

NIEKTORÉ POZNATKY O PODMIENKACH A PRÍČINÁCH VÝVOJA ZOSUVOV NA ZOSUVNOM SVAHU JUHOVÝCHODNE OD HANDLOVEJ

The author of this article writes about the conditions of development of the catastrophic landslips on the hillsides situated south-east of Handlová, which occurred in the first half of December 1960 and at the beginning of January 1961. He gives a detailed account of the course of activation of the landslips No. I, No. II, No. III, and No. Ia. Besides this, he deals with the question of the causes and factors which gave an impulse to the activation of the sliding processes, as also with the mechanical forces, acting in the course of the development of the landslips.

Handlovská kotlina je typickým zosuvným územím. Geologická stavba, hydrogeologické pomery a inžinierskogeologické vlastnosti sedimentov budujúcich svahy kotliny vytvárajú priaznivé podmienky pre vývoj zosuvných procesov, prípadne pre aktivizáciu fosilných zosuvov. Zosuvné procesy sa dosiaľ na svahoch kotliny prejavovali rôznou intenzitou, avšak nezapríčiňovali väčšie národohospodárske škody, preto im nebola venovaná náležitá pozornosť. Vo väčšine prípadov sa konštatovala iba ich existencia (12, 9, 2), príčiny ich vývoja sa však bližšie neskúmali. Podobne sa nevenovala ani patričná pozornosť protizosuvným opatreniam. Väčšinou sa obmedzovali iba na jednoduché úpravy povrchového toku na svahoch, resp. primitívnu podzemnú drenáž. Neskoršie sa aj tieto opatrenia rýchle zanedbali.

V poslednom období bol komplexnému inžinierskogeologickému výskumu podrobený zosuvný svah juhovýchodne od Handlovej, ležiaci pod výbežkom masívu Vysokej hory (k. 909,1) (nad oblúkom železničnej trate Handlová—Horná Štubňa a pozdĺž hradskej Handlová—Žiar nad Hronom až po koryto Handlovky). Na tomto svahu v prvej polovici decembra 1960 došlo k aktivizácii fosilného zosuvu č. I. Neskoršie, začiatkom januára 1961 sa aktivizoval fosilný zosuv č. I, č. Ia, zosuv č. III prejavil iba slabé náznaky aktivizácie, avšak, vďaka včas uskutočnenými protizosuvnými opatreniami, sa stabilizoval (mapa 1).

PODMIENKY VÝVOJA ZOSUVOV NA ZOSUVNOM SVAHU

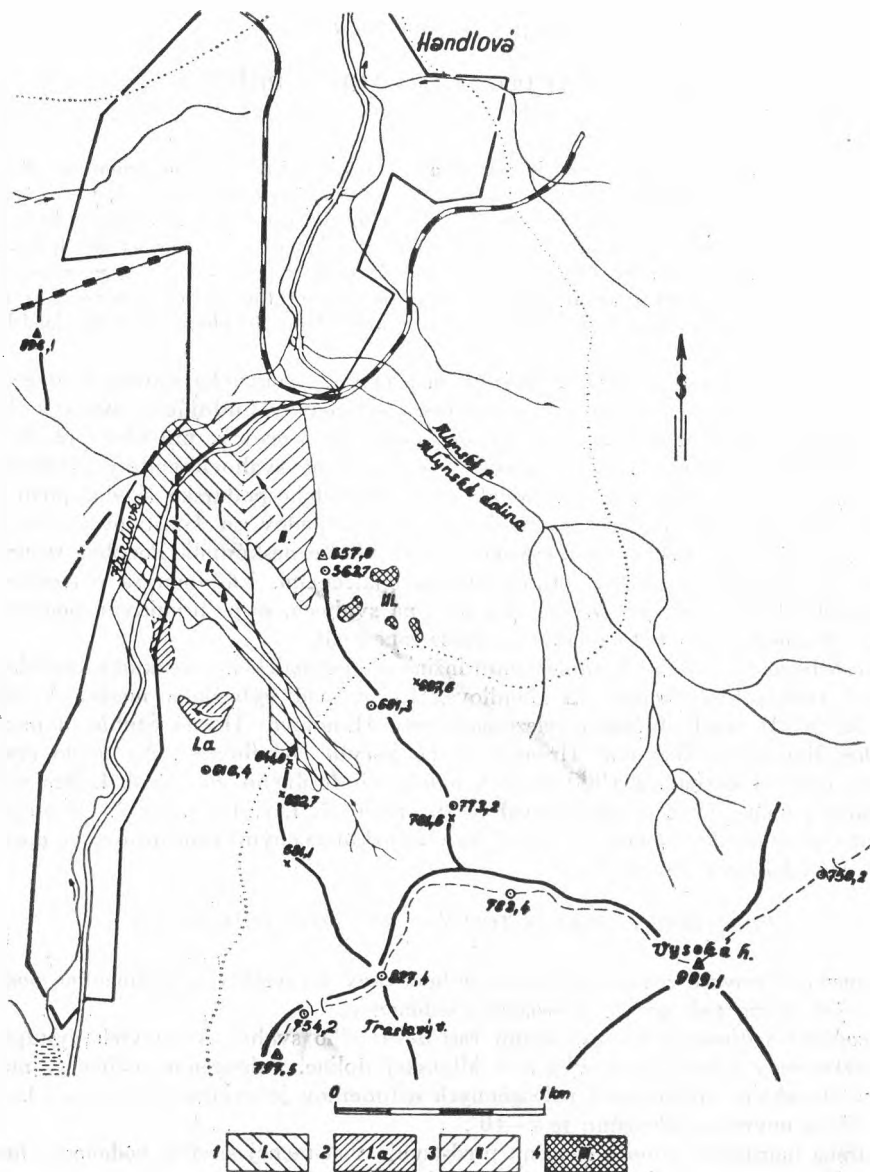
Takmer celý povrch zosuvného svahu je budovaný deluviálnymi sedimentmi, podložie ktorých tvoria paleogénne a neogénne sedimenty.

Paleogénne sedimenty budujú dolnú časť zosuvného svahu. Na povrch vystupujú iba útržkovite v údolí Handlovky a v Mlynskej doline. Paleogénne sedimenty majú flyšový charakter. Vrchná časť paleogénnych sedimentov je zvetraná (0,5–3 m, ba aj viac). Sklon povrchu paleogénu je 7–10°.

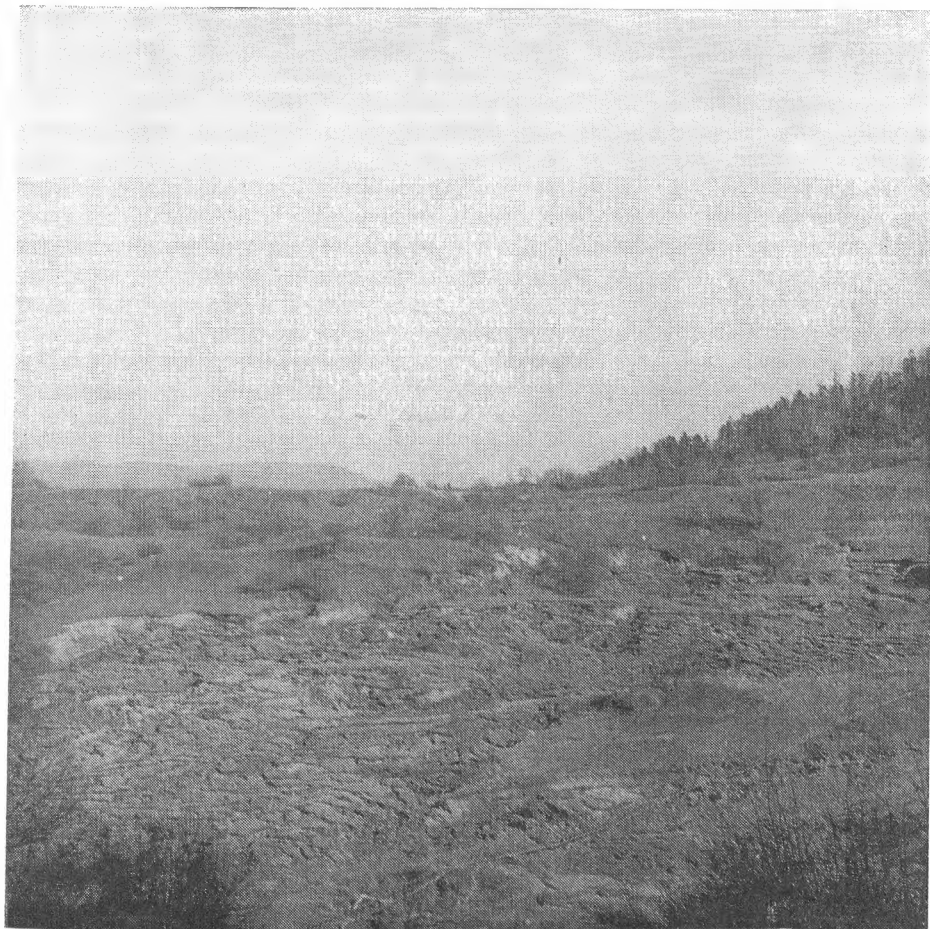
Zvetraná (porušená) zóna paleogénu predstavuje viac-menej súvislý vodonosný horizont, vody ktorého nevystupujú na povrch. Podľa klasifikácie patria tieto vody kalcium bikarbonátovému typu s výraznou prvou alkalinitou a mineralizáciou 0,4–0,5 g/l.

Paleogénne sedimenty (najmä zvetranej zóny) pri styku s vodou menia svoje fyzikálno-mechanické vlastnosti, sú mazľavé, čím pri daných sklonových pomeroch vytvárajú podmienky pre vznik zosuvných šmykových plôch.

Neogénne sedimenty a neovulkanity sú zastúpené miocénom (burdigal, tortón, sarmat).



Mapa 1. Zosuvný svah a aktivované zosuvy. 1 — aktivovaný zosuv č. I, 2 — aktivovaný zosuv č. Ia, 3 — aktivovaný zosuv č. II, 4 — slabo aktivovaný zosuv č. III.



Obr. 1. Horná časť odľučnej oblasti aktivizovaného zosuvu č. I. V pozadí okrajové tržné steny a poklesy (výška do 15 m). V strede — zachovaný výbežok stabilného medzizosuvného chrbta (na ňom odvodňovacie potrubie). V popredí povrch ľavého zosuvného prúdu v odľučnej oblasti so zhrnutím na povrchu.

Spodný burdigal — ide o striedanie štrkov, pieskov, brekcií s polohami ílov, uložených na paleogéne.

Vrchný tortón — sedimenty uložené na burdigale, prípadne paleogéne. Celé toto súvrstvie je rozdelené do troch sérií: a) *podložná séria* — zložená prevažne z tufitov a tufov so šošovkami zlepcov; b) *uholná séria* — striedanie tenkých polôh tufitov, ílov a uhoľných slojov; c) *nadložná séria* — striedanie piesčitých ílov a slienitých ílov.

Sarmat — budovaný v spodnej časti ílmi, štrkopieskami a konglomerátmi. Vo vrchnej časti sa nachádzajú neovulkanity (aglomeratické tify a príkrovy, resp. prúdy andezitov).

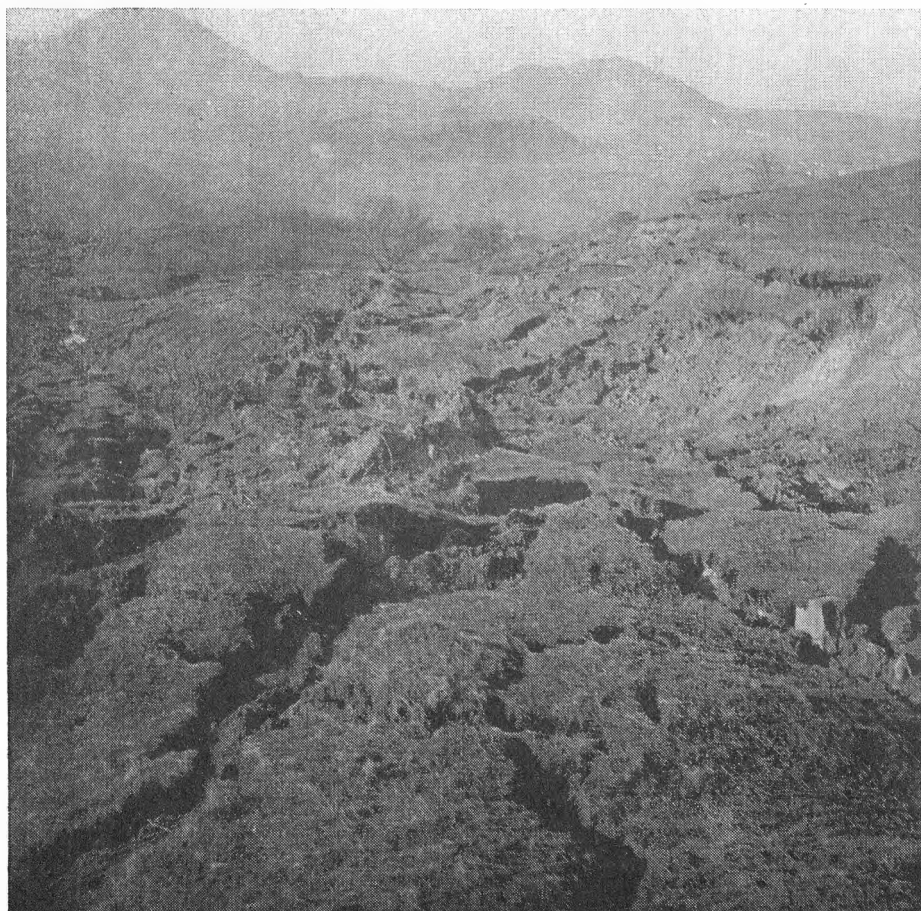
Z celkovej charakteristiky neogénnych súvrství vidíme, že sú po stránke granulo-

metrického a litologického zloženia veľmi rôznorodé, čo má odraz v ich hydrogeologických pomeroch a fyzikálno-mechanických vlastnostiach.

Podzemné vody pravdepodobne nachádzajú sa v brekciách a zlepencoch spodného burdigalu, ako aj podzemné vody v tufotoch, tufoch a zlepencoch vrchného tortónu sa nám nepodarilo dosiaľ zistiť. Preto nemôžeme zatiaľ hovoriť o ich vplyve na vývoj zosuvov.

Priaznivé podmienky pre vývoj zosuvov na zosuvnom svahu vytvárajú podzemné vody nachádzajúce sa v sarmatských štrkoch, konglomerátoch, aglomerátoch a andezitových príkrovoch, ktoré vtekajú do odľučných oblastí zosuvov vo forme buď skrytých, alebo povrchových prítokov. Sarmatské štrky a konglomeráty netvorí pravdepodobne úplne samostatný horizont, ale sú v mnohých miestach hydraulicky spojené s podzemnými vodami aglomerátov a andezitových príkrovov (Vrt V-109).

Podľa klasifikácie podzemné vody sarmatských štrkov a konglomerátov patria k výrazne kalcium bikarbonátovému typu. Vody aglomerátov a andezitových príkrovov patria k vodám charakteristickým pre vulkanity.



Obr. 2. Pohľad na pravý okraj transportačnej zóny aktivizovaného zosuvu č. I.



Obr. 3. Pohľad na ľavý okraj transportačnej zóny aktivizovaného zosuvu č. I. V pozadí časť bočnej odľučnej oblasti so stupňovitým poklesávaním.

Vodný režim oboch typov podzemných vôd je v priamej súvislosti od zrážkových pomerov.

Deluviálne sedimenty sa vyznačujú kolísavými mocnosťami (3–33 m), ďalej pestrým granulometrickým a litologickým zložením a textúrnymi zvláštnosťami, ktoré plne odrážajú ich genézu. Vo vrchnej časti zosuvného svahu prevláda materiál kamenitých sutín s prímiesou ílovitých materiálov. V smere po svahu dole dochádza k zjemňovaniu materiálov a v spodnej časti svahu prevláda materiál ílovitých sutín.

Deluviálne sedimenty netvoria jednotný horizont podzemnej vody, ale niekoľko jednotlivých horizontov. Hrubý kamenitý a kamenito-piesčitý materiál sa vyznačuje vysokou vodnatosťou, naproti tomu materiál hlinito-kamenitý sa charakterizuje malou vodnatosťou a materiál, v ktorom prevládajú íly, je prakticky nepriepustný – $K = 10^{-5}$ až 10^{-8} . Priemerná rýchlosť podzemného toku je 0,009 až 1,8 m/sec. Režim podzemných

vôd pri deluviálnych sedimentoch je závislý od zrážkových pomerov, ďalej ho ovplyvňujú podzemné vody pritekajúce zo sarmatského komplexu. Ich napájanie vodami z burdigalského a tortónskeho súvrstvia zatiaľ nie je preukázané.

Podzemné vody deluviálnych sedimentov sú na niektorých miestach zosuvného svahu spojené s vodami zvetranej zóny paleogénu.

Deluviálne sedimenty na zosuvnom svahu pri normálnych podmienkach uloženia sa odlišujú od podložných sedimentov paleogénu a neogénu aj fyzikálno-mechanickými vlastnosťami (majú menšiu pevnosť, väčšiu priepustnosť a pod.), čím vytvárajú vhodné podmienky pre vývoj zosuvov.

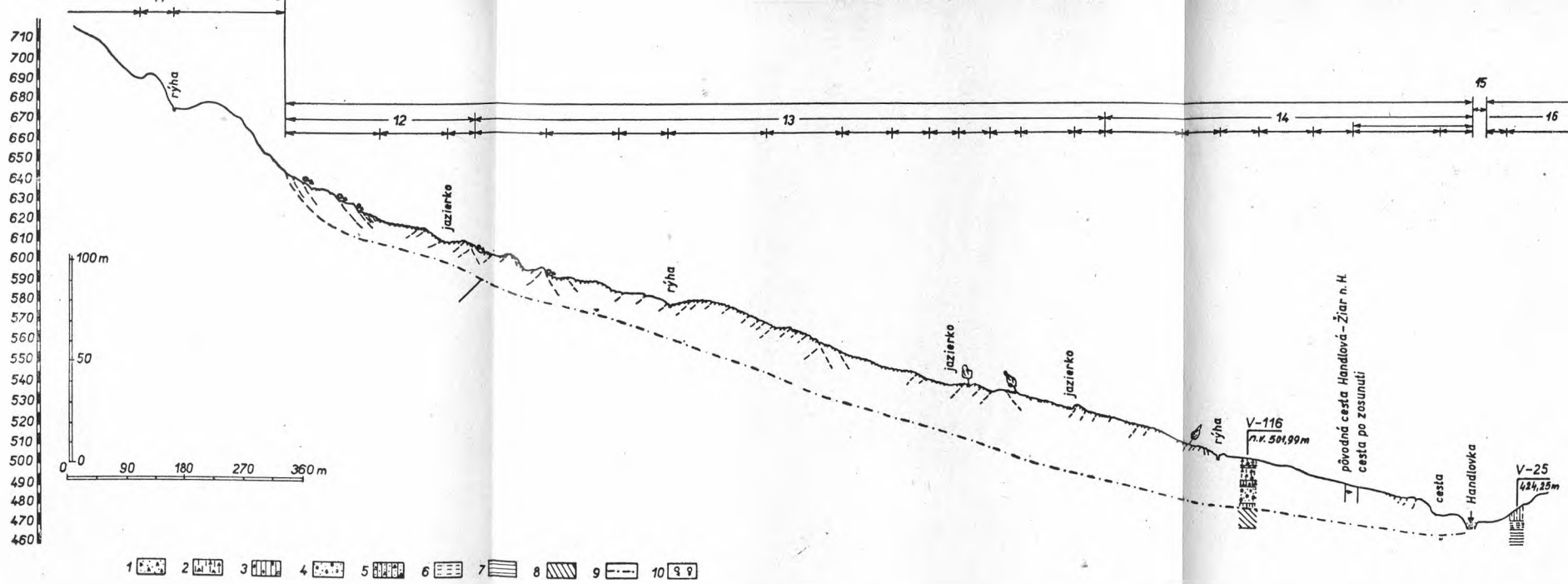
Významnú úlohu vo formovaní geologickej stavby a formovaní reliéfu zosuvného svahu zohrali aj tektonické pochody, vyjadrené v zlomovej tektonike.

FORMOVANIE RELIÉFU NA ZOSUVNOM SVAHU

Expozícia zosuvného svahu je na Z—SZ a S—SV k riečke Handlovke a Mlynskému potoku. Jeho dĺžka od Handlovky po vrcholy andezitových príkrovov je ca 2200 m.



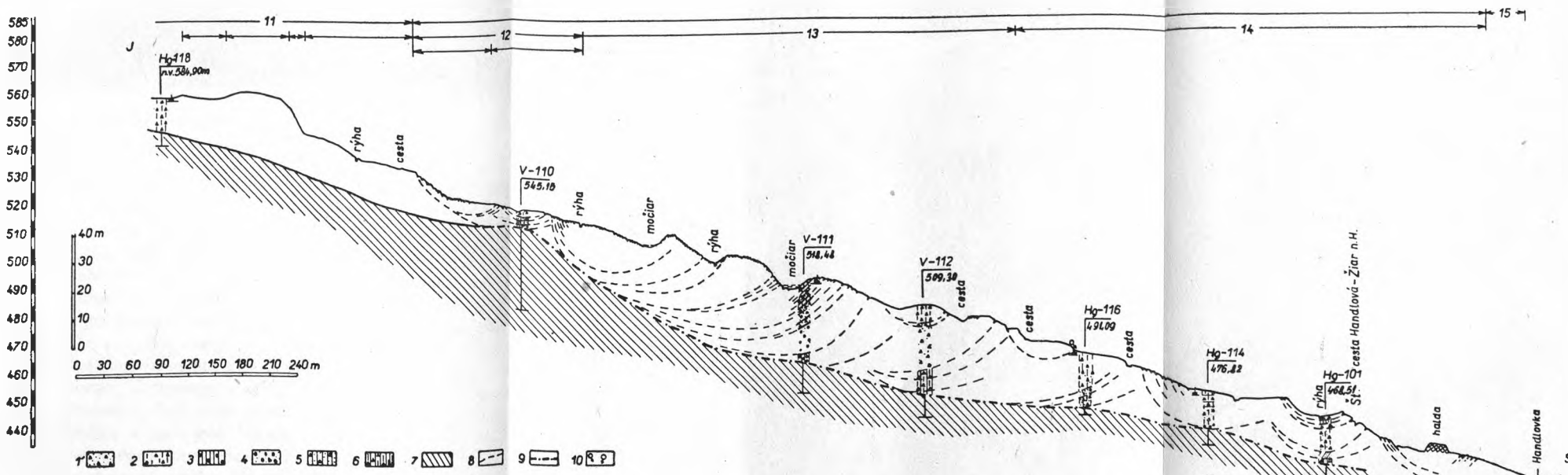
Obr. 4. Vytlačené kryhy na povrchu v strednej časti transportačnej zóny.



Profil 1. Pozdĺžny geologicko-morfologický profil aktivizovaný zosuvom č. II.

Kvartér — delúvium (zosuvné masy): 1 — piesčito-kamenitá sutina s ojedinelými balvanmi andezitu, 2 — hlinito-kamenitá sutina s ojedinelými balvanmi andezitu, 3 — íl s ojedinelými valúnkami, 4 — štrkopiesok s úlomkami andezitu (premiestnený sarmat), 5 — hĺina piesčitá s úlomkami andezitu, 6 — hĺina šľovitá s úlomkami andezitu, 7 — *paleogén* — vrstevnaté slienité bridlice, s lamináciou — vo vrchnej časti zvetrané, 8 — litologické hranice — predpokladané šmykové plochy, 9 — povrch paleogénu — predpokladaná hlavná šmyková plocha, 10 — pramene.

Geomorfologická charakteristika: 11 — svah s fosílnymi zosuvmi; bezodtokové depresie, andezitové kryhy, odlučné steny, odlučná oblasť fosílnych zosuvov, 12 — odlučná oblasť aktivizovaného zosuvu, tržné deformácie, stupňovité poklesy, v dolnej časti mierne vytlačenie, 13 — pôvodná transportačná zóna, čiastočne v priebehu vývoja zosuvu zmenená v sekundárnu akumuláciu oblasť. Pôvodné pukliny ťahových deformácií, neskoršie aj tlakových. Valy, depresie, okrajové pukliny, 14 — akumulácia oblasť s tlakovými deformáciami, depresie, valy, pukliny tlakové, nasúvanie. 15 — predpolie zosuvu.

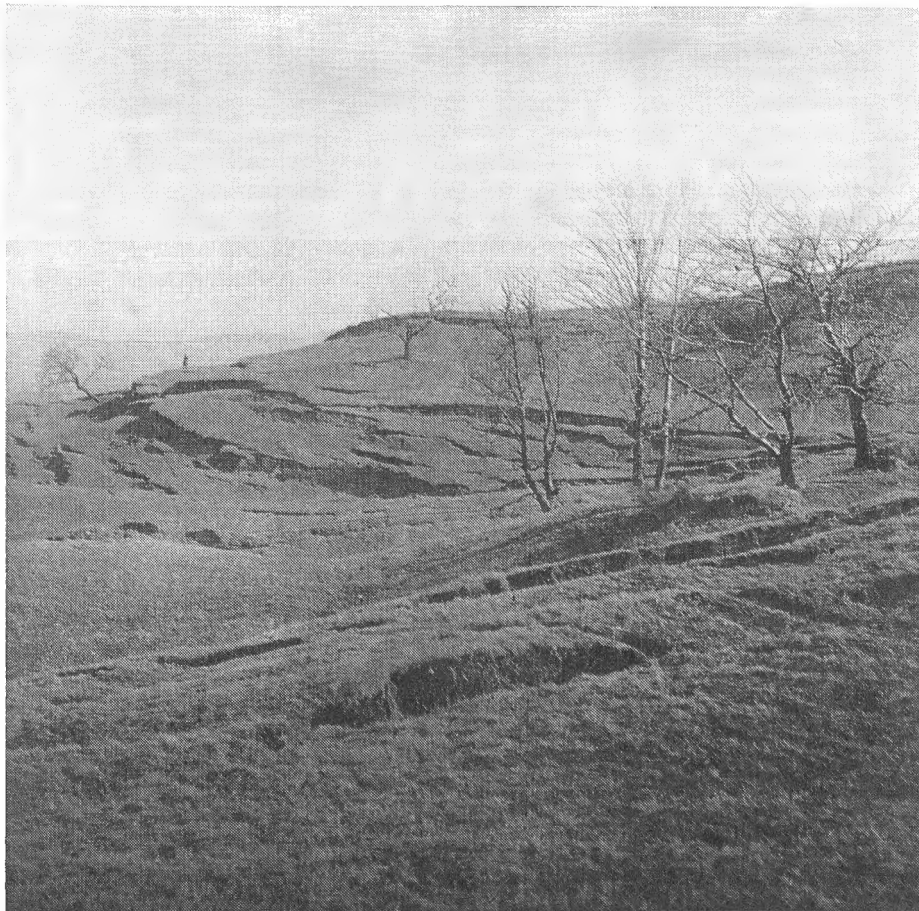


Profil 2. Pozdĺžny geologicko-morfologický profil aktivizovaný zosuvom č. I.

Kvartér — delúvium (zosuvné masy): 1 — piesčito-kamenitá sutina s ojedinelými balvanmi andezitu, 2 — hlinito-kamenitá sutina s ojedinelými balvanmi andezitu, 3 — íl s ojedinelými valúnkami, 4 — štrkopiesok s úlomkami andezitu (premiestnený sarmat), 5 — hĺina piesčitá s úlomkami andezitu, 6 — *spodný burdigal* — prachovité bridlice s vločkami jemnozrnných pieskocov, 7 — *vrchný tortón* (nadložná séria) — íl, 8 — *paleogén* — vrstevnaté slienité bridlice s lamináciou vo vrchnej časti zvetrané, 9 — predpokladaná šmyková plocha, 10 — pramene.

Geomorfologická charakteristika: 11 — svah s fosílnymi zosuvmi; bezodtokové depresie, andezitové kryhy, fosílné odlučné steny, 12 — odlučná oblasť aktivizovaného zosuvu č. I, tržné deformácie, stupňovité poklesy v dolnej časti mierne vytlačené, 13 — transportačná zóna: deformácie ťahové, okrajové steny, ťahové pukliny, miestne vytlačenie, čiastkové zosuvné prúdy, zosuvné akumulácie valy, 14 — akumulácia oblasť a predpolie zosuvu: tlakové deformácie, čelné akumulácie valy, depresie, nasúvanie, 15 — údolie Handlovky, 16 — ľavý svah Handlovky s fosílnym a aktívnym zosuvom.





Obr. 5. Stupňovité poklesávanie na medzizosuvnom chrbte po pravej strane zosuvu č. II.

Výškový rozdiel od vrcholov andezitov po úroveň Handlovky je ca 325 m. V celej dĺžke zosuvného svahu môžeme pozorovať morfológicky dosť nápadné tri stupne. Prvý dolný svahový stupeň je mierne sklonený $7-12^\circ$ a jeho výškové ukončenie odpovedá približne povrchu paleogénu pod deluviálnymi sedimentmi. Druhý stupeň je strmší a odpovedá povrchu presunutých andezitových krých, výnimkou sú andezitové príkrovy, ktoré tvoria najstrmší sklon s príkrymi stenami, prípadne až zrázmi. Na dolnom a strednom svahovom stupni pozorujeme stupňovito odlučné oblasti fosilných zosuvov, valy, medzivalové depresie, zosuvné terasy, medzizosuvné chrbty, ďalej medzi jednotlivými medzizosuvnými chrbtami sú erózne ryhy. Svah vo vrchnej časti je slabo zalesnený (jedle, smrek, buk, javor), v strednej a dolnej časti je zarastený trávou, prípadne ojedinelými ovocnými stromami. Len malé plochy sú kultivované. Depresie na svahu sú spravidla zaplnené vodou a zarastené rákosím.

Významnú úlohu vo formovaní zosuvného svahu, ako aj svahov vôbec v Handlovskej kotline mala erózna činnosť riečky Handlovky a jej prítokov. K jej činnosti

prístupovala najmä veľká transportačná schopnosť Handlovky; zvlášť výrazná najmä v okolí zosuvného svahu. Akumulačná schopnosť Handlovky v okolí zosuvného svahu bola veľmi malá. Ďalej na formovaní zosuvného svahu svoj vplyv preukázali aj procesy zvetrávania a svahovej modelácie. Medzi poslednými je osobitne treba vyzdvihnúť činnosť zosuvných procesov.

K vývoju zosuvných procesov mohlo dôjsť už koncom pliocénu, prípadne počiatkom staršieho pleistocénu. Predpokladáme, že v tomto období došlo k posunutiu veľkých blokov tufobrekcií, ktoré sa uvoľnili pri rozrušení okrajov vulkanických príkrovov. Jednou z príčin zosunutia blokov tufobrekcií mohla byť aj erózna činnosť Handlovky, ktorá v tomto období erodovala na vyššom stupni. Prípadne k ich posunutiu došlo pod vplyvom gravitácie za vhodných sklonových pomerov.

Na študovanom území tieto zosunuté kryhy tvoria morfológicky dosť nápadné kopčeky vo forme medzizosuvných chrbtov mladších fosilných zosuvov, ako aj aktivizovaných zosuvov č. I; č. II; č. III. V okolí odľučnej oblasti zosuvu č. I zosunuté



Obr. 6. Nasunutie v dolnej časti akumulačnej oblasti aktivizovaného zosuvu č. II.



Obr. 7. Deformácia na obytnom dome.

kryhy boli prevítané hlbokými štruktúrno-geologickými vrtmi (V-10 a V-15). Tieto vrty ukázali, že hrúbka zosunutých kryh dosahuje do 100 m a v ich podloží sú plasticky deformované neogénne íly, po ktorých prechádzalo zosúvanie kryh.

Na povrchu zosuvných kryh sa veľmi často nachádza hrubá vrstva delúvií, resp. elúvií, povrch ktorých je taktiež často mierne zvlnený, čo by mohlo nasvedčovať o zosuvných procesoch na týchto kryhách.

Výrazné formy reliéfu starších zosuvov z obdobia kvartéru okrem už spomínaných zosunutých andezitových kryh sa na študovanom zosuvnom svahu nezachovali. Ich povrch bol zotretý mladšími zosuvnými procesmi, prípadne inou formou denudácie alebo činnosťou človeka. Avšak o ich existencii môžeme súdiť na základe pomerne výrazne zachovaných stupňovitých odlučných oblastí, resp. len slabo zvýrazneného zosuvného reliéfu.

Fosilne zosuvy, ktoré sa nachádzajú v súčasnej dobe na zosuvnom svahu, vyznačujú sa dobre zachovanými formami reliéfu a sú pravdepodobne trojakého veku: vrchno-

pleistocénne, holocénne a recentné. Že značná časť zosuvov vznikla v holocéne (atlantik-subrecent), poukazuje peľová analýza z rašelinových zemín, uložených v depresiách pôvodnej odľučnej oblasti aktivizovaného zosuvu č. I.

Zosuvnými procesmi na študovanom svahu bol vytvorený svojrázny zosuvný reliéf. Všeobecne na zosuvnom svahu pozorujeme niekoľko regionálno-genetických typov zosuvov, a to: prúdové, kryhové a plošné zosuvy, vývoj ktorých prebiehal od vrchného pliocénu dodnes.

PRIEBEH VÝVOJA AKTIVIZOVANÝCH ZOSUVOV Č. I, Č. II, Č. III A Č. Ia

Vývoj aktivizovaných zosuvov č. Ia, č. II, ako aj slabo aktivizovaného zosuvu č. III prebiehal v erózných ryhách vyhlíbených eróziou potôčikov a zosuvnými procesmi. Erózne ryhy sú ohraničené medzizosuvnými chrbtami, ktoré navzájom oddeľujú odľučné oblasti a čiastočne aj transportačné zóny jednotlivých zosuvov. Medzizosuvné chrbty sú vlastne vypreparované pozostatky starších kryhových zosuvov. Smery erózných rýh udávali aj smery zosuvných prúdov. V týchto ryhách došlo k nahromadeniu väčšieho množstva delúvií, ktoré už v minulosti boli podrobené zosuvným procesom. Vplyvom nadmerného premočenia atmosferickými zrážkami r. 1960, ako aj vplyvom vôd stekajúcich zo sarmatského komplexu zosuvné masy (íly, konglomeráty, sutiny aglomerátov premiešané andezitovými balvanmi) porušili svoju stabilitu, boli strhnuté a vo forme prúdových zosuvov sa začali posúvať po svahu. Vývoj aktivizácie jednotlivých zosuvov prebehol nie naraz, ale postupne v niekoľkých štádiách v pomerne krátkych časových intervaloch.

Prvé dôsledky aktivizácie zosuvu č. I sa spozorovali 13. 12. 1960. Prejavili sa na dome č. 435 vznikom malých trhlín nad oknami a deformáciou dverí. Okrem toho v záhrade tohto domu boli spozorované väčšie trhliny v zemi. Dňa 14. 12. 1960 došlo k prerušeniu vedenia vysokého napätia na zosuvnom území. Avšak k porušeniu stability svahu v odľučnej oblasti tohto zosuvu muselo dôjsť skôr. Letecké snímky urobené r. 1955 poukazujú, že už v tomto období boli na niektorých miestach odľučnej oblasti a čiastočne aj na transportačnej zóne vyvinuté okrajové pukliny. Vtedy však k priamemu porušeniu stability nedošlo. Predpokladáme, že k intenzívnejšiemu narušovaniu stability svahu mohlo dôjsť okolo 11.–12. 12. 1960.

V prvých štádiách vývoja zosuvu došlo k čiastočnému formovaniu odľučnej oblasti. Vplyvom tržných deformácií sa vytvorili okrajové pukliny trhania a stupňovité poklesy.

Rýchlym transportom nahromadené zosuvné hmoty v odľučnej oblasti sa presúvali cez transportačnú zónu a začali sa akumulovať v akumulačnej oblasti. Pri transporte zosuvných hmôt došlo k erózii transportačnej zóny. Vplyvom ťahových deformácií vytvorili sa okrajové ťahové pukliny, ktorými sa obojstranne ohraničil zosuvný žľab. V druhej časti transportačnej zóny, ako aj v akumulačnej zóne došlo k všeobecnému zdvihui reliéfu nad pôvodnú úroveň v miestach I. a II. geodetického profilu nad 20 m. Po okrajoch dolnej časti transportačnej zóny došlo k akumulácii okrajových zosuvných akumulačných valov vysokých 2–3 m. Tento stav sme pozorovali koncom decembra 1960. Smer tlakov v prvom štádiu v tomto čase sa sústreďoval predovšetkým na ľavý okraj akumulačnej oblasti, v smere JZ. Týmito tlakmi došlo k aktivizácii zosuvu č. Ia. Neskoršie, koncom decembra 1960 a začiatkom januára 1961 pod vplyvom všeobecného sklonu svahu s miernym úklonom na sever došlo k miernemu pootočeniu hlavného smeru tlakov v smere kolmo na údolie Handlovky. Pod vplyvom týchto tlakov sa porušilo aj predpolie zosuvu.

Tlakové deformácie sa prejavili nielen v narušení pôvodného reliéfu, ale zachytili aj

obytné domy a iné verejné objekty. Dokonca hradská bola na niektorých miestach odsunutá ca o 30 m z pôvodného miesta. Údolie Handlovky bolo na mnohých miestach zatlačané a jej pôvodné koryto bolo zdvihnuté ca o 10 m. Zatlačovaním koryta Handlovky a jeho zdvihnutím Handlovka v týchto miestach začala silne erodovať. Touto eróziou sa vytvoril rad menších zosuvov tak na pravostrannom svahu, ako aj na ľavostrannom svahu. Aby sa zabránilo erózii Handlovky alebo vytvoreniu bariéry a zahateniu jej údolia, pristúpilo sa k vybudovaniu kamenných stupňov.

Doplnovanie zosuvných más z odľuhej oblasti a kinetická energia už posunutých más sa začala otáčať k Handlovej. Smer tlakov sa presunul na pravý okraj akumuláčnej oblasti. Vplyvom tlakov došlo k vytváraniu bočných puklín strhávania. Týmto strhávaním sa vytvorili bočné prúdy. Akumulačná oblasť približne v 4 denných etapách sa rozširovala. Bočným podtrhávaním pravého okraja sa narušila stabilita fosilného zosuvu č. II. Tento zosuv sa dňa 6. 1. 1961 aktivizoval. v jeho odľuhej oblasti sme však pozorovali tržné pukliny hneď na samom začiatku januára 1961. Koncom marca sa odľučná oblasť zosuvu č. I do značnej miery vyprázdnila. V tomto období došlo aj k zníženiu v transportačnej zóne ca o 10–15 m.

V dôsledku vyprázdnenia odľuhej oblasti na zosuve č. I sa vytvorili vysoké strmé steny na jej okrajoch, ktoré sa pod vplyvom sufózie a denudácie podrobujú jednotlivým zosuvným procesom, čím dochádza k jej postupnému rozširovaniu. Podobne aj na okraji transportačnej zóny došlo na jeho ľavej strane k jednotlivým zosuvom.

Podobný priebeh vývoja sme pozorovali aj pri zosuve č. II, avšak s určitým časovým oneskorením.

Zosuv č. III prejavil len slabé znaky aktivizácie, a to vo forme malých puklín trhania vo fosilnej odľuhej oblasti a akumuláčnej zóne. K jeho vývoju, vďaka uskutočneniu rýchlych protizosuvných opatrení spočívajúcich v úprave povrchového toku vôd, však nedošlo.

Z geodetických pozorovaní, uskutočňovaných pracovníkmi VBH a ÚGK v Žiline, vyplýva, že rýchlosť pohybov zosuvných más je veľmi rozličná, závisí od charakteru svahu, úložných pomerov a celkového charakteru zosuvných más, ich hydrogeologických pomerov a pod. Najväčšie posuny boli pozorované na profile č. III v transportačnej zóne zosuvu č. I (249,50 m v bode č. 3, 203,50 m v bode č. 4) a rýchlosti 2–3 m/24 hod. Najmenšie rýchlosti, ako aj najmenší posuv bol zaznamenaný na cestnom polygónom ťahu (od 0,20 m do 30 m za celé obdobie). Okrem toho najväčšie rýchlosti sú zaznamenané v strede zosuvného žľabu, smerom ku okrajom zosuvného žľabu sa znižujú. Rozdiely v rýchlosti pohybov v určitých častiach zosuvu zapríčiňovali vznik puklín a premiešanie zosuvných más. Ďalej urobené merania poukazujú na zmeny dynamiky zosuvu v rôznych periódach zosuvného procesu.

Po prvých pohyboch, ktoré sa vyznačujú veľkou intenzitou (do 18. 1. 1961), nastúpilo obdobie zmiernenia pohybov (do 28. 2. 1961). Toto zmiernenie pohybov mohlo nastať jednak pod vplyvom mrazov, jednak pod vplyvom odčerpávania povrchových vôd a ich odvádzania mimo zosuvného územia a zmenšenia atmosferických zrážok. V dôsledku toho došlo k určitému zmenšeniu váhy zosuvných más a zlepšeniu ich inžinierskogeologických vlastností. Ďalšie oživenie pohybov (do konca marca 1961) je spojené s obdobím jarného topenia snehu a zväčšenia atmosferických zrážok. Povrchové vody, vďaka tomu, že pri prvých intenzívnych pohyboch povrch zosuvných más bol značne porušený, prenikali do zosuvu a premočili ho, tým opätovne zhoršili fyzikálno-mechanické vlastnosti, zväčšili váhu, čím opätovne ožili tlaky. Neskoršie pod vplyvom intenzívnejšieho odvodnenia zosuvných más ďalšou úpravou povrchového toku, odčerpávaním, odvádzaním vôd zo zosuvných más, ako aj pomerne suchým

letom sa zosuvné masy postupne osušovali, tým zároveň sa zlepšili ich fyzikálno-mechanické vlastnosti, a tým sa aj pohyby začali znižovať na minimum.

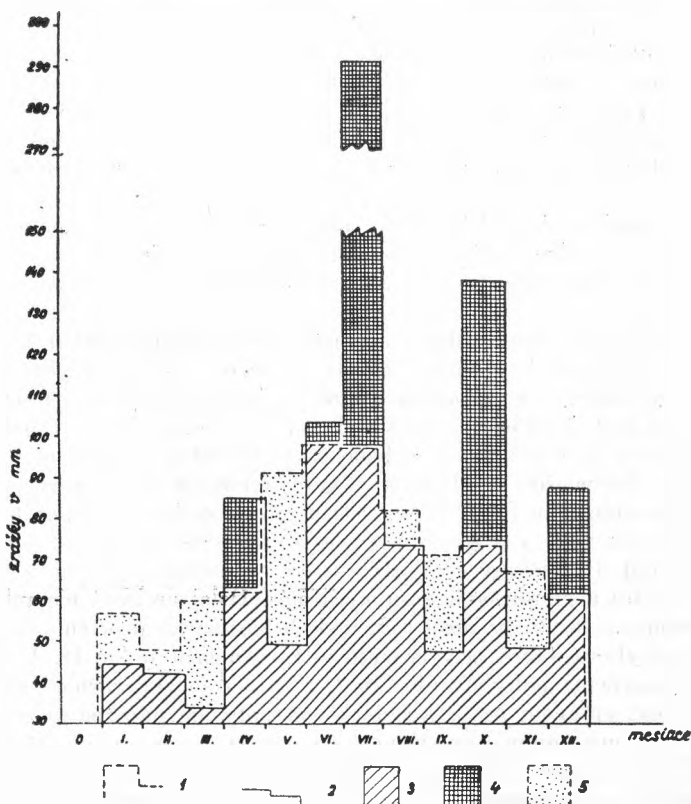
Oživené pohyby, ktoré sa prejavili v jarných mesiacoch, svojou intenzitou nedosiahli hodnoty z prvej etapy vývoja zosuvov. Všeobecne rapídne znižovanie pohybov nastalo v mesiacoch júl a august.

Dĺžka aktivizovaného zosuvu č. I je ca 1940 m, dĺžka aktivizovaného zosuvu č. II je 1075 m.

Celková kubatúra zosuvných mäs je ca 21 mil. kub. metrov, z toho na zosuv č. I pripadá ca 15 mil. kub. metrov a zosuv č. II ca 6 mil. kub. metrov. Plocha svahu postihnutá zosuvnými procesmi je ca 1 km².

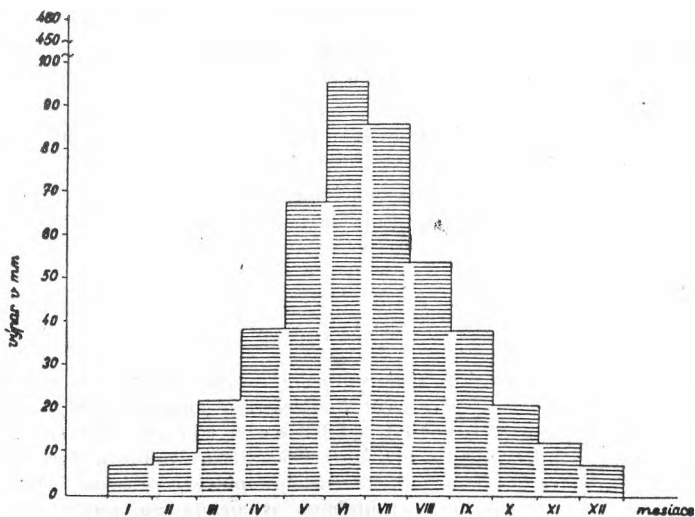
PRÍČINY A FAKTORY VÝVOJA A AKTIVIZÁCIE ZOSUVOV

Ako vidieť z pozdĺžnych geologicko-morfologických profilov zosuvov č. I a č. II, zosuvným procesom v prevažnej miere boli postihnuté deluviálne sedimenty zosuvného



Graf 1. Znáznornenie odklonenia mesačných atmosferických zrážok r. 1960 od priemeru mesačných zrážok za obdobie 1901—1950 v okolí Handlovej. 1 — priemerné mesačné zrážky za obdobie 1901—1950, 2 — skutočné množstvá mesačných zrážok za rok 1960, 3 — množstvá mesačných zrážok za rok 1960 v rámci priemeru mesačných zrážok za 50 rokov, 4 — nadpriemerné mesačné zrážky za rok 1960 v porovnaní s priemernými zrážkami za 50 rokov; 5 — nedostatok mesačných zrážok r. 1960 v porovnaní s priemernými mesačnými zrážkami za 50 rokov.

svahu. Analýza reliéfu zosuvného svahu nás upozornila na to, že v miestach novovzniknutých aktívnych zosuvov boli vyvinuté formy fosilných zosuvov rôzneho veku. Hlavná šmyková plocha prebiehala najmä po povrchu zvetraného paleogénu a čiastočne po nadložných íloch vrchného tortónu (odlučná oblasť zosuvu č. I).



Graf 2. Údaje o úhrnnom výpारे v Handlovej v priebehu roka vyjadrené v mm.

Svojím celkovým charakterom sa deluviálne sedimenty značne líšia od podložných hornín budujúcich zosuvný svah. Táto odlišnosť sa prejavuje vo fyzikálno-mechanických vlastnostiach (napr. menšia súdržnosť, väčšia pórovitosť a pod.). Ďalej sa odlišujú v štruktúre a textúre, ktoré odrážajú ich genézu, vo svojráznosti hydrogeologických pomerov, v litologickom zložení a pod. Všetky tieto vlastnosti umožňujú prijímať väčšie množstvo vody, ktoré vplyva na väčšiu variabilitu v zmenách fyzikálno-mechanických vlastností a na zmeny v hydrogeologických pomeroch delúvií študovaného zosuvného svahu.

Z charakteristiky hydrogeologických pomerov zosuvov vyplýva, že zdrojom podzemných vôd sú v prevažnej miere infiltrované vody priamo z atmosferických zrážok a vody infiltrované zo sarmatských komplexov, režim ktorých je taktiež určený zrážkami, ktoré vtekajú do odlučných oblastí (najmä do zosuvu č. I).

Pri porovnávaní grafov 50 ročných priemerov zrážok v Handlovskej kotline (graf 1) s priemernými zrážkami za rok 1960 vidíme, že r. 1960 spomínaný dlhodobý priemer ročných zrážok (1901—1950) bol celkove prekročený o 315,1 mm. Najväčšie prekročenie dlhodobých priemerov v zrážkových pomeroch r. 1960 bolo v mesiacoch júl, október a december. Po abnormálnych zrážkach júlových nastalo suchšie obdobie podpriemerných zrážok v auguste a najmä v septembri. Vtedy dochádzalo aj k vzniku exikačných puklín (najmä v kultivovaných oblastiach zosuvu), čo znamenalo v nasledujúcom októbrovom období nadpriemerných zrážok zvýšenú možnosť infiltrácie povrchových vôd. Od októbra je všeobecne zmenšený výpar v Handlovke (graf 2). Tieto okolnosti spôsobili, že nadpriemerné zrážky v decembri presiahli kritický stav a znamenali impulz k vzniku aktívnych zosuvných procesov. K zväčšeniu účinku týchto

činiteľov potom prispela značnou mierou aj vhodná konfigurácia reliéfu zosuvného svahu (napr. bezodtokové depresie foriem fosílnych zosuvov), pričom bola úplne zanedbaná aj povrchová a podpovrchová meliorácia svahu.

Voda, ktorá sa za daných podmienok dostala do delúvií (zosuvných más), spôsobila zmeny v ich pôvodnom hydrogeologickom režime podzemných vôd (vytvorenie podzemných vôd s napätou a mierne napätou hladinou), čím vznikol určitý hydrostatický tlak. Ďalej došlo k premočeniu zosuvných más. Vplyvom zmeny vlhkosti zosuvných más nastala zmena ich pevnosti ($0,05 \text{ kg/cm}^2$), zníženie uhla vnútorného trenia v niektorých prípadoch (min. $\varphi = 5^\circ 43'$, priemer $\varphi = 17^\circ 39'$), čím sa znížil odpor proti ušmyknutiu na minimum. Nadmerným premočením zosuvných más sa zvýšil obsah gravitačnej vody, ktorá svojou váhou vytvorila dodatočné zaťaženie svahu. Týmto dodatočným zaťažením spôsobila zväčšenie mechanického tlaku zosuvných más v horných častiach svahu, čo vzápätí bolo taktiež impulzom pre začatie zosuvných procesov.

LITERATÚRA

1. Bajtoš G., *Zpráva o meračskom sledovaní pohybov pohromového zosuvu pôdy v Handlovej*. ÚGK, Žilina 1961. — 2. Čechovič V., *Zpráva o zosuvoch pôdy na katastrálnom území obce Handlová*. Rukopis VBH, 1941. — 3. Čechovič V., *Zpráva o geologických pomeroch v okolí zosuvu v Handlovej v rokoch 1960–1961*. Rukopis. Archív GÚDS, Bratislava 1961. — 4. Čurinov M. V., *Charakteristika opolznej pravého breha r. Moskvy na učastke leninských gor i možnosť strojitelného osvojenia tejto teritorii*. Voprosy gidrogeologii i inženernoj geologii. Sbornik 15. Moskva 1957. — 5. Emeľanova E. P., *Metodičeskoje rukovodstvo po stacionarnomu izučeníju opolznej*. Moskva 1956. — 6. Emeľanova E. P., *O značení podzemnych vod i procesov erozií ili abrazii v vznikovenii opolznej na prirodnych sklonach*. Voprosy gidrogeologii i inženernoj geologii. Sbornik 18. Moskva 1959. — 7. Kucharev N. M., *Inžinerno-geologičeskaja charakteristika opolznych javlenii na pravobreže Volgi v rajone Volška*. Voprosy gidrogeologii i inženernoj geologii. Sbornik 15, Moskva 1957. — 8. Popov I. V., *Inžinernaja geologija*. Moskva 1960. — 9. Lukniš M., *Zosuvné (svahové) územia Handlovsko-nováckej uhoľnej oblasti*. Rukopis 1958. — 10. Sergeev E. M., *Gurtovedenje*. Izdat MGU, Moskva 1959.

11. Vaškovský I., Dorotjak V., Pikna V., Mach C., *Příčina vývoja katastrofálneho zosuvu v Handlovej a návrh opatrení 1960*. Rukopis archív GÚDS, Bratislava 1960. — 12. Vigh V., *Varherigen Bericht über die geologischen Verhältnissen des südliches Randes des Zjar und des Oberen Neutra Tales*. Rukopis. Archív VBH, 1916. — 13. Záruba Q., Mencil V., *Rozbor zesuvu u Klačan na Váhu*. Rozpravy ČSAV, roč. 68 — 1958, seš. 5. — 14. Záruba Q., Mencil V., *Inženýrská geologie*. HČAV, Praha 1954. — 15. Zolotarev G. S., *Novije dannije ob opolzňach Povolžia*. Opyt i metodika izučénija gidrogeologičeskich i inžinerno-geologičeských uslovij krupnych vodočranilišč. Izdat MGU, Moskva 1959.

Recenzoval M. Lukniš

Имрих Вашковский

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ ОБ УСЛОВИЯХ И ПРИЧИНАХ РАЗВИТИЯ ОПОЛЗНЕЙ НА ОПОЛЗНЕВОМ СКЛОНЕ ЮГО-ВОСТОЧНЕЕ Г. ГАНДЛОВА

Геологическое строение, гидрогеологические условия и физико-технические свойства отложений, из которых сложены склоны Гандловской котловины, благоприятны для развития оползней, в некоторых случаях для активизации древних оползней. Однако причины возникновения оползней на этом участке до сих пор не изучались. Не уделялось должного внимания и противооползневым мероприятиям.

В последнее время было произведено комплексное инженерно-геологическое исследование оползневого склона, расположенного юго-восточнее г. Гандлова под отрогами массива Высока Гора (909,1 м) (над изгибом ж.-д. линии Гандлова—Горна Штубня, вдоль шоссеной дороги Гандлова—Жиар над Гроном до русла речки Гандловки). На этом склоне в первой половине декабря 1960 г. возобновилось сползание древнего оползня I, в половине явня 1961 г. — оползней II, Ia и III. Последний проявил лишь слабые признаки активизации. (См. положение оползней и оползневого склона на приложении 1).

Поверхность оползневого склона покрыта делювиальными отложениями, под которыми залегает палеоген и неоген.

Палеогеновые отложения флишевого характера слагают нижнюю часть оползневого склона. Они водопроницаемы и лишь в верхней, выветрившейся части содержат более или менее сплошной водоносный горизонт. Воды кальциево-бикарбонатного типа.

Неогеновые отложения представлены нижним бурдигалом (перемежающиеся галечники, пески, брекчии и суглинки), верхним тортоном, который делится на подстилающую серию (туфы, туффиты, конгломераты), угольную серию (преимущественно суглинки) и серию кровли (суглинки).

Подземные воды приурочены, по видимому, к бурдигалу и подстилающей серии, но их влияние на развитие оползней еще не выяснено.

К неогену относится также комплекс сарматских галечников, суглинков, агломератов и андезитовых покровов.

Подземные воды этого комплекса способствуют развитию оползней, так как инфильтрируются до областей отрыва. Режим вод зависит от атмосферных осадков.

Делювиальные отложения отличаются пестрым гранулометрическим и литологическим составом. Мощность их изменчивая, максимум 33 м. Заключают в себе не один водоносный горизонт, а несколько частичных. $K =$ от 10^{-5} до 10^{-8} . Средняя скорость подземного водотока составляет от 0,009 до 1,8 м/сек. Режим их является зависимостью от атмосферных осадков и вод сарматского комплекса. В некоторых местах воды делювиальных отложений связаны с водами выветрившейся зоны палеогена.

Физико-механические свойства делювиальных отложений хуже, чем отложений их основания (менее плотные, более проницаемые...). Агентами формирования рельефа оползневого склона являются речка Гандловка с притоками, процессы выветривания и оползневые процессы. Возможно, что развитие оползневых процессов началось уже в конце плиоцена или в начале плейстоцена, когда могли образоваться глубокие ользи туфобрекчии, скользивших по вулканическим породам, достигавшим 100-метровой мощности. Причиной их возникновения следует, по-видимому, считать эрозионную деятельность речки Гандловки, русло которой находилось в то время ступеню выше. В некоторых случаях, когда условия склона были подходящими, сила тяжести также играла роль.

Оползни среднеплейстоценового возраста не сохранились, но об их существовании свидетельствуют крутые стены отрыва древних областей отрыва. Известны более молодые оползни — верхнеплейстоценовые, голоценовые и современные. Голоценовый возраст (атлантическая фаза, новочетвертичный подотдел) доказан пыльцевым анализом оползневых накоплений во впадинах. На оползневом склоне наблюдаются следующие регионально-генетические типы оползней: поточные, глыбовые и поверхностные. Развитие их, начавшееся в верхнем плиоцене, продолжается донине.

Развивались оползни в эрозионных ложбинах, разделенных межоползневыми гребнями (древние глыбовые оползни). Направление оползневых потоков определялось направлением ложбин. В последних накапливались огромные массы делювия, которые уже прежде участвовали в оползневых процессах. Активизация оползней произошла не сразу, а проявилась постепенно.

Первые последствия возобновившегося движения оползния I были замечены 13 декабря 1960 г.: на доме № 435 над окнами образовались трещины, деформировались двери. В саду также появились трещины.

На первых стадиях развития оползния I частично сформировалась область отрыва, что проявилось образованием трещин разрыва и ступенчатых смещений. Затем отделившиеся массы (суглинки, обломки андезитов, конгломераты) сползли через зону подвижек (транзит) в зону аккумуляции, где и образовали накопления.

Во время передвижения оползневых масс оформилась подвижная зона (транзит). Под влиянием деформаций растяжения в ней возникли боковые трещины растяжения. Кроме того наблюдались трещины прижима, отставания, загиба. В нижней части

подвижной зоны, по обе ее стороны, образовались валы оползневых накоплений высотой в 2—3 м. В зоне накопления преобладали деформации, вызванные давлением. В результате скопления оползневых масс рельеф повысился приблизительно на 20 м.

В оползне I давления были направлены сперва на левый край (зоны накопления). Под их влиянием развился оползень Ia. Позднее давления действовали в направлении перпендикулярном реке Гандловке и, оттеснив ее, вызвали повышение русла приблизительно на 10 м. В начале января направление давлений изменилось — они стали действовать на левый край области аккумуляции. Все это нарушило устойчивость оползня II, и 6 января 1961 г. он пришел в движение.

В конце марта область отрыва оползня I значительно разгрузилась, а подвижная зона (трайзит) опустилась приблизительно на 10—15 м.

По краям области отрыва оползня I до сих пор происходят частичные смещения.

Оползень II развивался приблизительно так же, как оползень I, но с некоторым запозданием.

Оползень III проявил лишь слабые признаки оживления — в древней области отрыва образовались трещины.

Наибольшие скорости (2—3 м/сутки) и наибольшие смещения (249,5—203,5 м) наблюдались в подвижной зоне оползня I, наименьшие скорости и смещения в зоне накопления, где на участке дороги были расставлены многоугольником поверхностные реперы.

Движения были наиболее интенсивными до 18. I. 1961, затем, до 28. II., более слабыми, в течение же марта вновь усилились. Общее ослабление движений до минимума (1—5 см/14 дней) настало в июле и августе.

Длина прошедшего в движении оползня I равняется 1940 м, оползня II — 1075 м.

Общая кубатура сместившихся масс равняется приблизительно 21 млн кубометров, из чего на оползень I приходится 15 млн кубометров, на оползень II — 6 млн кубометров. Поверхность склона, на которой развились оползневые процессы, равняется приблизительно 1 км.

Оползневые процессы (активизация) захватили делювиальные отложения, сползавшие уже прежде (профил 1). Главная поверхность скольжения проходила по кровле палеогена, частично в залегающих сверху торгонских суглинках (область отрыва оползня I).

Делювиальные отложения отличаются от подстилающих пород меньшей плотностью, большей водопроницаемостью, разнородностью гранулометрического состава, содержанием иллита и монтмориллонита в суглинках, разнообразием гидрогеологических условий. Благодаря всем этим особенностям, делювиальные отложения способны принимать воду, которая в свою очередь вызывает различные изменения их физико-механических свойств и режима вод. Вода, насыщающая делювиальные отложения, происходит с одной стороны из атмосферных осадков, с другой — из сарматского комплекса, водный режим которого обусловлен атмосферными осадками. Исключительно большое количество осадков, выпавших в 1960 г. — на 315,1 мм больше многолетнего среднего (1901—1950) (график 1) — слабое испарение в осеннее время (график 2) воды, пропитавшей оползневые массы, благоприятный рельеф оползневого склона — все это вызвало изменение режима подземных вод и значительное ухудшение физико-химических свойств пород. Изменение режима подземных вод привело к образованию зеркал со слабо напряженной до напряженной поверхностями, вследствие чего увеличилось гидростатическое давление. В пропитанных водой оползневых массах угол внутреннего трения уменьшился на $\varphi = 5^{\circ} 43'$ (при средней величине $\varphi = 17^{\circ} 39'$), вследствие чего уменьшились и сопротивление скольжению и прочность (на 0,05 кг/см). К тому же чрезмерно пропитавшиеся водой массы создали дополнительную нагрузку на оползневой склон.

Перевод со словацкого В. С. Андрусовый

Объяснение рисунков

Рис. 1. Верхняя часть области отрыва возобновившего свое движение оползня I. На заднем плане борта отрыва и оползневые уступы (высота до 15 м). В центре-уцелевший участок устойчивого межоползневого гребня (на нем видны дренажные трубки). На переднем плане поверхность левого оползневого потока в области отрыва (на поверхности видно смятие).

- Рис. 2. Вид на правый край зоны подвижек возобновившего свое движение оползня I.
 Рис. 3. Вид на левый край зоны подвижек возобновившего свое движение оползня I.
 На заднем плане часть боковой области отрыва с оползневыми уступами.
 Рис. 4. Глыбы, выжатые на поверхность средней части зоны подвижек.
 Рис. 5. Межоползневой гребень с правой стороны оползня II. Образовавшийся на нем ступень — результат оползания.
 Рис. 6. Надвиг в нижней части зоны накопления оползневых масс возобновившего свое движение оползня II.
 Рис. 7. Деформации в жилом доме.

Карта 1. Схема оползневого склона и возобновивших свое движение оползней.

- 1 — движущийся оползень I,
- 2 — движущийся оползень Ia,
- 3 — движущийся оползень II,
- 4 — медленно движущийся оползень III.

График 1. Графическое изображение отклонения месячных сумм атмосферных осадков

- в 1960 г. от многолетней средней (1901—1950) в окрестностях г. Гандлова.
- 1 — средние месячные суммы осадков за период 1901—1950 гг.
- 2 — действительные месячные суммы осадков в 1960 г.,
- 3 — месячные суммы осадков в 1960 г. в пределах средних месячных сумм осадков за 50 лет,
- 4 — месячные суммы осадков в 1960 г., превышающие многолетние средние (за 50 лет),
- 5 — месячные суммы осадков в 1960 г. ниже многолетних средних (за 50 лет).

График 2. Данные об общем испарении в г. Гандлова в течение года (выражены в мм).

Профиль 1. Прямой геолого-морфологический профиль возобновившего свое движение оползня II.

Четвертичные отложения — делювий (оползневые массы):

- 1 — песчанисто-каменистая осыпь с одиночными глыбами андезита,
- 2 — суглинисто-каменистая осыпь с одиночными глыбами андезита,
- 3 — глина с одиночными валунками,
- 4 — галечнико-песок с обломками андезита (перемещенный сармат),
- 5 — супесь с обломками андезита,
- 6 — нижний бурдигал — порошкообразные сланцы с прослоями тонкозернистых песчаников,
- 7 — верхний тортон? (серия кровли) — глина,
- 8 — палеоген — тонкопластинчатые мергелистые сланцы, в верхней части выветрившиеся,
- 9 — предполагаемая поверхность скольжения,
- 10 — источники.

Геоморфологическая характеристика:

- 11 — Склон с древними оползнями; бессточные впадины; андезитовые глыбы; древние стены отрыва.
- 12 — Область отрыва возобновившего свое движение оползня I; разрывные деформации, ступенчатые смещения, в нижней части слегка выпуклые.
- 13 — Движущаяся зона (транзит): деформации, вызванные растяжением, бортовые стены, трещины, вызванные растяжением, местное выпирание, отдельные оползневые потоки, валы оползневых накоплений . . .
- 14 — Область накопления и подошва оползня: деформации, вызванные давлением, фронтальные валы выпирания, впадины, надвиги.
- 15 — Долина речки Гандловки.
- 16 — Левый берег р. Гандловки с древним и движущимся оползнями.

Четвертичные отложения — делювий (оползневые массы):

- 1 — песчанисто-каменистая осыпь с одиночными глыбами андезита,
- 2 — суглинисто-каменистая осыпь с одиночными глыбами андезита,
- 3 — глина с одиночными валунками,
- 4 — галечнико-песок с обломками андезита (перемещенный сармат),
- 5 — супесь с обломками андезита,
- 6 — суглинок с обломками андезита,
- 7 — *палеоген* — тонкослоистые мергелистые сланцы, в верхней части выветрившиеся,
- 8 — литологические границы — предполагаемые поверхности скольжения,
- 9 — поверхность палеогеновых отложений — предполагаемая главная поверхность скольжения,
- 10 — источники.

Геоморфологическая характеристика:

- 11 — Склон с древними оползнями; бессточные впадины, андезитовые глыбы, стены отрыва, область отрыва древних оползней.
- 12 — Область отрыва вновь пришедшего в движение оползня II; разрывные деформации, ступенчатые смещения, в нижней части слегка выпирающие.
- 13 — Первоначальная подвижная зона (транзит); по мере развития оползня она отчасти превратилась во вторичную зону накопления. Трещины возникли сперва в результате деформации растяжения, позднее и давления. Валы, впадины, краевые трещины.
- 14 — Область накопления с деформациями, вызванными давлением, впадины, валы, трещины, вызванные давлением, надвиги.
- 15 — Подножие оползня.

Imrich Vaškovský

EINIGE ERKENNTNISSE ÜBER DIE BEDINGUNGEN UND URSACHEN
DER ENTWICKLUNG VON RUTSCHUNGEN AUF DEM RUTSCHHANG SÜDÖSTLICH
VON HANDLOVÁ

Die geologische Struktur, die hydrogeologischen Bedingungen und die ingenieurgeologischen Eigenschaften der Sedimente, die die Abhänge des Kessels von Handlová bilden, schaffen günstige Bedingungen für die Entwicklung von Rutschungen, beziehungsweise für die Aktivierung von fossilen Rutschungen. Bisher wurden jedoch in dieser Gegend die Ursachen ihrer Entwicklung noch nicht erforscht. Man widmete auch den Massnahmen zur Verhinderung von Rutschungen nicht die notwendige Aufmerksamkeit.

In letzter Zeit wurde am Rutschhang südöstlich von Handlová eine komplexe ingenieurgeologische Untersuchung durchgeführt. Dieser befindet sich unterhalb der Ausläufer des Massivs der Vysoká hora (909,1 m), (oberhalb der Eisenbahnstrecke Handlová—Horná Stubaňa, längs der Strasse Handlová—Žiar nad Hronom, bis zum Bett der Handlovka). Auf diesem Abhang kam es in der ersten Dezemberhälfte 1960 zur Aktivierung der Fossilrutschung I, Anfang Jänner 1961 aktivierten sich die Rutschungen II, Ia und III. Die letztere zeigte nur geringe Anzeichen der Aktivierung. (Die Situation der Rutschungen und des Rutschhanges ist aus der Beilage No. 1 zu ersehen.)

Die Oberfläche des Rutschhanges ist aus diluvialen Sedimenten aufgebaut. Den Untergrund dieser Sedimente bilden paläogene und neogene Sedimente.

Die paläogenen Sedimente haben Flischcharakter, und aus ihnen setzt sich der untere Teil des Rutschhanges zusammen. Diese Sedimente sind wasserundurchlässig, nur ihr oberer Teil

ist verwittert und bildet einen mehr oder weniger zusammenhängenden wasserführenden Horizont. Das Wasser gehört dem Kalzium Bikarbonattypus an.

Die Neogenen Sedimente sind durch die Sedimente des unteren Burdigals vertreten, — abwechselnd Kiese, Sande, Brekzien und Tone; sowie des oberen Tortons, bestehend aus der unteren Serie- Tuffe, Tuffite und Konglomerate, der Kohlenserie- überwiegend Tonböden, und der oberen Serie- Tonböden.

Das Grundwasser befindet sich wahrscheinlich im Burdigal und in der unteren Serie, aber sein Einfluss auf die Entwicklung der Rutschungen ist uns bisher noch nicht bekannt.

Zum Neogen gehört noch der Komplex der sarmatischen Kiese, Tonböden, Agglomerate und Andesitdecken.

Das Grundwasser dieses Komplexes zeigt einen günstigen Einfluss auf die Entwicklung der Rutschungen, da es direkt in die Trennungszonen der Rutschungen infiltriert. Das Regime dieses Grundwassers hängt von den Niederschlägen ab.

Die diluvialen Sedimente zeichnen sich durch eine bunte granulometrische und lithologische Zusammensetzung aus. Sie haben eine schwankende Mächtigkeit bis zu 33 m. Sie bilden keinen einheitlichen Wasserhorizont, sondern einige Teilhorizonte $K = 10^{-5}$ bis 10^8 . Die Durchschnittsgeschwindigkeit des unterirdischen Laufes beträgt 0,009 bis 1,8 m/sec. Das Regime dieser Wässer hängt von den Niederschlägen und den Wässern des sarmatischen Komplexes ab. Die Wässer des Diluviums sind an manchen Stellen mit den Wässern der verwitterten Zone des Paläogens verbunden.

Die diluvialen Sedimente haben schlechtere physikalisch-mechanische Eigenschaften als die Sedimente des Untergrundes (sie sind weniger fest, und durchlässiger).

Die Formung des Reliefs des Rutschhanges wird durch das Flüsschen Handlovka und seine Zuflüsse, durch Verwitterungsprozesse und durch Rutschungsprozesse beeinflusst. Zur Entwicklung von Rutschungsprozessen konnte es bereits zu Ende des Pliozäns und zu Beginn des Pleistozäns kommen. Damals konnte es zu Bildungen von Schollenrutschungen der Tuffbrekzien unter den Vulkaniten kommen, die eine Dicke bis zu 100 m haben. Die Ursache ihres Entstehens konnte die Erosions-tätigkeit der Handlovka gewesen sein, welche damals in höherem Grade erodierte, und bei günstigen Neigungsverhältnissen der Einfluss der Gravitation.

Die Rutschungen im mittleren Pleistozän haben sich nicht erhalten, jedoch zeugen von ihrer Existenz steile Trennungswände von fossilen Trennungszonen. Ausserdem befinden sich hier auch jüngere Oberpleistozän- und Holozänrutschungen, sowie rezente Rutschungen. Das Holozän (Atlantik, subrezent) wurde durch die Analyse aus den Sedimenten in der Depression bewiesen. Im allgemeinen beobachten wir auf dem Rutschhang folgende regional-genetische Typen von Rutschungen: Strom-, Schollen- und Flächenrutschungen; ihre Entwicklung verlief vom oberen Pliozän bis heute.

Die Entwicklung der Rutschungen verlief in den Erosionsfurchen, welche von Zwischenrutschungsrücken begrenzt sind (ältere Schollenrutschungen). Die Richtungen der Furchen bestimmten die Richtungen der Rutschungsströmungen. In diesen Rutschungsfurchen sammelte sich eine grössere Menge Deluviums an, welches schon vorher Rutschungsprozessen unterworfen gewesen war. Die Entwicklung der Aktivierung der Rutschungen verlief nicht auf einmal, sondern allmählich.

Die ersten Folgen der Aktivierung der Rutschung No. I wurden am 13. XII. 1960 am Hause No. 435 beobachtet; hier zeigten sich Sprünge über den Fenstern und Deformationen der Türen, sowie Sprünge in der Erde des Gartens.

In den ersten Stadien der Entwicklung der Rutschung No. I kam es zu einer teilweisen Formierung der Trennungszone, wobei Rissdeformationen auftraten, die von Rissen und von allmählichen Rutschungen begleitet waren. Die heruntergerissenen Rutschungsmassen (Tone, Andesitbruchstücke, Konglomerate...) verlagerten sich dann über die Transplantationszone in die Akkumulationszone, wo sie akkumulierten.

Während des Transports der Rutschungsmassen durch die Transportationszone formte sich die Transportationszone. Unter dem Einfluss der Zugdeformationen wurde die Transportationszone an den Seiten durch Randzugrisse begrenzt. Ausser diesen Sprüngen konnte man noch

Risse, Pressungen, Rückstände und Einkeilungen beobachten. Zu beiden Seiten der Transportationszone bildeten sich in ihrem unteren Teil 2–3 m hohe Wälle von Akkumulationsrutschungen. In der Akkumulationszone überwogen die Druckdeformationen. Hier kam es zur Akkumulation und das Relief hob sich ungefähr um 20 m.

In der Rutschung No. I wirkte die Druckrichtung zuerst am linken Rand der Rutschung (in der Akkumulationszone). Unter dem Einfluss dieser Drücke kam es zur Entwicklung der Rutschung No. Ia. Spätere Drücke wirkten senkrecht zur Richtung des Tales der Handlovka, und dadurch wurde ihr Tal verdrängt und ihr Bett um ungefähr 10 m gehoben. Anfang Jänner 1961 veränderte sich die Druckrichtung und sie verlagerte sich auf den rechten Rand der Akkumulationszone. Unter dem Einfluss dieser Drücke kam es zur Störung der Stabilität der Rutschung No. II, und die Rutschung aktivisierte sich am 6. I. 1961.

Ende März entleerte sich in bedeutendem Masse die Trennungszone der Rutschung No. I, und die Transportationszone senkte sich um ungefähr 10 bis 15 m.

In der Trennungszone der Rutschung No. I kommt es noch bis jetzt an ihren Rändern zu Teilrutschungen.

Der Verlauf der Rutschung No. II war ungefähr demjenigen der Rutschung No. I ähnlich, jedoch erfolgte er mit einer gewissen Verzögerung.

Die Rutschung No. III zeigte nur geringe Anzeichen der Aktivisierung in der Form von Rissen in der fossilen Trennungszone.

Die grössten Geschwindigkeiten (2–3 m/24 Stunden) und die grössten Verlagerungen (249,5–203,5 m) wurden in der Transportationszone der Rutschung No. I gemessen, und die geringsten Geschwindigkeiten und Verlagerungen wurden am Polygonzug der Strasse in der Akkumulationszone festgestellt.

Die intensivsten Bewegungen traten bis zum 18. I. 1961 auf, dann verringerten sie sich bis zum 28. II. 1961. Dann konnte man abermals eine Belebung der Bewegungen bis Ende März 1961 feststellen. In den Monaten Juli und August trat eine allgemeine Verringerung der Bewegungen auf ein Minimum (1–5 cm/14 Tage) ein.

Die Länge der aktivisierten Rutschung No. I beträgt ungefähr 1940 m, diejenige der Rutschung No. II beträgt 1075 m.

Die Gesamtkubatur der Rutschungsmassen beträgt ungefähr 21 Mill. m³; davon entfallen auf die Rutschung No. I 15 Mill. m³ und auf die Rutschung No. II 6 Mill. m³. Die Fläche des von den Rutschungsprozessen betroffenen Abhanges beträgt ungefähr 1 km².

Dem Rutschungsprozess (der Aktivisation) wurden die deluvialen Sedimente unterworfen, welche schon in der Vergangenheit Rutschungsprozesse durchmachten (Profil No. 1.). Die Hauptrutschfläche verlief an der Oberfläche des Paläogens und teilweise auch auf den oberen Schichten der tortonischen Tonböden (Trennungszone der Rutschung No. I).

Die Diluvialen Sedimente unterscheiden sich von den Sedimenten des Untergrundes dadurch, dass sie weniger fest, durchlässiger und granulometrisch verschiedener sind, sie enthalten in den Tonböden Illit und Montmorillonit, und ihre hydrogeologischen Verhältnisse sind sehr verschieden. Alle diese Eigenschaften bewirken dass die diluvialen Sedimente fähig sind, Wasser aufzunehmen, welches wieder eine grössere Variabilität in den Veränderungen der physikalisch-mechanischen Eigenschaften bewirkt, sowie Veränderungen im Regime des Wassers. Zu einer Sättigung der Wässer in den Deluvien kommt es sowohl aus den atmosphärischen Niederschlägen als auch durch die Wasserinfiltration aus dem sarmatischen Komplex, dessen Regime von den Niederschlägen abhängig ist. Unter dem Einfluss übermässiger Niederschläge im Jahre 1960, — insgesamt um 315,1 mm mehr als der Jahresdurchschnitt der Jahresreihe 1901–1950 (Graph No. 1.), — und bei der geringen Verdunstung im Herbst (Graph No. 2.), gaben die aus den übermässigen Niederschlägen und dem sarmatischen Komplex in die Rutschungsmassen infiltrierten Wässer den Anstoss zur Veränderung des Grundwasserregimes bei einer günstigen Konfiguration des Reliefs des Rutschhanges. Ebenso hatte das eine bedeutende Verschlechterung ihrer physikalisch-mechanischen Eigenschaften zur Folge. Die Veränderung des Grundwasserregimes bewirkte die Bildung von Grundwasserspiegeln mit einem mässig gespannten bis gespannten Spiegel, wodurch der hydrostatische Druck vergrössert wurde. Unter dem Einfluss der Durchnässung der Rutschmassen verringerte sich der

Winkel der inneren Reibung auf $\varphi = 5^\circ 43'$, und der Durchschnitt auf $\varphi = 17^\circ 39'$, wodurch sich der Widerstand gegen das Abrutschen verringerte. Ausserdem kam es zu einer Veränderung in der Festigkeit $0,05 \text{ kg/cm}^2$. Abgesehen davon bildete die übermässige Durchnässung eine zusätzliche Belastung auf dem Rutschhang.

Aus dem Slowakischen übersetzt von R. Lindner

Erklärung zu den Abbildungen

Abb. 1. Der obere Teil der Trennungszone der aktivisierten Rutschung No. I. Im Hintergrund die Randrisswände und die Rutschungen (Höhe bis zu 15 m). In der Mitte — ein erhaltener Ausläufer des stabilen Zwischenrutschungsrückens (auf ihm eine Entwässerungs-Rohrleitung). Im Hintergrund die Oberfläche des linken Rutschstromes in der Trennungszone mit einer Aufhäufung auf der Oberfläche.

Abb. 2. Blick auf den rechten Rand der Transportationszone der aktivisierten Rutschung No. I.

Abb. 3. Blick auf den linken Rand der Transportationszone der aktivisierten Rutschung No. I. Im Hintergrund ein Teil der Seitentrennungszone mit stufenweisen Rutschungen.

Abb. 4. An die Oberfläche heraufgedrückte Schollen im mittleren Teil der Transportationszone.

Abb. 5. Stufenförmiges Abgleiten auf dem Zwischenrutschungsrücken auf der rechten Seite der Rutschung No. II.

Abb. 6. Aufhäufung im unteren Teil der Akkumulationszone der aktivisierten Rutschung No. II.

Abb. 7. Deformationen an einem Wohnhaus.

Karte 1. Schema des Rutschhanges und der aktivisierten Rutschungen.

1 — aktivisierte Rutschung No. I.

2 — aktivisierte Rutschung No. Ia

3 — aktivisierte Rutschung No. II.

4 — schwach aktivisierte Rutschung No. III.

Graph 1. Graphische Darstellung der Abweichungen der monatlichen atmosphärischen Niederschläge im Jahre 1960 vom Durchschnitt der monatlichen Niederschläge für die Jahresreihe 1901—1950 in der Umgebung von Handlová.

1. durchschnittliche monatliche Niederschläge für den Zeitraum von 1901—1950;

2. Tatsächliche Monatsniederschlagsmengen im Jahre 1960;

3. Monatsniederschlagsmengen für das Jahr 1960 im Rahmen des Durchschnitts der monatlichen Niederschläge während der letzten 50 Jahre;

4. Überdurchschnittliche Monatsniederschlagsmengen während des Jahres 1960, im Vergleich mit den durchschnittlichen Niederschlägen der letzten 50 Jahre;

5. Ungenügende Monatsniederschlagsmengen im Jahre 1960, verglichen mit den Durchschnittsmonatsniederschlagsmengen der letzten 50 Jahre;

Graph 2. Angaben über die durchschnittliche Verdunstung in Handlová im Verlauf des Jahres, ausgedrückt in mm.

Profil 1. Geologisch-morphologisches Längsprofil — aktiviert durch die Rutschung No. II. Quartär — Deluvium (Rutschmassen)

1. Sand- und Steinschutt mit einzelnen Andesitblöcken;

2. Lehm- und Steinschutt mit einzelnen Andesitblöcken;

3. Ton mit einzelem Geröll;

4. Kiessand mit Andesitbruchstücken (verlagerter Sarmat);

5. Sandiger Lehm mit Andesitbruchstücken;

6. Toniger Lehm mit Andesitbruchstücken;

7. Paläogen — schichtenförmiger Mergelschiefer mit Lamination — im oberen Teil verwittert;

8. Litologische Grenzen — angenommene Rutschflächen;

9. Oberfläche des Paläogens — angenommene Hauptutschfläche;

10. Quellen.

Geomorphologische Charakteristik

11. Hang mit Fossilrutschungen; abflusslose Depressionen, Andesitschollen, Trennungswände, Trennungszone von Fossilrutschungen;
12. Trennungszone der aktivierten Rutschung, Rissdeformationen, stufenförmige Rutschungen, im unteren Teil mässig hervorgepresst;
13. Ursprüngliche Transportationszone, teilweise im Verlauf der Entwicklung der Rutschung verändert als sekundäre Akkumulationszone. Ursprünglich Sprünge von Zugdeformationen, später auch von Druckdeformationen. Wälle, Depressionen, Randsprünge.
14. Akkumulationszone mit Druckdeformationen, Depressionen, Wällen, Drucksprüngen, Aufschiebungen.
15. Vorfeld der Rutschung.

Profil 2. *Geologisch-morphologisches Längsprofil durch die aktivisierte Rutschung No. I.*

Quartär — Deluvium (Rutschmassen)

1. Sand- und Steinschutt mit einzelnen Andesitblöcken;
2. Lehm- und Steinschutt mit einzelnen Andesitblöcken;
3. Ton mit einzelner Geröll;
4. Kiessand mit Andesitbruchstücken (verlagerter Sarmat);
5. Sandiger Lehm mit Andesitbruchstücken;
6. *Unterer Burdigal* — staubförmiger Schiefer mit Zwischenlagen von feinkörnigem Sandstein;
7. *Oberer Torton* (Deckenserie) — Ton;
8. *Paläogen* — schichtenförmiger Mergelschiefer mit Lamination — im oberen Teil verwittert;
9. Angenommene Rutschfläche;
10. Quellen.

Geomorphologische Charakteristik

11. Hang mit Fossilrutschungen; abflusslose Depressionen, Andesitschollen, fossile Trennungswände.
12. Trennungszone der aktivierten Rutschung No. I; Rissdeformationen, stufenförmige Rutschungen, im unteren Teil mässig hervorgepresst;
13. Transportationszone: Zugdeformationen, Randwände, Zugsprünge, örtliche Hervorpressungen, teilweise Rutschströme, abgleitende Akkumulationswälle . . .
14. Akkumulationszone und Vorfelder der Rutschung: Druckdeformationen, Stirnakkumulationswälle, Depressionen, Aufschiebungen.
15. Das Tal der Handlovka.
16. Der linke Abhang der Handlovka mit fossilen und aktiven Rutschungen.