

Mapy prognóz vývoja svahových porúch medzi Hlohovcom a Sereďou

JÁN OTEPKA*, BEÁTA HUPKOVÁ**

* Inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum, n. p., závod Bratislava, Geologická 18, 825 64 Bratislava

** Dopravoprojekt, Kominárska 2, 832 03 Bratislava

Doručené 6. 5. 1987

Карты прогноза развития нарушений склонов между гг. Глоговец и Середь, Западная Словакия

В рамках регионального прогноза развития нарушений склонов оползневой территории между гг. Глоговец и Середь использовались два метода — метод коэффициента площади нарушенности и метод потенциала устойчивости. Анализируя данные по геологическому строению, гидрогеологических и геоморфологических условиях, распространению и активности нарушений склонов, стало возможным составить карты прогноза развития и реактивации склоновых нарушений.

Maps of prognosis of evolution of slope failures between towns of Hlohovec and Sereď, Western Slovakia

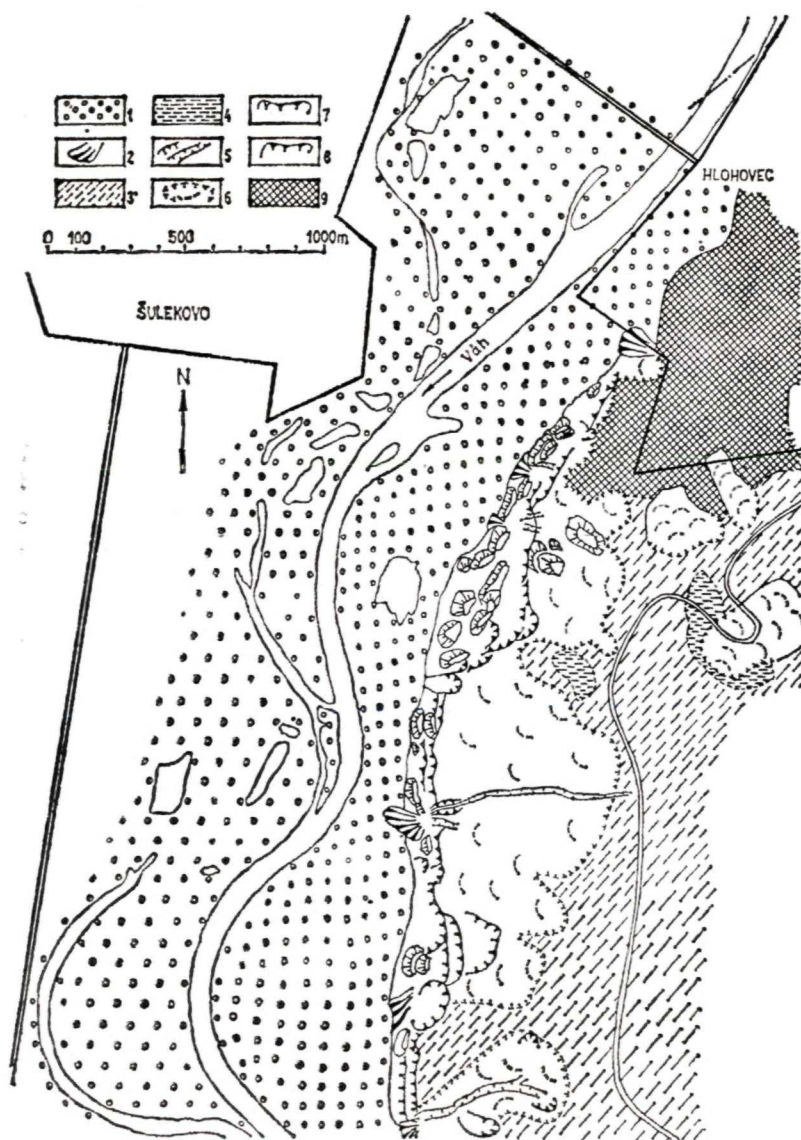
For the purpose of prognosing the evolution of slope failures in the landslide area between towns of Hlohovec and Sereď two methods were applied, i. e. the method of coefficient of areal failure, and the method of stability potential. By an analysis of the data on geological structure, hydrogeological and geomorphological conditions, and on the slope-failure activity prognosis maps could be compiled of the slope failure development and its reactivation.

V súvislosti s ďalším rozvojom miest, rozširovaním siete komunikácií, výstavbou rozsiahlych priemyslových a hydrotechnických stavieb sa nie je možné vyhnúť oblastiam porušeným svahovými pohybmi. Orientovať výstavbu do takýchto oblastí nás zároveň núti ochrana poľnohospodárskeho pôdneho fondu.

Nie je však dôležité iba vedieť, že určitá oblasť je postihnutá svahovými poruchami,

poznať podmienky a faktory ich vzniku, ale treba vedieť predpovedať smer a intenzitu ich ďalšieho vývoja v priestore i v čase a na základe týchto poznatkov navrhovať vhodné sanačné opatrenia a ďalšie využitie zosuvných území.

Ľavobrežné svahy Váhu tvoriace západný okraj Zálužianskej pahorkatiny sú medzi Hlohovcom a Sereďou postihnuté rozsiahlymi svahovými poruchami v dĺžke



Obr. 1. Mapa svahových porúch medzi Hlohovcom a Sereďou (zost. Hupková, 1986). 1 — fluviálne náplavy vcelku, 2 — náplavové kužele, 3 — eolicko-deluviálne sedimenty (1—3 — kvartér), 4 — ílovito-piesčité sedimenty — neogén, 5 — erózne ryhy a stupne, 6 — zosuvy I. a II. generácie, morfológicky nevýrazné, 7 — zosuvy III. generácie, potenciálne, morfológicky výrazné, 8 — aktívne zosuvy III. generácie, 9 — návažky.

Fig. 1. Map of slope failures between towns of Hlohovec and Sereď (after Hupková, 1986). 1 — alluvial deposits not classified, 2 — proluvial fans, 3 — eolian-deluvial sediments (1—3 — the Quarternary), 4 — clayey-sandy sediments — the Neogene, 5 — gully erosion and scarps, 6 — landslides of the 1st and 2nd generation, morphologically not apparent, 7 — landslides of the 3rd generation, potential, morphologically apparent, 8 — active landslides of the 3rd generation, 9 — fills.

15,5 km a v celkovej rozlohe približne 10 km². Svahové pohyby tu komplikujú možnosť výstavby vodného diela na Váhu a sú prekážkou celkového vhodného využitia tohto územia. V rokoch 1978—1983 sa tu realizoval inžinierskogeologický prieskum (Otepka et al., 1983) s cieľom komplexne zhodnotiť územie z hľadiska možnosti výstavby vodného diela, ako aj celkového využitia a ochrany krajinného prostredia.

Na základe výsledkov tohto prieskumu sa spracovali prognózy vývoja svahových porúch (Hupková, 1986) zo študovaného územia. Keďže ide o prvú prácu s problematikou regionálneho prognózovania vývoja svahových porúch, v skrátenej forme predkladáme jej výsledky odbornej verejnosti.

Zásady a metódy prognózovania vývoja svahových porúch

Práce súvisiace s regionálnym prognózovaním svahových porúch sa objavujú iba v poslednom čase (Malgot et al., 1983). V súčasnosti sa prognostika v inžinierskej geológii formuje ako samostatná disciplína. Pod prognózou sa pritom rozumie vedecká predpoveď založená na zákonitostiach rozšírenia a rozvoja exogénnych geologických procesov, miesta, času, rozmerov a charakteru ich prejavov, ako aj hodnotenia náchylnosti územia na porušenie ich pôsobením (Šeko, 1981).

V inžinierskej geológii sa ukazuje potreba troch základných typov prognózovania (Matula et al., 1983): 1. prognózy prirodzených zmien v geologickom prostredí, 2. prognózy vplyvu inžinierskogeologických pomerov na technické diela, 3. prognózy zmien vyvolaných v geologickom prostredí ľudskými zásahmi. Tieto typy prognóz sa uplatňujú i pri regionálnom prognózovaní stability svahov.

Najviac rozpracované metódy regionál-

neho prognózovania stability svahov sú v súčasnosti v ZSSR (Jemeljanova, Kagan, Kjuntceľ, Postojev, Skvorcov, Šeko, Tarasova, Zolotarev a iní).

Časové prognózy sa zakladajú na analýze histórie geologického vývoja oblasti, výrazných klimatických zmien, vplyve rytmičnosti slnečnej aktivity. Umožňujú vytvárať určité časové predpovede aktivizácie svahových porúch na základe štúdia cykličnosti ich vývoja v závislosti od pôsobiacich faktorov. Na zostavenie časových prognóz musia byť k dispozícii dostatočne dlhé pozorovania aktivizácie svahových porúch.

Rôzni autori uvádzajú rozličné delenie metód regionálneho prognózovania stability svahov. Na hodnotenie zosuvného územia medzi Hlohovcom a Sereďou sme využili najčastejšie používané delenie metód regionálneho prognózovania podľa Kjuntceľa a Tarasovej (1977), ktorí delia metódy regionálneho prognózovania stability svahov na kvalitatívne a kvantitatívne.

Kvalitatívne metódy prognózovania

Zakladajú sa na štúdiu geologických zákonitostí vzniku svahových pohybov, na štúdiu podmienok, v ktorých pohyby vznikajú a rozvíjajú sa. Tieto metódy umožňujú riešiť otázky rozvoja procesu miesta jeho očakávaného vzniku alebo aktivizácie a určovať relatívnu stabilitu územia. Sú málo vhodné na určovanie stupňa pravdepodobnosti vzniku a aktivizácie svahových pohybov, ako aj časového priebehu zosuvného procesu. Ich výhodou je jednoduchosť a možnosť využitia v rôznych prírodných podmienkach, a to, že nevyžadujú použitie zložitých matematických postupov. Nedostatkom týchto metód je menšia presnosť prognózných uzáverov.

Do skupiny kvalitatívnych metód prognózovania zaraďujú Kjuntceľ a Tarasova

(1977) štyri metódy: a) historicko-geologickú, b) metódu analógie, c) metódu bodového hodnotenia územia, d) metódu hodnotenia porušenia územia.

Kvantitatívne metódy prognózovania

Základom týchto metód je kvantifikované vyjadrenie faktorov zosuvného procesu a spracovania údajov pomocou matematických postupov. Do tejto skupiny metód uvedení autori zaraďujú:

1. deterministické metódy
 - a) metódu priameho výpočtu stupňa stability,
 - b) metódu kvantitatívneho geologického porovnávania;
2. štatistické metódy
 - a) metódu stabilného potenciálu,
 - b) metódu analýzy stochastických faktorov.

Prognózy vývoja svahových porúch medzi Hlohovcom a Sereďou

Podkladom pre vypracovanie prognóz vývoja svahových porúch v študovanom území boli výsledky orientačného inžinierskogeologického prieskumu (Otepka et al., 1983). Na základe mapy inžinierskogeologických pomerov v $M = 1 : 5000$ (Otepka et al., 1983) sa zostavila mapa svahových porúch v $M = 1 : 10\,000$ (Hupková, 1986). Znázorňuje tvary zosuvov, ich plošný rozsah a aktivitu (výsek z mapovaného územia na obr. 1). Súčasne sú v mape vyznačené i základné geneticko-litologické komplexy. Hlavnou náplňou tejto mapy sú však svahové poruchy.

Mapa sklonitosti územia sa zostavila na základe topografických podkladov, pričom územie sa rozdelilo do 5 rajónov podľa sklonitosti (obr. 2).

Pre vypracovanie prognóz bolo potrebné určiť plochy svahových porúch, geologických komplexov a rajónov s určitým sklo-

nom svahov, ktoré sa určovali planimetricky.

Hlavným cieľom bolo zostaviť mapy prognóz vývoja svahových porúch v skúmanom území metódou hodnotenia porušenia územia a metódou stabilného potenciálu.

Metóda hodnotenia porušenia územia umožňuje navzájom porovnávať jednotlivé územia vyčlenené na základe určitých podmienok. Intenzita porušenia územia určitým druhom svahových porúch sa môže vyjadriť pomocou:

- a) koeficienta plošnej porušenia územia K_p podľa vzťahu

$$K_p = \frac{S_p}{S} \cdot 100 (\%),$$

kde S_p = plocha všetkých svahových porúch, S = plocha celého územia,

- b) koeficienta hustoty svahových porúch K_n , ktorý je

$$K_n = \frac{N}{S},$$

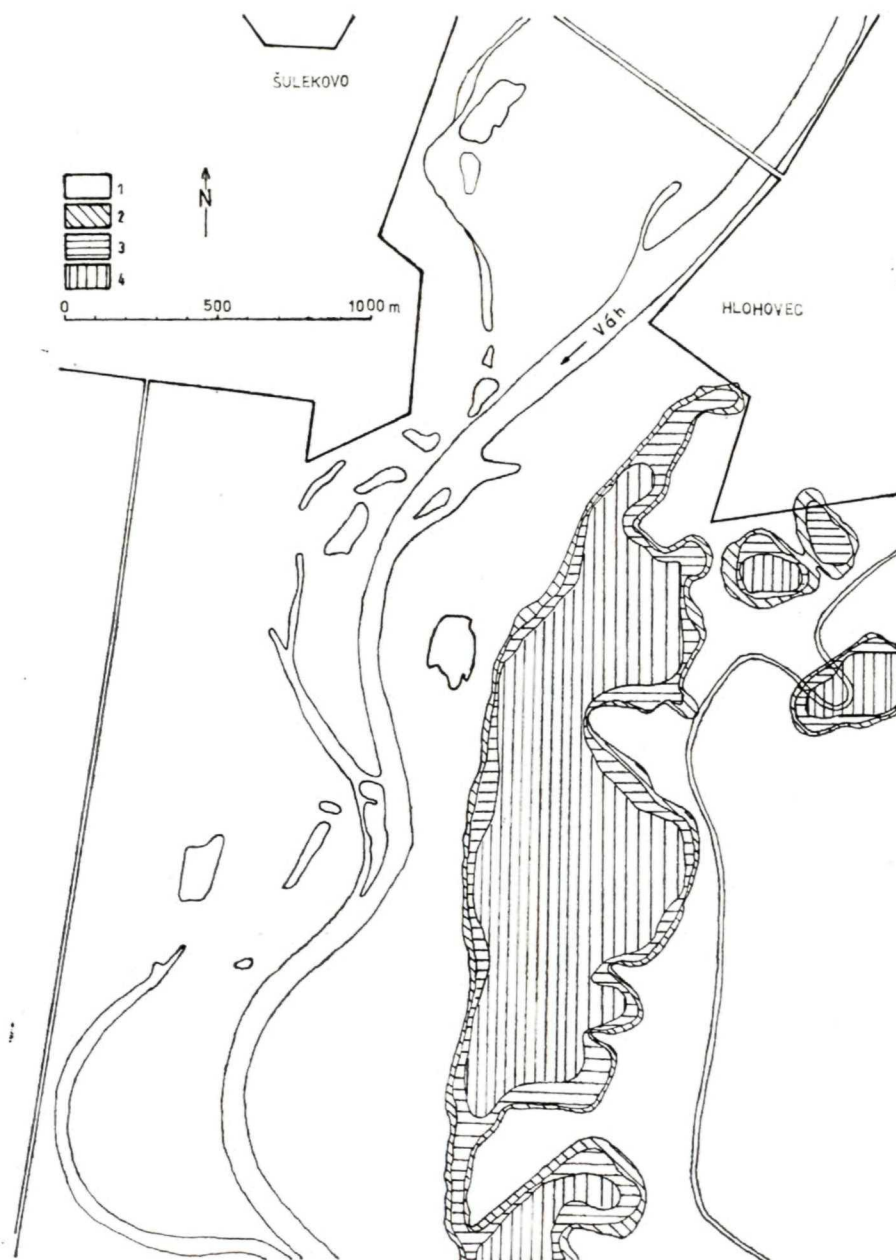
kde N = celkový počet svahových porúch v území.

Na zistenie porušenia územia treba mať k dispozícii mapu svahových porúch.

V študovanom území sa porušenosť hodnotila pomocou koeficienta plošnej porušenia územia K_p . Výpočet sa robil na základe štvorcovej siete, pričom sa do úvahy brala plocha svahových porúch pripadajúca na $0,01 \text{ km}^2$ (Hupková, 1986).

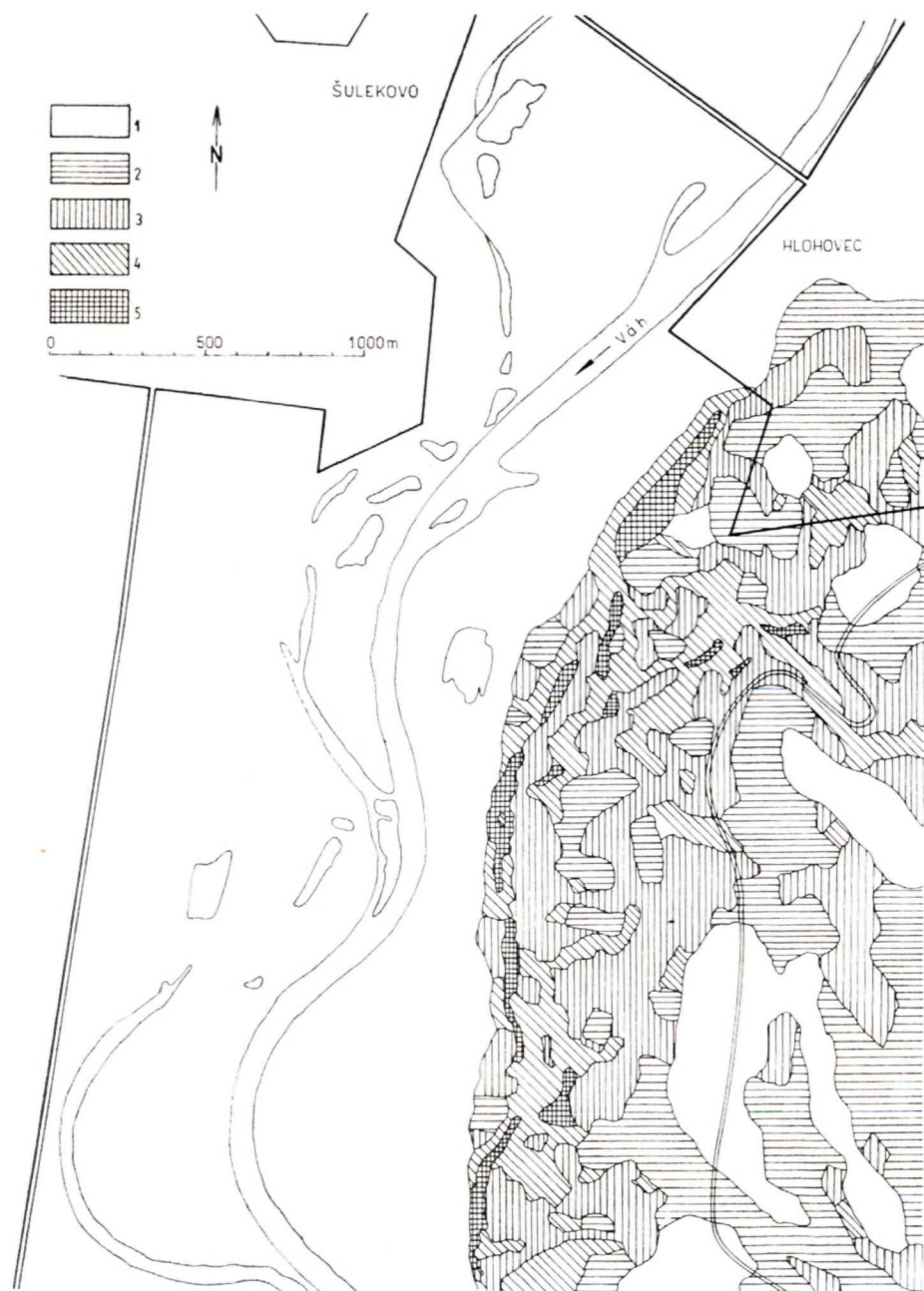
Na základe vypočítaných hodnôt koeficienta plošnej porušenia územia sa celé územie rozdelilo do 4 rajónov s rôznymi hodnotami K_p (obr. 3).

Rajón s hodnotou koeficienta plošnej porušenia územia $K_p = 0 \%$ označujeme ako rajón neporušeného územia. Tvorí ho oblasť údolnej nivy Váhu, náplavové kužele a ploché chrbty Zálužianskej pahorkatiny nad hornou hranou zosuvov. Údolná niva Váhu



Obr. 2. Mapa sklonitosti územia. 1 — sklon územia 0° až 2° , 2 — 2° až 5° , 3 — 5° až 10° , 4 — 10° až 20° , 5 — $> 20^\circ$.

Fig. 2. Slope map of the area. 1 — slope 0° — 2° , 2 — slope of 2° — 5° , 3 — slope of 5° — 10° , 4 — slope of 10° — 20° , 5 — slope exceeding 20° .



Obr. 3. Mapa prognóz zostavená metódou koeficienta plošnej porušnosti (K_p). 1 — $K_p = 0 \text{ ‰}$, 2 — $K_p = 1-49 \text{ ‰}$, 3 — $K_p = 50-99 \text{ ‰}$, 4 — $K_p = 100 \text{ ‰}$.

Fig. 3. Map of prognoses compiled by means of method of coefficient of areal failure (K_p). 1 — $K_p = 0 \text{ ‰}$, 2 — $K_p = 1-49 \text{ ‰}$, 3 — $K_p = 50-99 \text{ ‰}$, 4 — $K_p = 100 \text{ ‰}$.

predstavuje prakticky rovinu s nepravidelnými terénnymi depresiami a stupňami. Tvoria ju fluvialne náplavy Váhu — hli-
na, piesok a štrk. Podzemná voda má voľnú hladinu a jej úroveň závisí od stavu hladiny vo Váhu.

Náplavové kužele tvoria izolované celky pozdĺž západného okraja Zálužianskej pahorkatiny. Vyplavujú sa z erózných rýh a ležia na fluvialných náplavoch Váhu. Tvoria mierne uklonené plošiny. Horné časti náplavových kužeľov sú suché, dolné časti sú lokálne podmačané vplyvom hladiny vody vo Váhu.

Ploché chrbty Zálužianskej pahorkatiny majú prevažne mierne, lokálne strmé svahy. Tvoria ich eolicko-deluviálne, menej deluviálne sedimenty premenlivej mocnosti. V ich podloží vystupujú pliocénne ílovito-piesčité sedimenty. Svahy sú suché, podzemná voda sa nachádza hlboko pod povrchom terénu a nemá vplyv na stabilitu svahov.

V celom tomto rajóne sa svahové poruchy nevyskytujú a nie sú tu ani podmienky pre ich vznik.

Druhý vyčlenený rajón charakterizujú hodnoty koeficienta plošnej porušenosti od 1 do 49 ‰. Označujeme ho ako rajón relatívne stabilného územia (obr. 3). Ide v podstate o okrajové časti svahov porušených zosúvaním. V horných častiach zahŕňa odlučné oblasti zosuvov I. a II. generácie (Otepka et al., 1985), ktoré sú morfológicky nevýrazné, s mierne zvlne-
ným terénom a nezreteľnými odlučnými hranami, v spodných častiach sem patria akumulčné oblasti zosuvov.

Svahy tvoria eolicko-deluviálne sedimenty premenlivej mocnosti ležiace na ílovito-piesčitom súvrství pliocénu. Podzemná voda vytvára v piesčitých vrstvách neogénu niekoľko horizontov s napätou hladinou. Často sa tu vyskytujú bezodtokové depresie.

Svahové poruchy v tomto rajóne sú do-

časne stabilizované. Reaktivizovať sa môžu najmä v dôsledku nesprávnych technických zásahov do prírodného prostredia, iba v menšej miere vplyvom pôsobenia zosuvných faktorov.

Tretí a štvrtý rajón s hodnotami koeficienta plošnej porušenosti $K_p = 50-90 ‰$ a $K_p = 100 ‰$ označujeme ako rajóny nestabilných svahov (obr. 3). Zaberajú stredné časti zosuvných svahov. Zahŕňajú morfológicky výrazné potenciálne zosuvy III. generácie, aktívne zosuvy a zemné prúdy a územia s výraznou výmofovou eróziou.

Reliéf územia je členitý, svahy sú výrazne deformované. Sklon svahov je v rozmedzí 5—20° i viac. Územie rajónov tvoria eolicko-deluviálne sedimenty uložené na pliocénnych, nepravidelne sa striedajúcich vrstvách piesku a ílu. Celé tieto komplexy sú postihnuté zosúvaním. Podzemná voda má napätú hladinu a tvorí v piesčitých vrstvách neogénu 2—3 horizonty nad sebou. Časté sú tu pramene, zamokreniny a bezodtokové depresie. Svahové pohyby v týchto rajónoch sa periodicky opakujú a zosuvy sa regresívne rozširujú smerom do svahu.

Metóda stabilného potenciálu sa zakladá na číselnom vyjadrení dôležitosti jednotlivých zložiek prírodného prostredia pre vznik svahových porúch.

Matematická formulácia a metodické postupy sú dostatočne známe z literatúry (Postojev, 1976; Vlčko et al., 1980; Hupková, 1986), preto ich podrobnejšie neopisujeme.

V študovanom území sa vyčlenili základné zložky prírodného prostredia (geologické, hydrogeologické a geomorfologické pomery) vytvárajúce podmienky pre vznik svahových porúch. Tie sa ďalej rozdelili na jednotlivé triedy predstavujúce bližšiu charakteristiku vyčlenených zložiek (litologický charakter hornín, zvodnenosť horninových komplexov a sklonitosť sva-



Obr. 4. Mapa prognóz zostavená metódou stabilitného potenciálu. I—V — vyčlenené rajóny.

Fig. 4. Map of prognoses compiled by means of the method of stability potential. I—V — individual delimited zones.

hov). Pre každú zložku sa zostavila analytická mapa podľa intenzívnosti jej pôsobenia. Ďalej sa urobila tabuľka pre všetky zložky a ich triedy, v ktorej sa vypočítala pravdepodobnosť vzniku svahových porúch pomocou logicko-matematického postupu z teórie informácií (Vlčko et al., 1980).

Spracovaním analytických máp a príslušných tabuliek (Hupková, 1986) sa zostavila syntetická mapa sumárnej pravdepodobnosti vzniku alebo aktivizácie svahových porúch (obr. 4). Z výsledkov analýzy vyplýva, že z troch základných zložiek prírodného prostredia majú pri prognóznom posudzovaní stability územia najväčší význam hydrogeologické pomery vyjadrené typom zvodnenia. Výrazne najvyššia hodnota informačného koeficienta potvrdzuje relatívne najväčšiu spätosť hydrogeologických pomerov so vznikom svahových porúch (pôsobenie prúdového tlaku a vztlaku podzemnej vody, vplyv na fyzikálno-mechanické vlastnosti zemín).

Najvyššia hodnota pravdepodobnosti vzniku svahových pohybov charakterizuje triedu eolicko-deluviálnych sedimentov s mocnosťou 1–3 m ležiacich na neogénnych sedimentoch.

V rámci geomorfologických pomerov je najväčšia pravdepodobnosť vzniku svahových porúch v území so sklonom nad 20°.

Pre prognózne ocenenie študovaného územia majú rozhodujúci význam hodnoty pij (Vlčko et al., 1980), ktoré vyjadrujú pravdepodobnosť vzniku svahových pohybov v rámci jednotlivých tried.

Kombináciou tried s číselne najväčšou pravdepodobnosťou sa študované územie rozdelilo do piatich rájónov (I–V), ktoré sú zobrazené v mape prognóz (obr. 4).

Rajón I predstavuje územie s najväčšou pravdepodobnosťou vzniku svahových porúch. Tvoria ho eolicko-deluviálne sedimenty mocnosti 1–3 m uložené na ílovito-piesčitom neogénnom súvrství so vztlako-

vými horizontmi podzemnej vody. Sklon svahov je nad 20°. V tomto rajóne periodicky dochádza k vzniku a reaktivizácii zosuvov a zemných zrútení.

Rajón II zahŕňa územie tvorené eolicko-deluviálnymi sedimentmi mocnosti 0–2 m pri sklone svahov 10–20°, územie tvorené pokryvnými útvarmi mocnosti 2–5 m pri sklone svahov 5–10° a územie s pokryvnými útvarmi mocnosti nad 5 m pri sklone svahov 2–5°. V tomto rajóne sa prejavuje pôsobenie podzemnej vody prúdovým tlakom a vztlakom. V rajóne II môžu vznik a reaktivizáciu svahových porúch spôsobiť prírodné faktory.

Rajón III tvoria územia so sklonom svahov 10–20° a mocnosťou pokryvných útvarov do 3 m a územia so sklonom svahov 5–10° s mocnosťou pokryvu do 5 m. Vplyv podzemnej vody v tomto rajóne sa prejavuje najmä vztlakom. Vznik a reaktivizácia svahových porúch nastane najmä vplyvom antropogénnej činnosti, menej pôsobením prírodných faktorov, najmä extrémnych klimatických pomerov.

Rajón IV zaberá územia so sklonom svahov od 2 do 5° a mocnosťou eolicko-deluviálnych sedimentov 3–5 m. Tu môžu vznikáť svahové poruchy typu povrchového plazenia (plošná soliflukcia), a to najmä v dôsledku sezónnych zmien klimatických činiteľov.

Rajón V tvoria fluvialne náplavy Váhu. Sklon územia je 0–2°, hydrogeologické pomery charakterizuje voľná hladina podzemnej vody v náplavoch. Rajón je bez svahových porúch.

Záver

Prognózne hodnotenie vývoja svahových porúch v území medzi Hlohovcom a Seereďou sa spracovalo na základe orientačného inžinierskegeologického prieskumu. Vybrané metódy prognózovania sa líšia predovšetkým metodikou. Prednosťou me-

tódy koeficienta plošnej porušenosti je to, že nevyžaduje použitie zložitých matematických postupov. Jej prognózne uzávery sú však iba orientačné. Metóda stabilitného potenciálu je naopak matematicky veľmi náročná. Presnosť prognózných uzáverov podľa tejto metódy je však podstatne vyššia. Vypracované prognózne hodnotenia študovaného územia majú charakter priestorových prognóz.

Literatúra

- Hupková, B. 1986: Prognózy vývoja svahových porúch medzi Sereďou a Hlohovcom. [Diplomová práca.] *Manuskript — Kat. inž. geol. UK Bratislava*, 51 s.
- Kjuntcel', V. V. — Tarasova, G. I. 1977: Metody regionalnogo prognozirovaniya opolznei. *Moskva, Obzor*, 45 s.
- Malgot, J. — Baliak, F. — Mahr, T. 1983: Mapa prognózy reaktivizácie svahových porúch na západných svahoch Vtáčnika vplyvom ťažby uhlia v bani Cígeľ. *Manuskript — Kat. geotechniky SF SVŠT Bratislava*.
- Matula, M. et al. 1983: Metódy inžiniersko-geologického výskumu. [Vysokoškolské skriptá.] *Bratislava, UK*, 222 s.
- Otepka, J. et al. 1983: Hlohovec — Sereď, prieskum a sanácia zosuvov. *Manuskript — IGHP Bratislava*, 109 s.
- Postojev, G. P. 1976: Ranžirovanije faktorov pri prognoznom kartirovaniji opolzneopasnykh territorij. In: *Voprosy inž. geodinamiki. Moskva, VSEGINGEO*, 37—41.
- Šeko, A. I. 1981: Teoretičeskije osnovy i metody prognozov eksogennnykh geologičeskikh procesov. In: *Opolzni i seli, sbornik dokladov meždunarodnogo seminara v Alma-Ate*, 361—378.
- Vlčko, J. — Wagner, P. — Rychliková, Z. 1980: Spôsob hodnotenia stability svahov väčších územných celkov. *Miner. slov.*, 12, 275—283.

Maps of prognosis of evolution of slope failures between towns of Hlohovec and Sereď, Western Slovakia

Urban development, communication network growth, construction of extensive industrial and hydrotechnical complexes, respecting the agricultural land preservation principles, have to be aimed to move the construction to areas affected by slope failures.

On the basis of reconnaissance engineering geological investigations of the landslide area between towns of Hlohovec and Sereď (Otepka et al. 1983) prognoses of slope failure evolution of this area were completed (Hupková, 1986).

In order to evaluate the landslide area the most frequently used divisions of regional prognosis have been used after Kjuntcel' and Tarasova (1977). These authors divide the methods of regional prognosing of slope failures to two basic groups: 1. the group of qualitative methods, and 2. the group of quantitative methods.

The qualitative methods of prognosing are based on studying geological characteristics of initiation of slope movements. They are advantageous because of their simplicity and applicability in various natural conditions and environments. Their disadvantage is that the resulting conclusions of prognoses are not

sufficiently precise. Altogether four methods are known: a) historical-geological method, b) method of analogy, c) method of evaluation of areal failure.

The quantitative methods of prognosing are based on mathematical expressions of main factors of slope movement processes. The following methods are known:

1. Deterministic methods
 - a) method of direct computation of the limit degree of stability,
 - b) method of quantitative geological comparison.
2. Statistical methods
 - a) method of stability potential,
 - b) method of stochastic factor analysis.

For the purpose of prognosing the evolution of slope failures between towns of Hlohovec and Sereď the map was compiled (scale 1:10 000) of slope failures (Hupková, 1986), in which forms of landslides are illustrated, their areal extent and their activity (Fig. 1). On the basis of topographical data we compiled a slope map of dips of the area. According to slopes we have divided the area into five parts (Fig. 2). The maps of evolution prognoses of slope failures were

compiled using two methods, i. e. the method of coefficient of areal failure of the area, and the method of stability potential (Hupková, 1986).

The method of evaluation of areal failure of the region is a relatively simple qualitative method enabling to compare individual parts of the area distinguished on the basis of particular conditions. The intensity of areal failure of the region due to a specific kind of slope failures we expressed by means of coefficient of areal failure of the region

$$K_p = \frac{S_p}{S} \cdot 100 (\%),$$

where S_p is the area of all slope failures in the region, and S is the total area of the region.

According to computed values of the coefficient of areal failure the whole region was divided into four parts (Fig. 3).

The part of the region in which values of $K_p = 0 \%$ we designate as the part of undisturbed region. Here belong the alluvium of the Váh river, proluvial cones and flat ridges of the Zálužianska pahorkatina hills above the scarps of landslides (Fig. 3). In this entire part of the region there do not occur any slope failures, and there is no danger that there will any originate.

The second part of the region with values of $K_p = 1$ to 49% we characterize as a part of relatively stable areas (Fig. 3). It includes marginal parts of slopes disturbed by landsliding. The slope failures are temporarily stabilized. They can be reactivated, though, mainly by anthropogeneous activity, and only rarely by means of natural landslide factors.

The third and fourth part of the region with values of $K_p = 50$ to 99% and $K_p = 100 \%$, respectively, we designate as zones of unstable slopes (Fig. 3). They cover intermediate parts of landslide slopes,

morphologically apparent potential landslides of the 3rd generation, active landslides and earthflows as well as zones of intensive gully erosion. Slope movements repeat periodically and the landslides are regressively spreading upwards the slopes.

The method of stability potential is a quantitative statistical method of prognosing based on a numerical expression of importance of individual components of natural environment for an origin of slope failures. The mathematical formulae as well as methodological procedures are known from the literature (Postojev, 1976, Vičko et al., 1980, Hupková, 1986).

Fundamental factors of natural environment (geological, hydrogeological, and geomorphological conditions) have been divided into classes representing a more definite characteristic of distinguished factors. All factors and their classes were set in a table, and a probability of origin of slope failures was computed.

By means of combination of classes of the highest probability of origin of slope failures the whole region was divided into five zones (I—V) shown in the map of prognoses (Fig. 4).

Zone I represents the area with the highest probability of origin of slope failures. In this area landslides and rockfalls periodically occur, or are reactivated.

Zone II is the area where slope failures can originate or can be reactivated under effects of natural factors.

In zone III slope failures can originate or can be reactivated mainly by an anthropogeneous activity, less by effects of natural factors, namely by extreme climatic conditions.

In zone IV failures of the soil creep (areal solifluction) as a result of seasonal climatic changes can occur.

In zone V, there is no probability of origin of slope failures.