

Niektoré výsledky štúdia fyzikálnych vlastností hornín kryštalinika na lokalite Jasenie-Kyslá (Nízke Tatry)

VLADIMÍR VYBÍRAL, JURAJ JANČÍ

Geofyzika, š. p., Brno, závod Bratislava, Geologická 18, 825 52 Bratislava

(Doručené 8. 9. 1988)

Some results of investigation into physical properties of crystalline rocks on the Jasenie—Kyslá locality (Low Tatra Mts., Central Slovakia)

In the frame of geophysical field measurements on the Jasenie-Kyslá tungsten ore prospect, also physical properties of main petrographic rock varieties have been investigated on laboratory samples from adits Š-3 and Š-4. Rock density, total gamma-activity, contents of potassium, uranium and thorium as well as the magnetic properties have been measured. Data proved petrophysical homogeneity of the ophiolitic and stromatolitic migmatite complex. To the contrary, rocks of the volcanosedimentary complex (gneiss, paragneiss, hornblende gneiss and amphibolite) display petrophysical heterogeneity and broad dispersion of density and radioactivity values. This is in accordance with mixed terrigenous and volcanogenous nature of the pre-metamorphic protoliths from which the complex originated. The terrigenous constituent of the complex displays lower density and higher radioactivity whereas the volcanogenous rocks are characterized by opposite trend.

Úvod

Súčasnou komplexu geologickoprieskumných prác zameraných na sledovanie W zrudnenia na lokalite Jasenie-Kyslá sú aj geofyzikálne práce. V prvej etape prác od roku 1982 sa celá záujmová oblasť premerala komplexom geofyzikálnych metód. Riešilo sa viacero čiastkových úloh (Vybiral, Jančí, 1984). Jednou z nich bolo vymapovanie zón vystupovania hornín vulkanicko-sedimentárneho komplexu (ďalej VSK) s amfibolitmi, amfibolickými rulami a amfibolicko-biotitickými rulami v komplexe migmatitov (Vybiral, Jančí, 1984). Úlohy týkajúce sa hornín VSK zostali po ukončení prvej etapy prác otvorené, použitým komplexom geofyzikálnych metód takmer neriešiteľné. Preto sa realizovala druhá etapa prác, ktorá zahŕňala, okrem iného, podrobné systematické sledovanie fyzikálnych vlastností hornín v banských prácach. V tomto príspevku chceme zverejniť niektoré výsledky získané laboratórnym meraním na cca 600 vzorkách hornín.

Stručná geológia sledovaného územia

Oblasť W zrudnenia Jasenie-Kyslá leží v centre dumbierskej zóny nízkotatranského kryštalinika. Geofyzikálne prieskumné práce obidvoch etáp sa uskutočňovali v pásme Špíglovej, ktorá pozostáva hlavne z migmatitov stromatitického a ophiolitického

typu, VSK s pararulami, rulami, amfibolitmi. V nepodstatnej miere sa tu vyskytujú žilné typy granitoidov, aplítov a pegmatitov.

Stromatitické typy migmatitov sa dajú charakterizovať ako horniny s pravidelným striedaním svetlých prúžkov — neozómu — a tmavých prúžkov obohatených biotitom — paleozómu. Mocnosť prúžkov je variabilná, maximálna niekoľko desiatok mm.

Ophiolitické typy migmatitov sa odlišujú od stromatitických porfýrickými K-živcami s hojnými uzavreninami iných minerálov (kremeň, sludy). Očká možno niekedy pozorovať aj v typických stromatitoch. Minerálne zastúpenie: plagioklas (oligoklas), v menšej miere K-živec, biotit, ktorý býva chloritizovaný, muskovit, kremeň, ojedinele granát, zirkón, apatit, rudné minerály.

Ruly sú najčastejšie zastúpené biotitickými, granatiticko-biotitickými, muskoviticko-biotitickými, muskoviticko-kvarcitickými, kremenitými, biotiticko-kremenitými typmi. Prevládajúcim minerálom je plagioklas, zriedkavo kremeň. Charakteristická je neprítomnosť K-živca. Biotit je lokálne chloritizovaný, obsah muskovitu varíruje podľa typu horniny (Spišiak, Pitoňák, 1986).

Amfibolické horniny vystupujú v úzkej asociácii s rulami, často s nimi v profiloch viaczložne alternujú. Mocnosť telies je spravidla niekoľko dm až m, zriedkavo desiatky m. Horniny sú masívne, s usmerenou textúrou. Základné minerálne zloženie: amfi-

bol, plagioklas, biotit, kremeň, granát. Podľa modálneho zastúpenia vedľajších minerálov sú vyčlenené viaceré variety (biotitické, granatické, epidotické amfibolity).

Metodika stanovenia a výsledky meraní fyzikálnych vlastností hornín

V prvej etape prác sa zvolila metodika cieleného odberu, pretože bolo potrebné získať obraz o fyzikálnych vlastnostiach jednotlivých petrografických typov hornín.

V druhej etape sme pristúpili k systematickému odberu. Vo všetkých banských dielach sme odobrali vzorky s pravidelným krokom 10 m. Predpokladali sme, že takýmto spôsobom odberu sa zistia fyzikálne vlastnosti horninových typov, tendencie zmien fyzikálnych parametrov v horizontálnom a vertikálnom smere a iné zákonitosti a trendy štatistického charakteru. Na odobraných vzorkách sa zisťovali hustotné, rádiometrické a magnetické parametre. Základný petrografický opis vzoriek vykonali pracovníci Geologického prieskumu Spišská Nová Ves (Petro a Mudráková).

Kvôli štatistickému spracovaniu v súlade s hlavnými zámermi interpretácie sme vyčlenili 4 hlavné

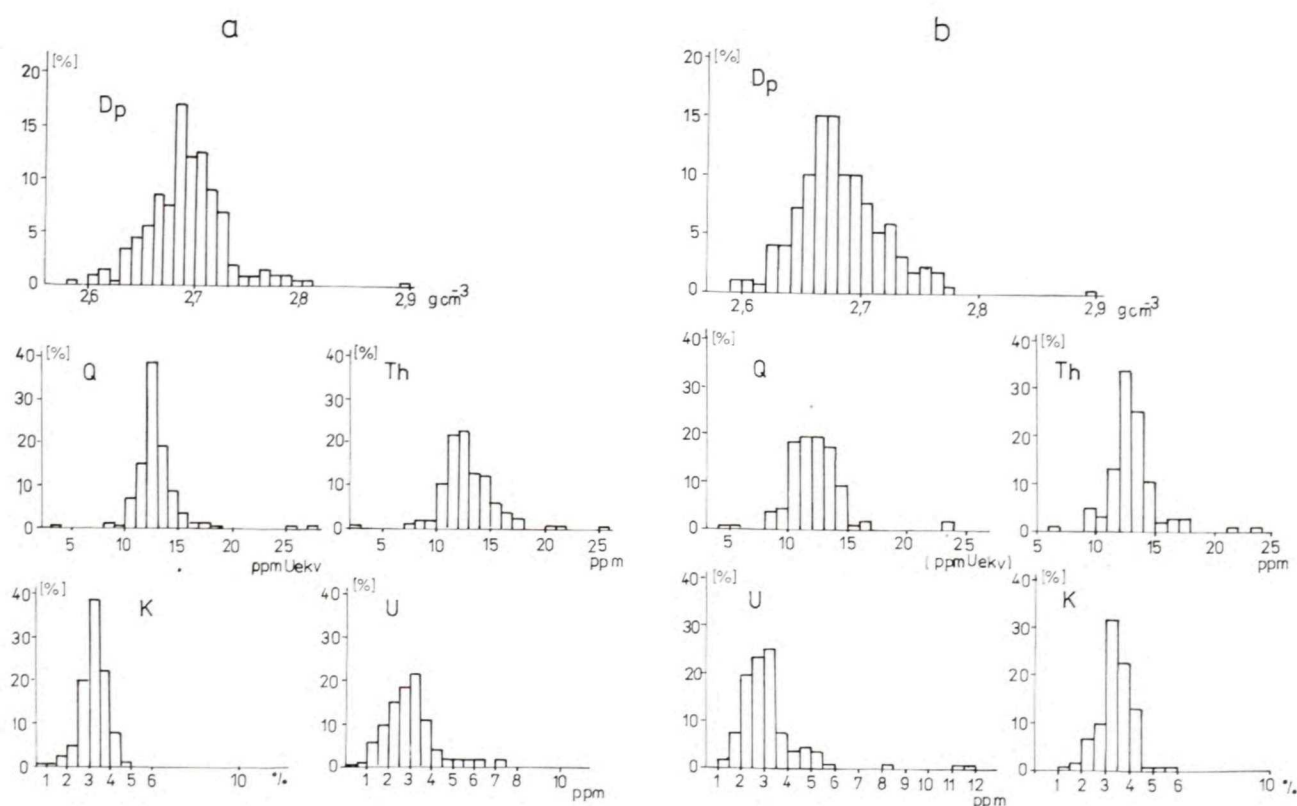
petrografické typy, a to oftalmické a stromatitické migmatity, ruly s pararulami a amfibolity.

Stromatitické migmatity (obr. 1) sa v sledovanom území vyskytujú najhojnejšie. Väčšina horninových vzoriek je postihnutá hydrotermálnymi premenami rôzneho stupňa. Horniny sú prekremenené až silne prekremenené. Prirodzená hustota migmatitov stromatitického typu má charakteristickú strednú hodnotu $\bar{x} = 2,686 \pm 0,035 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$. V hustotách hornín opisovaných ako typické a v hustotách hydrotermálne premenených hornín nebadáť žiadny podstatný rozdiel.

Celková gama aktivita stromatitických migmatitov je v celej oblasti približne rovnaká, so strednou hodnotou $\bar{x} = 13,5 \pm 2,7 \text{ ppm eU}$. Jej hodnota nezávisí od stupňa hydrotermálnej premeny a zvetrania. Podobná charakteristika platí aj pre obsah Th, U a K. Stredný obsah Th — $\bar{x} = 13,4 \pm 2,3 \text{ ppm}$, U — $\bar{x} = 3,2 \pm 1,8 \text{ ppm}$ a K — $\bar{x} = 3,2 \pm 0,7 \%$.

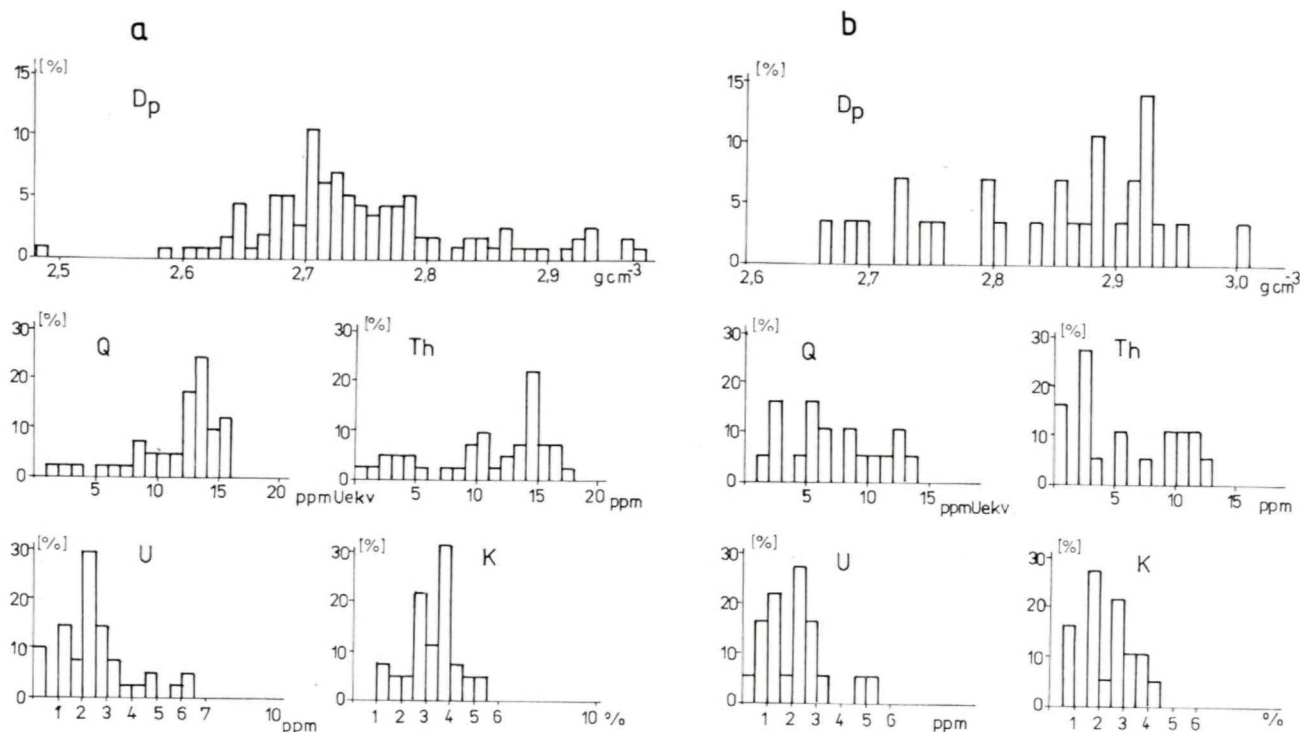
V celom súbore stromatitických migmatitov sa nezistili horniny s výraznejšími magnetickými prejavmi. Hodnoty χ kolíšu v rozpätí $80\text{--}400 \cdot 10^{-6} \text{ J [SI]}$, pričom asi 50 % vzoriek je svojimi hodnotami pod hranicou citlivosti astatického magnetometra.

Oftalmické migmatity (obr. 1) majú podobné hustotné charakteristiky ako stromatitické. Pri 172 vzor-



Obr. 1. Histogramy hodnôt D_p , Q a obsahu Th, U, K, a — migmatity stromatitického typu, b — migmatity oftalmického typu.

Fig. 1. Histograms of D_p and Q-values as well as of Th, U and K-contents. a — stromatitic migmatite, b — ophthalmic migmatite.



Obr. 2. Histogramy hodnôt D_p , Q a obsahu Th, U, K. a — ruly, pararuly, b — amfibolity.

Fig. 2. Histograms of D_p and Q -values as well as of Th, U and K-contents. a — gneiss and paragneiss, b — amphibolite.

kách bola zistená stredná hodnota $D_p - \bar{x} = 2.676 \pm 0.035 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Zhodnosť hustotných parametrov vyplýva z príbuznosti minerálneho zloženia oboch petrografických typov. Ani u oftalmických migmatitov nebola zistená závislosť medzi hustotami a stupňom hydrotermálnej premeny.

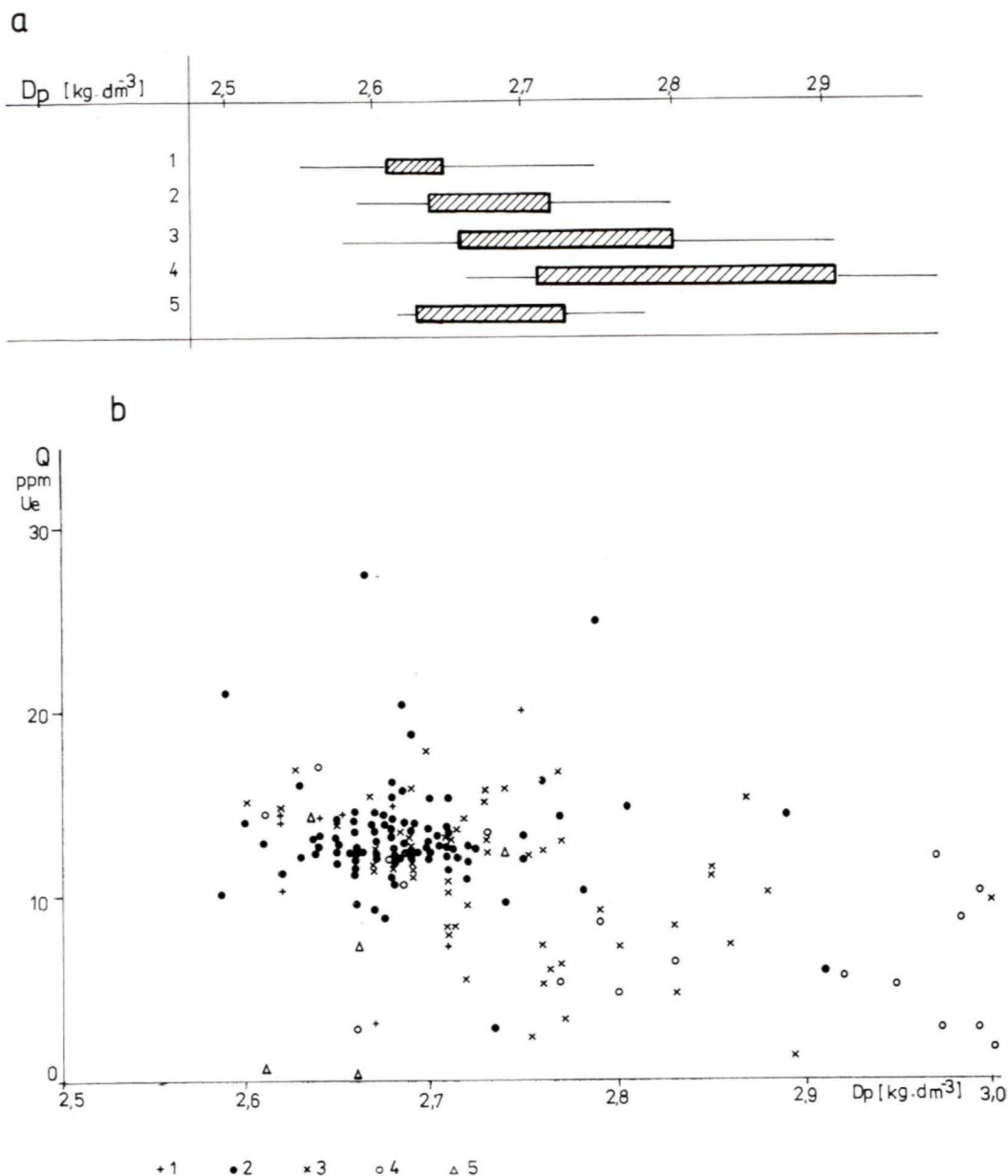
Gama aktivita a obsah Th, U a K sú porovnateľné s hodnotami zistenými v stromatitickom type: $Q - \bar{x} = 13.1 \pm 1.7 \text{ ppm eU}$, $Th - \bar{x} = 12.3 \pm 2.3 \text{ ppm}$, $U - \bar{x} = 3.0 \pm 1.5 \text{ ppm}$, $K - \bar{x} = 3.4 \pm 0.7 \%$. Podobné sú aj ich magnetické prejavy.

Z porovnania hustôt, rádiometrických a magnetických prejavov vyplýva, že migmatity oboch typov vystupujú ako jednotné petrofyzikálne prostredie. Ruly, pararuly, amfibolické ruly (obr. 2) majú minerálne zloženie podstatne pestrejšie ako migmatity. Táto skutočnosť sa odráža aj v hustotných vlastnostiach a vo variačnom rozpätí hodnôt. Stredná hodnota $D_p - \bar{x} = 2.74 \pm 0.07 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Nezistili sa žiadne priame vzťahy medzi hustotnými parametrami a odhadovaným stupňom hydrotermálnej premeny. Namerala sa rádioaktivita širšieho rozpätia: $Q - \bar{x} = 11.5 \pm 3.6 \text{ ppm eU}$, $Th - \bar{x} = 10.9 \pm 4.8 \text{ ppm}$, $U - \bar{x} = 2.5 \pm 1.5 \text{ ppm}$, $K - \bar{x} = 3.3 \pm 1 \%$. Vo všetkých štyroch parametroch ide o hodnoty nižšie ako u migmatitov. Na základe vypočítaných hodnôt veľkosti χ a NRMP zaradujeme horniny do skupiny s najslabším magnetickým prejavom. Veľkosť χ kolíše

od 10^{-4} J [SI] do 10^{-3} J [SI] . Amfibolity (obr. 2) majú spomedzi všetkých hornín najvyššie hustoty ($D_p - \bar{x} = 2.85 \pm 0.07 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$), ktoré sú odrazom prítomnosti ťažších minerálov (amfibol s hustotou 2.9 až $3.6 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ a biotit s hustotou 2.7 až $3.2 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$). Amfibolity charakterizujeme ako horniny s nižšou rádioaktivitou: nižšie sú hodnoty všetkých troch sledovaných prvkov, ako aj celková gama aktivita ($Q - \bar{x} = 6.2 \pm 4 \text{ ppm eU}$, $Th - \bar{x} = 4.2 \pm 4 \text{ ppm}$, $U - \bar{x} = 1.1 \pm 0.6 \text{ ppm}$ a $K - \bar{x} = 1.9 \pm 1.2 \%$). Magnetické prejavy ich radia medzi horniny slabo magnetické s hodnotami χ od 120 do $1200 \cdot 10^{-6} \text{ J [SI]}$.

Diskusia výsledkov

Migmatity oftalmického a stromatitického typu predstavujú pomerne homogénny celok s charakteristickými petrofyzikálnymi vlastnosťami. Ich hustotné parametre sú stabilné. Kolíšu v pomerne úzkom intervale hodnôt. Pri ich spracovaní v rovne banských diel sa nezistili žiadne trendy zmien. Napríklad histogramy hustôt zo štôlny Š-3 a Š-4 sú zhodné aj napriek tomu, že štôlny sú razené v rozdielnych výškových horizontoch (Vybíral et al., 1987). Žiadne zmeny sa nespozorovali ani pozdĺž jednotlivých štôlní. Rovnako stabilná je aj celková rádioaktivita a obsah rádioaktívnych prvkov. Potvrdzujú to i merania rádioaktivity v banských dielach prenosným rádiometrom a gamaspektrometrom.



Obr. 3. Hustotné charakteristiky hornín v Š-3 a Š-4 (a), vzťah medzi Q a D_p hornín v Š-3 a Š-4 (b). 1 — granity, 2 — migmatity, 3 — ruly, pararuly, 4 — amfibolity, 5 — kremene.

Fig. 3. Density characteristics of rocks in Š-3 and Š-4 adits (a), relation between Q and D_p of rocks in Š-3 and Š-4 adits (b). 1 — granite, 2 — migmatite, 3 — gneiss, paragneiss, 4 — amphibolite, 5 — quartz.

Horniny VSK predstavujú heterogénny horninový celok s veľmi variabilnými hodnotami hustoty, rádioaktivity a magnetizácie. Nevyhranené fyzikálne prejavy sú dôsledkom variabilného chemického zloženia. VSK predstavuje výsledok metamorfózy zmesi terigénneho a bazického vulkanoklastického materiálu (Spišiak, Pitoňák, 1986; Pitoňák, Spišiak, 1988). Dá sa predpokladať, že protolit migmatitov a pararúl nekontaminovaných vulkanoklastickým materiálom je podobný až totožný. Ruly a pararuly tvoria akýsi chemický prechod medzi migmatitmi a amfibolitmi.

Tieto skutočnosti sa premietajú do fyzikálnych vlastností.

Na obr. 3 uvádzame súborne spracované hustotné charakteristiky migmatitov a hornín VSK doplnených o granit a kremeň. Migmatity, ruly, pararuly a amfibolity tvoria zreteľnú postupnosť zvyšovania hustôt od ľahších migmatitov po ťažšie amfibolity. Rozdielnosť fyzikálnych vlastností je ešte viac zvýraznená v poli rozloženia hodnôt Q a D_p na obr. 3. Migmatity sa v tomto poli prejavujú ako pomerne homogénny súbor definovaný tak rádioaktivi-

tu, ako aj hustotami. Pole sledovaných parametrov VSK má diametrálne odlišnú charakteristiku:

- a) Má široký rozptyl hodnôt D_p a Q .
- b) Je sledovateľný trend závislosti medzi hustotami D_p a Q .
- c) Má bipolárne rozloženie, pričom jeden pól tvoria amfibolity s hustotou cca $3,0 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ a Q 5 ppm eU, druhý pól tvoria ruly a pararuly, ktoré sa fyzikálnymi parametrami zaraďujú do množiny typických pre migmatity. Tento fakt je plne v súlade so závermi Spišiaka a Pitoňáka (1986), že ide o zmes hornín terigénneho a vulkanogénneho pôvodu. Ľavá strana obrázku predstavuje horniny s prevahou materiálu terigénneho a pravá strana s prevahou materiálu vulkanogénneho pôvodu. Z hľadiska fyzikálnych vlastností terigénny materiál predstavuje trend znižovania hustoty a zvyšovania rádioaktivity a vulkanogénny materiál trend zvyšovania hustoty a znižovania rádioaktivity. Podotýkame, že ide o mnohofaktorovú závislosť, ktorú nemožno vyjadriť analyticky. Navyše ide o porovnanie dvoch štatisticky nerovnovážnych súborov. Hodnoty D_p a Q pre migmatity tvoria súbor 238 dvojíc, naproti tomu pre litologicky nehomogénny VSK máme k dispozícii iba 43 dvojíc.

Záver

Výsledky spracovania fyzikálnych vlastností ukazujú, že dve hlavné zložky kryštalických bridlíc, t. j.

migmatity a horniny VSK, predstavujú dve fyzikálne rozdielne prostredia. Migmatity oftalmitického a stromatitického typu tvoria jednotné fyzikálne prostredie s hustotou D_p cca $\bar{x} = 2,68 \pm 0,03 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ a rádioaktivitou $Q - \bar{x} = 13,3 \pm 2,0 \text{ ppm eU}$. Horniny VSK predstavujú fyzikálne nerovnorodé prostredie so širokým variačným rozpätím hodnôt hustoty a rádioaktivity. Uvedený rozptyl je zdrojom nejednoznačnosti riešenia úloh geofyzikálnymi metódami. V gravimetrických a rádiometrických výsledkoch sa prejavujú len tie časti vulkanicko-sedimentárneho komplexu, ktoré sa svojimi fyzikálnymi vlastnosťami odlišujú od migmatitov, teda obsahujú ťažšie zložky vulkanogénneho pôvodu.

Literatúra

- Pitoňák, P., Spišiak, J. 1988: Simple model of paragneiss and amphibole rock protoliths of the Nízke Tatry Mts. Crystalline complex. *Geol. Zbor. Geol. carpath.*, 39, 1, 73–85.
- Spišiak, J., Pitoňák, P. 1986: Štúdium litológie a metamorfózy vulkanosedimentárneho komplexu nízkotatranského kryštalinika. *Manuskript — GÚ SAV, odd. ner. sur., Banská Bystrica*.
- Vybíral, V., Jančí, J. 1984: Nízke Tatry — Jasenie Au, W, Geofyzikálny prieskum. *Manuskript — Geofond Bratislava*.
- Vybíral, V., Jančí, J., Maar, S. 1987: Nízke Tatry — Jasenie W, Au — II. etapa, geofyzikálne práce 1986–1987. *Manuskript — Geofond Bratislava*.

Some results of investigations into physical properties of crystalline rocks on the Jasenie-Kyslá locality (Low Tatra Mts., Central Slovakia)

In the frame of geophysical field measurements on the Jasenie-Kyslá tungsten ore prospect, also petrophysical properties of rocks sampled in Š-3 and Š-4 adits have been measured in laboratory conditions. Results are based on a total of 600 sample population sampled with regular spacings of 10 m in the adits.

The tungsten ore prospect is mainly built of ophtalmitic to stromatitic migmatite in which rocks of the so called volcano-sedimentary complex (paragneiss, gneiss and various amphibolite) occur together with small bodies of granitoids, aplite and pegmatite.

Total rock density, magnetic properties as well as total gamma activity and contents of potassium, uranium and thorium have been measured on the laboratory samples. The measured values for four main petrographic types are in figs. 1 and 2 as histograms.

The ophtalmitic and stromatitic migmatite varieties basically display identical densities (average values are $D_p = 2.686 \pm 0.035 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ and $2.676 \pm 0.035 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ respectively), Q -radioactivity and also the same contents of radioactive elements. All migmatite samples hence create a uniform petrophysical environment in which no trends of changes are detectable in the direction of realized adits.

In contrast with the former, rocks of the volcanosedimentary complex represent heterogeneous element in the geological structure with variable petrophysical parameter

values. Physical properties there reflect the variability in the chemical composition of the protolith which was a mixture of terrigenous and basic volcanogenous material.

Densities of single rock types are on fig. 3a. Accordingly, migmatite, gneiss, paragneiss and amphibolite create an evident sequence of subsequently increasing density from the lighter migmatite to more dense amphibolite populations. Differences in physical parameters are even better pronounced if distributed according to the relations between Q and D_p values (fig. 3b.). Rocks of the volcano-sedimentary complex display broad dispersion of Q and D_p values with a quite well expressed trend of mutual dependence and also depending on the composition of protoliths. Decreasing densities and increasing radioactivity are the prevailing trends in terrigenous rocks whereas increasing density and decreasing radioactivity results as the main trend for volcanogenous rocks.

The discovery of changes in physical properties of metamorphic rocks allows their surficial mapping by geophysical methods. From the broad variety of rock types in the volcanogenous complex only the physically contrasting lithotypes are detectable by gravimetry and radiometry. These rocks display physical contrasts differing from the main mass of migmatite. The contrasting rocks are those containing higher amounts of volcanogenous material.