

Ku štúdiu inžiniersko-geologickej rovnorodosti fyzikálnych vlastností hornín

IGOR MODLITBA

Sur les études de l'homogénéité géologique de l'ingénieur des propriétés physiques des roches

En faisant une recherche géologique de l'ingénieur il faut connaître l'homogénéité des propriétés physiques des groupes et des corps séparés des roches. L'auteur de cet article s'occupe de l'évaluation des méthodes différentes pour exprimer l'homogénéité des propriétés physiques (évaluation macroscopique visuelle, évaluation mathématique-statistique) et il fait une proposition pour évaluer l'homogénéité à l'aide du coefficient K . Ce coefficient représente la relation de l'écart déterminatif σ de quelque propriété physique de la roche à l'écart déterminatif σ de la même propriété de la roche standard.

Úvod

Pri súčasnom stupni vývoja regionálnej inžinierskej geológie vystupuje čorazviac do popredia otázka inžiniersko-geologickej rovnorodosti — či nerovnorodosti vyčlenených inžiniersko-geologických súborov a prvkov. Pojem inžiniersko-geologickej rovnorodosti sa vo všeobecnosti chápe ako rozptyl jednotlivých hodnôt niektorej vlastnosti horniny, prípadne celého faciálne-genetického komplexu hornín. Jej zhodnotenie sa obyčajne vykonáva buď na základe makroskopického popisného vyhodnotenia — teda vizuálne — alebo pomocou metód matematickej štatistiky.

Je samozrejmé, že vizuálnym vyhodnotením možno stanoviť rovnorodosť len tej vlastnosti, ktorá je zreteľne pozorovateľná a porovnateľná. Takto sa dá hodnotiť napr. rovnorodosť granulometrie hrubopiesčitých a štrkovitých hornín, farby, textúrnych znakov a pod. Použitím tejto metódy môžeme zhodnotiť rovnorodosť iba relatívne a značne subjektívne. Naproti tomu pomocou matematickej štatistiky je možné hodnotiť rovnorodosť prakticky každej číselne vyjadrenej vlastnosti. Podmienkou však je, mať dostatočný počet číselných znakov vytvárajúci vyhovujúci štatistický súbor.

Poznanie rovnorodosti jednotlivých vlastností inžiniersko-geologického typu horniny, ako aj jej rovnorodosti ako celku, má svoje opodstatnenie najmä v technickej praxi, kde nám napr. umožňuje voliť odber optimálneho počtu vzoriek pre stanovenie výpočtových hodnôt fyzikálnych a mechanických vlastností. Je samozrejmé, že čím bude študovaný typ horniny v tej-ktorej vlastnosti rovnorodejší, tým bude možné použiť menší počet vzoriek pre jej stanovenie. Podobne i pri štatistickom spracovaní hodnôt môže hodnota rovnorodosti poukazovať na reprezentatívnosť udávaných výpočtových hodnôt. Výpočtové hodnoty určené štatisticky na menej rovnorodých súboroch sú menej reprezentatívne pre celý súbor, ako na rovnorodom súbore a ich použiteľnosť je pre niektoré prípady diskutabilná. Okrem toho poznaním rovnorodosti môžeme urobiť dokonalejšie vytriedenie hornín na inžiniersko-geologické typy a tak spoľahlivejšie predpokladať ich reakciu na technické zásahy do ich prirodzeného stavu.

Definícia a matematické vyjadrenie inžiniersko-geologickej rovnorodosti

S teoretickým rozpracovaním otázky inžiniersko-geologickej rovnorodosti hornín v odbornej literatúre sa nestretneme príliš často, pričom problém nie vždy býva riešený do hĺbky. Výnimku tvoria iba práce N. V. KOLOMENSKÉHO (1968), M. MATULU (1966) a M. V. RACA (1968).

M. V. RAC (1968) vo svojej práci rozoberá problematiku inžiniersko-geologickej rovnorodosti skalných a poloskalných hornín z hľadiska ich tektonického vývoja, genézy a celkového historického vývoja. Zaujíma sa tiež o problematiku vplyvu veľkosti rozmerov študovanej oblasti na štatistické charakteristiky vlastností horniny.

M. MATULA (1966) sa zaoberá hlavne metodikou vyčleňovania rovnorodých inžiniersko-geologických územných celkov i horninových komplexov. Poukazuje na nutnosť geologického prístupu ku štúdiu rovnorodosti, ktorý však treba kombinovať s poznatkami o fyzikálnych a mechanických vlastnostiach hornín, stanovených laboratórnymi alebo terénnymi skúškami. Jeho práca sa pokladá za základné teoretické spracovanie tejto otázky pre územie Západných Karpát.

N. V. KOLOMENSKÝ (1968) rozpracováva teoretické otázky inžiniersko-geologickej rovnorodosti hornín, pričom podáva jej vyčerpávajúcu definíciu a snaží sa o jej číselné vyjadrenie pomocou metód matematickej štatistiky. Podľa tohto autora matematická štatistika poskytuje niekoľko viac-menej vhodných charakteristík, ktorými možno vyjadriť rovnorodosť. Za východiskovú charakteristiku pokladá smerodajnú odchýlku σ , ktorá udáva stupeň rozptylu jednotlivých znakov štatistického súboru okolo aritmetického priemeru. Čím je táto hodnota väčšia, tým má súbor širší rozptyl znakov a nevýraznejší vrchol obalovej čiary súboru.

Druhou, často používanou charakteristikou je variačný koeficient V_k , ktorý vyjadruje pomer smerodajnej odchýlky σ k aritmetickému priemeru súboru v percentách. Praktická interpretácia týchto charakteristík v inžinierskej geológii má však niektoré vážne nedostatky, ktoré zabraňujú ich širokému použitiu a zovšeobecneniu poznatkov. A to preto, že sú priamo závislé na absolútnych hodnotách jednotlivých znakov a na aritmetickom priemere, pri vlastnostiach, ktoré sa vyznačujú širokým číselným rozptylom (napr. číslo plasticity I_P , medza tekutosti w_L a pod.), môžeme dva rovnako rovnorodé typy hornín s číselne nerovnocennými priemernými hodnotami označiť rozličným stupňom rovnorodosti. Súčasne to vylučuje akékoľvek porovnávanie rovnorodosti jednotlivých vlastností v rámci jedného typu horniny. Tak napr. nie je možné porovnávať medzi sebou hodnoty rovnorodosti objemovej tiaže a pórovitosti, vyjadrených smerodajnou odchýlkou σ . Pri vyjadrení rovnorodosti variačným koeficientom V_k , nebude zas možné správne charakterizovať rovnorodosť napr. medze tekutosti w_L dvoch typov hornín s rovnakou hodnotou smerodajnej odchýlky σ (teda rovnocenne rovnorodých), ak prvý typ bude mať hodnotu medze tekutosti $w_L = 50\%$ a druhý $w_L = 25\%$. (Pre prvý typ horniny bude $V_k = 10$ percent a pre druhý $V_k = 20\%$, ak $\sigma_1 = \sigma_2 = 5$, t. j. medza tekutosti prvého typu horniny má vyššiu rovnorodosť ako druhého, čo nezodpovedá skutočnosti.) Ako ďalšiu charakteristiku, ktorou možno vyjadriť rovnorodosť niektorých vlastností horniny, N. V. KOLOMENSKÝ uvádza koeficient nerovnomernosti — PN, ktorý zaviedol M. M. Maximov a matematicky je vyjadrený vzťahom

$$PN = \frac{\sigma}{a}$$

kde symbol a označuje prípustnú chybu, resp. odchýlku dvoch súdežných stanovení. Koeficient nerovnorodosti — PN teda vyjadruje pomer smerodajnej odchýlky k prípustnej chybe u dvoch súdežných stanovení vlastností laboratórnou

skúškou. Táto charakteristika v podstate odstraňuje nedostatky smerodajnej odchýlky σ a variačného koeficientu. Jeho väčšiu použiteľnosť však obmedzuje hodnota a , ktorá nie je presne definovaná.

Pri použití uvedených štatistických charakteristík nemôžeme hodnotiť rovnorodosť hornín komplexne, ale iba z hľadiska jednej vlastnosti. Takéto chápanie rovnorodosti považuje N. V. Kolomenský (1968) za nedostatočné. Podľa jeho názoru je potrebné chápať a vyjadrovať rovnorodosť komplexne a to v závislosti na klasifikačných intervaloch niektorej fyzikálnej vlastnosti horniny. Za rovnorodé pokladá tie typy hornín, ktorých všetky hodnoty niektorej vlastnosti (ako napr. číslo plasticity I_P , percentuálny obsah frakcií a pod.) sa nachádzajú v hraniciach jedného klasifikačného intervalu. Pod klasifikačným intervalom chápe číselné intervaly niektorej fyzikálnej vlastnosti, ktorá je v praxi zaužívaná ako klasifikačná hodnota a jej prostredníctvom môžeme predpokladať niektoré mechanické hodnoty. Takouto klasifikačnou vlastnosťou môže byť napr. číslo plasticity I_P , ktoré v intervaloch

$$\begin{aligned} I_P &= < 7 \% \\ I_P &= 7-17 \% \\ I_P &= > 17 \% \end{aligned}$$

roztrieduje súdržné zeminy na jednotlivé typy a umožňuje získať isté vzťahy tejto vlastnosti k mechanickým vlastnostiam. Pri takomto ponímaní inžiniersko-geologickej rovnorodosti fyzikálnych vlastností doporučuje používať k jej vyjadreniu charakteristiku K , zavedenú E. N. KOLOMENSKÝM (in N. V. Kolomenský, 1968), ktorá je vyjadrená vzťahom:

$$K = \frac{\bar{x}}{x - b_{1,2}}, \text{ kde}$$

$\bar{x}$ — aritmetický priemer študovanej vlastnosti,

$b_{1,2}$ — hodnota najbližšej hranice klasifikačného intervalu, v ktorom sa nachádza priemerná hodnota študovanej vlastnosti.

Podľa charakteristiky K potom autor vyčleňuje:

1. **Rovnorodé horniny** — ak hodnota $K = 0,5$, pričom pravdepodobnosť výskytu jednotlivých znakov súboru v hraniciach intervalu je $P > 0,96$.
2. **Pomerne rovnorodé horniny** — ak hodnota $K = 0,5$ až $1,0$ pričom pravdepodobný výskyt znakov v hraniciach intervalu je $0,96 < P < 0,68$.
3. **Nerovnorodé horniny** — ak hodnota $K > 1$, pričom pravdepodobný výskyt znakov v hraniciach intervalu je $P < 0,68$.

I keď N. V. KOLOMENSKÝ tvrdí, že charakteristika K je univerzálnou hodnotou pre posúdenie inžiniersko-geologickej rovnorodosti fyzikálnych vlastností, je potrebné poukázať na niektoré jej závažné nedostatky, ktoré znemožňujú jej všeobecné aplikovanie v praxi. Je to napr. tá skutočnosť, že istý počet štatistických hodnôt sa môže nachádzať mino hraníc klasifikačného intervalu a teda mali by byť kvalifikované ako kvalitatívne odlišné od ostatnej časti súboru. V skupine rovnorodých hornín sú to všetky hodnoty vyššie o $\pm 2\sigma$, pre skupinu podmienene rovnorodých o $\pm \sigma$ a pre skupiny nerovnorodých hornín dokonca menej ako $\pm \sigma$ od aritmetického priemeru. Za vážny nedostatok je treba pokladať i tú skutočnosť, že ak je priemerná hodnota fyzikálnej vlastnosti totožná s hranicou intervalu, potom je $K = +\infty$, a teda študovaná vlastnosť horniny by mala byť absolútne nerovnorodá, bez ohľadu na skutočný rozptyl znakov okolo priemernej hodnoty.

Z tohoto poznatku ďalej vyplýva, že čím viac sa bude aritmetický priemer vlastnosti blížiť k hranici klasifikačného intervalu, pri konštantnom rozptyle, bude sa zvyšovať hodnota charakteristiky K a teda zdanlivo znižovať rovnorodosť. Zvlášť markantne sa tento nedostatok prejaví pri hodnotení rovnorodosti hornín podľa medze tekutosti w_L , prípadne čísla plasticity I_P , ktoré nemajú stanovené vrchné okrajové hodnoty intervalu. V tomto prípade potom bude platiť, že pri rovnakom rozptyle znakov v štatistickom súbore bude rovnorodosť fyzikálnej vlastnosti narastať so zvyšovaním priemernej hodnoty, čo taktiež nebude vždy odpovedať skutočnosti.

Z poznatkov uvedených N. V. KOLOMENSKÝM (1968) vyplýva, že v súčasnosti je inžiniersko-geologická rovnorodosť fyzikálnych vlastností chápaná jednak ako rovnorodosť jednotlivých fyzikálnych vlastností hornín a jednak ako rovnorodosť horniny vcelku. Pre každý prípad riešenia rovnorodosti treba použiť inú metódu vzhľadom na účel, pre ktorý sa hodnotenie rovnorodosti vykonáva. Ukazuje sa, že štúdium inžiniersko-geologickej rovnorodosti jednotlivých fyzikálnych vlastností vyčlenených typov hornín alebo celých faciálne-genetických komplexov, bude vhodné najmä pri konkrétnych úlohách podrobného inžiniersko-geologického prieskumu stavenísk, kde ťažisko práce spočíva v odbore mechaniky zemín. Naproti tomu udávať rovnorodosť jednotlivých typov resp. faciálne-genetických komplexov hornín ako celku bude účelné napr. pri základnom a podrobnom mapovaní a pri priebežných inžiniersko-geologických prieskumoch, kde môže byť jednou z hlavných metód vyčleňovania inžiniersko-geologických jednotiek hornín.

Je treba si uvedomiť, že rovnorodosť horniny vyjadrená niektorou vlastnosťou ešte neznamená, že hornina bude rovnorodá aj v ostatných fyzikálnych, prípadne aj mechanických vlastnostiach. Je síce pravda, že existujú korelačné vzťahy medzi jednotlivými vlastnosťami hornín, avšak tieto buď nemajú všeobecnú platnosť, alebo sú často veľmi široké. Napr. všeobecne sú známe závislosti medzi hodnotami šmykovej pevnosti a plasticitnými vlastnosťami. Avšak uvedený vzťah platí len pre určité typy hornín a za určitých ďalších podmienok, ako je napr. obsah uhlíčitánov, konzistencia, obsah rozpustných solí v pórovej vode a pod., ktorých uplatnenie ovplyvňuje tesnosť korelačného vzťahu. Je potom samozrejme, že ak hornina je rovnorodá napr. v čísle plasticity I_P , nie je tým určené, že ďalšie vlastnosti horniny budú vykazovať ten istý stupeň rovnorodosti.

Čo sa týka vyjadrovania inžiniersko-geologickej rovnorodosti fyzikálnych vlastností hornín číselnou hodnotou, musíme konštatovať, že ani jedna z uvedených štatistických charakteristík — t. j. smerodajná odchýlka σ , variačný koeficient V_k , koeficient nerovnorodosti PN a Kolomenského hodnota K , nie sú vhodné pre vzájomné porovnávanie rovnorodosti fyzikálnych vlastností inžiniersko-geologických typov hornín.

Ideálna charakteristika vyjadrujúca stupeň rovnorodosti fyzikálnych vlastností horniny mala by umožniť porovnávať:

1. kvalitu rovnorodosti medzi rozličnými typmi hornín v každej vlastnosti,
2. kvalitu rovnorodosti medzi jednotlivými vlastnosťami v rámci jedného typu horniny.

Tieto požiadavky je možné splniť tak, že budeme niektorú štatistickú charakteristiku, vyjadrujúcu rozptyl znakov v štatistickom súbore (napr. smerodajná odchýlka σ) jednej fyzikálnej vlastnosti horniny, porovnávať s odpovedajúcou

štatistickou charakteristikou tej istej vlastnosti tzv. štandardnej horniny. Štandardná hornina sa vyznačuje vysokým stupňom rovnorodosti v každej svojej fyzikálnej vlastnosti, pričom rozptyl znakov v každej vlastnosti je podmienený iba citlivosťou laboratórneho stanovenia tej-ktorej vlastnosti. Potom číselná hodnota rovnorodosti bude jednoznačne ukazovať o aký násobok je rovnorodosť študovanej vlastnosti nižšia, ako u tej istej vlastnosti štandardnej horniny.

Takúto charakteristiku rovnorodosti môžeme označiť ako koeficient rovnorodosti K_r , a jej matematické vyjadrenie bude

$$K_r = \frac{\sigma}{\sigma_r}, \text{ kde}$$

δ — smerodajná odchýlka vlastnosti študovanej horniny,

r — smerodajná odchýlka vlastnosti štandardnej horniny.

Inžiniersko-geologickú rovnorodosť fyzikálnych vlastností vyjadrenú koeficientom rovnorodosti K_r môžeme teda chápať ako pomer rozptylu znakov (vyjadrený smerodajnou odchýlkou σ) niektorej vlastnosti určitého reálneho typu horniny, prípadne faciálne-genetického komplexu hornín, k rozptylu znakov tej istej vlastnosti (vyjadrenej smerodajnou odchýlkou δ_r) štandardného typu horniny.

Smerodajné odchylky δ_r sú konštantnými hodnotami, ktoré môžu byť stanovené bežnou laboratórnou metodikou na štandardnej hornine, prípadne stanovené na základe požiadaviek noriem a dohovorov. Pokusne sme tieto hodnoty stanovili v Laboratóriu mechaniky zemín IGHP v Bratislave. Nakoľko nebol k dispozícii vysoko rovnorodý prirodzený materiál, použili sme dva typy bežne sa vyskytujúcich hornín, ktoré boli dodatočne homogenizované pre zvýšenie ich rovnorodosti. Použili sa riečne nivové sedimenty z lokality Veľké Kosihy (vzorka č. 1) a neogénne limnicko-fluviatílné sedimenty (levant) z lokality Medvedov z hĺbky 59–60 m (vzorka č. 2). Vzorka č. 1 bola odobratá zo šachty zásekovým spôsobom z hĺbky 0,6–2,0 m.

Uvedené horniny boli v laboratóriu pozvoľne vysušované pri teplote cca 15–30 °C; po vysušení opatrne rozmleté tľíkom a mechanicky homogenizované. Z takto pripraveného materiálu bolo odobratých 20–40 vzoriek na súbežné stanovenia medze tekutosti W_L , medze plasticity W_P , granulometrického zloženia hustamernou metódou a mernej tiaže γ_s . Jednotlivé stanovenia sa urobili metodikou bežne používanou v laboratóriách IGHP, n. p., Žilina.

Zo získaných výsledkov sa zostavili grafy početnosti a stanovili hodnoty smerodajnej odchýlky δ_r . U tých fyzikálnych hodnôt, pri ktorých nebolo možné zaručiť laboratórnou prípravou dokonalú rovnorodosť, ako je napr. prirodzená vlhkosť w_n , objemová tiaž γ_n a γ_d , bola stanovená smerodajná odchýlka σ vytvorením štatistického súboru podľa zásady, že rozptyl jednotlivých súbežných laboratórnych stanovení nemá sa líšiť o $\pm 2\%$. Tento štatistický súbor sa skladal z 50 % znakov odpovedajúcich predpokladanému aritmetickému priemeru a z 2 krát 25 % znakov pohybujúcich sa v medziach $\pm 2\%$ z priemernej hodnoty.

Zistené hodnoty δ_r sú uvedené v tabuľke 1 a treba ich hodnotiť iba ako doporučené. Ich odôvodnenosť treba preveriť na viacerých prirodzených typoch hornín súbežnými robormi vo viacerých laboratóriách.

Tab. 1

	w_n	w_L	w_P	I_P	γ_n	γ_d	γ_s	% obsah frakcií		
								ílu prachu piesku		
vz. 1.	0,90	1,80	1,20	1,64	0,01	0,01	0,0064	3,20	2,40	2,94
vz. 2.	0,90	0,94	0,59	1,12	0,01	0,01	0,0064	2,40	2,54	3,64
priem.	0,90	1,37	0,89	1,38	0,01	0,01	0,0064	2,80	2,47	3,29

Zásady vyčleňovania inžiniersko-geologických typov hornín pre účely štúdia ich rovnorodosti

Jednou zo základných otázok, ktorými sa treba pri hodnotení inžiniersko-geologickej rovnorodosti zaoberať je vymedzenie kritérií pre presné a jednoznačné vyčlenenie základných inžiniersko-geologických jednotiek. Horniny z hľadiska inžinierskej geológie sa dajú posudzovať podľa mnohých kritérií, ktoré však nemôžno všetky a na rovnakej úrovni brať za základ klasifikácie. Musí sa najprv stanoviť čo najprirodzenejšia hierarchia kritérií, taxonomická škála klasifikačných jednotiek a vedúce kritériá pre vyčleňovanie týchto jednotlivých taxonomických stupňov tak, aby vlastnosti nižšej jednotky prirodzene (geneticky), boli podriadené vlastnostiam jednotky vyššieho stupňa (M. MATULA 1966).

Za takéto kritériá môžu sa zvoliť akékoľvek ich charakteristické vlastnosti, ktoré môžeme v podstate zdeliť do troch skupín:

1. geologické vlastnosti,
2. fyzikálne a mechanické vlastnosti a
3. chemické vlastnosti.

Do prvej skupiny geologických vlastností zaraďujeme také kritériá ako je napr.: vek hornín, genéza, štruktúrne znaky a pod. Druhá skupina fyzikálnych a mechanických vlastností obsahuje také charakteristiky, ako je napr.: medza tekutosti, číslo plascitiy, granulometrické zloženie, pevnosť, stlačiteľnosť a pod. Vlastnosti, ktoré vyjadrujú istý chemický stav v hornine, ako je napr. prítomnosť niektorého kationu v ílových mineráloch, chemické zloženie disperzných fáz, ich koncentrácia, vzájomné štruktúrne väzby a pod. zaraďujeme do tretej skupiny chemických vlastností.

Pri vyčleňovaní základných inžiniersko-geologických jednotiek, na ktorých chceme zisťovať rovnorodosť, rozhodneme sa pre niektoré kombinácie uvedených kritérií; použijeme niekoľko kritérií, ktoré sa navzájom nevylučujú. Je samozrejmé, že pri výbere kritérií musíme v prvom rade uvažovať účel, pre ktorý vyhodnotenie rovnorodosti vykonávame. Tak napr. pre účely regionálneho inžiniersko-geologického prieskumu volíme kritériá odpovedajúce hlavne prvej skupine — teda niektoré z geologických vlastností, ktoré môžeme doplniť kritériami z ďalších dvoch skupín, napr. granulometrickým zložením, prítomnosťou iónov v ílových mineráloch a pod. A naopak, ak chceme použiť výsledky štúdia rovnorodosti hornín napr. pre účely zakladania stavieb, musíme v prvom rade rešpektovať kritériá mechanických a fyzikálnych vlastností, ktoré doplníme geologickými a chemickými kritériami. Vo všeobecnosti platí zásada, že čím menej kritérií použijeme pre vyčlenenie inžiniersko-geologických typov, tým väčšie rozptyly

študovaných hodnôt môžeme očakávať. Podľa M. MATULU (1966) je základnou metódou rozčleňovania horninových jednotiek nepretržité sledovanie príčinných závislostí technicky dôležitých vlastností základových pôd na genéze dlhodobého utvárania charakteru hornín ako viacfázového systému v prírodných masívoch. Za základný článok klasifikácie považuje petrografický typ horniny, nakoľko jej petrografická osobitosť je geneticky podmienená okolnosťami jej vzniku a procesmi jej vývoja.

Ako najvyššiu jednotku taxonomickej škály, určenej pre inžiniersko-geologický regionálny prieskum, označuje M. MATULA (1966) tzv. geologickú formáciu, predstavuje objektívne vyčlenené komplexy spolu uložených a parageneticky vzájomne spojených hornín. Ako nižšie stupne škály označuje

- faciálne-genetický komplex,
- petrografický typ a
- inžiniersko-geologický typ.

Samotné dôsledné vyčlenenie inžiniersko-geologických prvkov nám však ešte nezaručuje, že rovnorodosť horniny zhodnotíme objektívne. K tomu je potrebné dodržať aj zásady platné pre vyčleňovanie štatistických súborov. Vyčlenený inžiniersko-geologický typ musí poskytovať dostatočné množstvo štatistických znakov, ktoré vytvárajú dokonalý štatistický súbor. Musíme použiť také množstvo znakov, aby štatistický súbor bol spojený a pokiaľ možno s rovnomerne rozptýlenými znakmi okolo priemernej hodnoty. Takýto súbor nesmie obsahovať žiadne extrémne a problematické hodnoty, ktoré z akéhokolvek dôvodu nemôžeme považovať za reprezentatívne pre daný súbor. Čo sa týka počtu znakov potrebných pre vytvorenie dokonalého štatistického súboru, treba si uvedomiť, že sa nedá presne stanoviť optimálny počet, ale je potrebné k tomuto problému pristupovať individuálne. V podstate platí, že pri študovaní široko vyčlenených faciálne-genetických komplexov, ako sú napr. riečne nívne náplavy, je nutné použiť väčšie množstvo hodnôt, než pre úzko vyčlenené inžiniersko-geologické typy. Pri určovaní optimálneho počtu znakov je preto potrebné postupovať tak, že znaky študovanej vlastnosti zostavíme do histogramu a doplníme hodnotami dovtedy, až histogram prestane zväčšovať rozptyl a bude zväčšovať len počet znakov v jednotlivých triedach histogramu.

Záver

Štúdium rovnorodosti fyzikálnych vlastností vo vyčlenených typoch hornín metódami matematickej štatistiky, predstavuje ďalšie zvýšenie kvality v inžiniersko-geologickom hodnotení hornín. Malo by sa stať pravidlom, že každé štatistické spracovanie hodnôt fyzikálnych vlastností vyčlenených horninových komplexov je treba doplniť i rozborom komplexnej a individuálnej rovnorodosti. Poznanie rovnorodosti nám umožňuje rýchle zhodnotenie reprezentatívnosti vypočítaných hodnôt, čo je dôležité pre ich praktickú aplikáciu. Je samozrejmé, že priemerné hodnoty vlastností inžiniersko-geologických typov hornín s nízkou rovnorodosťou budú menej reprezentatívne ako priemerné hodnoty vlastností s vysokou rovnorodosťou. Z uvedeného potom vyplýva, že úspech aplikovania matematickej štatistiky v inžinierskej geológii je podmienený kvalitou vyčlenenia inžiniersko-geologických typov hornín, čo znamená prísne dodržať základné princípy inžiniersko-geologického členenia geologických formácií, doplnených o geochemické

kritériá (chemizmus pórovej vody a pod.). Správne vyčlenenie rovnorodých inžiniersko-geologických typov hornín a poznanie ich stupňa rovnorodosti je nevyhnutným predpokladom úspechu aj pri celom rade ďalších inžiniersko-geologických prác.

Jednou z podmienok správnej interpretácie inžiniersko-geologickej rovnorodosti fyzikálnych vlastností je vylúčenie akejkoľvek subjektivity spôsobenej vizuálnym hodnotením vyčleneného typu. Rovnorodosť sa musíme snažiť charakterizovať objektívnou číselnou hodnotou, ktorej platnosť a odôvodnenosť je zaručená v celom rozsahu. Doterajšie výsledky poukazujú, že za takúto hodnotu môžeme považovať hodnotu koeficienta rovnorodosti K . Širokú platnosť tejto charakteristiky je však potrebné overiť na viacerých typoch hornín a na základe získaných širokých skúseností stanoviť kritériá pre klasifikáciu rovnorodosti fyzikálnych vlastností.

Závažnou otázkou pri štúdiu tohto problému je vzájomný vzťah individuálnej a komplexnej rovnorodosti fyzikálnych hodnôt. Výsledky študovania vzájomných korelačných vzťahov fyzikálnych vlastností hornín pliocénneho veku však ukázali, že medzi väčšinou fyzikálnych vlastností existujú isté viac-menej tesné vzťahy. Tieto dovoľujú predpokladať, že komplexná rovnorodosť bude v istom súvisi s individuálnou rovnorodosťou, pričom citlivosť vzájomného vzťahu bude závisieť od tesnosti korelačných vzťahov sledovanej vlastnosti s vlastnosťou, podľa ktorej bola posudzovaná komplexná rovnorodosť. Oprávnenosť tohto názoru bola potvrdená autorom pri štúdiu rovnorodosti hornín pliocénneho veku, kde zvýšenie rovnorodosti granulometrického zloženia a plasticitných vlastností vyvolalo zvýšenie rovnorodosti aj u väčšiny fyzikálnych vlastností (I. Modlitba 1969).

Doručené: 14. 9. 1970

Lektoroval: Ing. P. Mahút,

IGHP Žilina, závod Bratislava

Inžinierskogeologický a hydrologický prieskum,
n. p., Žilina

LITERATÚRA

- KOLOMENSKÝ N. V., 1968: Obščaja metodika inženerno-geologičeskich issledovanij, Nedra, Moskva.
MATULA M., 1966: Regionálny inžiniersko-geologický výskum Slovenska. Archív Katedry inžinierskej geológie a hydrogeológie, PrFUK, Bratislava.
RAC M. V., 1968: Neodnorodnosť gornych porod i ich fizičeskich svojstv. Nauka, Moskva.

A Study of Geological-Engineering Homogeneity of the Physical of Rocks

IGOR MODLITBA

When performing the geological-engineering investigation of the eliminated geological-engineering sets and elements of rocks it is necessary to know the homogeneity of their physical properties. The investigation of homogeneity is performed either on the base of a macroscopic visual evaluation or by means of the mathematic-statistical methods. The macroscopic evaluation is usually considerably subjective and therefore not comparable. The statistical characteristics recommended by literature represent qualitatively more perfect values, however, some of their defects of mathematical nature prevent from their wider appliance.

In this paper the author deals with the evaluation of the individual well-known ways of expressing the geological-engineering homogeneity of the physical properties known from literature and proceeding from the acquired knowledge the author is suggesting to evaluate the homogeneity by means of a coefficient of homogeneity $-K$, which expresses the ratio of the authoritative deviation σ of some of the physical property of the rock to the authoritative deviation σ_r of the very same property of the standard rock.