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 809 40 Bratislava

\*\* Chemickotechnologická fakulta SVST, Jánska 1, 800 00 Bratislava

(5 obr. v texte)

Doručené 13. 11. 1981

### Предварительный отчёт о местонахождении хромшпинелей и никельных минералов на месторождении Ясень — Кисла, Низкие Татры

При минералогическо-геохимическом исследовании территории вольфрам-золотого оруденения было установлено кроме остальных минералов наличие хромшпинелидов, герсдорфита и уллманнита. Их химизм исследовался при помощи микросонды. Изучаемые минералы находятся в аксесорическом количестве и наблюдались тут их тесная пространственная связь с амфиболитами. Предполагается, что источником хромшпинелидов являются породы гипербазитового состава, которые способствовали и существованию распыленной никелевой минерализации.

### Preliminary report on the occurrence of chromian spinel and Ni minerals on the Jasenie-Kyslá locality, Nízke Tatry Mts.

Mineralogical and geochemical investigations of a tungsten-gold mineralization revealed, besides a set of other minerals, the presence of chromian spinel, gersdorffite and ullmannite. Chemical composition of these minerals was proved by X-ray microanalysis. The investigated minerals occur in accessory amounts related spatially to amphibolite rock. It is supposed that the source for chromian spinel were rocks of hyperbasite composition yielding also compounds for disseminated nickeliferous minerals.

V rokoch 1977—1979 sa uskutočnil geologický výskum lokality Jasenie-Kyslá v Nízkyh Tatráh s hlavným zámerom

získať podklady na projekt ďalších prieskumných prác v tejto oblasti. V rámci mineralogicko-geochemického výskumu sa

tu zistil rad minerálov, ktoré sa doteraz z tejto lokality neuvádzali. Poznatky o metalogenetickom vývoji oblasti rozšírilo aj zistenie Cr a Ni minerálov v paragenéze zrudnenia. Ich prítomnosť potvrdili aj súčasné banskoprieskumné práce.

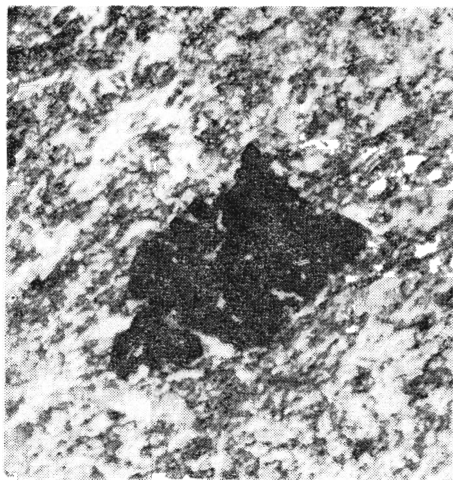
Medzi najstaršie známe minerály lokality Jasenie-Kyslá patrí zlato (Zipser, 1817), J. Koutek (1931) sa zmienil aj o prítomnosti antimonitu a arzenopyritu a J. Kantor — K. Eliáš (1962) prispeli k súčasnej atraktívnosti územia zistením volfrámovej mineralizácie. V jej asociácii uvádzajú aj relatívne hojnejší počet sulfidických minerálov (chalkopyrit, tetraedrit, sfalerit, galenit). V nedávnej minulosti sa v bezprostrednej blízkosti skúmaného územia zistili pomerne hojné výskyty Ni minerálov (gersdorffit) na lokalite Jasenie-Soviansko (Lisý — Sobolič, 1959). Z oblasti Jasenie-Husárka prítomnosť Ni minerálov a horniny s fuchsitom uvádza B. Klukan (1980).

Pri súčasnom výskume sa vďaka využitiu mikrosondy okruh minerálov rozšíril, a to identifikáciou ďalších troch minerálov, chrómspinelu, gersdorfitu a ullmannitu.

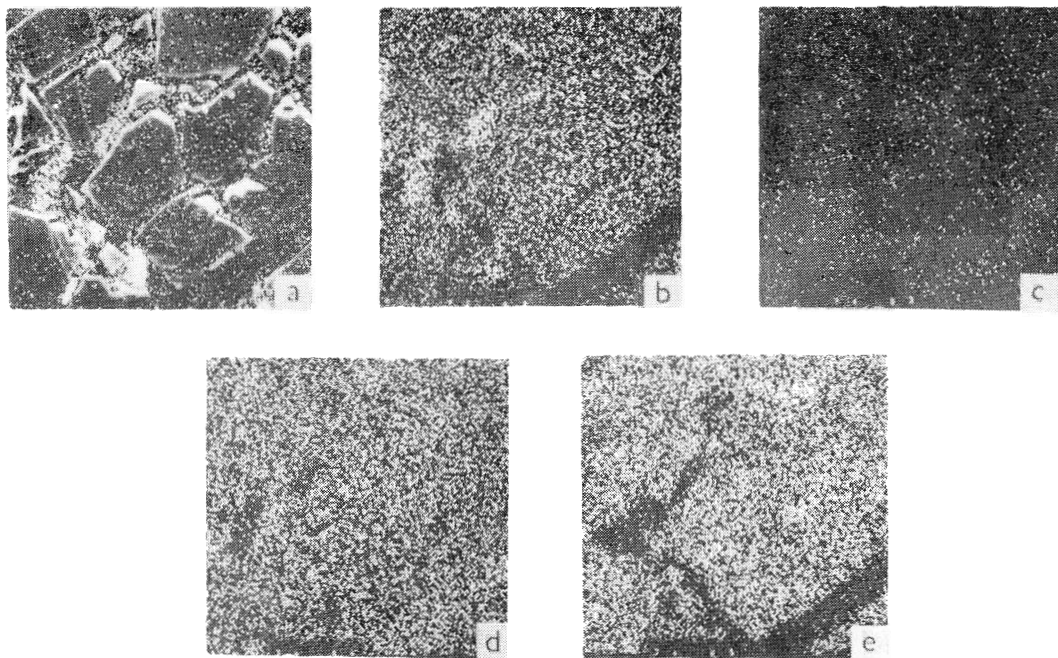
Chrómspinel, ktorý je napriek akcesorickému výskytu potenciálnym indikátorom podmienok tvorby a pôvodu materských hornín, možno v rade rudných minerálov považovať za najstarší. Jeho prítomnosť sme zaznamenali v alúviu potoka v Špiglovej doline, ale aj v kremeňovo-sericitických pomerne jemnozrnných horninách s fuchsitom, ktorých výskyt prejavuje tesnú priestorovú spätosť s amfibolitmi v závere tejto doliny. Horniny obsahujúce chrómspinel sú výrazne postihnuté hydrotermálnymi premenami (sericitizácia, prekremenenie, karbonatizácia, chloritizácia atď.), takže jednoznačne určiť, o akú horninu pôvodne ide, je dnes veľmi ťažko.

Chrómspinel tu vytvára drobné, spravidla do 0,5 mm veľké zrná a kryštáliky

tmavej farby v kontraste so svetlou farbou okolitej horniny. V hornine sú jemne rozptýlené a nijaké pozoruhodnejšie koncentrácie alebo zhluky sa nezistili. Makroskopicky možno v študovaných vzorkách pozorovať aj početné sulfidické impregnácie vytvárajúce nepravidelné zhluky, pričom popri najbežnejších (pyrit, arzenopyrit) sa sem pridružujú aj Ni sulfidy (gersdorffit). Pod chalkografickým mikroskopom sa chrómspinel vyznačuje sivou farbou s veľmi slabým hnedavým odtieňom a izotropiou. Je intenzívna kataklázovaný, pukliny vyhojuje kremeň, ale často aj karbonáty alebo sericit (obr. 1). Chemizmus chrómspinelu sa sledoval na mikrosonde JEOL JXA-5A. Výsledky sú na mikrofotografiách, z ktorých zreteľne vidieť homogénnu distribúciu Cr, Fe, Al, Mg (obr. 2). Z obrázkov rozloženia základných prvkov možno taktiež usúdiť, že Mg je zastúpené len v stopovom množstve. V tab. 1 je súhrn analýz graficky znázornených na



Obr. 1. Chrómspinel v jemnozrnnnej kremeňovo-sericitovo-chloritovo-karbonátovej hornine. Skrížené nikoly, zv. 150×  
Fig. 1. Chromian spinel in fine-grained quartz-sericite-chlorite-carbonate gangue. Crossed nicols, magn.  $\times 150$



Obr. 2. Kompozícia chrómspinelu a distribúcia Si (a), distribúcia Al (b), Mg (c), Fe (d) a Cr (e), zv. 300 $\times$

Fig. 2. Composition of chromian spinel and distribution of Si (a), distribution of Al (b), Mg (c), Fe (d) and of Cr (e). Magn.  $\times 300$

obr. 3, kde sú zároveň aj porovnania chrómspinelov z ďalších lokalít Západných Karpát. Na výpočet chemického zloženia chrómspinelu, ako aj ostatných minerálov sa použil program SONDA.

Horniny s chrómspinelom vykazujú heteroblastickú štruktúru. Hlavnou zložkou je kremeň, sericit a chlorit, rudné minerály sa zúčastňujú v menšej miere a karbonáty vystupujú v podobe jednotlivých zŕn, zhlukov, príp. žíliet. Okrem sericitu, ktorý prejavoval miernu tendenciu po lineárnom usporiadaní, boli všetky ostatné komponenty horniny rozmiestnené nepravidelne. Už pri bežnom petrografickom výskume bolo možno chrómspinel veľmi dobre odlišiť od ostatných opakových minerálov podľa čiastočnej priesvitnosti po okrajoch v tmavohnej až hnedočervenej

farbe. Ich veľkosť v porovnaní s ostatnými komponentmi horniny je zrejma z obr. 1 a 2a.

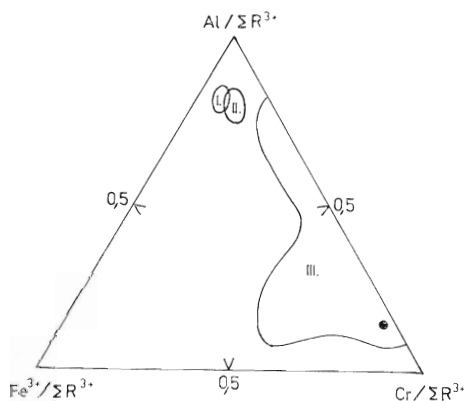
Kremeň je alotriomorfný a výrazne drobnozrnný. Chlorit, ktorý je tiež pomerne rozšírený, býva zvyčajne jemne rozptýlený, ale tvorí aj zhluky šupinovitých agregátov. Ich veľkosť je variabilná a pohybuje sa v milimetrových reláciách. V polarizovanom svetle má zelenosivú farbu s pleochroizmom od žltohnej po hnedozelenú. Zvýšená prítomnosť Cr nevylučuje ani zastúpenie Cr chloritu (kotschubeit).

Sericit tvorí jemné šupinkovité agregáty v hornine. Má typické striebrobiele, lokálne aj zelenkaste sfarbenie a hodvábnny lesk. Hráškovo-zelenou farbou na seba upozorňuje fuchsit. Jeho koncentrácia je veľ-

*Chemické zloženie chrómspinelu*  
*Jasenie-Kyslá*  
*Chemical composition of the chromian spine*

Tab. 1

|                                             | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| FeO + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>        | 30,49  | 30,41  | 30,07  | 30,33  |
| MgO                                         | 2,85   | 2,90   | 2,98   | 2,90   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>              | 8,84   | 8,37   | 8,58   | 8,59   |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>              | 60,45  | 60,71  | 61,60  | 61,29  |
| $\Sigma$                                    | 102,63 | 102,39 | 103,23 | 103,11 |
| Atómové množstvo<br>na báze 32 kyslíkov     |        |        |        |        |
| Fe <sup>2+</sup>                            | 6,85   | 6,81   | 6,77   | 6,80   |
| Mg                                          | 1,14   | 1,18   | 1,21   | 1,18   |
| $\Sigma$                                    | 7,99   | 7,99   | 7,98   | 7,98   |
| Fe <sup>3+</sup>                            | 0,12   | 0,17   | 0,06   | 0,10   |
| Al                                          | 2,84   | 2,70   | 2,74   | 2,75   |
| Cr                                          | 13,07  | 13,18  | 13,22  | 13,18  |
| $\Sigma$ total                              | 24,02  | 24,04  | 24,00  | 24,01  |
| Al/ $\Sigma$ R <sup>3+</sup>                | 0,177  | 0,168  | 0,171  | 0,171  |
| Cr/ $\Sigma$ R <sup>3+</sup>                | 0,815  | 0,821  | 0,825  | 0,822  |
| Fe <sup>3+</sup> / $\Sigma$ R <sup>3+</sup> | 0,008  | 0,011  | 0,004  | 0,007  |



Obr. 3. Porovnávaci diagram zloženia chrómspinelov

o — chrómspinelidy z lokality Jasenie-Kyslá, I — spinely z lherzolitových xenolitov (Hovorka — Fejdi, 1979), II — spinely z kriedových sedimentov Západných Karpát (Mišík et al., 1980), III — spinely z mezozoických serpentinitov (Rojkovič et al., 1978)

Fig. 3. Compositional plot of chromian spinels o — chromian spinels from the Jasenie-Kyslá locality, I — spinels from lherzolite xenoliths (Hovorka — Fejdi, 1979), II — spinels from Cretaceous sediments of the West Carpathians (Mišík et al., 1980), III — spinels from Mesozoic serpentinites (Rojkovič et al., 1978)

mi nepravidelná, skôr sporadická a rozptýlená. Výraznejšie listkovité alebo šupinkovité agregáty sa nespozorovali.

Z minerálneho a paragenetického hľadiska by sa dalo povedať, že uvedené horniny s chrómspinelom vyhovujú charakteristike listvenitov. Za listvenity sa z genetického hľadiska pokladajú premenené horniny bazického až ultrabazického charakteru, ktoré sa v podstate skladajú z kremeňa, sludy bohatej na Cr a uhličitánov. Okrem toho tu môžu byť zastúpené ďalšie rudné, nerudné a hornitotvorné minerály. Ale tie sa už nezaraďujú medzi vlastné listvenity, ale medzi minerály, ktoré vznikli pred listvenitizáciou alebo po nej. Ale doteraz nemáme k dispozícii nijaké priame dôkazy o tom, že by tunajšie horniny listvenitového typu vznikli rozkladom pôvodných ultrabazik alebo ich metasomatických derivátov. Nedal sa tu spoľahlivo sledovať prechod od serpentinitov cez listvenity a nepodarilo sa doteraz zistiť ani nijaké ultrabazikum, ktoré by mohlo podľahnúť serpentinizácii. Bazickéjšie horniny boli v sledovanom území zastúpené iba metamorfitmi fácie zelených bridlic a amfibolitov. Nepriamym dôkazom o existencii pôvodných hornín bazického až ultrabazického charakteru je prítomnosť chrómspinelu v premenených horninách.

Samo zistenie hornín listvenitového typu ešte jednoznačne nerieši otázku ich pôvodu. V literatúre sa uvádzajú aj prípady takejto premeny chloritických bridlic, ktoré sa vyvíjali hydrotermálnou alteráciou amfibolitov. Podľa tejto koncepcie by študované horniny mohli byť koncovým členom v postupnosti horninových typov vznikajúcich metasomatickými premenami. Pozornosť si zasluhuje náhľad J. Turana — L. Vančovej (1977) o horninách obdobného typu na iných lokalitách Západných Karpát, že v prípade chrómspinelidov môže ísť o syngenetickú mineralizáciu, pričom sedimentárne horniny

boli v čase sedimentácie dotované minerálmi a prvkami typickými pre báziká až ultrabáziká, a to vetraním takýchto hornín. V Západných Karpatoch je známa prítomnosť chrómspinelov aj v mezozoických sedimentoch vnútorných zón: obalové série (tatrikum), križňanský prikrov (fatrikum), ako aj v bradlovom pásme (Mišík et al., 1980). Z týchto oblastí nie je známy nijaký primeraný povrchový zdroj a predpokladané zdrojové telesá hyperbázických hornín sa prisudzujú kordiléram, ale tie možno charakterizovať aj viacerými typmi rozmanitých exotických hornín.

V tesnej priestorovej nadväznosti na horniny s chrómspinelmi vystupujú aj kremeňovo-karbonátové žilky so sporadickou sulfidickou mineralizáciou: pyrit, chalkopyrit, tetraedrit, sfalerit, galenit, ullmannit, gersdorffit. Arzenopyrit, ktorý je v hojnej miere prítomný v hydrotermálne alterovaných horninách, sa v asociácii sulfidickej mineralizácie kremeňovo-karbonátových žiliek nevyskytuje.

V študovaných vzorkách okrem kremeňovo-karbonátovej žiloviny, pyritu a chalkopyritu makroskopicky nebolo možno identifikovať ďalšie minerály. Ostatné zistené minerály sa tu vyskytujú len v takých malých mikroskopických zrnkách, že sa dajú určiť iba ich niektoré optické vlastnosti, ale nemožno vyseparovať ani malé množstvo čistého materiálu na rtg analýzy, čo znemožňuje jednoznačnejšiu identifikáciu. Prerastenie s inými minerálmi sťažuje aj použitie spektrálnych analýz. V našom prípade sa pri identifikácii ullmannitu a gersdorffitu, ale aj ostatných minerálov okrem mineralografického štúdia použila len rtg mikroanalýza, ktorá sa v súčasnosti osvedčuje ako najefektívnejšia.

Chalkografickým štúdiom sa dalo sledovať zreteľné zatlačenie kremeňovo-karbonátovej žiloviny mladšou sulfidickou mineralizáciou. Pri ullmannite a gersdorffite

sa spozorovalo jednak ich prenikanie medzi zrná pyritu, chalkopyritu, tetraedritu a sfaleritu (obr. 4a a 5a), čo by svedčilo o mladšom veku Ni minerálov, ale sú aj príznaky súčasnej kryštalizácie s chalkopyritom (rozličné formy drobných inklúzií ullmannitu a gersdorffitu v chalkopyrite, vzájomné myrmekitické prerastanie s chalkopyritom). Bezprostredný vzťah ullmannitu a gersdorffitu sa nespozoroval.

Ullmannit mal oproti okolitému chalkopyritu vyšší reliéf, nespozorovali sa pri ňom výraznejšie prejavy štiepatelnosti, miestami vykazoval tendenciu k idiomorfnému vývoju. Obmedzenie zrn je väčšinou nepravidelné a na naleštených plochách možno len vzácne pozorovať trojuholníkové vyštiepeniny ako pri galenite, čo svedčí o štiepatelnosti podľa kocky. Tvrdosť nie je vysoká, pri pritlačení oceľovou ihlou sa rýpe, ale to môže spôsobovať aj jeho krehkosť, príp. štiepatelnosť. V odrazenom svetle je biely s krémovým odtieňom, má vysokú odrazivosť (vyššiu od galenitu), leští sa dobre, je izotropný. Zrná dosahujú veľkosť do 1/100 mm, iba ojedinele viac.

Sledovaním chemického zloženia ullmannitu sa okrem obsahu Co nezistili ni-

Chemické zloženie ullmannitu  
Chemical composition of ullmannite

Tab. 2

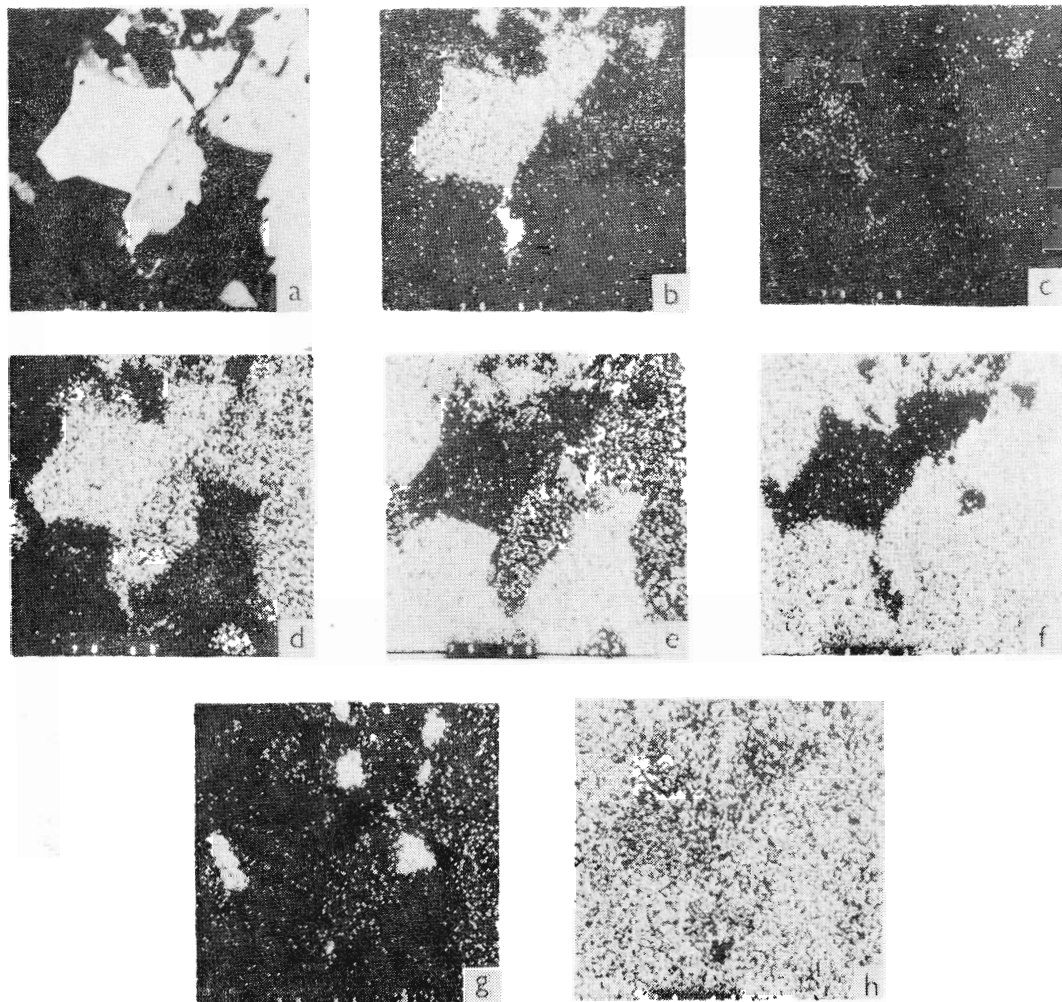
|    | 1     | 2     | 3    | 4    | 5    | 6     |
|----|-------|-------|------|------|------|-------|
| Ni | 22,45 | 25,56 | 28,8 | 25,8 | 24,8 | 27,52 |
| Sb | 57,33 | 59,08 | 51,1 | 54,7 | 55,6 | 57,29 |
| S  | 15,40 | 15,32 | 13,2 | 15,2 | 14,4 | 15,09 |
| Co | 4,72  | —     | —    | —    | —    | —     |
| Fe | —     | —     | —    | 2,1  | 3,2  | —     |
| As | —     | —     | 1,3  | —    | 1,4  | —     |

Lokalizácia vzoriek ullmannitu: 1, 2 (Jasenie-Kyslá), 3 — Rudňany (Hurný — Krístin, 1978), 4, 5 — Častá (Cambel — Krístin, 1977), 6 — teoretické zloženie ullmannitu  
1—2 — ullmannite, Jasenie-Kyslá locality, 3 — ullmannite, Rudňany (Hurný — Krístin, 1978), 4—5 — ullmannite, Častá (Cambel — Krístin, 1977), 6 — theoretical composition of ullmannite

jaké ďalšie vedľajšie prvky (As, Fe korynit, Bi hauchekornit). V prípade vyššieho obsahu Co môže ísť o Co varietu ullmannitu — villiamit. Distribúcia prvkov je na obr. 4b až 4h. Na výpočet percentového obsahu prvkov sa použil program SONDA. Namerané výsledky sú v tab. 2, kde na

porovnanie uvádzame aj chemické zloženie ullmannitu z niektorých ďalších lokalít Západných Karpát, ktoré stanovili iní autori.

Gersdorffit (obr. 5a) sa zistil v tej istej minerálnej asociácii ako ullmannit, ale, ako sme už spomenuli, bádané vzorky



Obr. 4. Kompozícia ullmannitu (biele) v asociácii s tetraedritom svetlosivé), chalkopyritom a sfaleritom (tmavé) (a) a distribúcie Ni (b), Co (c), Sb (d), Fe (e), Cu (f), Zn (g), S (h), zv. 300×

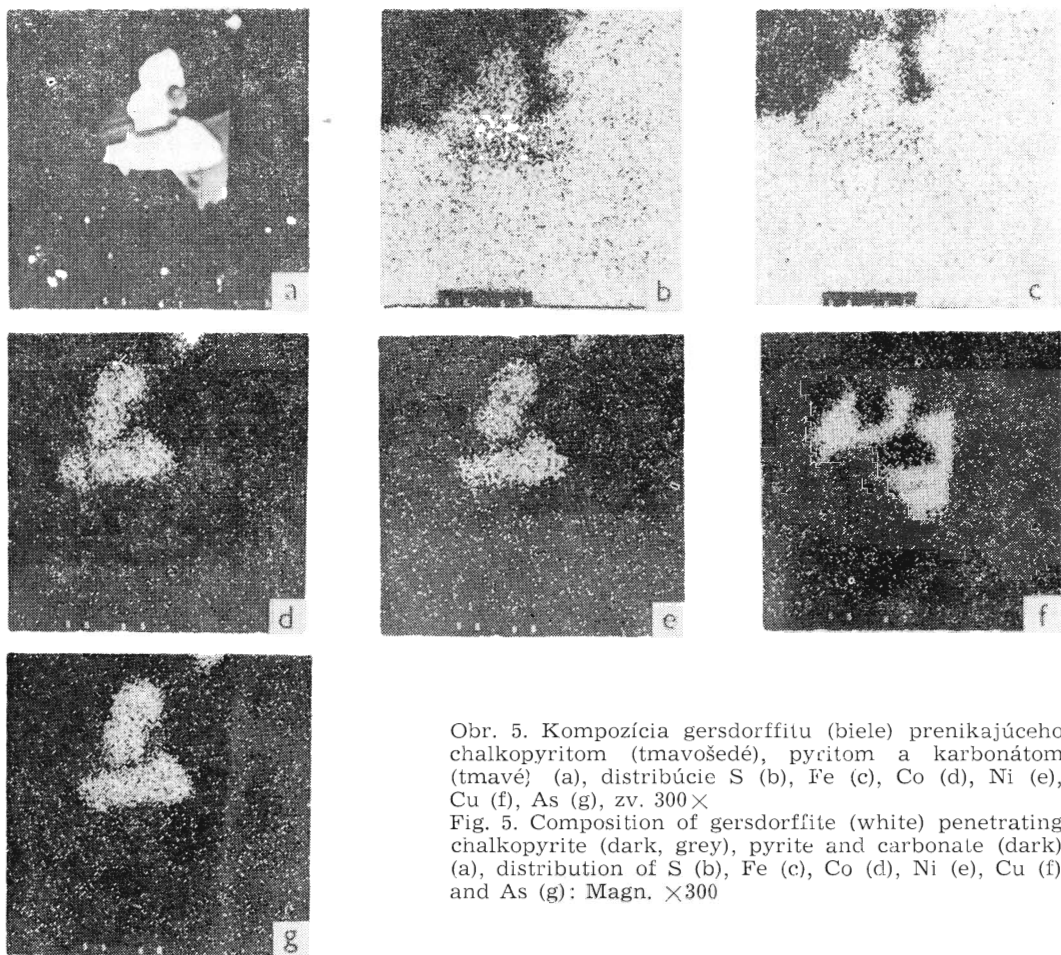
Fig. 4. Composition of ullmannite (white) in association of tetrahedrite (light gray), chalcopyrite and sphalerite (dark) (a), and distribution of Ni (b), Co (c), Sb (d), Fe (e), Cu (f), Zn (g) and S (h). Magn.  $\times 300$



neposkytli podklad na vyriešenie jeho postavenia v sukcesii vzhľadom na ullmannit, aj keď obidva minerály vystupujú spoločne. Obdobne ako ullmannit aj gersdorffit miestami vytváral drobné žilky prenikajúce pomedzi zrná karbonátu, pyritu a chalkopyritu, čo by potvrdzovalo jeho mladšie postavenie v sukcesii. Spozorovali sa aj drobné inklúzie gersdorffitu v chalkopyrite. Gersdorffit sa opticky vyznačuje vyššou odrazivosťou v bielej farbe s krémovým odtieňom a izotropiou. Zrná bývajú len o niečo väčšie ako pri ullmanite. Identifikoval sa aj na mikrosonde (obr. 5b

až 5g), pričom sa ukázal jeho pomerne zložitý chemizmus a nespozorovala sa ani tendencia vytvárať zonálnu stavbu. Na výpočet chemického zloženia a percentového obsahu prvkov sa použil mikroanalýzátor a program SONDA a dosiahli sa takéto výsledky: Ni — 31,44 %, Co — 3,96 %, Fe — 0,99 %, As — 45,38 % a S — 19,49 %.

Na základe štúdia uvedených minerálov na mikrosonde možno ich určenie pokladať za jednoznačne potvrdené. Napriek tomu, že doterajší výskyt má iba mineralogickú hodnotu, prítomnosť zistených



Obr. 5. Kompozícia gersdorffitu (biele) prenikajúceho chalkopyritom (tmavošedé), pyritom a karbonátom (tmavé) (a), distribúcie S (b), Fe (c), Co (d), Ni (e), Cu (f), As (g), zv. 300×  
Fig. 5. Composition of gersdorffite (white) penetrating chalkopyrite (dark, grey), pyrite and carbonate (dark) (a), distribution of S (b), Fe (c), Co (d), Ni (e), Cu (f) and As (g): Magn.  $\times 300$



minerálov rozširuje paragenézu ložísk nízkotatranského kryštalinika a indukuje vystupovanie bázických až ultrabázických hornín a ich metasomatických produktov. Zároveň dovoľuje uvažovať o extrakcii prvkov (Cr, Ni, Co) z pôvodných hornín vystupujúcimi hydrotermami, ktoré podmienili premenu hornín, karbonátovej aj sulfidickej mineralizácie. Možno ešte dodať, že aj keď na tejto lokalite nemožno reálne očakávať výraznejšie koncentrácie Cr, Ni a Co minerálov, nález obohatil údaje v mineralogickej topografii Slovenska a v poslednom rade rozšíril poznatky o mineralogicko-geochemickom vývoji lokality.

Recenzoval C. Varček

#### LITERATÚRA

Cambel, B. — Krištín, J. 1977: Contribution to the Mineralogy of Malé Karpaty ores. *Geol. zbor. Slov. akad. vied*, 28, pp. 121—136.

Hovorka, D. — Fejdi, P. 1979: Spinel peridotite xenoliths in the West Carpathian late Cenozoic alkali basalts and their tectonic significance. *Bull. vulcanol. (Napoli)*, 41 (in press).

Hurný, J. — Krištín, J. 1978: Niektoré Ni—Co minerály z ložiska Rudňany (žila Zlatník). *Mineralia slov.*, 10, s. 221—238.

Kantor, J. — Eliáš, K. 1962: O niektorých nových výskytoch scheelitu na západo-karpatských ložiskách (Hodruša, Banská Štiavnica, Jasenie, Smolnícka Píla). *Manuskript — GÚDŠ Bratislava*, 76 s.

Klukan, B. 1980: Základný geologický výskum širšieho okolia Bielej Vody — Jasenie. *Manuskript — Geofond Bratislava*, 67 s.

Koutek, J. 1931: Posudek o geologicko-montanských poměrech jižního úbočí pohorí Prašivé na jih od Magurky a v okolí Lužné v Nízkých Tatrách. *Manuskript — Geofond Bratislava*, 13 s.

Lisý, E. — Sobolič, F. 1959: Závěrečná správa s výpočtom zásob Jasenie — Pb so stavom k 1. I. 1959. *Manuskript — Geofond Bratislava*, 261 s.

Mišík, M. — Jablonský, J. — Fejdi, P. — Sýkora, M. 1980: Chromian and ferrian spinels from Cretaceous sediments of the West Carpathians. *Mineralia slov.*, 12, pp. 209—228.

Rojkovič, I. — Hovorka, D. — Krištín, J. 1978: Spinel group minerals in the West Carpathian ultrabasic rocks. *Geol. zbor. Slov. akad. vied*, 29, pp. 253—274.

Turan, J. — Vančová, L. 1977: Výskyt magnetitu v rudnianskom rudnom poli. *Manuskript — Geofond Bratislava*, 83 s.

Zipser, Ch. A. 1817: Versuch eines topographisch-mineralogischen Handbuches von Ungarn. *Oedenburg*, 439 S.

## Preliminary report on the occurrence of chromian spinel and Ni minerals on the Jasenie—Kyslá locality, Nízke Tatry Mts.

JOZEF STANKOVIČ — DUSAN JANČULA

In the course of mineralogical and geochemical investigations of tungsten-gold ores at the Jasenie-Kyslá locality in the Nízke Tatry Mts., chromian spinel, ullmannite and gersdorffite were identified. These minerals occur there but in accessory amounts as the result of close spatial relations with amphibolite rocks. It is supposed that source for chromian spinel were rocks of hyperbasite composition and the presence of nickeliferous minerals is related as well to the extraction of elements from original rocks by ascending hydrothermal solutions.

The chemical composition of single minerals has been identified using X-ray microprobe analysis. Results point to homogenous

distribution of Cr, Fe, Al and Mg (fig. 2) in the chromian spinel where magnesium is present only in traces. Similar homogenous distribution of main elements (Ni, Co, Fe, As, S) was proved for ullmannite (fig. 3) and gersdorffite (fig. 4). The mode of occurrence of investigated minerals is presented in fig. 1 in association of quartz—carbonate and sulphidic mineralization (pyrite, chalcopyrite, tetrahedrite and sphalerite). Gersdorffite and ullmannite are generally the latest minerals in the succession of other sulphides. Only chalcopyrite contains tiny inclusions of gersdorffite and ullmannite.

Preložil I. Varga

## Výskyt karbonátových konkrécií na ložisku Mária v Rožňave

ONDREJ ROZLOŽNÍK

Geologický prieskum, Šafárikova ul., 048 01 Rožňava

(1 tab., 5 obr. v texte)

Doručené 3. 8. 1981

### Карбонатовые конкреции на месторождении Мария в Рожняве (восточная Словакия).

На месторождении Мария вблизи г. Рожнява и в его окрестностях были установлены сидеритовые и доломитовые конкреции во фелитах рожнявско-железничкой серии. Конкреции изучались минералогически и химически. На основании этого было установлено, что их возникновение приурочено диагенетическим процессам первичных осадков благодаря диффузии кольцевых и железистых элементов из окружающих пород.

### Occurrence of carbonate concretions on the Mária deposit in Rožňava (Eastern Slovakia)

Siderite and dolomite concretions were found to occur in phyllites of the Rožňava-Zelezník group on the Mária deposit in Rožňava and in its surroundings. Mineralogical composition and chemism of concretions are presented. Concretions originated during diagenetic processes in the original sediment extracting the Ca—Fe content from the enclosing rock.

Pri štúdiu mineralogickej výplne žíl ložiska Mária pri Rožňave sa na úrovni 10. obzoru v jeho juhozápadnej časti v priestore meračského bodu 10 073 vo fylitickom prostredí rožňavsko-železníckej série zistili gulovité útvary zodpovedajúce

prevažne sideritovým, menej dolomitovým konkréciám.

Podobné konkréciovitú útvary sú známe z ortuťového ložiska Rakos. Súčasne sme ich zistili v priestore rožňavských žíl, a to na 24. obzore v prekope razenom smerom

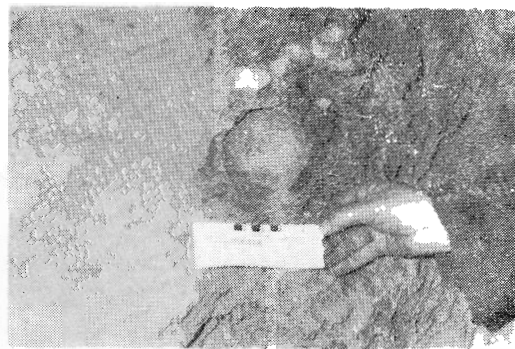
na rožňavskú líniu, ďalej vo vrte RVS-1 v hĺbke 240 m v údolí Slanej pri Rožňavskej Bani a naposledy na úrovni 13. obzoru v prekope razenom z ložiska Mária pod údolie Slanej.

### Geologická pozícia konkrécií

Z lokalizácie výskytov je evidentné, že konkrécie vystupujú v blízkosti rožňavskej línie v súvrství hornín pravdepodobne zodpovedajúcich rožňavsko-železníckej sérii (vrchný karbón ? — perm ?). Z gelníckej série Spišsko-gemerského rudohoria nie sú podobné konkréciovité útvary opísané.

Konkrécie, ktoré sme mohli najlepšie skúmať na ložisku Mária, vystupujú v zelenkavosivých siline zbrídlíčenatých sericitických fylitoch (obr. 1), v ktorých súhlasne s bridličnatosťou vystupujú aj kremeňové žily s kalcitom, barytom, hematitom, sideritom, turmalínom a plagioklasom mocné do 20 cm.

Hydrotermálne postihnuté fylity obsahujú väčšie šupinky sericitu až muskovitu.



Obr. 1. Charakter uloženia sideritovej konkrécie vo fylitoch. Lokalizácia: X, obzor, cca 10 m na SV od m. b. 10 073  
Fig. 1. Mode of siderite concretion emplacement in phyllite, Mária deposit 10<sup>th</sup> level, 10 m NE from levelling point 10 073

V prospech príslušnosti fylitov do rožňavsko-železníckej série svedčí aj väčšie zastúpenie barytu v okolných žilkách, ako aj analogické vystupovanie podobných konkrécií na ortuťovom ložisku Rákoš a vo vrte RVS-1, teda medzi horniny zaradované do tejto série, t. j. do tzv. bezfosílného vrchného karbónu južného okraja gemerika (Snopko, 1973).

Na podklade uvedených poznatkov sa prikláňame k názoru, že aj horninové prostredie opísaných konkrécií patrí do rožňavsko-železníckej série, ktorá je tu hlboko zaklesnutá pozdĺž rožňavskej línie.

Rovnako je zrejmé, že hydrotermálne sideritovo-sulfidické zrudnenie nie je už v tomto horninovom prostredí priaznivo vyvinuté, čo na rozdiel od porfyroidov mohlo spôsobiť plastické fylitické prostredie nevhodné na vývoj žilných štruktúr.

### Makroskopický opis konkrécií

Makroskopicky sú konkrécie svetlosivé, tmavosivé až tmavohnedé. Vápniťo-dolomitové konkrécie sú svetlé, ružovkasté. Ružovohnedé partie v konkréciách sú lokálne viditeľné v nepravidelných drob-

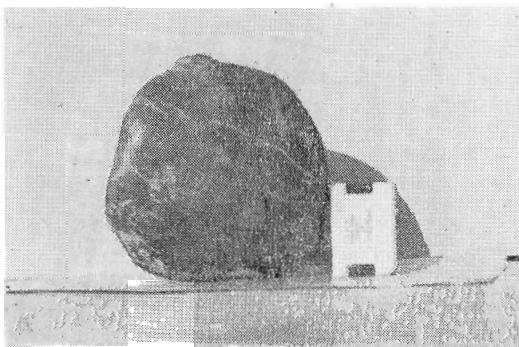


Obr. 2. Vápnitodolomitová konkrécia s druhotnými žilkami kalcitu  
Fig. 2. Calcareous dolomite concretion with secondary calcite veinlet

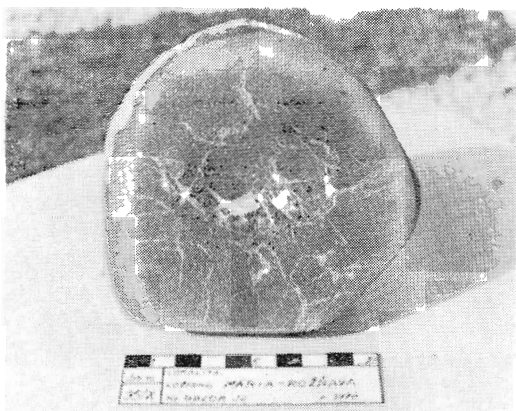
ných polohách (obr. 2). Konkrécie sú rozličného tvaru, pričom prevláda nepravidelne guľovitá forma, často elipsovitého prierezu (obr. 3). Rozmery konkrécií sú rozmanité, od cca 2 cm do maximálne pozorovaného priemeru 20 cm. Povrch je pomerne hladký a v závislosti od plasticity okolného prostredia a následných tektonických pohybov mierne zvlnený.

Pri pozorovaní vnútorného obsahu konkrécií je zrejmé, že ich tvorí rovnomerne zrnitá kremeňovo-karbonátová výplň prevažne bez pozorovateľných znakov symetrického usporiadania. Niektoré sideritové konkrécie (35/X — obr. 4) majú po okrajoch svetlejší lem, veľmi jemnozrnitý, pričom ostatná časť je tmavšia, zrnitejšia, s nepravidelnou sieťou svetlých karbonátových žíl s kremeňom a hematitom. Vo vrte RVS-1 sa v hĺbke 240 m zistili svetlosivé, v strede zelenkavé veľmi jemnozrnité dolomitové konkrécie s prímесou ílovitých minerálov.

Väčšina sideritových konkrécií je pravidelne rovnomerne zrnitá a prerážajú ju prevažne vlásoknicovité nepravidelne priebehajúce mladšie karbonátové žilky.



Obr. 3. Guľovito-srdcovitý tvar sideritovej konkrécie s mladšími žilkami sideritu. Lokalizácia: X, obzor, JZ cca 2 m od m. b. 10 073  
Fig. 3. Spheroid to cordate shape of siderite concretion with younger siderite veinlet. Mária deposit 10<sup>th</sup> level, 2 m SW from levelling point 10 073



Obr. 4. Sideritová konkrécia. Po okrajoch je evidentný svetlejší jemnozrnitý sideritový lem (chem. a. 35/X-1). Stred konkrécie (charakter septárií) so žilkami kremeň—kalcit a hematit Fig. 4. Siderite concretion with lighter fine-grained rim (chemical analysis No 35/X-1). The concretion core of septaria nature contains quartz—carbonate veinlets and haematite

### Minerálne zloženie konkrécií

Makroskopickým a mikroskopickým štúdiom sa v konkréciách zistili nasledujúce minerály: siderit, dolomit, kalcit, kremeň, pyrit, magnetit, hematit, rumelka, svetlá slúda, turmalín, rutíl, kaolínit a illit.

Hlavnými minerálmi konkrécií sú karbonáty, a to siderit, dolomit a kalcit. Podľa mikroskopického pozorovania ich tvorí všesmerne zrnitý agregát zŕn sideritu vo veľkosti 0,1—1,0 mm s ojedinelými zrnami kremeňa. Veľkosť zŕn sa smerom do stredu konkrécie miestami zväčšuje, inde zostáva nezmenená.

Často je zastúpená svetlá slúda s lištovitým prierezom do 0,05 mm. Slúda lokálne vytvára usmernený agregát zŕn veľkých 0,1—0,2 mm, v ktorom vystupujú prizmaticky obmedzené zrná turmalínu a ojedinele sa pozoroval aj rutíl tvoriaci tyčinkovité zrná vo veľkosti stotín mm.

Karbonátovú masu prestupujú mladšie

kremeňovo-karbonátové žilky. Z rudných minerálov je častý aj magnetit, ktorý tvorí impregnáciu hlavne po okrajoch sideritových konkrécií, ale je badateľný aj v strednej časti, kde lokálne sleduje mladšie trhlínky. Vytvára aj idiomorfne (oktaedricky) obmedzené zrná (obr. 5).

Hematit sa zistil v strednej časti konkrécií na  $\text{SiO}_2$  karbonátových žilkách (obr. 4), kde vytvára aj lištovité zhluky. Jeho prítomnosť je evidentná aj z chemickej analýzy, pri ktorej obsah  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dosahuje 17,1 %.

Pyrit sme spozorovali iba v sideritových konkréciách vo forme xenomorfne, zriedka idiomorfne obmedzených zŕn vo veľkosti do 2 mm.

Kalcit sa viaže na drobné žilky v konkréciách.

Rumelku sme zistili len vzácnne, a to v sideritovej konkrécii (vz. 42/X), kde sa

viaže na mladšiu karbonátovú žilku. Vytvára drobné zhluky typickej farby.

Ľoovitě minerály sme zistili v konkrécii



Obr. 5. Prierez sideritovej konkrécie. Po okrajoch viditeľný lem s magnetitom  
Fig. 5. Cross-section of siderite concretion  
Portions along the rim contain magnetite

### Chemické analýzy konkrécií Chemical analysis of concretions

Tab. 1

| Číslo<br>vzorky | Obsah v %      |                         |                         |       |             |       |       |                |                        |      |      |                       |
|-----------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-------|-------------|-------|-------|----------------|------------------------|------|------|-----------------------|
|                 | $\text{SiO}_2$ | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | FeO   | Fe<br>celk. | CaO   | MgO   | $\text{TiO}_2$ | $\text{P}_2\text{O}_5$ | MnO  | S    | $\text{Na}_2\text{O}$ |
| 35/X1           | 16,75          | 4,89                    | 1,79                    | 33,80 | 27,44       | 0,33  | 7,72  | 0,21           | 0,06                   | 1,81 | st.  | 0,02                  |
| 35/X-2          | 10,29          | 3,60                    | 7,00                    | 35,81 | 32,62       | 0,32  | 6,92  | 0,14           | 0,04                   | 1,94 | 0,50 | 0,01                  |
| 35/X-3          | 21,24          | 3,50                    | 17,10                   | 26,72 | 32,62       | 0,32  | 5,01  | 0,15           | 0,09                   | 1,39 | 0,30 | 0,03                  |
| 37/X            | 18,98          | 7,81                    | 10,09                   | 28,20 | 28,89       | 0,41  | 5,21  | 0,30           | 0,09                   | 1,50 | 0,84 | 0,04                  |
| 38/X            | 10,46          | 3,68                    | 1,03                    | 7,60  | 6,62        | 24,81 | 12,25 | 0,17           | 0,06                   | 1,03 | st.  | 0,04                  |
| 39/X            | 16,41          | 4,50                    | 1,94                    | 34,34 | 27,96       | 0,70  | 7,02  | 0,18           | 0,05                   | 2,00 | st.  | 0,03                  |

| $105^\circ\text{C}$<br>$\text{BaSO}_4$ str. ž. $\text{H}_2\text{O}$ |       |      |
|---------------------------------------------------------------------|-------|------|
| 0,04                                                                | 31,23 | 0,31 |
| st.                                                                 | 32,18 | 0,33 |
| 0,04                                                                | 23,03 | 0,31 |
| 0,06                                                                | 24,23 | 0,34 |
| 0,07                                                                | 37,55 | 0,24 |
| 0,05                                                                | 31,46 | 0,32 |

Lokalizácia vzoriek: ložisko Mária — Rožňava — 10. obzor, JZ

35/X-1 — okrajová svetlá časť sideritovej konkrécie (obr. 4),  
35/X-2 — medzipoloha sideritovej konkrécie (medzi jadrom  
a svetlým okrajom), 35/X-3 — jadro sideritovej konkrécie,  
37/X — sideritová konkrécia s nepravidelne roztrúseným mag-  
netitom (obr. 5), 38/X — dolomitová konkrécia (obr. 2), 39/X —  
sideritová konkrécia

z vrtu RVS-1 v hĺbke 240 m. Rtg analýza zistila ich prítomnosť v dolomitckej mase konkrécie.

Pri niektorých konkréciách sa vykonali kvantitatívne chemické analýzy a pri konkrécii 35/X sa troma samostatnými analýzami sledovalo aj chemické zloženie od okraja po jadro.

Z chemickej analýzy jadra konkrécie (tab. 1) vidieť zvýšený obsah  $\text{SiO}_2$  a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  s poklesom  $\text{MgO}$ , vyvolaný kremeňovo-karbonátovo-hematitovými žilkami. Pri spektrálnych analýzach bol pozorovateľný zvýšený obsah B (turmalín) a Ba. Zvýšený obsah Ni a Cr pochádza z prímеси horninového prostredia.

### Genéza konkrécií

Genézu konkrécií vysvetľujeme tak, že vznikali počas diagenetických procesov v pôvodnom sedimente. Guľovitá forma, aj keď tu mohol zohrať úlohu tektonický faktor, svedčí o pôvodne masívnom ilovito-detritickom sedimente, v ktorom konkrécie karbonátového typu vznikajú najčastejšie. Zdá sa, že zbridlíčnatené fylitické prostredie „obteká“ konkrécie, čo azda svedčí o ich vzniku a postupnom raste difúznym prúdením Ca a Fe zložiek v štádiu diagenézy horninového prostredia.

Konkrécie vznikali ako sideritové alebo dolomitové s prímесou kremeňa a ílovitého materiálu za tvorby ojedinelých zrn pyritu v redukčnom prostredí. Niektoré konkrécie majú charakter septárií, pričom je najmä centrum konkrécie nepravidelne

rozpukané a počas druhotných procesov opätovne vyhojené. Trhlinky pravdepodobne vznikali pri dehydratácii konkrécie, zatiaľ čo okrajová časť (svetlá) už bola spevnená a dehydrátovaná.

Konkrécie a horninové prostredie po ich vzniku postihli alpínske procesy, ktoré do tvorili ich súčasnú formu a minerálny obsah. Predpokladáme, že rumelka vznikla v tomto štádiu, resp. aj neskôr.

### Záver

Objasniť pôvod konkrécií a ich väzby na uvedené stratigrafické horninové prostredie vrchného karbónu (?) pokladáme za dôležité. Ich výskyt svedčí o zvýšenom obsahu karbonátovej zložky v pôvodnom sedimente. V prípade väčšieho rozsahu karbonátovej sedimentácie možno za optimálnych podmienok tento fakt pokladať za významný príznak možnej existencie väčších karbonátových polôh následne metasomaticky zmenených na siderit.

Recenzoval C. Varček

### LITERATÚRA

- Миче не в, В. И. 1957: Рентгенометрический определитель минералов. Москва, Госгеолтехиздат. 868 с.  
 Снопко, Л. 1973: Геологическо-рудное изучение Спешско-гемского рудогорья. 1. Геологическая часть. Книга 2. Мanusкрипт — Геологический преекum Sp. N. Ves, s. 74—109.

## Occurrence of carbonate concretions on the Mária deposit in Rožňava (Eastern Slovakia)

ONDREJ ROZLOŽNÍK

Spheroid-shaped formations resembling mostly siderite and less dolomite concretions

were found to occur in foliated greenish-gray sericite phyllite of the Rožňava-Železník group

(Upper Carboniferous ?). Similar concretions occur in several places as well along the southern margin of the Gemic unit.

These concretions, some centimetres to 20 cm in size, consist of equigranular quartz—carbonate mass without visible signs of symmetric arrangement. The following minerals were found in the concretions: siderite, dolomite, quartz, calcite, pyrite, magnetite, haematite, cinnabar, light mica, tourmaline, rutile, kaolinite and illite. The chemical composition of single varieties of concretions was investigated as well and analytical results are in

tabs. 2 and 3.

Concretions originated during diagenetic processes in the original sediment. After their generation, tectonic processes of Alpine age modified their shape and mineral content.

The occurrence of concretions points to the higher carbonate content in rocks of the Rožňava-Železník group and by that also to the possibility that larger carbonate bodies occur there with the possibility of their subsequent metasomatic alteration into siderite.

*Preložil I. Varga*

## RECENZIA

V. L. Barsukov — S. V. Grigorian — L. N. Ovčinnikov: **Geochemičeskoje metody poiskov rudnyh mestoroždenij**, 1. vyd. Moskva, Nauka 1981. 316 s., 170 obr., 35 tab., 106 lit.

Metodike geologických vyhľadávacích prác sa v sovietskej literatúre venuje stále väčšia pozornosť. V ostatnom čase sa intenzívne rozpracúvajú geologické metódy sledujúce primárne okolorudné aureoly.

Recenzované dielo sumarizuje dosiahnuté výsledky autorov a detailnejšie sa zapodieva aj teoretickými otázkami, mechanizmom a zákonitosťami formovania sa primárnych geochemických aureol.

Publikácia má päť častí. V prvej rozoberá primárne geochemické aureoly ložísk, metódy bádania rozličných typov hornín (magmatické, pegmatitové, skarnové, greizenové, plutogénne, hydrotermálne, pyritové), charakterizuje ich indikačné prvky a bohato graficky dokumentuje formy aureol. Druhá časť je o sekundárnych geochemických aureolách ako

výsledku pôsobenia hypergénnych procesov rozptylu prvkov akumulujúcich sa z primárnych aureol s vplyvom na rozmanité prostredie, litogeochemické, hydrochemické, biogeochemické a atmogeochemické aureoly. V tretej časti sa analyzuje metodika aplikácie a interpretácie. Zaoberá sa najmä radmi zonálnosti, určovaním úrovne vývinu mineralizácie, ako aj dešifráciou zón rozptýlenej mineralizácie. V štvrtej časti sa venuje pozornosť všeobecným podmienkam aplikácie geochemických metód a v poslednej sa rozoberajú osobitosti geochemických anomálií ako indikátory genézy zrudnenia. V podstate tu ide o analýzu mechanizmu a zákonitostí formovania sa primárnych aureol aj z teoretických hľadísk.

Nazdávame sa, že recenzovaná monografia je veľmi vhodnou a praktickou publikáciou najmä pre pracovníkov geologického prieskumu, pretože opísané metódy sa zužitkujú často a navyše sa metodickému aspektu v našej odbornej literatúre nevenuje taká pozornosť, akú by si zaslúžil.

*Ivan Matula*

## METODIKA VÝSKUMU

### Rtg mikroanalýza horninotvorných minerálov: možnosti stanovenia obsahu $\text{Fe}^{+2}$ a $\text{Fe}^{+3}$

PAVEL FEJDI

Katedra geochemie a mineralogie PFUK, Gottwaldovo nám. 19, 836 02 Bratislava

(1 obr. a 5 tab. v texte)

Doručené 11. 6. 1981

#### Анализ породообразующих минералов при помощи электронного микрозонда. возможность определения содержаний $\text{Fe}^{2+}$ и $\text{Fe}^{3+}$

В работе продискутирована проблема вычисления  $\text{Fe}^{3+}$  по аналитическим данным, полученным при помощи электронного микрозонда. Презентированы из литературы знакомые процедуры, дискутирована также возможность стехиометрической связи элементов при обработке экспериментальных данных.

#### Electron microprobe analysis of rock minerals: possible method of $\text{Fe}^{+2}$ and $\text{Fe}^{+3}$ content estimation

The paper deals with problem of  $\text{Fe}^{3+}$  content recalculations on the basis of microprobe analytical data of rock minerals. Approaches compiled from the literature are presented and the possibility of stoichiometric fixations of an element in the process of raw data reduction is discussed.

Analýzy minerálov rtg mikroanalyzátorom sú veľmi časté. Sú takmer vo všetkých príspevkoch s mineralogickou, geochemickou alebo petrologickou problematikou, pretože tento analytický spôsob má nesporné výhody a je často jediný možný a vhodný (nedeštruktívny spôsob analýzy, minimálne množstvo materiálu, štúdium inhomogenít a zonálnosti, koexistujúcich minerálnych fáz v horninách atď.). Vý-

sledky získané pomocou rtg mikroanalyzátoru sú mimoriadne cenné najmä v prípadoch, v ktorých by chemické analýzy (požadujúce pomerne dosť materiálu) poskytovali len akési „spriemerované“ výsledky. Typickým príkladom sú pertitické živce, sagenitizovaný biotit, pyroxény a amfiboly s exolučnými fenoménmi a minerály obsahujúce mikrouzavreniny.

Medzi nedostatky rtg mikroanalýzy patrí



neidentifikovateľnosť katiónov odlišujúcich sa iba mocnosťou (azda najväčším problémom je nerozlíšiteľnosť katiónov  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{Fe}^{3+}$ ) a možnosť analyzovať len prvky v rozmedzí  ${}^4\text{Be}$  —  ${}^{92}\text{U}$ , a preto mnohí autori dávajú prednosť klasickej chemickej analýze.

Z literatúry je známych niekoľko spôsobov na odstránenie alebo aspoň čiastočnú elimináciu spomenutých nedostatkov. Ich aplikáciu a spôsob použitia rozvádzame v nasledujúcich kapitolách.

Použitie numerických postupov na odstránenie nedostatkov rtg mikroanalýzy predpokladá kvalitné analýzy, stochiometrickú definovanosť analyzovanej minerálnej fázy (alebo aspoň časti jej kryštálovej štruktúry), zanedbateľné množstvo mikroprvkov v analyzovaných vzorkách, základné vedomosti o kryštálových štruktúrach analyzovaných minerálov v niektorých prípadoch poznanie výpočtovej techniky a zodpovedajúceho programového vybavenia a možnosť využívať ich.

### Minerály s kryštálovými štruktúrami neobsahujúcimi vakancie

Do tejto skupiny minerálov patria (s ohľadom na zastúpenie  $\text{Fe}^{2+}$  i  $\text{Fe}^{3+}$ ) spinely, pyroxény a granáty. Ich kryštálové štruktúry sa vyznačujú tým, že sú všetky kryštalografické pozície obsadené a štruktúry nemajú vakancie. Tento fakt umožňuje nielen kvalifikovať, ale aj pomerne jednoducho numericky kvantifikovať obsah  $\text{Fe}^{3+}$ .

#### Spinely

Prepočet výsledkov rtg mikroanalýz minerálov zo skupiny spinelu (Carmichael, 1967) s ohľadom na stanovenie obsahu  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  je založený na stochiometrii  $\text{R}^{2+}\text{R}_2^{3+}\text{O}_4$  (t. j.  $\sum \text{R}^{3+} = 2 \sum \text{R}^{2+}$ ). Mecha-

nizmus a výsledky prepočtu celkového obsahu  $\text{FeO}$  na  $\text{FeO}$  a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sú v tab. 1.

#### Granáty

Prepočet analýz granátov je analogický predchádzajúcemu, ale stochiometrická väzba  $\text{R}_3^{2+}\text{R}_2^{3+}\text{Si}_3\text{O}_{12}$  je, pochopiteľne, odlišná. S  $\text{Fe}^{3+}$  možno v granátoch počítať len za predpokladu, že  $\text{Al}^{\text{VI}} < 2$  (rímske číslice udávajú koordináciu katiónu).

#### Pyroxény

Pretože monoklinické pyroxény sú medzičlenmi polykomponentového izomorfneho systému diopsid — hedenbergit — klinoenstatit — klinoferosilit a diopsid (hedenbergit) — tschermakit — jadeit — akmit, interpretácia rtg mikroanalýz s ohľadom na zastúpenie  $\text{Fe}^{3+}$  je oveľa zložitejšia ako pri spineloch a granátoch. Priame stochiometrické prepočty (analogické predchádzajúcim postupom) publikované v práci B. O. Mysena — K. G. Heiera (1972) sa testovali v práci R. G. Cawthorna — K. D. Collersona (1974). Spomenutí autori odporúčajú pri interpretácii výsledkov rtg mikroanalýzy pyroxénov takýto prepočet na koncové členy izomorfných radov:

$(\text{Na} + \text{K})$  priradiť jadeitovej molekule  $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ , ak  $(\text{Na} + \text{K}) > \text{Al}^{\text{VI}}$ , obsah  $\text{Fe}^{3+}$  je neznámy, prebytok alkálií s príslušným množstvom  $\text{Fe}$  (pokladaným za  $\text{Fe}^{3+}$ ) je priradený akmitovej molekule  $\text{NaFe}^{3+}\text{Si}_2\text{O}_6$ .

Pretože ďalšie kroky prepočtu pokračujú rámec tohto článku, odkazujeme čitateľa na pôvodnú prácu. Príklad prepočtu uvedeným spôsobom je v tab. 2.

### Minerály s vakantnými kryštálovými štruktúrami

Vakancie (t. j. neobsadené kryštalografické pozície) v ich kryštálových štruktú-

rach sú neznámou, ktorá spolu s ďalšou neznámou (obsah  $\text{Fe}^{3+}$ ) dávajú explicitne neriešiteľný systém. Preto sú postupy kvalifikácie prítomnosti  $\text{Fe}^{3+}$  (a len veľmi hrubej kvantifikácie) podstatne zložitejšie ako pri predchádzajúcej skupine minerálov.

### Trioktaédrické sludy

Pri interpretácii rtg mikroanalýz trioktaédrických slúd treba brať do úvahy ako

neznáme vakancie v oktaédrickej vrstve, prítomnosť a množstvo  $\text{Fe}^{3+}$  a premenlivý podiel neanalyzovateľných komponentov ( $\text{H}_2\text{O}$ , F).

Prírodné „trioktaédrické“ sludy (typickým predstaviteľom je biotit) totiž nikdy nie sú skutočne trioktaédrické, teda také, v ktorých by boli všetky kationy oktaédrickej vrstvy dvojmocné a ich suma vzťahnutá na základnú bunku by sa rovnala 6,000 s celkovým nábojom  $[+12]$ . Podiel trojmocných kationov na obsadzovaní

*Prepočet rtg mikroanalýz spinelov na základe stochiometrie  $\text{R}^{2+}\text{R}_2^{3+}\text{O}_4$*   
*Recalculation scheme of spinel microanalyses supposing stoichiometry  $\text{R}^{2+}\text{R}_2^{3+}\text{O}_4$*   
 Tab. 1

|                                | Hmot. <sup>0</sup> / <sub>0</sub><br>kyslič-<br>níkov | Hmot. <sup>0</sup> / <sub>0</sub><br>prvkov | Konc.<br>prvkov<br>at. váha |        | Hmot. <sup>0</sup> / <sub>0</sub><br>prvkov | Hmot. <sup>0</sup> / <sub>0</sub><br>kyslič-<br>níkov |       |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|--------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------|
| TiO <sub>2</sub>               | 0,41                                                  | 0,25                                        | 0,0052                      | 0,0052 | 1,2560                                      | 0,25                                                  | 0,41  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 48,17                                                 | 25,49                                       | 0,9447                      | 0,9447 |                                             | 25,49                                                 | 48,17 |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16,13                                                 | 11,03                                       | 0,2121                      | 0,2121 |                                             | 11,03                                                 | 16,13 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | —                                                     | —                                           | —                           | 0,0940 |                                             | 5,25                                                  | 7,51  |
| FeO                            | 11,39                                                 | 8,85                                        | 0,1584                      | 0,0644 | 0,6280                                      | 3,60                                                  | 4,64  |
| MnO                            | 0,12                                                  | 0,09                                        | 0,0016                      | 0,0016 |                                             | 0,09                                                  | 0,12  |
| MgO                            | 22,65                                                 | 13,66                                       | 0,5620                      | 0,5620 |                                             | 13,66                                                 | 22,65 |
|                                | 98,87                                                 | 59,37                                       | 1,8840                      | 1,8840 |                                             | 59,37                                                 | 99,63 |

Poznámka:  $1,2560/0,6280 = 2/1$ ; analýza z práce D. Hovorku — P. Fejdiho (1980).

*Prepočet rtg mikroanalýz pyroxénov na koncové členy izomorfných radov*  
*podľa R. G. Cawthorna — K. D. Collersona (1974)*  
*Pyroxene end-member calculations according to R. G. Cawthorn — K. D. Collerson*  
 (1974)

Tab. 2

|    | Si   | $\text{Al}^{\text{IV}}$ | Ti   | $\text{Al}^{\text{VI}}$ | Fe   | Cr   | Mg   | Ca   | Na   | $\Sigma$ |
|----|------|-------------------------|------|-------------------------|------|------|------|------|------|----------|
| a) | 1,98 | 0,02                    | 0,01 | 0,22                    | 0,09 | 0,02 | 0,81 | 0,68 | 0,11 | 3,94     |
| Jd | 0,22 |                         |      | 0,11                    |      |      |      |      | 0,11 |          |
| Ac | —    |                         |      |                         | —    |      |      |      | —    |          |
| b) | 1,95 | 0,05                    | —    | 0,44                    | 0,27 | —    | 0,28 | 0,46 | 0,48 | 3,93     |
| Jd | 0,88 |                         |      | 0,44                    |      |      |      |      | 0,44 |          |
| Ac | 0,08 |                         |      |                         | 0,04 |      |      |      | 0,04 |          |

Východiskové hodnoty (1. riadok) sú molárnym pomerom na 6 atómov kyslíka, rímske číslice udávajú koordináciu kationu. Analýza a) je z práce D. Hovorku — P. Fejdiho (1980), b) z práce J. R. Clarka — J. J. Papika (1968). Jd — jadeit, Ac — akmit.

oktaédrickej vrstvy v reálnych sľudách má (ak sa rešpektuje 2. Paulingovo pravidlo o elektrostatickej vyváženosti štruktúr) za následok vznik vakancií v štruktúrach, resp. zmeny v obsahu OH-skupín zúčastňujúcich sa na koordinácii katiónov.

Prítomnosť  $\text{Fe}^{3+}$  sa pokladá za produkt oxidácie biotitu počas magmatickej diferenciácie (Czamanske — Wones, 1973) alebo za produkt oxidácie spôsobenej prehriatím biotitu v dôsledku metamorfných procesov experimentálne modelovanej v práci J. Rimsaita (1970). Obidva spôsoby oxidácie prebiehajúcej bez rekryštalizácie majú potom za následok deficit v obsahu OH-skupín, ktoré v koordinačných oktaédroch nahrádza  $\text{O}^{2-}$  (tým sa kompenzuje nadbytok náboja oktaédrickej vrstvy, vzniknutý ako výsledok zmeny oxidačného stavu  $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ ).

To znamená, že zastúpenie prchavých komponentov v biotitoch sa nerovná teoretickému  $(\text{OH}, \text{F})_6$ , ale mení sa v dôsledku zmien oxidačného stavu Fe. Vzniká tu problém, na koľko atómov kyslíka treba z výsledkov rtg mikroanalýzy počítať obsah katiónov v základnej bunke. Z rozličných navrhnutých prepočtov (Foster, 1960, Rimsaita, 1970, Rieder et al., 1970) testovaných a štatisticky zhodnotených v práci C. Levillaina (1979) vychodí, že molárne pomery z rtg mikroanalýz prírodných trioktaédrických sľúd treba počítať vo vzťahu k 22 atómov kyslíka. Program na prepočet sľudových analýz publikoval M. Rieder (1977).

Pri rtg mikroanalýze minerálov obsahujúcich prchavé komponenty neplatí známe jednoduché a vierohodne vyzerajúce kritérium kvality vykonaných analýz ( $\Sigma$  kyslíčnikov = 100 ‰). Empirické testovanie kvality analýz a prítomnosti  $\text{Fe}^{3+}$  je pri biotitoch možné na základe nábojovej bilancie oktaédrickej vrstvy. V práci M. D. Fostera (1960) sa rozsiahlymi kompilačnými prácami zistilo existenčné pole biotitov

podľa pomeru počtu oktaédricky koordinovaných katiónov k relatívnemu prebytku náboja oktaédrickej vrstvy (obr. 1).

Ako sme už spomenuli, skutočné oktaédrické sľudy majú 6,000 oktaédricky koordinovaných katiónov v základnej bunke s celkovým nábojom  $[+12]$ . Pokiaľ je oktaédrická vrstva obsadzovaná aj katiónmi s iným mocenstvom ( $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ti}^{4+}$  a/alebo  $\text{Fe}^{3+}$ ), ich celkové množstvo sa znižuje. Ak by sa všetky katióny oktaédrickej vrstvy ( $\Sigma X$ ) formálne pokladali za dvojmocné, potom má táto vrstva relatívny prebytok náboja  $\Delta$   $[+]$ .

*Příklad interpretácie rtg mikroanalýz biotitov*  
*Example of biotite microprobe analyses interpretation*

Tab. 3

|                                    | Koncentrácia kyslíčnikov (hmot. ‰) |       |
|------------------------------------|------------------------------------|-------|
|                                    | 1                                  | 2     |
| $\text{SiO}_2$                     | 39,96                              | 38,35 |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$            | 15,19                              | 19,94 |
| $\text{FeO}$                       | 17,57                              | 19,10 |
| $\text{MgO}$                       | 9,96                               | 6,55  |
| $\text{TiO}_2$                     | 1,94                               | 2,57  |
| $\text{MnO}$                       | 0,37                               | 0,32  |
| $\text{K}_2\text{O}$               | 10,03                              | 10,16 |
| $\text{Na}_2\text{O}$              | 0,18                               | 0,26  |
| $\text{CaO}$                       | —                                  | 0,06  |
| $\Sigma$                           | 95,20                              | 97,31 |
| Molárny pomer na 22 atómov kyslíka |                                    |       |
| Si                                 | 6,016                              | 5,667 |
| $\text{Al}^{\text{IV}}$            | 1,984                              | 2,333 |
| $\text{Al}^{\text{VI}}$            | 0,712                              | 1,142 |
| Fe                                 | 2,212                              | 2,361 |
| Mg                                 | 2,235                              | 1,444 |
| Ti                                 | 0,220                              | 0,286 |
| Mn                                 | 0,047                              | 0,040 |
| $\Sigma X$                         | 5,426                              | 5,273 |
| K                                  | 1,927                              | 1,916 |
| Na                                 | 0,053                              | 0,073 |
| Ca                                 | —                                  | 0,008 |
| $\Sigma$                           | 1,980                              | 1,997 |
| $\Delta[+]$                        | 1,167                              | 1,714 |

Analýzy prebraté z práce P. Fejdiho — V. Fejdiovej (1981). Rímske číslice udávajú koordináciu katiónu. Prepočet vychádza z predpokladu, že tetraédrická vrstva nemá vakancie ( $\Sigma \text{Si} + \text{Al}^{\text{IV}} = 8$ ) a všetok Ti je v oktaédrickej vrstve.

Príklad spracovania rtg mikroanalýz biotitov vzhľadom na zastúpenie  $\text{Fe}^{3+}$  v nich uvádza tab. 3.

Interpretácia analýz pomocou obr. 1 je takáto:

— Biotity, ktorých priemetné body spadajú do oblasti vymedzenej v práci M. D. Fostera (1960), neobsahujú (alebo obsahujú len nepodstatné množstvo)  $\text{Fe}^{3+}$  (analýza 2).

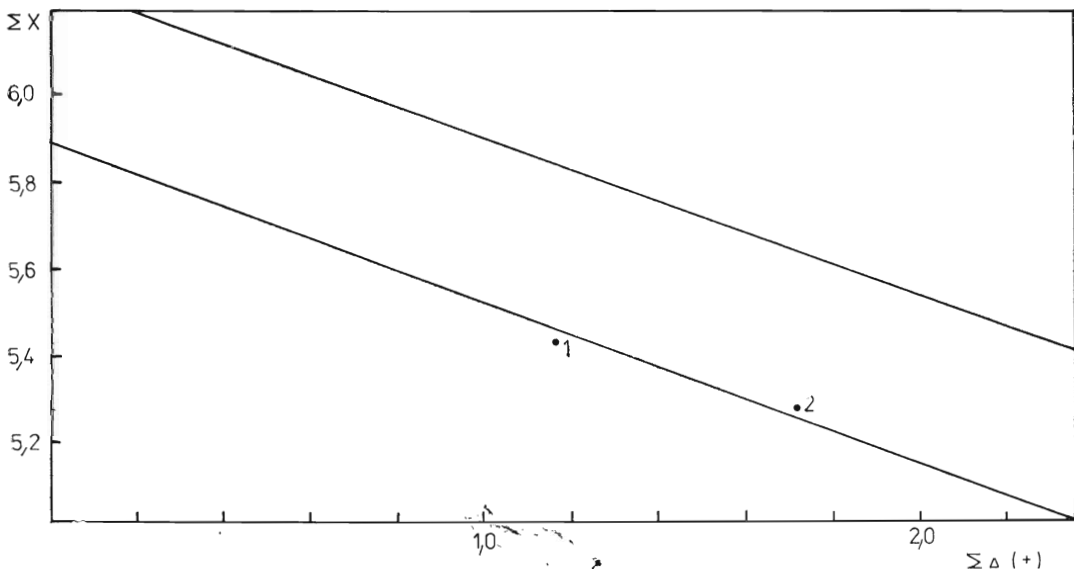
— Biotity (analýza 1) ležiace vľavo od vymedzenej oblasti majú nezanedbateľný obsah  $\text{Fe}^{3+}$ . Ak sa uvaží, že pri výpočtoch nábojovej bilancie figurovalo všetko Fe ako  $\text{Fe}^{2+}$  (neberie sa v nej do úvahy príspevok od  $\text{Fe}^{3+}$ ), vypočítaný relatívny prebytok náboja je nižší ako skutočný. Zodpovedajúci prebytok náboja sa môže do výpočtu nábojovej bilancie vniesť len prítomnosťou  $\text{Fe}^{3+}$  v oktaédrickej vrstve.

Z obr. 1 možno graficky interpretovať

najnižší obsah  $\text{Fe}^{3+}$  potrebný na to, aby príslušné projekčné body spadali do spomenutej existenčnej oblasti. Vzhľadom na jej šírku nemožno presne určiť množstvo  $\text{Fe}^{3+}$  prítomné v oktaédrickej vrstve. Okrem toho takýto spôsob spracovania rtg mikroanalýz biotitov mimoriadne závisí od kvality analýz. Analýzy biotitov s projekčnými bodmi spadajúcimi vpravo od vymedzenej existenčnej oblasti (pri rtg mikroanalýze) alebo mimo nej (pri kompletnej chemickej analýze) sú zlé.

### Amfiboly

Chemické zloženie amfibolov možno všeobecne charakterizovať vzorcom  $\text{A}_{0-1}\text{B}_2\text{C}_5\text{VI}\text{T}_8\text{IV}\text{O}_{22}(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})_2$ , v ktorom A — Na, K je v koordinácii 6 (monoklinické amfiboly) alebo 12 (rombické amfiboly), B — Ca, Na, Mn,  $\text{Fe}^{2+}$ , Mg a Li v pozícii



Obr. 1. Existenčná oblasť biotitov (podľa Fostera, 1960) v závislosti počtu oktaédricky koordinovaných katiónov ( $\Sigma X$ ) od relatívneho prebytku náboja oktaédrickej vrstvy  $\Delta [-+]$ . Číslami sú označené projekčné body biotitov z tab. 3.

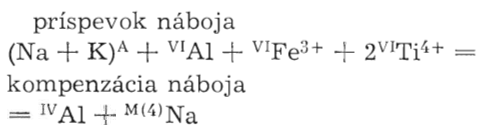
Fig. 1. Biotite field (according M. D. Foster, 1960) defined by total of octahedrally coordinated cations ( $\Sigma X$ ) versus relative charge excess of octahedral layer ( $\Delta [-+]$ ). Numbers designate projection points of biotites listed in Table 3.

M(4); koordinácia 6 alebo 8, C — Mn, Fe<sup>2+</sup>, Mg, Fe<sup>3+</sup>, Al a Ti<sup>4+</sup> v pozíciách M(1), M(2) a M(3) (koordinácia 6), T — Si a Al v tetraédricky koordinovaných pozíciách T(1) a T(2).

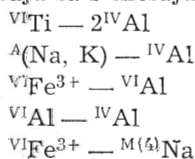
Zatiaľ čo pozície M(1) až M(4) a T sú úplne obsadzované (na rozdiel od slúd sú bez vakancií), pozícia A je v amfiboloch neobsahujúcich alkálie vankantná. V alkalických amfiboloch je táto pozícia len čiastočne obsadzovaná; A = 1 len v synteticky pripravených okrajových členoch izomorfných radov. Podrobný prehľad kryštalochemie amfibolov obsahuje súborná práca M. Camerona — J. J. Papíka (1979).

Vzhľadom na predchádzajúcu skupinu minerálov sa postup neanalytického stanovovanie obsahu Fe<sup>3+</sup> v amfiboloch komplikuje, pretože premennou v tomto prípade je obsah Fe<sup>3+</sup>, stupeň obsadzovania pozície A, rozdelenie obsahu Na medzi pozície A a M(4) a deficit OH-skupín v oxiamfiboloch v dôsledku deprotonizácie (OH<sup>-</sup> → O<sup>2-</sup> + H<sup>+</sup>).

Ak odhliadneme od posledného, podmienku elektrostatického vyváženia amfibolových štruktúr možno vyjadriť rovnicou



(indexy označujú koordináciu, resp. označenie pozície). Podľa nej je možných 9 substitučných párov. Na základe hodnôt korelačných koeficientov prvok — prvok v práci B. E. Leaka (1968) je v prírode najbežnejších a zároveň najdôležitejších nasledujúcich 6 substitučných párov (uvádzajú sa s klesajúcim poradím dôležitosti):



Ak je v štruktúre amfibolov prítomné Fe<sup>3+</sup>, prebytok náboja v pozíciách M(1) až M(3) musí byť nevyhnutne kompenzovaný zvýšením obsahu tetraédricky koordinovaného Al<sup>3+</sup> alebo Na v pozícii M(4). To znamená, že v prípade alkalických amfibolov obsahujúcich Fe<sup>3+</sup> sa obsah Na delí do pozícií M(4) i A, pričom jeho zastúpenie v tej-ktorej pozícii nemožno stanoviť len na základe údajov chemickej analýzy.

Na nevyhnutnosť brať do úvahy obsah Fe<sup>3+</sup> sa naráža už pri samotnom zaraďovaní bádaných amfibolov do klasifikácie B. E. Leaka (1978) odporúčenej aj IMA. Štandardný prepočet kationového obsahu (základná bunka s 23 atómami kyslíka) vedie za prítomnosti Fe<sup>3+</sup> v amfiboloch k chybným výsledkom, takže akékoľvek závery na jeho základe (počnúc už zaradením do klasifikačnej schémy) sú nesprávne.

Spôsob prepočtov dovoľujúcich určiť interval maximálneho a minimálneho obsahu Fe<sup>3+</sup> konzistentného so stochiometriou publikoval J. H. Stout (1971). Minimálny obsah Fe<sup>3+</sup> možno získať prepočtom výsledkov analýz (s vylúčením substitučného páru <sup>VI</sup>Fe<sup>3+</sup> — <sup>M(4)</sup>Na) na 15 katiónov (teda bez pozície A), pričom sa predpokladá všetko Na v tejto pozícii. Maximálny možný obsah sa dá určiť prepočtom na 13 katiónov (bez Na a Ca) pri predpoklade úplnej substitúcie <sup>VI</sup>Fe<sup>3+</sup> — <sup>M(4)</sup>Na. Mechanizmus prepočtov ilustruje tab. 4 (údaje sú z práce citovaného autora). Upozorňujeme, že pri stanovovaní minimálneho obsahu Fe<sup>3+</sup> môže viesť výpočet k záporným hodnotám.

Komputerizácia analogického riešenia uvedeného problému publikovaná v práci J. J. Papíka et al. (1974) vychádza z nasledujúcich predpokladov:

1. celkový náboj katiónov je 46;
2. obsadzovanie tetraédricky koordinovaných pozícií (Si + Al) = 8,
3. obsadzovanie pozícií M(1) až M(3) = 5,

zahrňajúc  $\text{Al}^{\text{VI}}$ , Ti,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , Mg a Mn,

4. obsadzovanie pozície  $\text{M}(4) = 2$ , zahrňajúce Na, Ca + prebytok  $\text{Fe}^{2+}$  a Mg z pozícií  $\text{M}(1)$  až  $\text{M}(3)$ ,

5. obsadzovanie pozície  $\text{A} = 0-1$ , zahrňajúc K a prebytok Na z pozície  $\text{M}(4)$ .

Možno konštatovať, že — podobne ako pri biotitoch — z údajov rtg mikroanalýzy explicitne stanoviť množstvo  $\text{Fe}^{3+}$  v analyzovaných amfiboloch nemožno. Hranica maximálny možný obsah — minimálny možný obsah  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , a tým zároveň určená

maximálna a minimálna hodnota  $\text{Na}^{\text{M}(4)}$  poskytujú dôležité informácie potrebné napr. na aplikáciu výsledkov experimentálnych petrologických prác. Ako príklad môže slúžiť vzťah  $\text{Na}^{\text{M}(4)}$  — tlak, publikovaný v práci E. H. Browna (1977).

### Dopočítanie neanalyzovaných a neanalyzovateľných prvkov

Potreba dopočítať neanalyzovateľné alebo neanalyzované prvky pri rtg mikro-

*Prepočet analýz amfibolov podľa J. H. Stouta (1971)*  
*Amphibole analyses recalculated according to J. H. Stout (1971)*

Tab. 4

| Výsledky rtg mikroanalýzy |      |                                |                         |      |  |
|---------------------------|------|--------------------------------|-------------------------|------|--|
|                           |      | 1                              | 2                       |      |  |
|                           |      | SiO <sub>2</sub>               | 42,9                    | 43,2 |  |
|                           |      | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 15,0                    | 15,7 |  |
|                           |      | FeO                            | 19,7                    | 15,8 |  |
|                           |      | MnO                            | 0,3                     | 0,3  |  |
|                           |      | MgO                            | 8,4                     | 9,7  |  |
|                           |      | CaO                            | 10,7                    | 10,3 |  |
|                           |      | Na <sub>2</sub> O              | 1,3                     | 2,2  |  |
| Σ                         |      | 98,3                           | 97,2                    |      |  |
| Prepočet na 13 katiónov   |      |                                | Prepočet na 15 katiónov |      |  |
|                           |      | 1                              | 2                       |      |  |
| Si                        | 6,21 | 6,27                           | 6,35                    | 6,44 |  |
| Al <sup>IV</sup>          | 1,79 | 1,73                           | 1,65                    | 1,56 |  |
| Σ                         | 8,00 | 8,00                           | 8,00                    | 8,00 |  |
| Al <sup>VI</sup>          | 0,77 | 0,95                           | 0,97                    | 1,20 |  |
| Fe <sup>3+</sup>          | 1,34 | 0,96                           | 0,30                    | 0,27 |  |
| Fe <sup>2+</sup>          | 1,04 | 0,95                           | 2,14                    | 2,24 |  |
| Mn                        | 0,04 | 0,04                           | 0,04                    | 0,04 |  |
| Mg                        | 1,18 | 2,10                           | 1,85                    | 2,15 |  |
| Σ                         | 5,00 | 5,00                           | 5,30                    | 5,36 |  |
| Ca                        | 1,66 | 1,60                           | 1,70                    | 1,64 |  |
| Na(M(4))                  | 0,34 | 0,40                           | FM(M(4)) 0,30           | 0,36 |  |
| Na(A)                     | 0,02 | 0,22                           | 0,37                    | 0,64 |  |

FM(M(4)) — prebytok katiónov obsadzujúcich pozície  $\text{M}(1)$  až  $\text{M}(3)$ , pri výpočtoch priradený do pozície  $\text{M}(4)$ .

analýze môže vzniknúť z týchto dôvodov:

— Analyzovaný minerál obsahuje prvky s atómovým číslom nižším ako 4 (Li), resp. nižším, ako možno registrovať bežnými kryštálovými monochromátormi (11, prvky Be—F), pretože najmä staršie rtg mikroanalýzátory nie sú bežne vybavené monochromátormi RAP a STE. Typickým a bežným je dopočítavanie koncentrácie kyslíka.

metricnú väzbu, ale aj vplyv neanalyzovaného prvku na zmeny fyzikálnych faktorov ZAF\*, ktoré sa musia nevyhnutne použiť pri korekčných procedúrach experimentálne získaných údajov. Analýzu prepočítanú bez ohľadu na vplyv neanalyzovaného prvku na charakteristické rtg žiarenie analyzovaných prvkov nemožno pokladať za vierohodnú.

Ako príklad programu umožňujúceho

*Stechiometrické vzťahy niektorých minerálov*  
*Some useful stoichiometric relationships for selected minerals*

Tab. 5

| Minerál           | Analyzované prvky | Dopočítané prvky | Rovnica*                                 |
|-------------------|-------------------|------------------|------------------------------------------|
| Olivín            | Mg, Fe            | Si               | $Si = 0,5 (Mg + Fe)$                     |
| Živce             | Na, K, Ca, Al     | Si               | $Si = 3 (Na + K) + 2 Ca = 3 Al - 4 Ca$   |
|                   | Na, K, Ca, Si     | Al               | $Al = (Na + K) + 2 Ca = Si - 2 (Na + K)$ |
| Spodumen          | Al, Fe, Si        | Li               | $Li = Al + Fe$<br>$Li = 0,5 Si$          |
| Kolumbit-tantalit | Mn, Fe, Nb        | Ta               | $Ta = 2 (Mn + Fe) - Nb$                  |

\* Premenné v rovniciach predstavujú molárny pomer prvkov na príslušný počet atómov kyslíka.

— Pre niektorý z prvkov prítomných v analyzovanom mineráli nie je k dispozícii vhodný štandard.

— Pri štúdiu zmien koncentrácií niektorých prvkov v izomorfných radoch (napr. Fe a Mg v olivínoch) možno z ekonomických a časových dôvodov pri väčších sériách vzoriek vynechať analýzu ostatných (v uvedenom prípade Si).

Takéto výpočty možno vykonať iba vtedy, ak je minerál stechiometricky definovaný a ak je k dispozícii dostupná výpočtová technika a programové vybavenie. Na rozdiel od prepočtov z predchádzajúcich kapitol treba brať do úvahy nielen stechio-

metrické výpočty uvádzame EMPADR VII (Rucklidge — Gasparini, 1969), ktorý je k dispozícii na Katedre geochemie a mineralogie FFUK v Bratislave.

Stechiometrické väzby niektorých skupín minerálov ilustruje tab. 5.

## Záver

Ako vychodí z predchádzajúcich kapitol, základné nedostatky rtg mikroanalýzy (ne-

\* Z — korekcia na atómové číslo (generačný faktor), A — absorpcia, F — fluorescencia charakteristickým, resp. aj spojitým žiarením.

rozlíšiteľnosť  $\text{Fe}_2^+$  a  $\text{Fe}^{3+}$ , neanalyzovateľné Li) možno pri významných horninotvorných mineráloch (spinely, granáty, pyroxény) odstrániť pomerne jednoduchými prepočtami. Preto je pri štúdiu chemického zloženia uvedených minerálov výhodnejšie použiť výsledky rtg mikroanalýzy ako chemickej analýzy, pretože umožňuje skúmať geneticky mimoriadne dôležité detaily (exsolučné fenomény v pyroxénoch, zonálnosť granátov, mikrouzavreniny). Obdobné prepočty možno, prirodzene, použiť aj pri iných stechiometricky definovaných mineráloch.

Dopočítavanie neanalyzovaných prvkov je aktuálne jednak z ekonomického hľadiska (predovšetkým pri manuálne ovládaných rtg mikroanalýzátorech II. generácie), jednak pre problémy vychádzajúce z nedostatočného vybavenia pracovísk rtg mikroanalýzy vhodnými štandardmi (tento problém je mimoriadne dôležitý pri počítačom riadených rtg mikroanalýzátorech III. generácie, kde chýba možnosť eliminovať chyby analýz spôsobené posunom vlnovej dĺžky). Dopočítanie neanalyzovateľných prvkov rozširuje aplikáciu rtg mikroanalýzy aj na minerály obsahujúce Li, resp. Be, B (podmienkou je stechiometrická definovanosť analyzovaných minerálov).

Nekompletnosť analýz (nestanované  $\text{H}_2\text{O}$ , F) nemožno jednoznačne hodnotiť ako nedostatok, pretože analytické stanovovanie týchto komponentov chemickou analýzou je málo presné.

Pri mineráloch s vakantnými štruktúrami prepočet koncentrácie Fe na  $\text{Fe}_2^+$  a  $\text{Fe}^{3+}$  nie je na základe výsledkov rtg mikroanalýzy jednoduchou numerickou cestou možný, a preto tu treba voliť komplikovanejšie postupy riešenia.

Recenzoval P. Jakeš

## LITERATÚRA

- Brown, E. H. 1977: The crossite content of Ca-amphibole as a guide to pressure of metamorphism. *J. Petrology*, 18, pp. 53–72.
- Cameron, M. — Papike, J. J. 1979: Amphibole crystal chemistry: A review. *Fortschr. Miner. (Stuttgart)*, 57, pp. 28–67.
- Carmichael, I. S. E. 1967: The iron-titanium oxides of salic volcanic rocks and their associated ferromagnesian silicates. *Contr. Mineral. Petrology (Berlin — New York)*, 14, pp. 36–64.
- Cawthorn, R. G. — Collerson, K. D. 1974: The recalculation of pyroxene end-member parameters and the estimation of ferrous and ferric iron content from electron microprobe analyses. *Am. Mineralogist*, 59, pp. 1203–1208.
- Clark, J. R. — Papike, J. J. 1968: Crystal-chemical characterization of omphacites. *Am. Mineralogist*, 53, pp. 840–868.
- Czamanske, G. K. — Wones, D. R. 1973: Oxidation during magmatic differentiation, Finmarka complex, Oslo area, Norway: Part 2, the mafic silicates. *J. Petrology*, 14, pp. 349–380.
- Fejdi, P. — Fejdiová, V. 1981: Chemical study of biotites from some Veporide granitoid rocks. *Geol. zbor. Slov. akad. vied*, 32, pp. 375–380.
- Foster, M. D. 1960: Interpretation of the composition of trioctahedral micas. *Geol. Surv. profess. Pap. (Washington)*, 354-B, pp. 11–49.
- Hovorka, D. — Fejdi, P. 1980: Spinel peridotite xenoliths in the West Carpathian Cenozoic alkali basalts and their tectonic significance. *Bull. volcanol.*, 43, pp. 95–106.
- Leake, B. E. 1968: A catalog of analyzed calciferous and subcalciferous amphiboles together with their nomenclature and associated minerals. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper*, 98, pp. 1–210.
- Leake, B. E. 1978: Nomenclature of amphiboles. *Mineral. Mag.*, 42, pp. 533–563.
- Levillain, C. 1979: Contribution de la spectrométrie Mössbauer et infrarouge à la caractérisation cristalochimique des micas lithiques et de siderophyllites. [Thèse de doctorat de 3<sup>e</sup> cycle.] *Manuskript — Université Paris VI*.
- Mysen, B. O. — Heier, K. S. 1972: Petrogenesis of eclogites in high grade metamorphic gneisses, exemplified by the Hareidland eclogite, Western Norway. *Contr. Mineral. Petrology (Berlin — New York)*, 36, pp. 73–94.
- Papike, J. J. — Cameron, K. L. — Baldwin, K. 1974: Amphiboles and py-



- roxenes: characterization of other than quadrilateral components and estimates of ferric iron from microprobe data. *Geol. Soc. Amer. Abstr. Progr.*, 6, pp. 1053—1054.
- Rieder, M. — Huka, M. — Kučerová, D. — Minařík, L. — Obermajer, J. — Povodra, P. 1970: Chemical composition and physical properties of lithium-iron micas from the Krušné Hory Mts. (Erzgebirge). Part A. Chemical composition. *Contr. Mineral. Petrology* (Berlin — New York), 27, pp. 131—158.
- Rieder, M. 1977: Micas: calculations of crystallochemical formulas by a FORTRAN IV computer program. *Věst. Ústř. úst. geol.*, pp. 333—342.
- Rimsaite, J. 1970: Structural formulae of oxidized and hydroxyl-deficient micas and decomposition of the hydroxyl group. *Contr. Mineral. Petrology* (Berlin — New York), 25, s. 225—240.
- Rucklidge, J. — Gasparini, E. L. 1969: Electron microprobe analytical data reduction, EMPADR VII. *Manuskript* — Department of Geology, University of Toronto.
- Stout, J. H. 1971: Phase petrology and mineral chemistry of coexisting amphiboles from Telemark, Norway. *J. Petrology*, 13, pp. 99—145.

## Electron microprobe analyses of rock minerals: possible method of $\text{Fe}^{+2}$ and $\text{Fe}^{+3}$ content estimation

PAVEL FEJDI

The aim of the paper is to be a "short course of microprobe analytical data recalculations" for mineralogists, petrologists and geochemists. Considerations required for calculations of rock forming minerals structural formulae based on electron microprobe on electron microprobe analytical data, with special regard to establishing the amount of  $\text{Fe}^{3+}$ , have been discussed. The stoichiometric relations were employed in spinel and garnet recalculation schemes; for clinopyroxenes the end-member calculations are preferred rather than stoichiometric relations.

In the case of minerals with vacant positions in their crystal structures (vacant structures), the author's scheme of charge balance calculations for triocetahedral micas (namely for biotites) with respect to  $\text{Fe}^{3+}$  content is presented. To economize analytical procedures and to suppress shortcomings due to insufficiently equipped laboratories with standards, the possibilities of computer recalculations of non-analysed or non-analysable elements are briefly commented.

*Preložil autor*

## Poznámky k nomenklatúre a klasifikácii pyroklastických a úlomkovitých uloženín

(1 obr. a 2 tab. v texte)

Doručené 15. 12. 1981

Po uverejnení nomenklatúry a klasifikácie hlbinných, výlevných a niektorých žilných eruptívnych hornín vypracovala Subkomisia IUGS pre systematiku eruptívnych hornín aj návrh na nomenklatúru a systematiku pyroklastických a úlomkovitých uloženín.

O prednostiach jednotnej a celosvetovej nomenklatúry a klasifikácie hornín nie je potrebné čitateľa presvedčovať; vyplývajú zo samotnej skutočnosti, že jednotná nomenklatúra uľahčuje sledovanie odbornej literatúry v celosvetovom meradle, a tým sa predchádza mnohým sporom pri riešení geologických problémov vyplývajúcich veľmi často len z rozdielnosti nomenklatúry a klasifikácie hornín.

Odporúčania pre vypracúvanie nomenklatúry a klasifikácie pyroklastických a úlomkovitých hornín po ich schválení v Subkomisii pre systematiku eruptívnych hornín na Geologickom kongrese v Paríži v júli 1980 uverejnil R. Schmid v *Geologische Rundschau*, roč. 1981, Bd. 70, Heft 2, s. 794—799, pod názvom: *Descriptive Nomenclature and Classification of Pyroclastic Deposits and Fragments*. Základné princípy novej nomenklatúry a klasifikácie pyroklastických uloženín predkladáme po konzultácii s Jazykovedným ústavom

L. Štúra SAV (dr. I. Masár) slovenskému čitateľovi s upozornením, že návrhy na slovenskú nomenklatúru a klasifikáciu hlbinných, výlevných a niektorých žilných hornín sú uverejnené v časopise *Mineralia slovaca*, roč. 7 (1975), 1—2, a roč. 12 (1980), 1.

### Poznámky k odporúčaným definíciám a klasifikácii

V nasledujúcich odsekoch je zdôvodnený konečný výber nomenklatúry a klasifikácie.

*Názov (termín) „pyroklast“*

Odpovede dotazníkovej akcie ukázali veľké rozdiely v šírke chápania termínu „pyroklast“ a „pyroklastická hornina“. Jedna skupina geológov, zaoberajúcich sa najmä pyroklastickými horninami, odporúča používať termín „pyroklastické uloženiny“ len pre subaerické vyvrhnutiny, uloženiny tokov a prívalov a pritom brať do úvahy priemernú veľkosť ako základ granulometrickej analýzy. Iná skupina, zložená najmä z paleovulkanológov a geológov zaoberajúcich sa len príležitostne pyroklastickými horninami, uprednostňuje

zahrnúť do termínu „pyroklastické uloženy“ tiež lahary, podpovrchové a kráterové uloženy (hyaloklastity, intruzívne a extruzívne brekie, tufové dajky, diatrémy atď.). Pretože ani skúsení vulkanológovia často nevedia spoľahlivo rozoznať špecifický pôvod vulkanoklastickej horniny priamo v teréne (t. j. odlišiť hyaloklastity od ďalších typov pyroklastických hornín), Subkomisia odporúča názov „pyroklastické uloženy“ v širšom zmysle. „Pyroklast“ definuje ako „útvár vzniknutý roztrhnutím, ako priamy<sup>1</sup> dôsledok vulkanickej aktivity“ namiesto „... vzniknutý roztrhaním počas vulkanických erupcií“, zatiaľ čo pyroklastické uloženy sú „... nahromadeniny ... pyroklastov“. Okrem toho pyroklastické uloženy môžu obsahovať do 25 obj. % epiklastických, organických, chemogénne sedimentárnych a diagenetických prímiesí. Širšie chápanie termínu „pyroklast“ nie je v rozpore s jeho významovou náplňou, pretože „pyr“ znamená oheň a „klast“ rozbitie, roztrhanie.

*Názvy (termíny) „aglomerát“ a „pyroklastická brekia“*

V súlade s návrhmi väčšiny vulkanológov sa termín „aglomerát“ používa ako pomenovanie spevnených aj nespevnených materiálov, zatiaľ čo termín „pyroklastická brekia“ pomenúva prevažne spevnený materiál (termín „brekia“ sa tradične používa pre spevnený materiál).

*Názov „tuf“*

V akej šírke môže byť termín „tuf“ definovaný? Odpoveď na túto otázku varíruje od „spevneného vulkanického popo-

la“ po „všetky spevnené pyroklastické uloženy“. Keď sa termín „tuf“ definuje širšie, môžu vzniknúť dve výhody:

1. „tuf“ by mohol byť použitý ako doplnkové označenie k termínu „tefra“.

2. Nastupujúca generácia prírodovedcov by rada nahradila termíny „pyroklastická brekia“ a „aglomerát“ názvami „blokový tuf“ a „bombový tuf“, aby sa zredukoval počet základných opisných názvov pyroklastických hornín a rada by použila pre mnohozložkové alebo málo triedené pyroklastiká termíny, ako je „popolovo-blokový tuf“, „bombovo-lapilový tuf“, ktoré už samy vysvetľujú zloženie pomenovaných hornín.

Subkomisia sa rozhodla urobiť v tomto smere len jeden krok — použiť termín „tuf“ na pomenovanie popolovo-zrnitého materiálu, ale aj „lapilový tuf“ na pomenovanie zrnitých pyroklastik.

V prípade použitia len termínu „tuf“ mal by tento termín zahŕňať len popolovo-zrnitý materiál.

### Granulometrická klasifikácia

V definíciách sú pyroklastiká charakterizované v spojení s ich ďalšími vlastnosťami na základe ich zrnitosti a „priemernej veľkosti“ ako kvantifikujúceho kritéria. Vo veľmi hrubozrnných a spevnených pyroklastických uloženiach sa „priemerná veľkosť“ zvyčajne posudzuje len makroskopicky, zatiaľ čo v nespevnenom materiáli môže byť stanovená sitovou analýzou. Keďže nejednotný postup, ktorým by bolo zjednotené meranie priemernej veľkosti, subkomisia tento termín nedefinuje.

Subkomisia vo svojom rozhodnutí o ohraničení granulometrickej veľkosti uprednostňuje rozdeliť granulometrickú škálu hodnotami 50, 2 a 0,05 alebo 0,1 mm. Pretože uvedené hodnoty nie sú párnymi

<sup>1</sup> Adjektívum „priamy“ zahŕňa autobrekie lávových prúdov, lebo lávový prúd samotný je priamym výsledkom vulkanickej činnosti a nie jej zbrekciovania.

čísлами na počítači, ktorý široko používajú sedimentológovia, boli zvolené hranice pri 64, 2 a 1/16 mm. Uvedené hodnoty však treba považovať len za predbežné, použiteľné len dovtedy, kým sa nedosiahne dohoda v granulometrickom delení sedimentárnych hornín. Len čo sa takáto dohoda v budúcnosti dosiahne, bude nevyhnutné ich upraviť tak, aby zodpovedali príslušným limitom veľkosti zrna sedimentárnych hornín.

### Genetické predpony

Názvy pyroklastických hornín uvádzané v nasledujúcej kapitole môžu byť doplnené aj ďalšími termínmi pomenúvajúcimi zvláštny spôsob ich vzniku, prípadne chemické zloženie materskej magmy, napr. „subaericky deponovaný tuf“, „sladkovodný tuf“, „laharový popolovo-lapilový tuf“, „ryolitový kryštálový tuf“, „kráterové aglomeráty“ atď. Tieto termíny môžu však byť kedykoľvek nahradené aj výslovne genetickými termínmi, ako je napr. termín „hyaloklastit“.

### Názov „epiklast“

Definície termínov „epiklast“, „epiklastická uloženína“ a „epiklastická hornina“ treba považovať len za predbežné, lebo sa vymykajú z právomoci Subkomisie. Boli zavedené len preto, aby sa odlišili pyroklasty a pyroklastické uloženiны od epiklastov a epiklastických uložení.

### Odporúčané definície a klasifikácie

#### Pyroklasty

*Pyroklasty* sú jednotlivé kryštály, úlomky kryštálov, vulkanického skla a úlomky hornín, ktoré vznikli dezintegráciou ako

priamy dôsledok vulkanickej činnosti. Ich tvary vzniknuté dezintegráciou alebo v priebehu následného transportu na miesto prvotného uloženia nesmú byť zmenené následnými premiestňovacími procesmi. V takomto prípade kryštály alebo úlomky by mali byť označované ako „prepracované pyroklasty“ alebo „epiklasty“ (v prípade, že ich pyroklastický pôvod je neistý).

*Bomba* je pyroklast s priemerom zvyčajne prevyšujúcim 64 mm. Jej tvar (elipsoidický, doskovitý alebo nepravidelný) alebo jej povrch (napr. typu „kôrka chleba“) svedčí o tom, že počas vzniku a následného transportu bola v úplne alebo v čiastočne rozstavenom stave.

*Blok* je pyroklast s priemerom väčším ako 64 mm, ktorého ostrohranný alebo poloostrohranný tvar dokumentuje, že blok počas svojho vzniku bol v pevnom stave.

*Lapily* sú pyroklasty akéhokoľvek tvaru, ktorých priemery sú v medziach 2–64 mm.

*Popolové zrná* sú pyroklasty s priemerom menším ako 2 mm.

*Prachové zrná* (alebo drobné popolové zrná) sú pyroklasty s priemerom menším ako 1/16 mm.

### Pyroklastické uloženiны: základné pojmy

*Pyroklastické uloženiны* (pyroklastiká) zahŕňajú spevnené aj nespevnené spoločenstvo pyroklastov. Musia obsahovať viac ako 75 obj. % pyroklastov.<sup>2</sup>

*Pyroklastické horniы*<sup>3</sup> sú prevažne

<sup>2</sup> Upozorňujeme čitateľov, že v návrhu Subkomisie pyroklastické uloženiны odpovedajú niekdajším tufom. Podľa zvyklostí u nás do skupiny pyroklastických hornín (uloženíны) sa zvyčajne zaraďovali aj tufity; tie do skupiny pyroklastických uloženíны nepatria, ale tvoria samostatnú skupinu (pozri ďalej).

<sup>3</sup> I napriek tomu, že v publikovanom origináli návrhu pri pyroklastických horninách nebol použitý alternatívny termín pyroklastiká, jeho ďalšie používanie aj v tomto význame je možné.

spevnené pyroklastické uloženy.

Tefra je zhŕňajúci názov prevažne nespevnených pyroklastických uložení.

*Pyroklastické uloženy: unimodálne a dobre vytriedené pyroklastické uloženy (tab. 1, obr. 1)*

*Pyroklastická brekcia* je pyroklastická hornina, v ktorej priemerná veľkosť pyroklastov presahuje 64 mm; prevládajú v nej ostrohranné pyroklasty.

*Aglomerát* je pyroklastická hornina alebo uložena, v ktorej priemerná veľkosť pyroklastov presahuje 64 mm; prevládajú v nej zaoblené pyroklasty.

*Lapilový tuf* je pyroklastická hornina, v ktorej sa priemerná veľkosť pyroklastov pohybuje v rozpätí 2—64 mm.

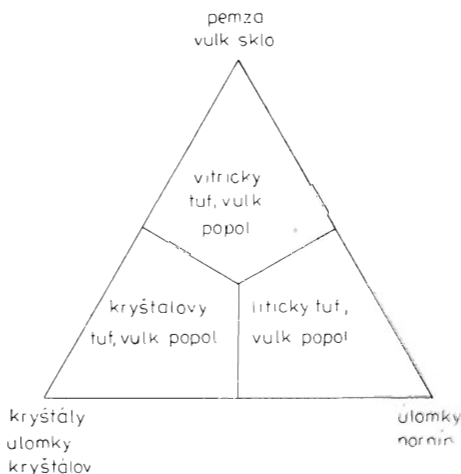
*Popolový tuf* (alebo tuf)<sup>4</sup> je pyroklastická hornina, v ktorej priemerná veľkosť pyroklastov je menšia ako 2 mm.

*Prachový tuf* (alebo jemnozrnný popolový tuf) je pyroklastická hornina, v ktorej priemerná veľkosť pyroklastov je menšia ako 1/16 mm.

*Polymodálne alebo slabo vytriedené pyroklastické horniny*

Ak takéto horniny obsahujú viac ako jednu prevládajúcu zrnitosťnú frakciu, mali by byť označované vhodnou kombináciou termínov uvedených v tabuľke 1, t. j.

*popolovo-lapilový tuf* (lapily > popol)



Obr. 1. Klasifikácia tufov

*Granulometrická klasifikácia pyroklastov a unimodálnych dobre triedených pyroklastických uložení*

Tab. 1

| Veľkosť<br>úomkov | Pyroklasty                                          | Pyroklastické uloženy                                     |                                                         |
|-------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|                   |                                                     | prevažne nespevnené: tefra                                | prevažne spevnené: pyroklastické horniny                |
| 64 mm             | bomba<br>blok                                       | aglomerát<br>vrstva blokov<br>alebo bômb<br>bloková tefra | aglomerát<br>pyroklastická<br>brekcia                   |
|                   | lapila                                              | vrstva lapíl<br>alebo<br>lapilová tefra                   | lapilový tuf                                            |
| 2 mm              | hrubé popolové<br>zrno                              | hrubozrnný popol                                          | hrubozrnný<br>(popolový) tuf                            |
| 1/16 mm           | -----<br>drobné popolové<br>zrno (prachové<br>zrno) | -----<br>jemnozrnný popol                                 | -----<br>jemnozrnný<br>(popolový) tuf<br>(prachový tuf) |

## Pomenovanie pyroklastík, tufitov a epiklastík

Tab. 2

| Pyroklastiká <sup>1</sup>                        | Tufity<br>(zmiešané pyroklasticko-epiklastické) | Epiklastiká<br>(vulkanické<br>a/alebo<br>nevulkanické) | Priemerná<br>veľkosť<br>úlokov<br>v mm       |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| aglomerát, aglomerátová<br>pyroklastická brekcia | tufitický konglomerát,<br>tufitická brekcia     | konglomerát<br>brekcia                                 | 64 mm                                        |
| lapilový tuf                                     |                                                 |                                                        | 2 mm                                         |
| hrubozrnný                                       | tufitický pieskovec                             | pieskovec                                              | 1/16 mm                                      |
| (popol) tuf                                      | tufitický prachovec                             | prachovec                                              | 1/256 mm                                     |
| jemnozrnný                                       |                                                 |                                                        |                                              |
|                                                  | tufitický ílovec                                | ílovec<br>bridlica                                     |                                              |
| 100 ‰                                            | 75 ‰                                            | 25 ‰                                                   | 0 ‰<br>(obsahu<br>pyroklastov)               |
| 0 ‰                                              | 25 ‰                                            | 75 ‰                                                   | 100 ‰<br>(obsahu<br>epiklastov) <sup>2</sup> |

<sup>1</sup> označenie podľa tabuľky 1<sup>2</sup> malé množstvo biogénnych, chemogénno-sedimentárnych a autigénnych zložiek

*lapilovo-popolový tuf* (popol > lapily)  
*lapilová tufobrekcia*, resp. aglomerát  
 (popol ~ bloky/bomby)  
*popolovo-lapilová tufobrekcia*, resp. aglo-  
 merát (lapily ~ prach ~ bloky/bomby)

*Epiklastické uložieniny*

*Epiklasty* sú kryštály, úlomky kryštálov,

vulkanického skla a úlomky hornín, ktoré vznikli dezintegráciou všetkých typov pre-existujúcich hornín (vulkanických i nevulkanických) zvetrávaním alebo eróziou a boli transportované z miesta svojho vzniku gravitáciou, vzduchom, vodou a ľadom.

*Epiklastická uložienina*<sup>5</sup> je spevnený i nespевnený agregát epiklastov.

— *Epiklastická hornina* je prevažne spevnená epiklastická uložienina.

<sup>4</sup> Subkomisia odporučila pre túto zrnitosťnú kategóriu označenia *tuf* (alebo *popolový tuf*). V dôsledku komplikácií, ktoré vznikajú spájaním označení pre dve zrnitosťné triedy pyroklastických uložení, odporúčame používanie označenia hornín tejto skupiny vo forme *popolový tuf* (alebo *tuf*).

<sup>5</sup> Podľa analógie s termínom pyroklastiká, ako alternatívny termín pre epiklastické uložieniny a epiklastické horniny, a to najmä v hovorenom prejave, možno používať aj označenie epiklastiká.

*Zmiešané pyroklasticko-epiklastické horniny*

— *Tufity* sú horniny zložené zo zmesi pyroklastov a epiklastov (< 75 ‰ pyroklastov, < 75 ‰ epiklastov; obj. ‰).

## ZO ŽIVOTA SPOLOČNOSTI

## Seminár Genetická interpretácia textúr a štruktúr rúd

Z poverenia Československej komisie pre rudnú mikroskopiu usporiadal Geologický prieskum, n. p. v Spišskej Novej Vsi v spolupráci so závodnou pobočkou ČSVTS, Katedrou nerastných surovín a Katedrou geochémie a mineralógie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave v dňoch 21. 9.—23. 9. 1981 v hoteli Flóra na Čingove vedecký seminár Genetická interpretácia textúr a štruktúr rúd. Súčasťou seminára bola exkurzia na ložiská Rudňany, Hnilec-Medvedí potok, Smolník a Novoveská Huta. Patronát nad seminárom prevzal podnikový riaditeľ Geologického prieskumu, n. p., Ing. Ján Bartalský, CSC.

Cieľom seminára bolo oboznámiť sa so zložitou interpretáciou výsledkov štúdiá textúrnych a štruktúrnych znakov rudnej mineralizácie pri riešení genézy ložísk nerastných surovín, ako aj praktických otázok pri vyhľadávaní, prieskume, ťažbe a technologickej úprave a spracúvaní nerastných surovín.

Na seminári bolo 29 referátov a zúčastnilo sa na ňom 55 odborníkov z rozličných pracovísk a škôl celej našej vlasti a 14 vedec-kých pracovníkov a špecialistov zo ZSSR, MLR a PĽR.

Úvodné referáty venovali pozornosť otázkam vývoja názorov na pojmy textúra a štruktúra a problému ich praktického využitia (B. Fojt — M. Češková, UJEP Brno), významu ich štúdiá pri riešení teoretických a praktických problémov pri vyhľadávaní a prieskume ložísk nerastných surovín (T. N. Šadlun, IGEM Moskva), možnostiam použitia mikrosondy (J. S. Borodajev, MGU Moskva) a elektrónového mikroskopu (S. Kipikašová — G. Kminiaková, Vsl. múzeum Košice) pri štúdiu mikrotextúr a submikroskopických štruktúr.

Prevažná väčšina referátov sa dotýkala bádania textúr a štruktúr rúd ložísk rozličnej genézy, ale hlavne hydrotermálnych a pyritových stratiformných ložísk. Problému pluto-génnych hydrotermálnych ložísk Sn, U, Au, Cu, Ni—Co a Sb venoval pozornosť C. Varček (PFUK, Bratislava), G. Vlčeková (PFUK Bratislava, V. A. Kovalenker — A. G. Genkin (IGEM Moskva) a P. Kašpar — R. A. Vinogradovová (PřFUK Praha, MGU Moskva). Námetovo zaujímavé predstavy o modeli vzniku zrastov Bi a bizmutínu predniesol M. Štemprok (ÚUG Praha). Problematikou subvulkanických ložísk Fe, Cu, Pb, Zn a Au sa zaoberal S. A. Galij (AV USSR Kijev), M. Koděra, M. Böhmer a J. Miškovice (PFUK

Bratislava), R. Ďuda (GP Košice) a L. Rojkovičová (GÚDS Bratislava). Veľmi zaujímavé závery z výskumu stratiformných hornosliezskych Pb—Zn ložísk dokumentovali M. Sassová-Gustkiewiczová (AGH, Krakov).

Samostatný blok predstavovali referáty o štruktúrach a textúrach stratiformných ložísk pyritovej a pyritovo-polymetalickej formácie zahraničných aj našich ložísk (E. G. Distanov — K. P. Kovalev, SO AN ZSSR Novosibirsk, T. N. Šadlun, IGEM Moskva, M. Banaš a kol., AGH Krakov, Z. Pertold, PřFKU Praha, B. Fojt et al., UJEP Brno, J. Ilavský, GÚDS Bratislava, J. Hurný, GP Spišská Nová Ves).

Štruktúrami a textúrami magmatických likvačných rúd sa zaoberal V. V. Distler — A. A. Filimonovová (IGEM Moskva), stratiformných U ložísk I. Rojkovič (GÚ SAV Bratislava), stratiformných Sn ložísk K. Moch-nacka (AGH Krakov), oxidačných zón Cu ložísk T. Řídkošil (PřF KU Praha), zvetrávacích bauxitových ložísk Maďarska A. Mindszenty (Eotvös L. Tudományegyetem Budapest) a rozličných technologických typov Fe rúd J. Mojžíšek (VÚHŽ Dobrá).

Organizačný výbor seminára vydal tézy referátov a pripravuje vydanie zborníka.

Prednesené referáty v plnom rozsahu poukázali na mimoriadnu aktuálnosť, ale aj zložitú prerokúvanú problematiku.

Z oficiálnych a neoficiálnych diskusií vyplynulo, že sa pri štúdiu štruktúr a textúr ešte stále kladie oveľa väčší dôraz na ich deskriptívny opis a klasifikáciu a zanedbáva sa ich genetická interpretácia. Práve ona sa musí stať jedným z hlavných cieľov ich štúdiá a musí sa patrične využívať pri stanovovaní genézy rudných ložísk, pri ich vyhľadávaní, prieskume a technologickom spracúvaní.

Aj z referátov vyplynula dosť veľká nejednotnosť v používanej terminológii, napr. pri označovaní jednotlivých typov textúr a štruktúr rúd (mega-, makro-, mikro-, submikro-štruktúry), pri rozdeľovaní časového aj paragenetického členenia rudotvorného procesu atď.

V záveroch seminára sa odporučilo, aby ČS. komisia pre rudnú mikroskopiu zostavila skupinu, ktorá by rozpracovala a na rokovaní II. cyklického mineralogického seminára navrhla jednotnú terminológiu vo forme Atlasu textúr a štruktúr rúd, a to tak v slovenčine, ako aj v češtine.

M. Háber

## S Ů H R N N Ý R E F E R Á T

### Inžinierskogeologické hodnotenie horninového prostredia

MILAN MATULA, RUDOLF ONDRÁŠIK

Katedra inžinierskej geológie PFUK, Zadunajská 15, 811 00 Bratislava

(4 obr. a 3 tab. v texte)

Doručené 26. 10. 1981

#### Инженерно-геологическая оценка горной среды

Формой общего отчета приведены самые важные результаты исследования горной среды в Чехословакии, полученные в инженерно-геологических отделах вузов и Чехословацкой Академии Наук в гг. 1976—1980. Среди них выделяется разработка методологических принципов инженерно-геологической оценки горной среды на основе геолого-генетического и системного подхода, предложения рационализации и унификации методов исследования и разведки и также результаты систематического исследования основных свойств метаморфических пород Словакии и лессов Трнавской возвышенности.

#### Engineering geological evaluation of the rock environment

This general report presents the most important results of the rock environment research carried out at engineering geological departments of Czechoslovak universities and the Czechoslovak Academy of Sciences in the years 1976—1980. A special comment concerns the methodological principles of the engineering geological evaluation of rock environment according to geological-genetic and systems approaches, proposals for rationalization and unification of research and investigation methods and finally the results of a systemic research of the principal properties of metamorphic rocks from Slovakia and loess from Trnavská pahorkatina (hilland).

Horninové prostredie je objektom bádania mnohých vedných disciplín. Na rozdiel od iných vied sú predmetom inžinierskogeologického výskumu hornín najmä geolo-

gické charakteristiky v ich vzťahu s fyzikálno-technickými vlastnosťami hornín, s ich správaním v spolupôsobení so stavbami, ako aj s technologickými charakte-



ristikami ich spracúvania (tab. 1). Ony rozhodujú o spôsobe sadania stavieb, o stábilite svahov, o filtračnom úniku vody z nádrží, o stálosti kvality stavebno-dekoračného kameňa, o raziteľnosti hornín pri tunelovaní, o obrúsiteľnosti kamennej dlažby, ako aj o rade iných otázok, ktoré inžinierska geológia musí objasňovať v záujme úspešnosti ľudských zásahov do horninového prostredia.

### Hlavné smery výskumu horninového prostredia

V súlade s potrebami praxe sa výskum zameral na tri hlavné okruhy problémov: 1. rozpracúvanie základných prístupov hodnotenia horninového prostredia; 2. racionalizácia a unifikácia metód zisťovania dôležitých charakteristík horninového prostredia a ich hodnotenia; 3. systematický výskum vlastností horninového prostredia a ich inžinierskogeologické hodnotenie.

1. Pri hodnotení horninového prostredia sa vychádza z predpokladu, že všetky vlastnosti hornín navzájom súvisia a formovali sa v úzkej závislosti od rozličných procesov ich vzniku a postgenetického vývoja. Preto je geologicko-genetický prístup základným princípom inžinierskogeologického hodnotenia horninového prostredia. Z početných geologických atribútov vyberáme len tie, ktoré podstatným spôsobom a najbezprostrednejšie ovplyvňujú sledované fyzikálno-technické charakteristiky, teda v prvom rade mechanické vlastnosti. Informáciu o mnohých aspektoch fyzikálno-technických vlastností obsahuje litologický názov horniny; ďalším dôležitým atribútom je aj minerálne zloženie, charakter a stupeň postgenetických premien hornín, ich štruktúrne textúrne vlastnosti, ale najmä charakter a pevnosť väzieb medzi štruktúrnymi

prvkami hornín. Aj keď charakteristiky, ako je vek, stratigrafická alebo regionálna príslušnosť horniny, poskytujú mimoriadne cenné informácie na interpretačné operácie, v inžinierskej geológii ich nepokladáme za základné atribúty.

Jednotlivé litologické typy majú charakteristické fyzikálno-technické vlastnosti, ako to dokumentujú napr. moduly deformácie rozličných typov hornín na obr. 1.

Charakteristické sú zmeny zloženia litologických typov hornín a zmeny fyzikálno-technických vlastností pri ich premene v rozličných štádiách petrogenézy. Ako príklad uvádzame zmeny zloženia a modulu deformácie andezitov v rozličných štádiách petrogenézy (obr. 2).

Podobne sa dajú zostaviť vzťahy medzi stupňom premien a fyzikálnymi vlastnosťami hornín, ako to napr. pre stupeň zvetrania stredoslovenských pyroxenických andezitov dokumentuje tab. 2.

Genetický prístup sa netýka iba hornín ako horninového materiálu, ale aj horninových masívov. Napr. profil kôry zvetrania na obr. 3 je charakteristický pre andezity. Podobne existuje závislosť medzi štruktúrou a litologickým zložením hornín, ako to dokumentujú výsledky regionálneho výskumu typov blokovitosti masívov rozličných hornín (obr. 4).

Genetický prístup je najdôležitejší v prvých etapách prieskumu, keď sú poznatky o masíve iba všeobecné, ale nestráca význam ani v ďalších etapách prieskumu, keď sa vyčleňujú rovnorodé celky a zisťujú charakteristiky ich fyzikálno-technických vlastností (Ondrášik — Trávníček — Wagner in Inžinierskogeologické..., 1980, s. 145—195).

Všade, kde sa moderná veda pri komplexnom štúdiu najrozmanitejších prírodných a sociálnych javov stretáva s ťažkosťami vyplývajúcimi z ich zložitosti, sa veľmi výhodne používa systémový prístup.

V systémovom skúmaní sa analyzovaný

*Najdôležitejšie charakteristiky horninového prostredia*  
*Main rock environment characteristics*

Tab. 1

| Charakteristika<br>+ len skalných hornín<br>* len zemín |                                                                                                        | Metóda zisťovania                                                                                              |                                                              |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                                                         |                                                                                                        | v teréne                                                                                                       | v laboratóriu                                                |
| 1                                                       | 2                                                                                                      | 3                                                                                                              | 4                                                            |
| Látkové                                                 | Litologický typ horniny                                                                                | Opisom                                                                                                         | Mikroskopovanie,<br>chemické analýzy<br>a i.                 |
|                                                         | Minerálne zloženie horniny                                                                             | Opisom                                                                                                         | Mikroskopovanie,<br>chemické analýzy<br>a i.                 |
|                                                         | Charakter a stupeň premien                                                                             | Opisom                                                                                                         | Mikroskopovanie,<br>chemické analýzy<br>a i.                 |
|                                                         | Charakter vody (najmä jej<br>agresivity)<br>Charakter plynu                                            |                                                                                                                | Chemické analýzy<br><br>Chemické analýzy                     |
| Strukturné                                              | Tektonické a úložné pomery                                                                             | Opisom, meraním                                                                                                | Výpočtom /1                                                  |
|                                                         | Dutinovitost<br>+Puklinovitost<br>Pórovitosť (aj +mikrotrhlinovitost)<br>Zrnitost                      | Opisom, meraním<br>Opisom, meraním<br>Opisom, meraním                                                          |                                                              |
|                                                         | Blokovitosť                                                                                            | Opisom                                                                                                         | Meraním, *sitami<br>a *hustomerom                            |
|                                                         | Vzájomné usporiadanie zŕn<br>a blokov<br>+Rozvoľnenosť<br>*Utláhanosť<br>Charakter väzieb zŕn a blokov | Opisom, meraním<br>fotogrametricky<br>Opisom a meraním<br><br>Opisom a meraním<br>Penetračné, SPT /2<br>Opisom | Opisom a meraním,<br>mikroskopovanie                         |
|                                                         | Nerovnorodosť a anizotropia                                                                            | Opisom a meraním                                                                                               | Opisom,<br>mikroskopovaním<br>Opisom, meraním<br>výpočtom /1 |
|                                                         | Reliéf                                                                                                 | Opisom a geodetickým<br>meraním                                                                                |                                                              |
|                                                         | Úroveň hladiny                                                                                         | Meraním                                                                                                        |                                                              |
|                                                         | Zvodnenie                                                                                              | Opisom, meraním,<br>čerpacími skúškami                                                                         |                                                              |
|                                                         | Obsah plynov<br>Vlhkosť<br>+Nasiakavosť<br>Stupeň nasýtenia vodou                                      | Opisom, meraním                                                                                                | Meraním /1<br>Meraním /1<br>Meraním /1                       |
|                                                         | Medza tekutosti a plasticity                                                                           |                                                                                                                | Meraním /1                                                   |
|                                                         | Merná hmotnosť                                                                                         |                                                                                                                | Meraním /1                                                   |
|                                                         | Objemová hmotnosť                                                                                      | *Kalibrovaným<br>pieskom, balónmi,<br>radiometricky                                                            | Meraním /1                                                   |
| Filtračné                                               | Priepustnosť na vodu                                                                                   | Nalievacie, čerpacie,<br>tlakové skúšky                                                                        | Priepustomerom,<br>oedometrom (triaxiál)                     |
|                                                         | Priepustnosť na vzduch<br>Smer a rýchlosť prúdenia vody                                                | Merania, farbiace,<br>izotopové a i. skúšky                                                                    | +Vzdušným<br>priepustomerom                                  |

1. pokračovanie tab. 1

| 1                           | 2                                                                                                                                                                                         | 3                                                                                                                                                                            | 4                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pevnostné                   | +Pevnosť v prostom tlaku<br>+Pevnosť v ťahu<br><br>Súdržnosť a uhol trenia<br><br>+Tvrdosť dynamická<br><br>+Tvrdosť statická                                                             | Point load test /2, /3<br><br>Šmykové skúšky,<br>zaťažovacia skúška /1<br>Schmidtovým<br>kladivom /1, /2                                                                     | Skúška v lise /1<br>Priamy a nepriamy<br>ťah /2<br>brazílska /1<br>Triaxiálne šmykové<br>+strihové skúšky /1<br>Schmidtovým<br>kladivom /1, /2<br>skleroskopom<br>Kužeľová /2,<br>razníková (Šrajner) /2 |
| Deformačné                  | Statické moduly<br><br>Dynamické moduly<br>*Stlačiteľnosť<br>Napätosť                                                                                                                     | Zaťažovacie dosky, /1<br>ploché lisy, radiálne<br>zaťažovacie skúšky /1,<br>presiométrie<br>Geoseizmické merania<br><br>Obvrtávanie /1,<br>kompenzačná /1<br>ploché lisy /1, | Skúška v lise<br><br><br>Oedometrická                                                                                                                                                                    |
| Stálostné                   | Koeficient zmäkčenia<br>Koeficient namrzavosti<br>Chemická odolnosť<br>Kašovitosť, rozpadavosť<br>Napučavosť a zmražiteľnosť<br>Dlhodobé pretváranie, creep                               |                                                                                                                                                                              | Cykly nasýtenia<br>Cykly vymrazovania<br>Chemické skúšky<br>Skúšky /1<br>Skúšky /1<br>Špeciálne lisy                                                                                                     |
| Technologické               | Rozpojiteľnosť (vítateľnosť, plu-<br>hovateľnosť, rýpateľnosť, drvi-<br>teľnosť, rezný odpor)<br>+Obrusnosť<br>+Otváracosť<br>Zhutniteľnosť<br>Odpor proti penetrácii<br>Injektovateľnosť | Opisom, skúškami<br><br>Skúšky zhutniteľnosti<br>Penetračné skúšky<br>Injekčné pokusy                                                                                        | Los Angeles /1<br>Deralov bubon a i.<br>*Proctor                                                                                                                                                         |
| Optic-<br>ké                | Farba<br>Polarizácia a i.                                                                                                                                                                 | Opisom                                                                                                                                                                       | Opisom,<br>mikroskopovaním                                                                                                                                                                               |
| Gravi-<br>metrické          | Merná tiaž<br><br>Objemová tiaž<br>Tiažové zrýchlenie                                                                                                                                     | Gravimetrickou<br>geofyzikou                                                                                                                                                 | Výpočtom, meraním                                                                                                                                                                                        |
| Elektro-<br>magne-<br>tické | Elektrický odpor<br>Koeficient absorpcie<br><br>Susceptibilita                                                                                                                            | Odporovou a mag-<br>netometrickou<br>geofyzikou                                                                                                                              | Meraním                                                                                                                                                                                                  |
| Seizmo-<br>akus-<br>tické   | Objemový akustický odpor<br><br>Rýchlosť šírenia akustických vln                                                                                                                          | Seizmickou geofyzikou                                                                                                                                                        | Seizmoakustické<br>merania<br>ultrazvukom /2, /3                                                                                                                                                         |

## 2. pokračovanie tab. 1

| 1             | 2                                                          | 3                         | 4       |
|---------------|------------------------------------------------------------|---------------------------|---------|
| Termické      | Tepelná vodivosť<br>Tepelná kapacita<br>Geotermický stupeň | Termickou geofyzikou      | Meraním |
| Rádiometrické | Expozičná rýchlosť<br>Expozičná výdatnosť                  | Rádiometrickou geofyzikou | Meraním |

/1 — štandardizované medzinárodné odporúčania (ISRM)

/2 — expresné — rýchle metódy

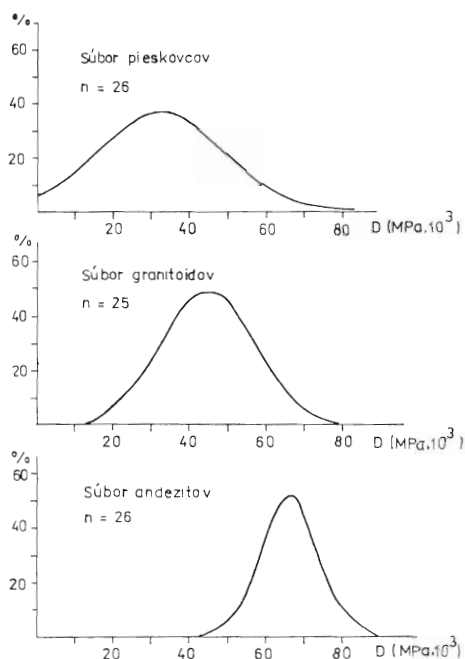
objekt chápe ako istá množina prvkov (subsystémov), ktorých vzájomná súvislosť a interakcia podmieňujú vlastnosti aj celkový charakter tejto množiny. Nie sú teda v prvom rade vnútorné vlastnosti samotných prvkov vytvárajúcich systém, ale predovšetkým sieť ich vzájomných vzťahov a väzieb, ktoré tvoria organizáciu celku — štruktúru systému.

Systémová teória je dnes už dosť dobre rozpracovaná a jej metodologické princípy i metodické postupy majú veľký význam pre rozvoj špeciálnych vied. Systémový prístup, ktorý sa realizuje v systémovej analýze, možno veľmi racionálne využiť aj v štúdiu horninového prostredia.

Na princípoch systémového prístupu rozpracovali na Katedre inžinierskej geológie v Bratislave metodologické základy riešenia výskumu hornín a horninových masívov tak, aby bolo možno pravdivo a výstižne opisovať rôznorodé vlastnosti hornín a podávať ich kvantitatívne vyjadrené zhodnotenie čo najviac použiteľné na exaktné prognózy rozličných prejavov správania hornín. Na rovnakých princípoch v spolupráci s Katedrou inžinierskej geológie Moskovskej štátnej univerzity vypracovali taxonomickú klasifikáciu masívov skalných a poloskalných hornín (Matula in Inžinierskogeologické..., 1981,

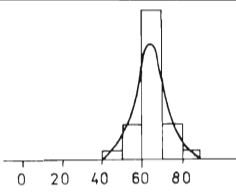
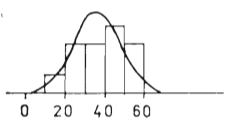
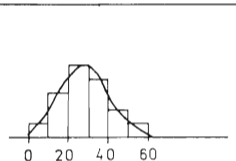
s. 3—22).

## 2. Podmienkou úspešného inžiniersko-



Obr. 1. Krivky početnosti zostavené z hodnôt modulu deformácie pieskovcov, granitoidov a andezitov (podľa Wagnera — Boroša in Ondrášik et al., 1978, príl. 3)

Fig. 1. Histograms of deformation moduli of sandstones, granites and andesites (according to Wágner — Boroš in Ondrášik et al., 1978)

| Krivka počtosti hodnôt modulu deformácie<br>D (MPa · 10 <sup>3</sup> )           | Typ<br>horniny                                                | Hlavné<br>minerály                                                                                                                 | Štruktúra                                                                                                                 | Štruktúrne<br>vzťahy                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | N<br>Pyroxenicko-<br>amfibolický<br>andezit                   | Plagioklas,<br>pyroxén, amfi-<br>bol, olivín,<br>biotit. Vulká-<br>nické sklo                                                      | Jemnoporfyrická,<br>hyalopilitická<br>až pilotaxitická<br>základná hmota,<br>výrastlice<br>do 2 mm                        | Veľmi pevné<br>kryštalizačné                                                                                             |
|  | A<br>Autometamor-<br>fovaný andezit                           | Plagioklas,<br>amfibol, pyro-<br>xén, granáty.<br>Rozložené vul-<br>kanické sklo                                                   | Stredno- až<br>hruboporfy-<br>rická hyalo-<br>pilitická gra-<br>nulovaná zá-<br>kladná hmota,<br>výrastlice<br>10 - 20 mm | Kryštalizačné,<br>oslabené re-<br>kryštalizáciou,<br>granuláciou<br>a zvýšenou pó-<br>rovitosťou                         |
|  | P<br>Postvulka-<br>nicky preme-<br>nený andezit<br>(propylit) | Plagioklas,<br>pyroxén, amfi-<br>bol, biotit.<br>Silne rozlože-<br>né vulkanické<br>sklo. Sericit,<br>chlorit, epi-<br>dot, zeolit | Jemnoporfy-<br>rická, pilotax-<br>itická a inter-<br>sertálna zá-<br>kladná hmota,<br>výrastlice do<br>1 - 2 mm           | Kryštalizačné,<br>oslabené re-<br>kryštalizáciou,<br>zvýšeným obsa-<br>hom sekundár-<br>nych mineralov<br>a pórovitosťou |

Obr. 2. Zmeny zloženia a modulu deformácie andezitov v rozličných štádiách petrogenézy (podľa Matulu — Hyánkovej, 1976)

Fig. 2. Changes in composition and values of deformation moduli of andesites in various stages of their petrogenetic development

geologického hodnotenia horninového prostredia je získanie komplexných geologických, fyzikálno-technických a technologických charakteristík. Na to používame kombináciu metód výskumu (tab. 3).

Osobitné problémy vznikajú v súvislosti so spôsobom zisťovania najdôležitejších fyzikálno-technických vlastností, najmä pevnostných, deformačných, filtračných a stálostných. Tzv. klasické laboratórne skúšky deformability alebo pevnosti v tlaku a v ťahu na veľmi presne opracovaných vzorkách v lisoch sú nielen veľmi prácne, ale aj zdĺhavé a nákladné. V oveľa väčšej miere to, prirodzene, platí ešte o zložitejších poľných metódach, ako je napr. zafažovacia, šmyková skúška, deformačná skúška v štólňi a pod. Preto sa

otázka racionalizácie skúšobných metód a techník stala jednou z najaktuálnejších v mechanike hornín aj v inžinierskej geológii.

Racionálnosť a technicko-ekonomická efektívnosť prieskumných prác závisí od (Matula in Inžinierskogeologické ..., 1980, s. 7—12):

a) správneho výberu obmedzeného počtu parametrov charakterizujúcich vlastnosti horninového prostredia do takej miery, že možno s úspechom riešiť otázky vyplývajúce z účelu prieskumného stupňa projektovej prípravy;

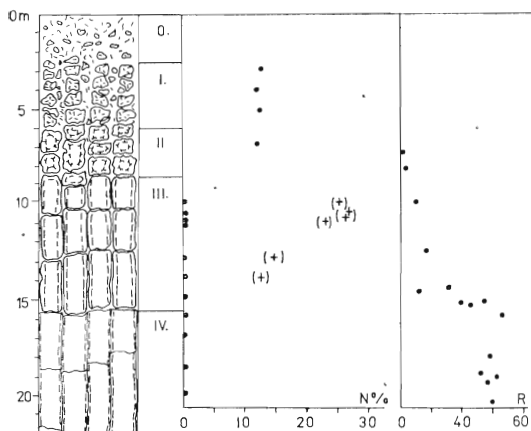
b) správneho využitia jednoduchých, lacných a rýchlych metód zisťovania týchto vlastností hornín;

c) účelnejšieho spôsobu operácií so získa-

*Vzťah stupňa zvetrania a vlastností stredoslovenských andezitov*  
 (podľa Ondrášika, 1976, 1979)  
*Relationship of the weathering degree and some physico-technical properties*  
*of Middle Slovakian andesites (according to Ondrášik, 1976, 1979)*

Tab. 2

| Stupeň zvetrania    | Makroskopický vzhľad a farba                                                                                                                | Objemová hmotnosť (g . cm <sup>-3</sup> ) | Pórovitosť n (%) | Váhová nasiakavosť n (%) | Rýchlosť ultrazvuku v (m . s <sup>-1</sup> ) | Pevnosť v prostom tlaku f (MPa) | Modul pretvárnosti E (GPa) |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------|--------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Nezvetrané          | Tmavosivá farba, svetlosivé živce so skleným leskom, čierne pyroxény, lesklé, veľmi ťažko sa rozbíja kladivom                               | 2,65—2,7                                  | 0,4—3            | 0,2—1                    | 4250—5100                                    | 150—300                         | 45—90                      |
| Čiastočne navetrané | Sivá farba s hrdzavým povlakom po puklinách, špinavobiele živce s matným leskom, čierne pyroxény s matným leskom, ťažko sa rozbíja kladivom | 2,5 —2,65                                 | 3—6              | 1—2,5                    | 3750—4250                                    | 100—150                         | 30—45                      |
| Slabo zvetrané      | Hrdzavosivá farba, špinavobiele živce s matným až zemitým leskom, hnedočierne pyroxény zemitého lesku, ťažko sa rozbíja kladivom            | 2,3 —2,5                                  | 6—12             | 2,5—5                    | 3000—3750                                    | 60—100                          | 20—30                      |
| Intenzívne zvetrané | Sivohrdzavá alebo sivá farba, špinavobiele alebo hrdzavé zemité živce, hrdzavé zemité pyroxény, láme sa v ruke                              | 2,0 —2,3                                  | 12—24            | 5—10                     |                                              |                                 |                            |
| Úplne zvetrané      | Hnedosivá farba, z pôvodnej horniny zachovaná iba štruktúra, všetky minerály rozložené, láme sa v prstoch                                   | 1,5 —2,0                                  | 24—45            | 10—30                    |                                              |                                 |                            |



Obr. 3. Grafická dokumentácia časti steny kameňolomu s ukazovateľmi stupňa zvetrania pyroxenického andezitu

N — hmotnostná nasiakavosť, R — odrazová výška Schmidtovho odrazového kladiva typu M (v zátvorkách sú hodnoty zvetraného obalu balvanov), O — prachovitá hrdzavohnedá hliina s úlomkami intenzívne až úplne zvetraného andezitu — horizont reziduálnych hlien, I — úplne zvetrané svetlosivé a hrdzavé úlomky andezitu (3—10 cm) s hlinitou výplňou — horizont úplného zvetrania, II — intenzívne zvetrané hrdzavé úlomky andezitu (5—10 cm) s jadrami iba čiastočne nezvetranými — horizont intenzívneho zvetrania, III — balvany slabo zvetraného tmavosivého andezitu (50—70 cm) s intenzívne až úplne zvetraným obalom mocnosti 1—10 cm — horizont slabého zvetrania, IV — tmavosivý andezit so stĺpcovitou odlučnosťou čiastočne navetraný iba pozdĺž puklín — horizont čiastočného navetrania

Fig. 3. Graphic documentation of a quarry wall showing the degree of weathering of pyroxene andesites

N — absorption (by weight), R — rebound hardness by Schmidt's hammer, type M (in parentheses are stated the values of weathered boulder coatings), O — silty loam of rusty brown colour, with fragments of intensely to completely weathered andesite — horizon of residual soil, I — light grey and rusty fragments of andesite (3—10 cm), completely weathered, with fillings of loam — completely weathered horizon, II — rusty fragments of andesite (5—10 cm), intensely weathered, with slightly weathered cores — intensely weathered horizon, III — boulders of moderately weathered andesite, dark grey colour, 50—70 cm, with intensely to completely weathered coating, 1—10 cm in thickness — moderately weathered horizon, IV — dark

brown andesite, columnar cleavage, slightly weathered along joints — slightly weathered horizon

nými dátami pri ich zhromažďovaní a spracúvaní.

Výber najvhodnejších postupov pri získavaní charakteristík vlastností hornín závisí najmä od toho, aká stránka povahy horninového prostredia sa chce poznať, s akou podrobnosťou a do akej hĺbky sa plánuje a môže skúmať, aký čas a prostriedky sú k dispozícii atď., t. j. od typu technického diela a stupňa jeho projekcie. Rozhodujúci vplyv pritom majú aj miestne geologické pomery (t. j. zložitosť systému, ktorého parametre treba analyzovať).

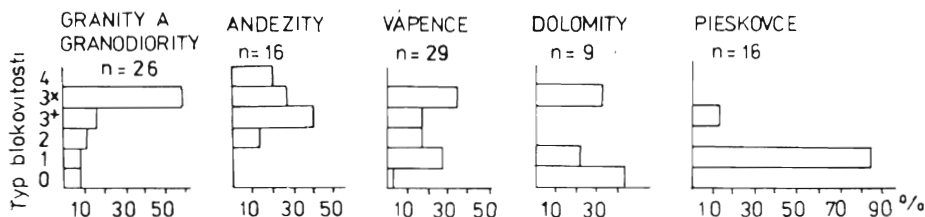
Všeobecne sa uprednostňuje terénny prieskum pred laboratórnymi metódami. Ale je to odôvodnené a správne iba potiaľ, pokiaľ sa pod terénnym prieskumom nerozumejú len veľmi náročné skúšky, tzv. skúšky in situ klasického typu (zaťažovacie, šmykové, čerpacie a i.). Terénny výskum zahŕňa:

a) Veľmi dôkladné terénne pozorovania, meranie a mapovanie (a to je vôbec najefektívnejšia metóda poznávania prirodzenej povahy horninových masívov, bez ktorej ani tie najdokonalejšie skúšky in situ nemožno správne navrhnuť a interpretovať);

b) dôkladné a komplexné hodnotenie vrstev a iných umelých odkryvov;

c) cieľavedomé použitie expresných a nepriamych metód (vrátane geofyzikálnych) poskytujúcich priestorovo vhodné rozložené množstvo indexových charakteristík, ktoré výstižne (aj keď nepriamo, na základe korelácií) osvetľujú povahu pevnosti, stlačiteľnosti či nepriepustnosti horninových mas.

Aj keď sa uprednostňujú terénne zistenia charakteristík horninových masívov, nemožno podceňovať ani význam zisťova-



Obr. 4. Prehľad typov blokovitosti skalných a poloskalných hornín na Slovensku v zmysle typologickej klasifikácie M. Matulu a R. Holzera (1976). Tvary blokov jednotlivých typov: 0 — nepravidelné, zväčša polyedrické, 1 — lavicovité až doskovité, 2 — kvádritové až hranolovité — podmienené dvoma dominantnými systémami puklín, 3+ — pravouhlé až hranolovité, podmienené tromi dominantnými systémami puklín, 3\* — kosohlé, 4 — stĺpcovité (podľa Holzera — Hyánkovej in Ondrášik — Holzer — Hyánková, 1980)

Fig. 4. Survey of types of blockiness of solid and semi-solid rocks in Slovakia according to the typologic classification by M. Matula and R. Holzer (1976). Forms of blocks of individual types: 0 — irregular, mostly polyhedric, 1 — platy to laminar, 2 — parallelepipedic to prismatic, caused by two dominant sets of discontinuities, 3+ — orthogonal parallelepipedic to prismatic, caused by three dominant sets of discontinuities 3\* — oblique, 4 — columnar (according to Holzer — Hyánková in Ondrášik — Holzer — Hyánková, 1980)

nia charakteristík horninového materiálu laboratórnymi metódami vrátane petrografického výskumu.

Pri zostavovaní plánu pozorovaní a meraní, pri projektovaní počtu vrtov a ban-ských diel, geofyzikálnych profilov, skúšok in situ, odberu vzoriek atď. má veľký význam správny výber miest a podmienok vykonania prieskumných úkonov zamera-ných na získanie potrebných charakteris-tík horninového prostredia. Aj táto voľba sa v každom jednotlivom prípade musí na jednej strane podriaďovať cieľu dosiahnuť čo najreprezentatívnejší obraz celkových po-merov a na druhej strane treba dodržať z hľadiska maximálnej úspornosti a cieľ-avedomosti.

Na základe teoretických úvah a praktic-kých skúseností o tom, ako dosahovať sú-bor charakteristík najvhodnejšími postup-mi, sa nevyhnutne dochádza k pojmu racio-nálny komplex metód inžinierskogeolo-gického prieskumu.

Hlavnou zásadou je efektívnosť tech-nického postupu na dosiahnutie cieľa naj-rýchlejšie, najhospodárnejšie, ale spoľah-

livo a účinne. Preto musí byť voľba racio-nálneho komplexu metód založená hlavne na týchto princípoch (Matula in Inžinier-skogeologické..., 1980, s. 7—72):

a) Využitím erudície a skúseností treba zostaviť vždy čo najobjektívnejšiu pracov-nú hypotézu v podobe predbežného mode-lu štruktúry, hlavných parametrov vlast-ností a základných črt správania skúma-ného geologického objektu. Vysoká efek-tívnosť sa dosahuje zúročením predchá-dzajúcej erudície a empirie, a to dokonca aj bez technických prác.

b) Technické práce treba používať vždy len ako prostriedok na preverenie, po-tvrdenie (alebo vyvrátenie), spresnenie a kvantifikáciu pracovného modelu (tak sa dosahuje efektívnosť čo do rozsahu a umiestnenia prieskumných úkonov).

c) Dobré zvažovať možnosti, prednosti aj nedostatky jednotlivých prieskumných a výskumných metód pri uplatňovaní v rozličných inžinierskogeologických po-meroch z hľadiska rozličných účelov prieskumu. Treba pritom brať do úvahy informatívnu hodnotu a možnosti inter-



*Prehľad metód výskumu horninového prostredia*  
*Methods of rock environment research*

Tab. 3

| Metódy zisťovania  |                                                    |                                                                                                             | Zistené charakteristiky                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Terénny výskum     | Mapovanie a dokumentácia                           | Zakresľovanie geologických pomerov a opis geologických charakteristík                                       | Litologický typ hornín<br>Charakter a stupeň premien (predbežné určenie)<br>Zvodnenie<br>Úroveň hladiny podzemnej vody<br>Tektonické a úložné pomery<br>Puklinovitost' a pórovitosť<br>Charakter väzieb štruktúrnych prvkov<br>Nerovnorodost'<br>Blokovitost'<br>Rozvoľnenost'<br>Reliéf                             |
|                    | Terénne skúšky                                     | Pevnostnodeformačné skúšky<br>Skúšky priepustnosti<br>Technologické skúšky<br>Zisťovanie objemu a hmotnosti | Statické moduly<br>Uhol vnútorného trenia a súdržnosť masívu<br>Smer a rýchlosť prúdenia podzemnej vody<br>Stlačiteľnosť<br>Technologické charakteristiky<br>Objemová hmotnosť                                                                                                                                       |
|                    | Geofyzikálne metódy                                | Elektrické<br>Magnetometrické<br>Gravimetrické<br>Termické<br>Seizmoakustické<br>Rádioaktívne               | Elektrický odpor<br>Koeficient absorpcie<br>Susceptibilita<br>Tiažové zrýchlenie<br>Tepelná vodivosť<br>Tepelná kapacita<br>Geotermický stupeň<br>Objemový akustický odpor<br>Rýchlosť šírenia akustických vln<br>Expozičná rýchlosť<br>Expozičná výdatnosť<br>Dynamické moduly<br>Objemová hmotnosť<br>Rovnorodost' |
| Laboratórny výskum | Mineralogicko-petrografické rozborý vzoriek hornín | Makroopis<br>Mikroopis<br>Identifikačné metódy na stanovenie minerálov                                      | Litologický typ<br>Charakter a stupeň premien (presné určenie)<br>Minerálne zloženie<br>Mikroštruktúrne charakteristiky                                                                                                                                                                                              |
|                    | Chemické analýzy                                   | Chemické analýzy hornín<br>Chemické analýzy vzoriek vody                                                    | Spresnenie litologického typu a minerálneho zloženia<br>Chemizmus vody                                                                                                                                                                                                                                               |
|                    | Skúšky vlastností hornín na vzorkách               | Fyzikálno-technické skúšky<br>Technologické skúšky                                                          | Kompletné fyzikálno-technické a technologické charakteristiky                                                                                                                                                                                                                                                        |

pretácie získaných výsledkov na riešenie danej úlohy.

d) Nájsť vždy správny spôsob najúčelnejšej kombinácie a racionálneho dopĺňania rozmanitých metód a postupov a rýchle a lacné dosiahnutie optimálnej úrovne informačných dát potrebných na riešenie úlohy.

Úsilie o racionalizáciu metód a postupov pri zisťovaní vlastností hornín stimulujú mnohé fakty, ktoré podmieňujú aj trendy rozvoja moderného inžinierstva, mechaniky hornín a inžinierskej geológie.

Prvý trend predstavujú zvyšujúce sa nároky na rozsah aj kvalitu údajov. Úzko súvisí s úsilím dosiahnuť čo najobjektívnejší opis modelov horninových masívov. Druhý trend predstavuje využívanie možností teoretickej a technickej interdisciplinárnej spolupráce. Značí úsilie operovať čo najobjektívnejšími parametrami rozličných vlastností. Najlepšie sa tieto trendy prejavujú v prechode od kvalitatívneho a často až intuitívneho opisu základových pomerov, ešte nedávno skôr ilustrovaných ako charakterizovaných ojedinelými a len lokálne platnými kvantitatívnymi údajmi o pevnosti, deformabilite či priepustnosti horninového masívu, ku kvantifikovaným metódam fyzikálneho a matematického modelovania, ktoré namiesto jednotlivých dát vyžadujú celé siete alebo priestorové sústavy matic číselných parametrov vybraných mechanických alebo filtračných vlastností.

Druhý naznačený trend využívania predností interdisciplinárnej spolupráce, adopcie a adaptácie metód a techniky vyvinutých v iných odboroch možno ilustrovať v rámci nášho výskumu na príklade pozemnej fotogrametrie, ktorej aplikáciu na inžinierskogeologické účely rozpracovali kolektívy Ústavu geológie a geotechniky ČSAV v Prahe, Katedra fotogrametrie SVŠT v spolupráci s Katedrou inžinierskej geológie PFUK v Bratislave a

geofyziky. Jej aplikáciou sa zaoberal kolektív Katedry ložiskovej a prieskumnej geológie VŠB v Ostrave-Porube.

Pozemná fotogrametria sa dá výhodne využiť pri dokumentácii prirodzených a umelých odkryvov a skalných svahov. Na základe dvojice fotogrametrických snímok, ktorých vyhotovenie je nenáročné na technické prostriedky, a najmä na čas, možno analyzovať a veľmi presne priestorovo interpretovať povrch odkryvu a sieť významných štruktúrnych a textúrnych prvkov viditeľných na povrchu odkryvu (Adler — Holzer in Inžinierskogeologické..., 1981, s. 77—82). Rýchlosť tejto metódy umožňuje zachytiť situáciu v rozličných časových intervaloch a zhodnotiť aj zmeny, ktoré v masíve v danom časovom intervale nastali. Výhodne sa dá využiť aj pri dokumentácii a hodnotení ťažobných stien povrchových lomov. Séria fotogrametrických snímok vyhotovených počas postupu ťažby v stene lomu umožňuje aj dobrú extrapoláciu štruktúrnych a textúrnych prvkov vnútri masívu (Dudek in Inžinierskogeologické..., 1981, s. 71—76).

Geofyzika ponúka sériu expresných metód na výskum nerovnorodosti oslabených zón horninových masívov. Najširšie použitie z nich majú elektrické a seizmoakustické metódy. Tie, ale aj ďalšie metódy pri citlivej spolupráci geofyzikov a geológov poskytujú veľmi cenné informácie o masíve nielen v blízkosti prieskumných diel, ale aj tam, kde prieskumné diela chýbajú (Müller — Müllerová — Hofrichterová in Inžinierskogeologické..., 1980, s. 196—220, Inžinierskogeologické..., 1981, s. 62—70). To umožňuje výhodne využívať geofyzikálne metódy vo všetkých etapách prieskumu na situovanie prieskumných diel, nákladných terénnych skúšok in situ a ich interpretáciu.

Veľa pozornosti sa venuje ďalšiemu skúmaniu vhodnosti používania tzv. expresných metód v laboratórnom výskume

a ich korelácii s klasickými skúškami pevnosti v tlaku a deformability horninového materiálu. Úsilie o doplnenie (ale nie nahradenie!) klasického súboru skúšok novými, rýchlymi a lacnými metódami vychádza z poznania, že všetky vlastnosti hornín sú istým spôsobom navzájom podmienené a závislé. Pri rýchlych masových skúškach sa zisťujú také charakteristiky, ktoré s pevnostnými a deformačnými najtesnejšie súvisia. Pri použití takýchto charakteristík „ako indexových“ možno znížiť počet nákladných pevnostnodeformačných skúšok, účelnejšie ich situovať aj lepšie interpretovať.

Väčšina horninových masívov sa vyznačuje veľkou priestorovou premenlivosťou fyzikálno-technických vlastností, čo sa prejavuje aj veľkým rozptylom zisťovania hodnôt. S týmto faktom sa ráta v geotechnike aj stavebníctve, v baníctve i tunelárstve a ako kompenzácia tejto „prírodnej nepresnosti“ sa používajú rozličné koeficienty bezpečnosti. Za takejto situácie je využívať korelačné vzťahy a naše výpočty v týchto odboroch nielen oprávnenou, ale prakticky aj jedinou racionálnou cestou výpočtu.

Doteraz sa dostatočne nedoceňuje význam, aký v racionalizácii štúdia horninového prostredia (materiálu hornín i horninových masívov) má systematická inžinierskogeologická pasportizácia a zostavenie inžinierskogeologických atlasov hornín, ktoré sa najmä v dobre preskúmaných územiach môžu stať veľmi vhodným doplnkom regionálnych štandardov a noriem.

Pod pasportizáciou rozumieme sústavné zhromažďovanie, evidovanie a dopĺňanie údajov o skúmaných horninových typoch pre potreby dlhodobého bádania, porovnávanie, klasifikácie, typizácie a i. Pasport je dokument, na ktorom sa unifikovaným spôsobom zaznačujú všetky základné údaje získané o hornine pri jej inžiniersko-

geologickom výskume a testovaní. Údaje sa zhromažďujú podľa zvoleného postupu (rozvedeného podrobne v manuáloch) na záznamových listoch, pasportových kartách, perfokartách alebo v podobe pasportizačných katalógov, atlasov a pod.

Veľké výhody, ktoré má systematická pasportizácia hornín a prípadne s ňou spojená unifikácia hodnotenia a vyjadrovania jednotlivých parametrov i súhrnnej charakteristiky hornín, podnietila už mnohých špecialistov zostavovať pasportizačné katalógy alebo pasportizačné systémy. Autori týchto návrhov spravidla narážali na takéto ťažkosti: rozptýlenosť údajov po archívoch a literatúre, nejednotnosť skúšobných postupov a hodnotenia skúšok v rozličných laboratóriách, neúplnosť zoznamu testovaných parametrov, slabá reprodukovateľnosť a porovnateľnosť výsledkov, nedostatok nacionálnych a medzinárodných štandardov unifikácie v testovaní vlastností hornín i v ich klasifikácii atď. Úloha prekonať takéto aj iné prekážky ostáva v programoch odborných spoločností a organizácií inžinierskej geológie, mechaniky hornín a i. jednou zo základných.

Pre naše potreby takýto pasport zostavili na Katedre inžinierskej geológie v Bratislave už pred desiatimi rokmi (Matula — Hyánková, 1972) a odvtedy sa vykonáva systematická pasportizácia hornín. V spolupráci s Katedrou geotechniky VUT Brno sa pôvodný pasport doplnil a prakticky overil i na výsledkoch terénnych skúšok mechaniky hornín (Holzer — Hyánková — Trávníček in Inžinierskogeologické ..., 1980, s. 188—190).

Pasportizácia a zostavovanie atlasov hornín úzko súvisia s normalizáciou a unifikáciou skúšok vhodne vybraného súboru charakteristík základných vlastností hornín, ako aj s problémami typizácie (typologickej klasifikácie) hornín neporušeného

materiálu, ako aj horninových materiálov in situ.

Návrh unifikácie terénnych pevnostno-deformačných skúšok vypracovali na VUT Brno (Trávníček in Inžinierskogeologické..., 1981, s. 35—44). Zároveň v nadväznosti na typologickú klasifikáciu horninových masívov (Matula — Holzer, 1976) prehodnotili výsledky predchádzajúcich terénnych pevnostnodeformačných skúšok.

Jedným zo základných praktických cieľov typizačnej klasifikácie hornín v inžinierskej geológii je vyčlenenie homogénnych oblastí v masíve, v ktorých sú základné charakteristiky sledovaných vlastností rovnaké. Takýto postup je základom na zostavovanie rozličných modelov (napr. máp a rezov, matíc a pod.), stanovenie racionálnych systémov vzorkovania, laboratórnych i poľných skúšok, ako aj na priestorovú interpretáciu získaných výsledných hodnôt. Na základe takéhoto prístupu sme na katedre inžinierskej geológie riešili otázku objektivizácie hodnotenia fyzického stavu skalných horninových masívov (Ondrášik — Wagner in Inžinierskogeologické..., 1981, s. 23—34).

Len na základe správne charakterizovaných inžinierskogeologických modelov reálneho horninového prostredia možno spoľahlivo hodnotiť aj správanie jednotlivých častí v súvislosti s technickými zásahmi, ako aj spoľahlivo pritom používať metódy inžinierskogeologickej analógie. Iba na tomto podklade možno projektovať a kalkulovať inžinierske zásahy v súvislosti s racionálnym využívaním aj ochranou horninového prostredia vrátane projektovania technicko-melioratívnych operácií.

3. Systematický výskum vlastností horninového prostredia a ich inžinierskogeologické hodnotenie je dlhodobá úloha a vyžaduje skúsené pracovné kolektívy dobre vybavené technickými prostriedkami. Potrebný je jednak rozsiahly terénny a laboratórny výskum a jednak zber všet-

kých dostupných informácií o študovaných typoch hornín a o skúsenostiach s inžinierskymi zásahmi v ich prostredí, resp. s ich využitím ako stavebných materiálov. Získané výsledky umožňujú vypracovávať korelačné vzťahy medzi charakteristikami a zovšeobecnenie bohatých skúseností z praxe. Sú nevyhnutným podkladom ako pre rozmanité normy, tak aj pre hodnotenie územných celkov a horninových masívov na rozličné účely a na používanie metódy analógie.

Z tohto hľadiska sú veľmi cenné napr. poznatky o vlastnostiach spráše Trnavskej pahorkatiny, najmä v súvislosti s jej preliačivosťou, získané na Katedre geotechniky SVŠT v Bratislave (Šajgalík — Rybárová — Vámoš in Inžinierskogeologické..., 1981, s. 53—61).

Príkladom systematického výskumu skalných hornín sú výsledky získané na Katedre Inžinierskej geológie UK v Bratislave. Na základe pasportizácie metamorfovaných hornín sa získali cenné poznatky o štruktúre horninových masívov a o fyzikálnotechnických vlastnostiach horninového materiálu (Holzer — Hyánková in Inžinierskogeologické..., 1981, s. 45—52). Komplexne spracovali aj dlhoročné výsledky vlastného výskumu neovulkanitov a doplnili ich o skúsenosti praxe. Prezentovali ich aj na Kongrese IAEG v Paríži 1980 (Matula — Hyánková — Ondrášik, 1980).

## Záver

Z uvedeného je zrejmé, že sa riešiteľské kolektívy zo škály problémov, ktoré treba v súvislosti s hodnotením horninového prostredia na projektovú prípravu investičnej výstavby a jeho racionálneho využívania riešiť, zamerali na najdôležitejšie. Vysoko treba oceniť fakt, že aj keď sa do výskumu horninového prostredia zapojili pre-

važne iba pracovné kolektívy vysokých škôl s minimálnym prístrojovým vybavením a s obmedzenou pracovnou a časovou kapacitou, zachytili moderný trend vývoja. V spolupráci s praxou aplikovali získané poznatky pri riešení praktických úloh rozvoja národného hospodárstva, a tak ovplyvnili aj našu prax.

Recenzoval O. Ťavoda

## LITERATÚRA

- Inžinierskogeologické hodnotenie hornín a a horninových masívov. 1981. [Záverečná správa.] *Manuskript — Geofond Bratislava*. 240 s.
- Inžinierskogeologické problémy horninového a krajinného prostredia v investičnej výstavbe. 1981. *Zbor. prednášok z celoštátnej konferencie na Štrbskom Plese 21.—23. apríla 1981. Košice, Dom Techniky ČSVTS*, 294 s.
- Matula, M. — Hyánková, A. 1972: Zostavenie inžinierskogeologického atlasu hornín Slovenska. [Čiastková etapová správa za rok 1971.] *Manuskript — Geofond Bratislava*. 63 s.
- Matula, M. — Holzer, R. 1976: Návrh metodiky inžinierskogeologickej typizácie horninových masívov. *Acta geol. geogr. Univ. Comen., Geol.*, 29, s. 29—57.
- Matula, M. — Hyánková, A. 1976: Inžinierskogeologické vlastnosti magmatických hornín a ich petrogenetická podmienenosť. *Acta geol. geogr. Univ. Comen., Geol.*, 31, s. 5—21.
- Matula, M. — Hyánková, A. — Ondrášik, R. 1980: Influence of petrogenetic features on the physical properties of the West Carpathian andesites. *Bull. Int. Assoc. Eng. Geol. (Krefeld)*, 22, pp. 245—252.
- Ondrášik, R. 1976: The influence of Weathering on the engineering properties of andesites. *Geol. zbor. Geologica carpath. (Bratislava)*, 27, pp. 331—346.
- Ondrášik, R. — Samalíková, M. 1979: Inžinierskogeologický výskum zvetrávania hornín. In: *Inžinierskogeologické štúdium horninového prostredia a geodynamických procesov. Bratislava. Veda, vyd. SAV*, s. 77—93.
- Ondrášik, R. et al. 1978: Metódy hodnotenia fyzického stavu horninových masívov. [Etapová správa za roky 1976—1977.] *Manuskript — Geofond Bratislava*. 43 s.
- Ondrášik, R. — Holzer, R. — Hyánková, A. 1980: Sledovanie puklinovitosti horninových masívov. In: *Stanovenie a sledovanie inžinierskogeologických vlastností zemín a hornín. Žilina, IGHP*, s. 3—18.

## Inženýrskogeologické hodnocení svahových deformací

JAN RYBÁŘ

Ústav geologie a geotechniky ČSAV, 182 09 Praha

*Doručené 26. 10. 1981*

### Инженерно-геологическая оценка деформации склонов

Автор даёт отчёт исследований движения склонов и их деформаций в течении 1976—1980 годов. Внимание уделялось исследованиям, которые в Чехословакии имеют свою традицию и хороший отзыв в мире. Была предложена детальная схема условий и факторов для развития склоновых передвижений. Оценены были результаты изучения передвижения склонов в районе неовулканитов; флиша, подкарконошского пермокарбона и в песчанной фации чесского мела.

В районе Моравских Карпат были получены новые сведения о рецентных передвижениях земной поверхности. Было проверено использование различных геофизических методов для оценки скользевых деформаций блокового типа и для оползней. Усовершенствованные были методы измерения скорости движения склонов. Был разработан метод долгосрочного моделирования склоновых процессов при использовании фотопластических материй и комбинация классического моделирования из эквивалентных материй и математического моделирования.

### Engineering geological evaluation of slope deformations

Results of the basic research of mass movements and slope deformations in the years 1976—1980 are presented in a general report. In the centre of interest stood research trends with tradition in Czechoslovakia which have gained acknowledgement in the world. A detailed analysis of the conditions favouring and factors causing mass movement has been worked out. The report provides results of a study of mass movements in areas built by neovolcanites, flysch-like sediments, Permo-Carboniferous sediments (Krkonoše Mountains) and sandy Cretaceous sediments (Bohemian Table). New information on recent movements of the earth surface were acquired in the model area of the Moravian Carpathians. Tests were made to prove the suitability of various geophysical methods for an evaluation of block-type creep deformations and sliding. Methods for measuring the velocity of mass movement were improved. For the purpose of modelling, long-term mass movements by means of photoplastic material and classical modelling by means of adequate materials combined with mathematical modelling a new method has been developed.

Svahové pohyby patří mezi geodynamické procesy, které v poměrech Československa vážně ohrožují možnosti racionálního využití územních celků. Výzkumu svahových pohybů a deformací je proto tradičně věnována zvýšená pozornost, což se projevilo i v šesté pětiletce, tj. v období 1976 až 1980. Na jejich inženýrskogeologickém výzkumu se podílelo 5 kolektivů, a to z katedry geotechniky Slovenské vysoké školy technické v Bratislavě, z katedry geodézie těžby fakulty, z katedry ložiskové a průzkumné geologie Vysoké školy báňské v Ostravě, z katedry geotechniky Vysokého učení technického v Brně a z laboratoře inženýrské geologie Ústavu geologie a geotechniky ČSAV v Praze. Přínosem byla spolupráce s akademickými pracovišti v Bulharsku, v SSSR, i s vysokoškolskými pracovišti v NDR, v Polsku a v Kanadě.

Do výzkumu v oboru inženýrské geologie, tj. disciplíny úzce spjaté s potřebami praxe, se bezprostředně promítají aktuální potřeby národního hospodářství. Proto i v šesté pětiletce byly řešeny některé nové otázky navíc mimo původní plán. Do popředí např. vystoupila řada náročných problémů, které jsou odezvou na stále narůstající požadavky po zvýšení těžby nerostných surovin, což je problém celosvětový — bohužel v poměrech Československa je tato tendence provázána nutností otírky dosud opomíjených ložisek s nepříznivými podmínkami pro těžbu. Zejména dobývání ložisek ve velkých hloubkách a v nepříznivých geologických podmínkách naráží na řadu obtížných otázek, jejichž řešení nemohou být speciálně zvládnout bez úzké spolupráce s inženýrskými geology. Přitom se plně projevila skutečnost, že československá inženýrská geologie, zaujímající jedno z předních míst ve světě, má tradici především jako stavební inženýrská geologie a nemůže ihned nahradit u nás se teprve rozvíjející

směry ložiskové inženýrské geologie.

Oproti původnímu plánu se do řešení problematiky ložisek zapojily i všechny výzkumné kolektivy. Byla sledována otázka způsobu těžby rumělký v prostoru hlubokých svahových deformací blokového typu u Malachova (Mahr et al., 1980) i podmínky hlubinné těžby hnědého uhlí v oblastech rozsáhlých deformací svahů pohorí Vtáčnik (Malgot, Mahr in Kolektiv, 1981, s. 96—101). Na příkladu velkodolu Čs. armády byla rozpracována metodika inženýrskogeologického hodnocení faktorů ovlivňujících poměry stability předpolí povrchových hnědouhelných dolů při úpatí Krušných hor (Rybář, 1981).

Jiným neplánovaným impulsem ke změně zaměření výstupů byl narůstající nedostatek nových ploch pro zástavbu. Především na Slovensku bylo nutno revidovat tradiční přístupy k hodnocení použitelnosti ploch porušených nebo ohrožených sesouváním a jinými svahovými pohyby pro zástavbu. Nutnost zabránit dalšímu úbytku ploch vhodných pro intenzivní zemědělství vede stále častěji k řešení využít pro méně náročnou zástavbu i svažité, obtížně přístupných terénů, a to i za cenu výrazného zvýšení nákladů na výstavbu, včetně nároků na průzkumné a sanační práce. Konkrétních výsledků při řešení této problematiky bylo dosaženo v pahorkatinných, vrchovinných a horských oblastech Slovenska (Malgot et al., 1978; Nemčok, 1979).

### Hlavní směry výzkumu

Výzkumné práce byly zaměřeny k plnění základního cíle — poznání zákonitostí vzniku a vývoje svahových procesů. V popředí byly směry výzkumu, které mají u nás dobrou tradici a příznivý ohlas ve světě.

*Podmínky a faktory pro vývoj svaho-*

vých pohybů byly souhrnně zhodnoceny na katedře geotechniky SVŠT (Nemčok in Kolektív, 1981, s. 83—95). Podrobná analýza byla vypracována zejména na základě dlouholetého komplexního studia svahových deformací v oblasti karpatského flyše a v oblasti neovulkanitů.

Charakter samostatných studií mělo hodnocení faktorů ovlivňujících stabilitu předpolí povrchových hnědouhelných dolů na úpatí Krušných hor (Rybář, 1981; Rybář — Kudrna in Kolektív, 1981, s. 102—109), i hodnocení vlivu povrchové těžby hnědého uhlí v handlovské pánvi na stabilitu svahů, pohoří Vtáčnik (Malgot — Mahr in Kolektív, 1981, s. 96—101). Z hodnocení obou případů lze vyvodit obecné závěry. V obtížných úložných poměrech — zejména, když povrchová nebo hlubinná těžba nerostných surovin je plánována při patě svahu, nepatí pro prognózu očekávaných deformací v předpolí těžby běžné báňské přístupy. Těžbou mohou být vyvolány na přilehlých svazích deformace zasahující i několik kilometrů za stanovené hranice ochranných pásem.

V omezené míře byl řešen i vztah mezi seizmickým faktorem a vývojem svahových deformací, a to na příkladu lokality Taukliman na černomořském pobřeží v Bulharsku. Ve spolupráci s Bulharskou akademií věd (Košťák — Avramova-Tačeva, 1977) bylo prokázáno, že hluboké plouzivé deformace blokového typu nejsou přímo ovlivňovány ani vysokou seizmicitou této oblasti. Na základě měření in situ, fyzikálního modelování a hodnocení dat o kolísání hladiny Černého moře byla vypracována prognóza vývoje svahových deformací, včetně vlivu seizmicity.

Součástí výzkumu bylo také sledování vývoje deformací na březích vodních nádrží (Rybář, 1977). Na příkladu vodní nádrže Nechranice, situované v miocenních slabě zpevněných sedimentech, byl zhodnocen vývoj sesuvných deformací a abra-

ze za období 13 let. Cílem bylo zpřesnění metod prognózy přetváření břehů nádrží situovaných v obdobných geologických, klimatických a morfologických podmínkách.

V letech 1976—1980 pokračoval *systematický regionální výzkum* svahových pohybů, přičemž byly podstatně prohloubeny poznatky z původního soupisu z let 1962—1963. Na Slovensku byla zpracována oblast neovulkanitů (Malgot, 1977) a oblast flyše (Nemčok — Baliak in Kolektív, 1981, s. 120—128). Podrobný výzkum umožnil vypracovat typologii svahových deformací pro jednotlivé regionální oblasti (Nemčok in Kolektív, 1981, s. 83—95). Jde o novou, vyšší formu klasifikace svahových deformací, která bude dále rozvíjena. Jeví se jako perspektivní i z hlediska mezinárodní spolupráce.

V českých zemích byly nově studovány svahové deformace v oblasti podkrkonošského permokarbonského (Rybář, 1979). Do popředí vystoupila úzká vazba výskytu svahových deformací na svahy, kde jsou jílovité, písčitojílovité a slinité sedimenty chráněny odolnějšími melafyry, křemenými porfyry a čediči.

Chování svahů v písčité facii české křídly bylo studováno na pravém břehu labského údolí mezi Děčínem a Hřenskem (Zvelebil in Kolektív, 1981, s. 110—119). Nesnadné jsou metodické otázky oceňování poměrů stability pískovcových skalních stěn.

Regionální charakter pro mnohé příbuzné obory mají poznatky o recentních pohybech zemského povrchu v modelové oblasti Moravských Karpat. Důkladný rozbor umožňuje odlišit složky pohybů tektonického původu od pohybů netektonického původu, vyvolaných přírodními exogenními i antropogenními procesy (Kalvoda — Zeman, 1979; Kalvoda in Kolektív, 1981, s. 116—175).

V návaznosti na výzkum kvartérních



sedimentů byly také získány nové poznatky o vývoji svahů v extrémních klimatických a morfologických poměrech vysokohorských oblastí (Kalvoda, 1979).

Pozitivně je nutno hodnotit *ověření nového způsobu systematické registrace svahových deformací*. Provedení registrace sesuvných území v letech 1962—1963 znamenalo tehdy prvenství ve světovém měřítku. Teprve s velkým časovým odstupem se začal provádět obdobný výzkum v dalších evropských zemích, a to zpravidla s převzetím našich zkušeností. Postupně však s přechodem Geofondu na ukládání archivovaných dat do Geologické databanky bylo u nás nutno přikročit k přestavbě způsobu archivování všech dat (Pašek — Rybář — Špůrek, 1977). V roce 1980 již bylo možno zhodnotit zkušenosti a aplikací nového způsobu registrace v Liptovské kotlině i v Podkrkonoší.

Tradičně dobrou úroveň má v Československu *zobrazování svahových deformací v inženýrsko-geologických mapách*. V 6. pětiletce vznikla celá řada nových map svahových deformací v podrobných až v přehledných měřítcích (Malgot — Mahr, 1979). Mezi nejlépe propracované patří mapa v. okraje Kremnického pohoří v měř. 1 : 10 000. Častěji jsou v mapách zobrazovány i další přírodní a antropogenní faktory, ohrožující využití území. Faktory bývají označovány jako rizikové — vznikající mapy jako mapy rizika. V Ústavu geologie a geotechniky ČSAV byla ověřována možnost sestavování inženýrsko-geologických map faktorů ohrožujících využití území na příkladu podkrkonošského permokarbonu, tj. oblasti s nízkou prozkoumaností.

Za velmi úspěšné lze označit výsledky systematického *geofyzikálního výzkumu* svahových deformací na Vysoké škole báňské v Ostravě. V 6. pětiletce byla studována vhodnost metod geoelektrických, seizmických, magnetometrických, termic-

kých a geoakustických pro hodnocení plouživých deformací blokového typu i sesouvání (Müller — Müllerová, 1979; Müllerová — Müller in Kolektiv, 1981, s. 139—147). Příkladný byl trvalý úzký kontakt inženýrských geofyziků s inženýrskými geology a geomechaniky. Cenné jsou např. výsledky stanovení prohnětené zóny v podložních plastických sedimentech u deformací blokového typu, které byly ověřovány na lokalitách Homolka u Ilavy a Čebraď u Ružomberka.

V úzké spolupráci s inženýrskými geology probíhal také *výzkum geodetických a fotogrammetrických metod* hodnocení svahových deformací. Pracovníci katedry geodézie stavební fakulty SVŠT v Bratislavě analyzovali možnosti aplikace geodetických a fotogrammetrických metod na sledování svahových pohybů typu sesouvání, ale také typu ploužení, kde je úloha ztížena s ohledem na nízké rychlosti pohybů. Inovace přístrojového vybavení podniků resortu Geodézie a Kartografie umožňuje využití perspektivních geodetických metod trilaterace, přesné tachymetrie a mikrotriangulace. Podařilo se propracovat fotogrammetrické metody tak, že jejich přesnost je srovnatelná s přesnými geodetickými metodami. Cenné výsledky může poskytnout i metoda srovnávání různě starých topografických podkladů (Petráš in Kolektiv, 1981, s. 148—155).

Speciálně byl zaměřen výzkum na *hodnocení aktivity velmi pomalých svahových pohybů*. Jsou to pohyby z geologického hlediska dlouhodobé, převládajícím mechanismem je ploužení (creep). Jejich rychlost je tak nízká, že v terénu nejsou jako pohyby přímo pozorovatelné. Nejsou-li plouživé deformace včas odhaleny a respektovány při stavební nebo důlní činnosti, může již sebemenší nesprávný zásah vést ke vzniku nekontrolovatelných pohybů, které mohou přerůst v sesouvání nebo řícení katastrofálního rázu. Velmi pomalé

svahové pohyby lze zjistit pouze dlouhodobým měřením, nejlépe měřením dilatací v trhlinách. Výběr vhodných přístrojů je velmi omezený. V Československu se osvědčilo měřidlo TM 71, vyvinuté v bývalém Geologickém ústavu ČSAV (Košťák, 1977). Zájem ze zahraničí o tento přístroj svědčí o spolehlivosti zařízení, které je unikátní svou dlouhodobou stabilitou. Systematické měření probíhá asi na 30 lokalitách v ČSSR, v Bulharsku, Polsku, NDR, v sibiřské části SSSR a v Kanadě. Tam je sledována možná aktivace pohybů v odlučné oblasti klasického skalního říčení u města Frank v provincii Alberta. Přírodním měřením přístrojem TM 71, doplněným prototypem automatické registrace pro celoroční sledování v nepřístupných oblastech, byla získána průkazná data o existenci velmi pomalých svahových pohybů od 0,2 mm/rok do 8 mm/rok, a to i v podmínkách, kdy morfologické příznaky pohybů chybějí a pohyby nejsou prokazatelné geodeticky (Košťák — Rybář, 1978). Zajímavé jsou poznatky z lokality Kraja v NDR. Byl zde prokázán měřením odlišný vliv extrémních srážek na sesuv plošného tvaru a hlubokou deformaci blokového typu (Johnsen — Košťák, 1980).

Metodicky poučné výsledky byly získány měřením na lokalitě Velká studňa — Malachov v Kremnickém pohoří (Košťák in Kolektiv, 1981, s. 156—165). Tato lokalita je jedním z mnoha příkladů těsné spolupráce výzkumných kolektivů i přímé návaznosti na průzkumné práce. V tomto případě spolupracovali pracovníci ze Slovenské vysoké školy technické, z Ústavu geologie a geotechniky ČSAV a z národního podniku IGHP.

V návaznosti na resortní výzkumný úkol Slovenského geologického úřadu byly studovány a zhodnoceny základní způsoby *zjišťování hloubky aktivní smykové plochy* na přirozených i umělých svazích postižených sesouváním (Fussgänger — Rybář,

1981).

Laboratorní výzkum se soustředil na otázky *modelování svahových deformací*. Otázky napjatosti, deformací a porušení horninových struktur lze řešit na modelech z ekvivalentních materiálů. Přitom se naskýtají dvě cesty:

a) Klasické řešení, které vychází ze stavby detailní struktury modelu na základě okamžité podobnosti s geologickou strukturou v přírodě. Předpokládá se její podrobná znalost z průzkumných prací. Model pak zobrazuje bezprostřední důsledky změn podmínek, vyvolaných nejčastěji lidskou činností.

b) V praxi je však znalost geologické struktury málokdy dostatečně prozkoumána a vnější podmínky jejího vzniku bývají odvozeny pouze na základě hypotéz. Jsou to proto tyto podmínky a vývoj geologické struktury, které je nutno ověřit. Tomu napomáhá speciální modelové řešení, které směřuje k ověření mechanismu vývoje geologické struktury (v našem případě svahu) i k ověření jeho současné dynamiky. Na přední místo podobnosti vystupuje na rozdíl od klasického přístupu dlouhodobé reologické přetváření horninových hmot. Model pak zobrazuje dlouhodobé důsledky podmínek působících na předpokládanou výchozí strukturu.

Současný stav inženýrskogeologického průzkumu a modelové techniky nedovoluje zatím řešit obě úlohy na jediném modelu současně. Proto je zapotřebí sledovat obě cesty. Způsob modelování dlouhodobých svahových procesů pomocí fotoplastických materiálů byl zvolen v Ústavu geologie a geotechniky ČSAV v Praze (Košťák, 1978). Na Vysokém učení technickém v Brně zvolil Nazari (in Kolektiv, 1981, s. 176—187) klasický způsob modelování z ekvivalentních hmot, přičemž rozpracoval metodu kombinace fyzikálního modelu s matematickým modelem, řešeným metodou konečných prvků.

Pozornost byla také věnována *hodnocení efektivnosti sanačních opatření*. Rozbor metod užívaných na Slovensku zpracoval Mahr (in Kolektiv, 1981, s. 194—199). Přehledné hodnocení pro celé území Československa sestavil Z. Kudrna (1981).

### Závěrečné hodnocení

Dosažené výsledky mají především *význam teoretický* pro rozvoj inženýrské geologie, ale i pro řadu oborů příbuzných. S cílem prohloubit inženýrskogeologické poznatky o zákonitostech vzniku a vývoje svahových pohybů se podařilo koordinátorovi hlavního úkolu prof. Matulovi zapojit do řešení i řadu specialistů z oborů mimo inženýrskou geologii, přičemž jimi dosažené výsledky zpětně obohacují i jejich vlastní obory. Spoluřešiteli inženýrských geologů byli odborníci z oborů geodézie, fotogrammetrie, inženýrské geofyziky, fyzické geografie, teoretické a aplikované mechaniky.

Některé dílčí poznatky mají teoretický význam i pro nezúčastněné obory — např. fotoplastické modely dlouhodobých svahových procesů přinášejí cenná poučení i pro strukturní geology. Inženýrskogeologický výzkum hlubokých gravitačních deformací horských svahů je přínosem pro tektonickou geologii a geomorfologii. Důsledný inženýrskogeologický a geomorfologický přístup k hodnocení stabilitních poměrů základních bodů geodetické sítě umožnil v modelové oblasti Moravských Karpat vytvořit předpoklady k úspěšné interpretaci výsledků geodetických měření pro hodnocení recentních pohybů zemského povrchu. Toto má zásadní význam pro recentní geologii a tektoniku kvartéru, i pro řadu inženýrských oborů — zejména pro geodézii, stavební a báňské obory.

Ne vždy se poznatky získané při inženýrskogeologickém výzkumu včas prosa-

zuji i v jiných oborech — často je to proto, že tyto poznatky zůstanou utajeny v informačních zdrojích pracovníkům jiných oborů těžko přístupných, ale často také pro neochotu jednotlivých odborníků připustit nabourávání vlastních tradičních přístupů.

Hodnocením stability výškových a polohových bodů základní geodetické sítě v modelové oblasti na Moravě bylo v 5. pětiletce ověřeno, že prakticky pouze  $\frac{1}{3}$  stávajících bodů může poskytnout spolehlivé údaje pro stanovení recentních pohybů zemské kůry. Rada geodetů a geologů tyto poznatky rychle přijala, ne však všichni. I v současné době jsou publikovány závěry o recentních tektonických pohybech v některých oblastech republiky, ačkoliv jde o závěry předčasné a v některých případech zjevně mylné.

Při inženýrskogeologických terénních pracích se podrobně dokumentuje každý přirozený i umělý odkryv. Například v povrchových hnědouhelných dolech a v kamenolomech získávají inženýři geologové značné množství údajů, které umožňují rekonstruovat historii deformačních procesů probíhajících v minulosti v horninovém masívu (Rybář, 1978). Dojdou tak k závěrům, které nebývají vždy v soulase s přijatými názory na tektonický a geologický vývoj území. Někteří pracovníci, řešící problematiku globálně, berou jen neradi na vědomí detailní závěry z inženýrskogeologických prací.

Příznivě lze hodnotit *přenos výsledků do praxe*. U většiny kolektivů docházelo k aplikaci poznatků již během řešení účasti na jednáních, formou konzultací a formou písemných zpráv a posudků. Odborná veřejnost se seznámila s dílčími výsledky asi ve 120 publikacích. Byla poskytována pomoc podnikům ČGÚ, SGÚ, dále organizacím řady ministerstev i okresním a krajským národním výborům ve většině krajů republiky. Například na lokalitě Velká studňa — Malachov umožnil komplexní výzkum prokázat stupeň ohrožení plánované těžby ložiska rumělky blokovými deformacemi svahů. Také při plánování těžby hnědého uhlí v handlovské pánvi se využívá četných inženýrskogeologických poznatků, stejně jako při posuzování mož-

ností těžby hnědého uhlí při úpatí Krušných hor. Výsledky výzkumů vývoje svahů v české křídě jsou ihned brány v úvahu při zajišťování bezpečnosti provozu na státní silnici pod nebezpečnými skalními stěnami mezi Děčínem a Hřenskem.

Význam výsledků je značný i *pro tvorbu a ochranu životního prostředí*. Výzkumy v hnědouhelných pánvích poskytují podklady pro omezení negativních vlivů těžby uhlí na úpatí a svahy Vtáčnicka i Krušných hor i pro tvorbu nového krajinného prostředí v oblastech již dříve devastovaných. Hodnocení aktivity svahových pohybů i hodnocení recentních pohybů zemského povrchu dává možnost včasného rozeznání antropogenních vlivů v krajině. Řada výzkumů probíhá přímo v přírodních rezervacích, chráněných krajinných oblastech anebo v okolí stavebních památek.

Poznatky získané při výzkumu sesuvů a jiných svahových deformací snesou v mnoha případech *srovnání se světovou úrovní*. Je tak navázáno na tradici školy akademika Quida Záruby, u něhož vždy pozornost věnovaná sesuvům zaujímá přední místo. Uznáním dosavadních výsledků byla skutečnost, že v r. 1977 svěřila Mezinárodní asociace inženýrské geologie právě Československu uspořádání 1. mezinárodního sympozia na téma Sesuvy a jiné svahové pohyby. Ohlas měly zejména československé zkušenosti se systematickou registrací a mapováním svahových deformací, dále poznatky o vývoji plouživých deformací blokového typu a hlubokých deformací horských svahů i metodika geofyzikálního výzkumu a měření aktivity velmi pomalých svahových pohybů.

Recenzoval J. Malgot

## LITERATURA

- Fussgänger, E. — Rybář, J. 1981: Zkušebnosti s měřením hloubky aktivní smykové plochy. *Geol. Průzk.*, 23, s. 50—53.
- Johnsen, G. — Košťák, B. 1980: Účinky srážek na aktivitu svahových deformací. *Čas. Mineral. Geol.*, 25, s. 151—164.
- Kalvoda, J. 1979: Geomorphological map of the Barun glacier region, Khumbakarna Himal. *Acta Univ. Carol., Geogr.*, 14, p. 3—38.
- Kalvoda, J. — Zeman, A. 1979: Sledování pohybů zemského povrchu na geodynamickém polygonu Horní Bečva v Moravskoslezských Beskydech. *Věst. Ústř. Úst. geol.*, 54, s. 349—360.
- Košťák, B. 1977: Terčové měřidlo TM 71 a jeho užití pro měření velmi pomalých pohybů na poruchách a trhlinách. *Inž. Stavby*, 25, s. 213—218.
- Košťák, B. 1978: Opticky citlivé modely svahových deformací a poruch. *Zborník 16. čs. konferencie Experimentálna analýza napätí, ÚSTARCH SAV, Bratislava*, s. 140—156.
- Košťák, B. — Avramova-Tačeva, E. 1977: Sovremennaja dinamika opolzněj blokovogo tipa. *Čas. Mineral. Geol.*, 22, s. 139—149.
- Košťák, B. — Rybář, J. 1978: Measurements of the activity of very slow slope movements. *In: Grundlagen u. Anwendung d. Felsmechanik, Clausthal, Trans Tech Publications*, p. 191—205.
- Kudrna, Z. 1981: Hodnocení účinnosti některých typů sanace sesuvů. *In: Symposium Výpočty stability svahů a jejich zabezpečení, Karlovy Vary, Dům techniky ČSVTS Praha*, s. 188—195.
- Mahr, T. — Malgot, J. — Baliak, F. 1980: Geotechnické problémy těžby Hg rúd v okolí Malachova. *In: Sborník přednášek 2. mezinárodní vědecké konference, sekce č. 11. Ostrava, VŠB*, s. 44—45.
- Malgot, J. 1977: Deep-seated gravitational slope deformations in neovolcanics mountain ranges of Slovakia. *Bull. int. Assoc. eng. Geol.*, 16, Krefeld, p. 106—109.
- Malgot, J. — Baliak, F. — Mahr, T. — Nemček, A. 1978: Možnosti využitia zosuvných území pre výstavbu. *In: Zborník z medz. konferencie Zakladanie 78, Štrbské Pleso, Dom techniky ČSVTS Košice*, s. 89—96.
- Malgot, J. — Mahr, T. 1979: Engineering-geological mapping in the West Carpathian landslide areas. *Bull. int. Assoc. eng. Geol.*, 19, Krefeld, p. 116—121.
- Müller, K. — Müllerová, J. 1979: Přínos geofyziky ke studiu svahových deformací. *In: Zborník Přínos geofyziky pre národné hospodárstvo. Bratislava, SVTS*,

s. 41—51.

Nemčok, A. 1979: Zosuvy a urbanizácia krajiny. In: *Zborník zo semináre Progressívne metódy zakladania občianskych stavieb*. Bratislava, Doškolovací stredisko MVT SSR pri Urbione, s. 49—68.

Pašek, J. — Rybář, J. — Špůrek, M. 1977: Systematic registration of slope deformations in Czechoslovakia. *Bull. int. Assoc. eng. Geol.*, 16, Krefeld, p. 48—51.

Rybář, J. 1977: Prediction of slope failures on water reservoir banks. *Bull. int. Assoc. eng. Geol.*, 16, Krefeld, p. 64—67.

Rybář, J. 1978: Influence of discontinuities on the stability of slopes in the Miocene. In: *Proc. of the Third Int. Congress IAEG*,

Sec. II, vol. 2, Madrid, p. 82—87.

Rybář, J. 1979: Svahové deformace v severovýchodních Čechách. In: *Sborník 22. konference ČSMG, Trutnov*, s. 287—299.

Rybář, J. 1981: Inženýrskogeologické hodnocení stabilitních poměrů předpolí povrchových velkomů při úpatí Krušných hor. In: *Sborník přednášek semináře Stabilitní řešení svahů a jejich zabezpečení*. Most, VÚHU, s. 76—93.

Kolektiv, 1981: Zborník prednášok z celoštátnej konferencie Inžinierskogeologické problémy horninového a krajinného prostredia v investičnej výstavbe, Strbské Pleso. *Dom techniky ČSVTS Košice*, 294 s.

## RECENZIA

D. Hovorka — M. Suk: **Geochémia a genéza eruptívnych a metamorfovaných hornín**. 1. vyd. Bratislava, Univerzita Komenského 1981, 163 s., 58 obr. a 29 tab.

V súvislosti so širokým uplatňovaním globálnej tektoniky, geofyziky a geochémie v geologickom výskume nastali v ostatných rokoch aj isté zmeny v zameraní a spôsobe petrografického bádania. Aj keď hornina zostala naďalej objektom skúmania a poznanie jej genézy hlavným cieľom petrografického štúdia, v novom chápaní sa báda ako súčasť väčšieho geologického celku i ako produkt globálnej tektoniky.

Nové smery v petrografickom výskume prišli aj veľa nových názvov a termínov. Oživil sa aj staršie, už málo používané metódy a vznikli celkom nové pracovné postupy. O týchto novinkách je v našej literatúre pomerne málo údajov. Túto medzeru vo veľkej miere vyplňa recenzované vysokoškolské skriptum D. Hovorku — M. Suka.

Skriptá, ako uvádzajú autori, sú určené najmä študentom III. roč. geochémie PFUK, ale podľa nášho názoru je ich význam oveľa väčší. Sú nevyhnutnou literatúrou všetkých študentov geológie a zaiste poskytnú aj po-

trebné údaje a nové myšlienkové impulzy mnohým geológom a petrografovi základného aj aplikovaného výskumu.

Učebné texty sa nezaoberajú celou problematikou geochémie a genézy eruptívnych a metamorfovaných hornín, ale osvetľujú iba isté špecifické otázky ich genézy. Z problematiky magmatických hornín je to napr. miesto a spôsob vzniku magmy, petrografické série, význam vzácnych prvkov (TR) a izotopov stroncia pre genézu eruptív, petrografické koeficienty a ich grafické zobrazovanie, genetické typy granitoidov a ich pôvod ap. V kapitolách o metamorfovaných horninách uvažujú autori o faktoroch metamorfózy, charakterizujú druhy metamorfózy a jej spätosť s globálnou tektonikou ap.

Učebné texty sú napísané jednoducho, ale prísne vedecky a zrozumiteľne. Bohato ich ilustrujú grafické prílohy a tabuľky, ktoré názorne dokumentujú základné myšlienky textovej časti.

Vydanie recenzovaných textov pokladáme za veľmi užitočné a odporúčame ich do pozornosti čitateľov. Ale s poľutovaním musíme konštatovať, že počet výtlačkov (90) nie je adekvátny významu a potrebe skriptu, a preto treba iba dúfať, že čoskoro vyjde ich druhé a rozšírené vydanie.

Jakub Kamenický

## Inžinierskogeologické hodnotenie krajinného prostredia

MILAN MATULA, MIROSLAV HRAŠNA

Katedra inžinierskej geológie PFUK, Zadunajská 15, 811 00 Bratislava

(4 tab. v texte)

Doručené 26. 10. 1981

### Инженерно-геологическая оценка территориальной среды

Реферат оценивает результаты государственной исследовательской работы II—4—8/7, которая направлена на количественную оценку свойств элементов инженерно-геологических условий (классификации), составление специальных инженерно-геологических и геотехнических моделей геологических условий (карты, номограммы итп), аппликацию экзактных методов оценки использования среды (оптимизационный анализ) использование современных методов для получения и обработки инженерно-геологических информации (фотограмметрия, электронные машины).

### Engineering geological evaluation in land-use

The General report on the third theme of the conference on "Engineering Geological Problems of the Rock environment and land-use" which took place at Štrbské Pleso from 21<sup>st</sup>—23<sup>rd</sup> April 1981 presents results of the state research programme No II-4-8/7 concerning: components of engineering geological conditions and the quantitative evaluation of their properties (classifications), preparation of special purpose engineering geological and geotechnical models of the geological environment (maps, nomograms), use of quantitative methods for the evaluation of land-use (decision and optimization analysis), utilization of modern methods for acquisition and interpretation of engineering geological information (aerial photography, computer technique).

Problematika využívania krajinného prostredia na rozličné hospodárske účely sa v ostatnom období zákonite dostáva do centra záujmu spoločnosti. Zatiaľ čo sa v minulosti hospodárske, resp. inžiniersko-

technické zásahy do územia posudzovali viac-menej izolovane a dominantným bolo najmä úsilie ekonomicky realizovať stavby, pre súčasnú etapu je príznačný komplexný prístup k problematike a cieľ vy-

užívať prostredie racionálne. Takýto prístup je motivovaný záujmami tvorby a ochrany životného prostredia, ako aj relatívnym aj absolútnym ubúdaním zdrojov geologického prostredia, tzv. geopotenciálov.

Zatiaľ čo sa v minulosti výskum jednotlivých zložiek a celého systému inžinierskogeologických pomerov sústreďoval najmä na bezprostredné okolie stavieb, pre modernú inžiniersku geológiu je charakteristický širší regionálny pohľad a snaha optimálne situovať inžinierske zámery v krajinnom prostredí. Dôraz sa pritom kladie na systémový prístup, na racionálne využívanie prostredia založené na posúdení vzájomných väzieb v systéme inžinierske dielo — geologické a krajinné prostredie.

Takýto prístup je okrem už uvedeného celospoločenského trendu motivovaný aj poučením z praxe zlého situovania inžinierskych diel v území nevhodnom na ich realizáciu, resp. v území, kde mali nežiadúce, príp. až katastrofálne účinky na okolné prostredie. Ako príklad možno uviesť dôsledky havárií niektorých vodných diel, nevhodné situovanie komunikácií a sídlisk na zosuvných svahoch a pod.

Naznačený trend výrazne dominoval aj na medzinárodných kongresoch inžinierskej geológie v Paríži (1970), Sao Paule (1974) a v Madride (1978), kde poprední odborníci v mnohých referátoch dokumentovali význam včasného a komplexného riešenia geologických problémov, racionálneho využívanie prostredia, ako aj neblahé dôsledky zanedbania kvalifikovaného inžinierskogeologického výskumu, resp. nerešpektovania jeho výsledkov.

Nevyhnutným základom pre takéto komplexné hodnotenie geologických systémov a ich väzby s okolím je dôsledné exaktné hodnotenie prostredia a jednotlivých zložiek inžinierskogeologických pomerov. Iba ono môže byť východiskom

rozličných mnohoúčelových alebo špeciálnych modelov geologického prostredia potrebných na posudzovanie jeho vhodnosti na rozmanité spôsoby využitia územia.

Pri zostavovaní takýchto modelov (najmä pre väčšie územné celky) v časovo i ekonomicky prijateľných reláciách treba aplikovať nové, progresívne metódy získavania a spracovania inžinierskogeologických údajov, ako aj nové metódy ich hodnotenia pri posudzovaní racionálneho využívania krajinného prostredia.

Z takýchto pozícií sme vychádzali aj pri plánovaní a realizácii úloh regionálneho inžinierskogeologického výskumu v 6. päťročnom pláne. Zamerali sme sa pritom na riešenie štyroch okruhov problémov:

1. exaktné hodnotenie rozličných vlastností zložiek inžinierskogeologických pomerov,
2. zostavovanie špeciálnych inžinierskogeologických a geotechnických modelov geologického prostredia,
3. exaktné metódy hodnotenia využiteľnosti územia,
4. využitie moderných metód pri získavaní a spracúvaní inžinierskogeologickej informácie.

Všetky štyri okruhy problémov sa riešili najmä v súvislosti so zostavovaním inžinierskogeologických máp rozličných mierok. Vzhľadom na to, že sa pri inžinierskogeologickom mapovaní komplexne hodnotia všetky zložky inžinierskogeologických pomerov, majú vypracované metodické postupy a klasifikačné systémy širšiu platnosť a možno ich využiť na rozličné účely inžinierskogeologického a geotechnického hodnotenia územia.

### **Exaktné hodnotenie zložiek inžinierskogeologických pomerov**

Úlohu vypracovať systém exaktného hodnotenia zložiek inžinierskogeologických pomerov riešil kolektív Katedry inžinier-

skej geológie PFUK v Bratislave. Pri hodnotení jednotlivých zložiek inžinierskogeologických pomerov sa sústredil najmä na vypracovanie klasifikácií ich rozmanitých vlastností. Taxonomická škála a klasifikačné stupne sa vyberali tak, aby odrážali podstatné kvalitatívne rozdiely v štruktúre aj vlastnostiach klasifikovaných javov a rozčleňovali ich kvantitatívne na také skupiny a triedy, v ktorých sú rozdiely vlastností inžiniersky významné a súčasne reprezentujú také reálne prírodné javy (napr. geologické telesá), ktoré sú zobraziteľné v mapách rozličných mierok. Ako príklad možno uviesť už známu taxonomickú škálu klasifikácie horninových alebo rajonizačných jednotiek, ale týka sa to aj rozličných vlastností hornín, geodynamických a hydrogeologických javov, ako aj morfológických pomerov.

Výhodné je, ak klasifikácia javov vyhovuje požiadavkám rozličných vedných odborov, resp. rozmanitým spôsobom ich využitia, v našom prípade spôsobom využitia hornín aj geologického, resp. krajinného prostredia. Z týchto aspektov sme pristupovali aj k hodnoteniu všetkých zložiek inžinierskogeologických pomerov.

Pri klasifikácii hornín (Matula in Inžinierskogeologické ..., 1980, s. 1—20) okrem návrhu na jednotný systematický opis litológie, štruktúry a zvetrania hornín — ako materiálu aj v horninovom masíve — boli vypracované semikvantitatívne klasifikácie takých inžiniersky významných vlastností, ako je pevnosť, plasticita, uľahutosť a klasifikácia diskontinuit v horninovom masíve a i.

Pri hodnotení hydrogeologických pomerov sa okrem rozboru celého súboru hydrogeologických údajov poskytovaných pri inžinierskogeologickom mapovaní kvantifikovali najmä údaje o hydrodynamických vlastnostiach hornín (Hrašna in Inžinierskogeologické ..., 1980, s. 21—27).

Z doteraz používaných klasifikácií týchto vlastností sme vybrali alebo spresnili tie, ktoré najlepšie vyhovujú potrebám inžinierskogeologického hodnotenia geologického prostredia. Okrem iného sme spresnili obsah doteraz viac-menej voľne používaného termínu „zvodnenie“ a vypracovali sme jeho klasifikáciu podľa rozličných hydrodynamických charakteristík hornín (tab. 1).

V rámci hodnotenia geomorfologických

*Klasifikácia zvodnenia podľa koeficienta filtrácie  $k$ , filtračnej rýchlosti  $v_r$ , koeficienta prítokovosti  $Q_k$  a jednotkového prítoku  $Q_r$  (Hrašna, 1980)*

*Classification of water-holding capacity according to permeability coefficient  $k$ , seepage velocity  $v_r$ , discharge coefficient  $Q_k$ , by hydraulic gradient  $I = 1$  and specific discharge  $Q_k$  by natural hydraulic gradient (according to Hrašna, 1980)*

Tab. 1

| $k$<br>[m/s]      | $Q_k$<br>[l/min] | $v_r$<br>[m/s]      | $Q_r$<br>[l/min] | Zvodnenie<br>hornín |
|-------------------|------------------|---------------------|------------------|---------------------|
| $1 \cdot 10^{-2}$ | 600              | $3,3 \cdot 10^{-5}$ | 2,0              | veľmi vysoké        |
| $1 \cdot 10^{-3}$ | 60               | $1 \cdot 10^{-5}$   | 0,6              |                     |
| $1 \cdot 10^{-4}$ | 6,0              | $3,3 \cdot 10^{-6}$ | 0,2              | vysoké              |
| $1 \cdot 10^{-5}$ | 0,6              | $1 \cdot 10^{-6}$   | 0,06             |                     |
| $1 \cdot 10^{-6}$ | 0,06             | $3,3 \cdot 10^{-7}$ | 0,02             | stredné             |
| $1 \cdot 10^{-7}$ | 0,006            | $1 \cdot 10^{-7}$   | 0,006            |                     |
| $1 \cdot 10^{-8}$ | 0,0006           | $3,3 \cdot 10^{-8}$ | 0,002            |                     |
| $1 \cdot 10^{-9}$ | 0,00006          | $1 \cdot 10^{-8}$   | 0,0006           | nízke               |



pomerov sa vypracovali klasifikácie inžinierskogeologicky dôležitých údajov o sklonitosti a členitosti reliéfu zohľadňujúce požiadavky rozmanitých spôsobov využitia územia (Hrašna in Inžinierskogeologické..., 1980, s. 41—44). Napr. klasifikáciu sklonitosti územia (tab. 2) sme zostavili v súlade s požiadavkami Projektu urbanizácie Slovenska, s ČSN 73 6101 Projektovanie silnic a dálnic, ako aj s ohľadom na vzťah sklonitosti k vývoju geodynamických javov a k základným geologickotektonickým i geomorfologickým jednotkám vytvárajúcim isté typy reliéfu.

Na hodnotenie geodynamických javov sa tu odporúčajú jednotné klasifikácie neotektonických pohybov, svahových gravitačných pohybov a eróžno-akumulačných javov vyjadrujúce ich intenzitu a rozsah, príp. aktivitu. Zdôraznil sa aj význam štúdií procesov spôsobujúcich zmeny litologického zloženia, štruktúry a fyzikálneho stavu hornín, najmä zvetrávania a objemových i konzistenčných zmien súdržných zemín (Hrašna in Inžinierskogeologické..., 1980, s. 27—41).

Okrem priameho prínosu pre prax, kto-

rý spočíva v kvantitatívnom definovaní vlastností geologického prostredia dôležitých z hľadiska jeho inžinierskeho posúdenia a využitia, je významný aj teoreticko-metodický prínos riešenej úlohy. Ten spočíva v zjednotení metodických postupov pri zisťovaní a vyjadrovaní rozličných vlastností zložiek inžinierskogeologických pomerov, ako aj v jednoznačnom definovaní obsahu a významu pojmov, resp. termínov, ktoré ich vyjadrujú.

Otázky terminológie a klasifikácie v súčasnej etape rozvoja inžinierskej geológie, ktorú možno charakterizovať najmä ako etapu formalizácie a matematizácie, nie sú zanedbateľné. Svedčia o tom aj posledné kongresy Medzinárodnej asociácie inžinierskej geológie (IAEG), Medzinárodnej spoločnosti pre mechaniku hornín (ISRM) a ďalšie. Dôkazom tohto trendu je aj Návrh klasifikácie hornín a Návrh symbolov pre javy zobrazované na inžinierskogeologických mapách vypracované za našej iniciatívnej účasti Komisiou pre inžinierskogeologické mapovanie IAEG a publikované v buletíne tejto asociácie.

*Klasifikácia sklonitosti povrchu územia (Hrašna, 1980)*  
*Classification of slope on the land surface (according to Hrašna, 1980)*

Tab. 2

| Kategória                                                           | Typ               | Sklon v ‰ | ≈ stupňov |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------|-----------|
| I. s malým sklonom<br>(ploché)                                      | 1. veľmi ploché   | < 3       | < 2       |
|                                                                     | 2. ploché         | 3—5       | 2—3       |
|                                                                     | 3. pomerne ploché | 3—9       | 3—5       |
| II. so stredným sklonom<br>(mierne)                                 | 4. veľmi mierne   | 9—12      | 5—7       |
|                                                                     | 5. mierne         | 12—20     | 7—11      |
|                                                                     | 6. pomerne mierne | 20—30     | 11—17     |
| III. s veľkým sklonom<br>(strmé)                                    | 7. pomerne strmé  | 30—36     | 17—20     |
|                                                                     | 8. strmé          | 36—60     | 20—31     |
|                                                                     | 9. veľmi strmé*   | > 60      | > 31      |
| * Svahy so sklonom väčším ako 100 ‰ (45°) možno označiť ako príkre. |                   |           |           |

## **Zostavovanie špeciálnych inžinierskogeologických a geotechnických modelov geologického prostredia**

Z mnohých možných špecializovaných prístupov k hodnoteniu geologického prostredia zodpovedajúcich v podstate rozličným typom inžinierskych zásahov do tohto prostredia, resp. rozličným spôsobom využitia územia sa rozpracovala metodika zostavovania špeciálnych máp inžinierskogeologického rajónovania pre dopravné a vodohospodárske stavby a metodika zostavovania a hodnotenia geotechnických modelov základovej pôdy.

Metodiku zostavovania podrobných máp inžinierskogeologického rajónovania pre dopravné stavby rozpracovala Katedra geotechniky VÚ v Brne (Šamálková — Prostějovská in Inžinierskogeologické..., 1980, s. 52—101).

Navrhnutá metodika vychádza z rozboru inžinierskogeologických máp zostavených pre výstavbu diaľnice D1 a D2, zo smerníc ČGŮ-SGŮ na inžinierskogeologické mapovanie, z metodiky typologickej rajonizácie používanej pri zostavovaní mnohoúčelových inžinierskogeologických máp, ako aj z rozličných predpisov a noriem platných pre daný typ výstavby.

Pri posudzovaní vhodnosti vyčlenených územných celkov (t. j. podrajónov a okrskov) na výstavbu komunikácií sa berú do ohľadu rozličné geotechnické a technologické kritériá, ako je vhodnosť aktívnej zóny pláne a dna zárezu, stabilita svahov zárezov a podzákladia násypov, vhodnosť hornín do násypov, ťažiteľnosť hornín, možnosti a spôsoby zhutnenia zeminy a pod.

Počíta sa s tým, že výsledky výskumu zužitkujú rozličné organizácie pri inžinierskogeologickom prieskume pre dopravné stavby, ako aj ako podklad na návrh odborovej normy ON 73 0095 — Geologický prieskum pre pozemné komunikácie.

Obdobným spôsobom rozpracovala metodiku zostavovania máp inžinierskogeologického rajónovania pre vodné diela Katedra hydrogeológie a inžinierskej geológie PFUK v Prahe (Dovolil — Candra — Bouška — Růžička in Inžinierskogeologické..., 1980, s. 102—135). Úlohu riešili na modelovom území v povodí vodnianskej Blanice.

Vo vypracovanej metodike sa stanovuje rozsah, podrobnosť aj spôsob zakresľovania javov zobrazovaných na mape a obsah sprievodnej správy. Pri hodnotení a výbere optimálneho situovania priehradného miesta použili autori metódu rozhodovacej analýzy, ktorá berie do úvahy všetky dôležité faktory ovplyvňujúce podmienky výstavby a využívania vodného diela a okolného územia, ako sú inžinierskogeologické pomery v priehradnom profile a v zátopovej oblasti, možnosť získavať prirodzené stavebné hmoty v ekonomickej vzdialenosti, prírodné aj kultúrne pamiatky a rezervácie, podmienky výstavby náhradných investícií a pod.

Počíta sa s tým, že sa táto metodika použije ako podklad pri zostavovaní odborovej normy na rajonizáciu povodí pri plánovaní veľkých vodohospodárskych diel. Zostavaná mapa sa už v praxi použila pri riešení problematiky vodohospodárskeho využitia vodnianskej Blanice.

Zostavovaniu špeciálnych inžinierskogeologických máp sa v súčasnosti prikladá veľký význam aj v zahraničí. Zaužívané sú najmä rozličné špeciálne mapy pre urbanizačnú výstavbu, ale aj mapy pre výstavbu komunikačných alebo vodohospodárskych stavieb. Napríklad na III. medzinárodnom kongrese inžinierskej geológie v Sao Paule (1978) bolo o tejto problematike 10 referátov a na sympóziu o inžinierskogeologickom mapovaní v Newcastle upon Tyne (1979) 13 referátov.

Najvhodnejším podkladom na zostavovanie dobrých špeciálnych inžinierskogeolo-

logických máp sú mnohoúčelové inžinierskogeologické mapy. Ich vhodnou transformáciou možno získať najrozličnejšie mapy špeciálneho inžinierskogeologického rajónovania, resp. ďalšou transformáciou geotechnické mapy, ktoré slúžia spravidla už len na istý úzko špecializovaný stavebný zámer (napr. geotechnická rajonizácia pre zakladanie panelových stavieb s priečnym nosným systémom, mapa pre zakladanie objektov na pilótach a pod.).

Na rozličné inžinierskogeotechnické zásahy v geologickom prostredí je okrem geotechnických máp metodicky aj ekonomicky výhodné vytvárať aj ďalšie typové alebo špeciálne geotechnické modely, ako aj rozmanité grafické pomôcky na ich hodnotenie. Touto problematikou sa v rámci výskumu zaoberal kolektív pracovníkov Katedry geotechniky SVŠT v Bratislave (Jesenák — Hullman — Tresa — Kuzma — Masarovičová in Inžinierskogeologické..., 1980, s. 159—180). Aj keď inžinierskogeologické modely obsahujú základné údaje dôležité z hľadiska inžinierskeho osvojenia geologického prostredia, definujú sa najmä v geologických pojmoch, geotechnické modely v inžinierskych pojmoch, odrážajúcich vzťah geologického prostredia a plánovaného inžinierskeho zásahu.

Racionálne stanoviť konkrétny kvantitatívny obsah geotechnických modelov umožňujú rozličné grafické pomôcky zostavené na základe matematických modelov vyhovujúcich danému prípadu. V rámci úlohy sa vypracovali diagramy pre sadanie rozličných typov základov, grafické pomôcky na výpočet prítoku do stavebnej jamy pri povrchovom aj hĺbkovom odvodnení v rozmanitých hydraulických podmienkach a i. V tab. 3 ako ukážku uvádzame časť takého modelu — z nomogramu na určenie prítoku do stavebnej jamy metódou náhradnej studne.

Význam takýchto modelov je pre prax nesporný. Dokumentuje to aj fakt, že sa

niektoré z nich podali ako zlepšovacie návrhy a aplikovali sa v rozličných projekčných organizáciách v ČSSR.

### **Exaktné metódy hodnotenia využiteľnosti územia**

Tretiemu okruhu problémov — metódam hodnotenia územia z hľadiska jeho využitia a ochrany — sa venovali pracovníci Katedry inžinierskej geológie PFUK (Matula — Vlčko in Inžinierskogeologické..., 1980, s. 137—158).

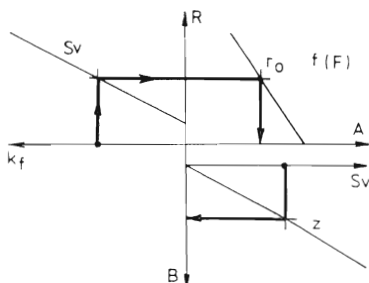
Zaradenie tejto problematiky do výskumnej úlohy dokumentuje úsilie inžinierskej geológie účinnejšie vystupovať v rozhodovacích procesoch o optimálnom využívaní územia. Nová etapa v rozvoji inžinierskej geológie, založená na komplexnom inžinierskogeologickom výskume orientovanom najmä na tvorbu oblastných a územných plánov, vyžaduje aj nové, progresívne metodické postupy a široké uplatnenie výpočtovej techniky.

Podobný trend v rozvoji regionálneho inžinierskogeologického výskumu možno v poslednom desaťročí pozorovať aj v zahraničí. Známe sú najmä základné práce Livingstona — Blayneyho (1971), J. Gy. Fabosa — S. J. Caswellovej (1976), A. K. Turnera (1976), a S. E. Hasana — T. R. Westa (1978).

Jednou z prác tohto druhu bolo Inžinierskogeologické hodnotenie prostredia pre účely urbanizácie — na príklade regiónu Bratislavy (Letko, 1977). Zostavená výsledná Mapa racionálnej využiteľnosti prostredia pre urbanizáciu v mierke 1 : 50 000 vychádza z tektonických a seizmických pomerov územia, exogénnych geodynamických javov, geomorfologických a hydrogeologických pomerov, kvality základových pomerov, využiteľnosti prostredia ako zdroja surovín a z kvality poľnohospodárskej pôdy. Kategórie vhodnosti územia na

Nomogram na určenie prítoku vody do stavebnej jamy metódou náhradnej studne  
(Tresa, 1980)

Diagram for estimation of water discharge into foundation pit by the method  
of substantial well (according to Tresa, 1980)



POMOCNE VÝPOČTY •

$$H = S_v + z$$

$$R = 3000 S_v \sqrt{k_f}$$

$$r_0 = \sqrt{\frac{F}{\pi}}$$

VÝPOČET PODĽA VZORCA

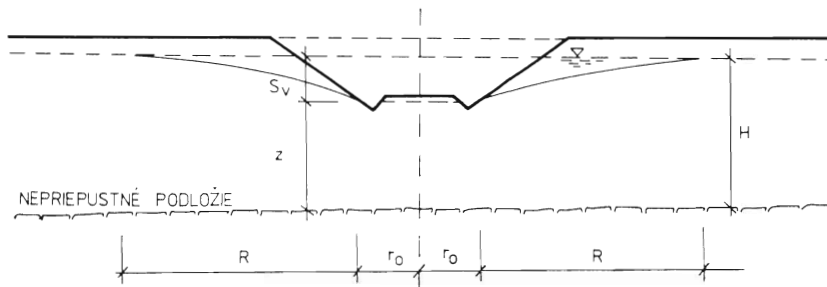
$$Q = \pi k_f \frac{H - z - h_0}{\ln \frac{R + r_0}{r_0}} (H + h_0) \quad \text{KEĎ } h_0 = 0$$

$$\text{POTOM } Q = \underbrace{\frac{\pi}{\ln \frac{R + r_0}{r_0}}}_A (H^2 - H z) k_f$$

$$Q = A B k_f$$

$$A = \frac{\pi}{\ln \frac{R + r_0}{r_0}}$$

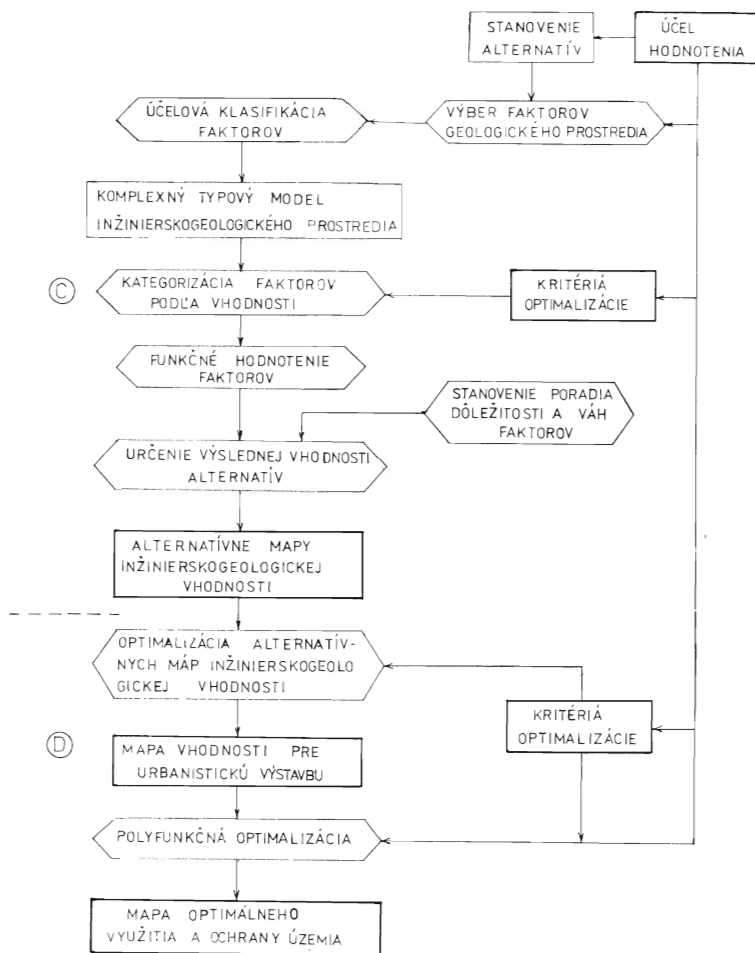
$$B = H^2 - H z$$



tento účel sa stanovili podľa kombinácie významnosti posudzovaných faktorov. Mapa bola zostavená klasickým spôsobom, bez využitia počítača.

Metodika hodnotenia využiteľnosti územia vypracovaná v rámci ďalších etáp výskumu na Katedre inžinierskej geológie PFUK (Vlčko in Inžinierskogeologické..., 1980, s. 259—264) vychádza v podstate z hodnotenia rovnakých faktorov, ale pri porovnávaní ich vplyvu na využiteľnosť územia sa aplikovali kvantitatívne metódy optimalizačnej analýzy a celý postup spracovania bol zautomatizovaný. Časť schémy tohto spracovania, ktorá obsahuje najdôležitejšie optimalizačné procedúry, uvádza

tab. 4. Výsledná mapa optimálneho využitia a ochrany územia vychodí z kvantitatívneho porovnania vhodnosti využitia územia na rozličné typy pozemných a priemyslových stavieb vzhľadom na kvalitu inžinierskogeologických podmienok ich realizácie, ako aj možnosti iného spôsobu využitia územia (ako napr. ťažba nerastných surovín, rezervácia a pod.). Perspektívne sa uvažuje s rozšírením programu tak, aby zahŕňal aj iné spôsoby využitia územia (napr. na energetickú výstavbu, dopravné stavby a i.). Význam takýchto podkladov je pre prax územného plánovania nesporný. Umožňujú už v prvých štádiách rozhodovania voliť správne alterna-



Vývojový diagram in-  
žinierskogeologickej  
optimalizácie územia  
— etapa C a D (Vlčko,  
1980)

Flowchart of engineer-  
ing geological opti-  
mization analysis in lan-  
d-use planning — stages  
C, D (according to  
Vlčko, 1980)

tívy rozličných spôsobov využitia územia podľa povahy geologického prostredia a vyhnúť sa tak nevhodným zásahom do prostredia, často s ďalekosiahajúcimi nepriaznivými ekonomickými aj spoločenskými vplyvmi.

### Využitie moderných metód pri získavaní a spracúvaní inžinierskogeologickej informácie

Z rozličných moderných metód získavania a spracúvania inžinierskogeologic-

kých informácií sa v rámci výskumu veľká pozornosť venovala využitiu fotogrametrie a samočinných počítačov v inžinierskogeologickom mapovaní.

Problematikou využitia fotogrametrie v inžinierskogeologickom mapovaní sa zaoberal kolektív pracovníkov Katedry geodézie SvF SVŠT v Bratislave v spolupráci s Katedrou inžinierskej geológie PFUK (Gregor in Inžinierskogeologické..., 1980, s. 202—220). Cieľom úlohy bolo vytypovať interpretačné znaky jednotlivých zložiek inžinierskogeologických pomerov a celkove

posúdiť možnosti a prednosti využívania leteckých snímok pri inžinierskogeologickom mapovaní.

Popri štúdiu morfológických pomerov územia výskum preukázal možnosť litologicky identifikovať odlišné horninové komplexy, sčasti aj tektonické línie a hydrogeologické pomery. Zo súčasných geodynamických javov sa na snímkach výrazne prejavujú najmä svahové pohyby, výmoľová erózia, erózia brehov vodných tokov a nádrží, niektoré sufózne javy, ako aj niektoré prejavy antropogénnej činnosti (napr. poklesy v poddolovanom území a pod.).

V ČSSR sú v súčasnosti bežne dostupné iba čiernobiele letecké snímky, ale v zahraničí nadobúdajú stále väčší význam radarové, laserové, tepelné a multispektrálne snímky vyhotovené z lietadiel alebo umelých družíc, ktoré poskytujú širšie možnosti pri fotogeologickom hodnotení územia.

Využitím počítačov pri inžinierskogeologickom mapovaní sa v úzkej spolupráci s Katedrou inžinierskej geológie PFUK v Bratislave zaoberal najmä V. Shánělec z Terplanu Praha (Shánělec in Inžinierskogeologické ..., 1980, s. 181—201). Náplňou úlohy bolo zdokonaľiť a rozšíriť programové zabezpečenie na využívanie inžinierskogeologickej databanky pri inžinierskogeologickom mapovaní. Vyskúšali sa nové programy na zostavovanie analytických máp izolínií kóty povrchu, bázy alebo mocnosti vrstiev a program na zostavovanie bodovej mapy inžinierskogeologického rajónovania.

Výsledky výskumu všetkých riešených úloh sa sčasti realizovali už v jeho priebehu, a to pri riešení rozličných úloh v rezorte SGÚ a ČGÚ, v rezorte stavebníctva, v úlohách riešených pre SEP i pre územnoplánovacie a projekčné zložky. Niektoré z nich boli podané ako zlepšovacie návrhy. V ďalšom budú slúžiť aj ako podklad na

novelizáciu smerníc na inžinierskogeologické mapovanie, odborových noriem rezortných ministerstiev, ako aj pre ďalší rozvoj medzinárodnej spolupráce (najmä letné postgraduálne školy UNESCO v ČSSR). Vo forme metodických príručiek sa budú využívať v prieskumných organizáciách.

V 7. päťročnom pláne sa bude pokračovať ako v hodnotení využiteľnosti geologického prostredia na účely územného plánovania a urbanizácie (pri širokom využití výpočtovej techniky, optimalizačných metód i rozmanitých geotechnických modelov), tak aj v problematike inžinierskogeologickej interpretácie leteckých snímok. Ako nová sa bude riešiť najmä problematika hodnotenia a prognózovania antropogénnych zmien v geologickom prostredí.

Recenzoval J. Šajgalík

## LITERATÚRA

- Fabos, J. Gy. — Caswell, S. J. 1977: Composite Landscape assesment. *University of Massachusetts at Amherst, Bull.*, 637, 323 p.
- Hasan, S. E. — West, T. R. 1978: Environmental Geology Data Base in Land Use Planning. *Proc. 3<sup>rd</sup> International Congress of IAEG Section I. Regional Planning (1). Madrid*, pp. 209—218.
- Inžinierskogeologické hodnotenie krajinného prostredia. 1980. [Záverečná výskumná správa.] *Bratislava — Geologický ústav PFUK, Katedra inžinierskej geológie PFUK*. 220 s.
- Inžinierskogeologické problémy horninového a krajinného prostredia v investičnej výstavbe. 1981. Zbor. prednášok z celoštátnej konferencie v Strbskom Plese. *Košice. Dom techniky ČSVTS*. 294 s.
- Letko, V. 1977: Inžinierskogeologické hodnotenie prostredia pre urbanizáciu — na príklade regiónu Bratislavy. [Kandidátska dizertačná práca.] *Katedra inžinierskej geológie PFUK Bratislava*. 160 s.
- Livingstone — Blayney et al. 1976: Environmental Design Study. In: *Earth-*

- Science Information in Land-use Planning. Geol. Surv. Circ. (Washington), 721. 28 p.*
- Matula, M. — Dearman, W. R. et al. 1979: Classification of Rocks and Soils for Engineering Geological Mapping, Part I. Rocks and Soil Materials. *Bull. J. A. E. G. (Kreffield)*, 19, pp. 369—371.
- Turner, A. K. 1976: Computer aided environmental impact analysis. Part 2. Applications. *Mineral. Ind. Bull., (Colo. Sch. Mines)*, 3, 16 p.

MINERALIA SLOVACA — časopis Slovenskej geologickej spoločnosti a slovenských geologickoprieskumných organizácií, ročník 14., číslo 2, apríl 1982.

Vydáva Geologický prieskum, n. p., 052 80 Spišská Nová Ves v n. p. ALFA, vydavateľstve technickej a ekonomickej literatúry, Hurbanovo nám. 3, 893 31 Bratislava, tel. 3314 21 až 45.

Adresa redakcie: Geoprieskum — Mineralia slovaca, p. p. A-21, Jesenského 6, 040 51 Košice, tel. 21197. Vedúci redaktor: Ing. Ján Bartalský, CSc., zástupca: RNDr. Pavol Grecula, CSc. Vychádza 6-krát ročne. Tlačia Východoslovenské tlačiarne, n. p., Košice, Švermova 47. Objednávky adresujte redakcii časopisu. Imprimované dňa 13. 4. 1982. Cena jedného čísla Kčs 15.—, ročné Kčs 90.—, Subscriptions and correspondence concerning advertisements be sent to SLOVART Ltd., Leningradská 12, 896 26 Bratislava.

The Mineralia slovaca is also available on an exchange basis. For details please write to the Editor Mineralia slovaca, P. O. Box A-21, 040 51 Košice, Czechoslovakia.

© ALFA, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, Bratislava 1982.

*Dušan Hovorka — Jakub Kamenický*

Poznámky k nomenklatúre a klasifikácii pyroklastických a úlomkovitých uloženín 155  
 Remarks to the nomenclature and classification of pyroclastic and clastic sediments

## SUHRNNÝ REFERÁT

## GENERAL'S REPORTS

*Milan Matula — Rudolf Ondrášik*

Inžinierskogeologické hodnotenie horninového prostredia 161  
 Engineering geological evaluation of the rock environment

*Jan Rybář*

Inženýrskogeologické hodnocení svahových deformací 175  
 Engineering geological evaluation of slope deformations

*Milan Matula — Miroslav Hrašna*

Inžinierskogeologické hodnotenie krajinného prostredia 183  
 Engineering geological evaluation in landscape

## ZO ŽIVOTA SPOLOČNOSTI

## THE SOCIETY'S LIFE

*Ondrej Samuel*

Založenie a program odbornej paleontologickej skupiny 116  
 Composition and programme of the Paleontological Group

*Milan Háber*

Seminár Genetická interpretácia textúr a štruktúr rúd 160  
 Seminary: Genetic interpretation of ore structures and textures

## RECENZIE

## REVIEW

*Ivan Matula*

V. L. Barsukov — S. V. Grigorian — L. N. Ovčinnikov: Geochemické metody poiskov rudných mestoroždenij 144  
 V. L. Barsukov — S. V. Grigorian — L. N. Ovčinnikov: Geochemical methods of prospecting of ore deposits

*Jakub Kamenický*

D. Hovorka — M. Suk: Geochemia a genesis erupčných a metamorfovaných hornín 182  
 D. Hovorka — M. Suk: Geochemistry and genesis of igneous and metamorphic rocks

## OZNÁMENIE

Oznamujeme našim odberateľom a čitateľom, že si v redakcii môžu za zníženú cenu (6,50 Kčs pre študentov a členov SGS a 8,— Kčs pre ostatných) objednať tieto čísla časopisu *Mineralia slovaca* (obsah čísel nájdete v Bibliografii za roky 1969—1979 a v ročníkových obsahoch):

1974 — č. 1, 2, 4

1975 — č. 1—2, 3, 4

1976 — č. 2, 3, 4, 5, 6

1977 — č. 1, 2, 3, 4, 6

1978 — č. 1, 2, 3, 4, 5, 6

1979 — č. 2, 4, 5, 6

1980 — č. 3, 4, 5, 6

1981 — č. 1, 2, 3, 4, 5, 6

Bibliografia za roky 1969—1979

Slovenské názvy minerálov (12,— Kčs)



**VYDAVATEL:**

**SLOVENSKÁ GEOLOGICKÁ SPOLOČNOSŤ – BRATISLAVA**

**SLOVENSKÝ GEOLOGICKÝ ÚRAD – BRATISLAVA**

**INŽINIERSKOGEOLOGICKÝ A HYDROGEOLOGICKÝ PRIESKUM, N. P., ŽILINA**

**NAFTA, K. P., GBELY**

**GEOLOGICKÝ PRIESKUM, N. P., SPIŠSKÁ NOVÁ VES**

49 374

