

Inžiniersko-geologický prieskum vrstevných zosuvov v zátopnej oblasti priehrady Šance

JOZEF FEKEČ — PAVOL MAHÚT — STANISLAV NOVOSAD

Recherches géologiques de l'ingénieur des éboulements en couches dans la région du barrage Šance

Au cours de la construction du barrage Šance sur la rivière Ostravica on a effectué des études du problème concernant la pente fracturée par les mouvements étendus de pente, récents et fossiles. L'auteur a étudié la pente gauche de la vallée Ostravica dans la région d'une carrière nouvelle. Les résultats de cette étude permettent de déduire les connaissances applicables en général pour la région du Flysch, étant bâti par les couches de Godul. Par ex., les résultats des résistances résiduelles des argilites peuvent être ainsi appliqués en cas de tous les argilites des couches de Godul ayant les mêmes qualités minéralogiques. Près de la carrière Šance, les mouvements de pente s'accélérent au cours de l'extraction. Cette accélération était influencée au fond par les effets des tirages pendant l'exploitation par chambres. L'auteur présente aussi les résultats numériques du mouvement de l'éboulement provoqué par l'exploitation dans la carrière de Šance.

V rámci inžiniersko-geologického prieskumu pre údolné priehrady a ich nádrže musíme okrem iného podrobne sa zaoberať fosílnym i recentným porušením úrodných svahov svahovými pohybmi. Posudzujeme, ako porušenie horských svahov ovplyvní možnosti: realizáciu inžinierskeho diela, prípadne, ako projektovaná stavba môže zmeniť ďalší priebeh porušenia svahu napríklad vzdutím vody v nádrži priehrady, prisýpaním svahu telesom hrádze, podrezaním svahu zárezom komunikácie a pod.

V priebehu podrobného inžiniersko-geologického prieskumu pre priehradu Šance na rieke Ostravici mali sme možnosť zaoberať sa podrobnejšie problematikou porušenia svahov rozsiahlymi fosílnymi i recentnými svahovými pohybmi. Podrobnejšie sme skúmali južný svah Čupelu v údolí Řečice a ľavý úrodný svah údolia Ostravice v priestore novootvoreného kameňolomu na materiál pre rock-filovu časť prihradnej hrádze.

Získané poznatky vhodne dopĺňajú prv publikovanú stať o charaktere svahových deformácií v časti Moravsko-sliezskych Beskyd budovaných súvrstvom godulských vrstiev (NOVOSAD S., 1966).

Geologické pomery

Predkvartérny podklad časti zátopného územia priehrady Šance, v ktorom sa vyskytujú skúmané časti svahov nádrže porušené zosúvaním, buduje súvrstvie godulských vrstiev kriedového veku v typicky flyšovom vývoji. V sedimentačných cykloch sa striedajú doskovité glaukonitické pieskovce, väčšinou jemnozrnné, šedo-zelené až tmavošedé s vložkami šedo-zelených sludových ílovcov a čiernošedých ílovitých bridlíc. Ojedinele sa vyskytujú mocnejšie pieskovcové

lavice. Vetráním dochádza pri pieskovcoch ku zmene farby do hnedošeda a k úmernému zníženiu pevnosti; ílovce vetrajú na pevný až plastický íl a silt; tak isto ílovité bridlice na piesčitý íl. Všeobecne platí, že ílovcové polohy sú významnými zónami zníženej pevnosti, ktoré predisponujú polohy šmykových plôch a zón vrstevných zosuvov.

Pri ílovcoch dochádza k zníženiu pevnosti pre proces progresívneho porušovania, pretože ílovce vyznačujú sa systémom väčšinou vlasových, uzatvorených puklín, ktoré nastávajú pri prekročení pevnosti ako dôsledok odlahčenia územia napr. i denudáciou. Príčinou porušenia systému puklín môžu takisto byť i tektonické pohyby, nerovnomerná expanzia počas erózneho cyklu alebo vplyv koloidno-chemického charakteru. Po vytvorení svahu, proces porušovania pokračuje v puklinách ďalej. Dej porušovania po vytvorení svahu, ktorý je spôsobený zmenou napätosti, zintenzivňuje ešte rad ďalších faktorov. Odlahčením terénu sa vlasové zovreté pukliny roztvárajú, vniká do nich voda a záporné neutrálne napätie pomerne rýchlo klesá k nule. S poklesom efektívneho napätia pomerne rýchlo klesá aj šmyková pevnosť. So znižovaním pevnosti dochádza v šmykovej zóne k časovému rozvoju pretvárania a ku vzniku nových puklín a plôch porušenia v základnom materiáli. Presakujúca voda na hraniciach puklín rozmáča a zmäkčuje ílovce a tým vznikajúce tlaky spôsobené napúčaním ešte urýchľujú celý proces. Vzniká tak postupný rozpad pôvodného základného materiálu, ktorý postupne stráca charakter pevného ílovca. Porušenie v šmykovej pretváranej zóne sa progresívne šíri, takže postupne s časom — v stále väčšej časti šmykovej zóny — šmykový odpor nezodpovedá maximálnej hodnote pevnosti pri porušení, ale hodnote pevnosti, ktorá sa dosiahne na šmykovej ploche po porušení.

Pieskovcové polohy sú husto rozpukané a miestami intenzívne porušené. Prevládajú smery puklín a tektonické poruchy predisponujú priebeh odlučných trhlin a omedzenie jednotlivých kryh vrstevných zosuvov. Husté rozpukanie pieskovcových polôh podmieňuje tiež ich zvýšenú priepustnosť, a tým prispieva k rýchlejšiemu chemickému vetraniu medzilahých polôh ílovcov a ílovitých bridlíc prejavujúce sa najmä znižovaním ich šmykovej pevnosti.

Generálny úklon monoklinálne doskovite uloženého súvrstvia godulských vrstiev je 10° — 30° na juh. V skúmanom území táto všeobecnosť celkove prevláda, lenže vyskytujú sa aj zóny detailne prevrásnené, alebo s podstatne rozdielnymi úložnými pomermi.

Kvartérny pokryv skúmaných svahov zastupujú prevážne hrubé hlinitokameňité svahové sutiny, ktoré dosahujú mocnosť 2—4 m, ale v častiach svahov, porušených zosúvaním, správajú sa ako pasívna časť, ktorá sa len „vezie“ na jednotlivých kryhách zosúvajúceho sa predkvartérneho podkladu a v priebehu pohybu zaplňa čiastočne alebo celkom trhliny medzi jednotlivými kryhami.

Zosuv Rečice

Z výsledkov starších prieskumných prác, najmä z práce F. PROKOPA (1955), vyplývala pravdepodobnosť porušenia južného svahu Čupelu v údolí potoka Rečice starým svahovým pohybom. Zdá sa, že tento záver sa potvrdzuje zhodnotením morfológie svahu v priebehu inžiniersko-geologického prieskumu pre pravobrežnú komunikáciu na základe skúseností s podobnými javmi, skúmanými v povodí Morávky (NOVOSAD 1963, 1966).

Hlavnou úlohou inžiniersko-geologického prieskumu územia na južnom svahu Čupelu (ďalej len zosuv „Řečice“) bolo posúdiť možnosť obnovenia pohybu vzdutia vody priehradou na Ostravici pri Šancoch. Z úlohy vyplynula nutnosť poznať príčiny skoršieho zosúvania, priebeh šmykovej plochy, jej charakter a charakter hornín porušených starým zosuvom aj neporušených hornín — v podloží zosuvu.

Tieto poznatky možno získať z prieskumných banských diel hĺbených alebo razených v zosuve až do jeho podložia. Vzhľadom na rozsiahlosť zosuvného územia, ktoré sa muselo preskúmať, prieskum len banskými dielami bol by príliš nákladný. Pokúsili sme sa preto využiť geofyzikálne metódy, ktorých výsledky sme overovali minimálnym potrebným počtom banských prác, ktoré sme v priebehu prieskumu usmerňovali podľa ich čiastkových výsledkov. (BUŽKOVÁ H., MÜLLER K., NOVOSAD S. 1969).

Ak porovnáme nákladnosť geofyzikálneho prieskumu s prieskumom banskými dielami, dôjdeme k veľmi uspokojivému záveru. Náklady na geofyzikálny prieskum štyroch profilov doplnených pričným profilom rovnajú sa zhruba nákladom na jednu kopanú sondu. Z toho vyplýva, že je vždy vhodné skúsiť možnosť využiť geofyzikálne prieskumné metódy, ktoré, v kombinácii s úmerným počtom klasických prieskumných diel, môžu podstatne znížiť náklady na prieskum.

Prieskum kopanými sondami (šachticami) a geofyzikálny prieskum sa doplnil dokumentáciou hlavných tektonických prvkov na prirodzených východoch na povrch v záujmovom území a v jeho okolí. Tieto merania spolu s dokumentáciou prieskumných diel poskytli potrebný podklad na posúdenie charakteru tektonickej stavby hornín predkvartérneho podkladu.

Rozsah zosuvu zistený geofyzikálnym prieskumom a upravený podľa morfológie zosuvom porušeného svahu je patrný zo situácie na obr. 1.

Omedzenie starého zosuvu na západnej a východnej strane určuje tektonická stavba súvrstvia hornín predkvartérneho podkladu. Na základe tektonickej dokumentácie prirodzených odkryvov rozdelili sme záujmové územie do šiestich tektonických rájónov:

T — 1 západne od zosuvu charakterizujú údaje:

- sklon vrstvy $137-144^{\circ}/28-40^{\circ}$;
- pukliny a) $315-330^{\circ}/39-60^{\circ}$, priebežné
- b) $216-257^{\circ}/62-77^{\circ}$, nepriebežné
- c) $56/80^{\circ}$, nepriebežné

Rajón T-1 nezasahuje do priestoru zosuvu.

T — 2 čiastočne omedzuje západne zosuv Řečice. Je to rajón intenzívneho prevrášnenia súvrstvia; rozmery vrás väčšinou v metroch, zriedka v desiatkach metrov. Niektoré vrásky sú prevrhnuté.

Prevládajúce smery konštruovaných vrásových osí $170-175^{\circ}$, úklon $19-36^{\circ}$, meraných (nie celkom hodnoverne) $180-200^{\circ}$, úklon $21-36^{\circ}$. Úložené pomery rajónu T-2 vylučujú možnosť vzniku rozsiahleho vrstevného zosuvu.

T — 3 zaberá západný okraj zosuvu Řečice. Charakterizujú ho hodnoty:

- sklon vrstvy $120-157^{\circ}/21-32^{\circ}$;
- pukliny $250-315^{\circ}/67-75^{\circ}$,
- priebežne $50/74^{\circ}$.

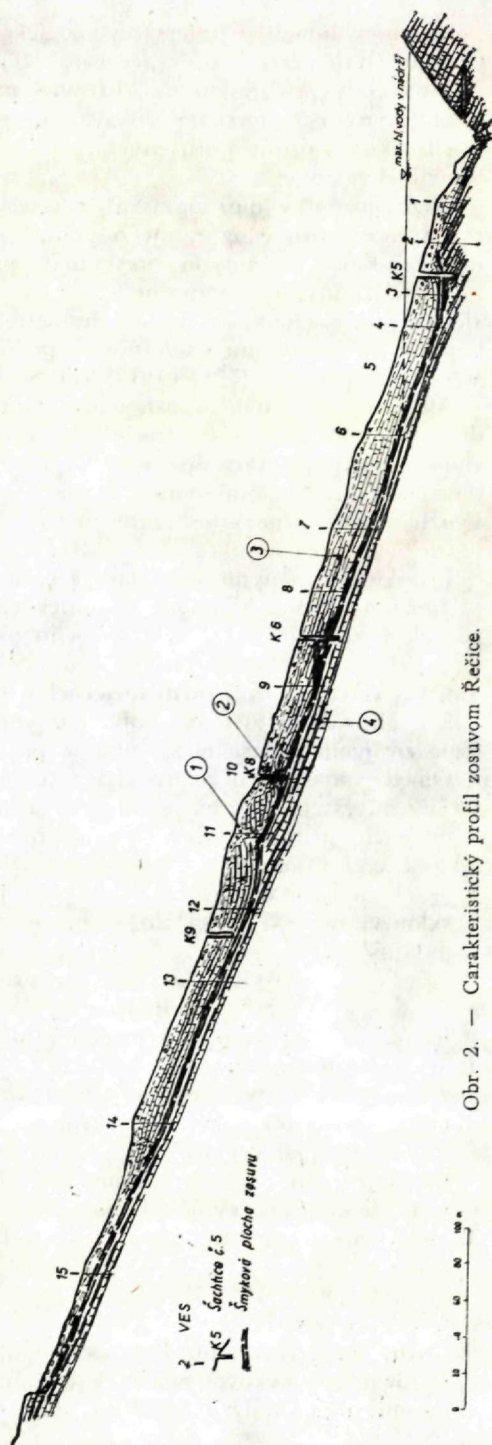
Úložné pomery rajónu T-3 podmieňujú záp. omedzenie zosuvu pomalým približovaním šmykovej plochy k terénu. Nemožno vylúčiť tektonické omedzenie rajónu, ani pomalý prechod na styku s rajónom T-4.

T — 4 charakterizuje viac-menej monoklinálne uloženie súvrstvia, ktoré je v smere vrstiev i v smere spádu mierne zvlnené. Súvrstvie je sklonené prakticky rovnobežne so svahom. Rajón T-4 zaberá prevažnú časť plochy zosuvu Řečice a práve jeho úložné pomery umožnili vznik rozsiahleho vrstevného zosuvu. Priemerný sklon vrstiev je $20-26^\circ$, miestami však kolíše až medzi 10° a 36° .

T — 5 v podstate ohraňuje zosuv Řečice na východnej strane. Prevládajúce úložné pomery sú dané hodnotami smeru sklonu a sklonu vrstiev $340-35^\circ/15-24^\circ$, miestne, pre miernu antiklinálu hodnotami $140/2^\circ$. Úložné pomery vlastného rajónu T-5 v podstate vylučujú možnosť zosuvu.

T — 6 úzky pás abnormálnych úložných pomerov — vrstvy strmo sklonené na sever a na juh — tiahne sa korytom potoka a pokračuje zrejme k päte svahu v mieste ryhy R 3, potom pokračuje v koryte potoka a znova sa objavuje v odkryve 28.

Túto anomáliu možno vysvetliť alebo úzkym pásom detailného prevrášnenia, alebo — najpravdepodobnejšie — tektonickým porušením zlomového charakteru, sprevádzaným vyvlečením vrstiev do strmých úklonov. Priebežnosť tejto poruchy je sporná. Tektonická stavba je pomerne komplikovaná vzhľadom na bežné pomery v súvrství godulských vrstiev. Zo vzťahu tektonických pomerov a rozšírenia starého zosuvu možno odvodzovať priamu závislosť rozšírenia svahových pohybov na príhodných úložných pomeroch, čo je v prípade vrstevného zosuvu celkom zvyčajné. Na južnej strane je zosuv omedzený priebehom starého údolia Řečice, ktorého eróziou bol podmienený. Na severnej strane — v odľučnej oblasti — je obťažné omedziť zosuv. Preto sú v situácii na obrázku 1 vykreslené dve hranice.



Obr. 2. — Charakteristický profil zosuvom Řečice.

Plná čiara omedzuje priestor, v ktorom došlo k zosúvaniu častí súvrstvia. Čiarkovaná hranica naznačuje pravdepodobný rozsah porušenia súvrstvia godulských vrstiev posúvaním jednotlivých vrstiev pre uvoľnenie nižšej časti svahu zosuvom.

Šmykovú zónu, ktorej priebeh je patrný z profilu na obr. 2, tvorí niekoľko dm mocná vrstva zvetraných ílovcov, premiesených úlomkami pieskovcov a ílovitých bridlíc. Hutnosť ílovitej hmoty šmykovej zóny bola v čase prác v kopaných šachticiach a rozrázkach väčšinou tuhá. Po niekoľkých dňoch, pre odlahčenie a nasýtenie vodou, zmäkla.

Zosuvom premiestnený komplex hornín má charakter súvrstvia doskovitých a lavicovitých pieskovcov, striedajúcich sa s navetranými a zvetranými polohami ílovcov a ílovitých bridlíc. Pieskovce a niekedy celé bloky súvrstvia sú uvoľnené, prestúpené puklinami, trhlinami a rozsadlinami, čiastočne alebo celkom zaplnenými ílovitým materiálom zo zvetraných ílovcových vložiek s prímесou úlomkov pieskovcov. Vo vrchných polohách zosuvu výplň kaviern tvorí materiál zo sutinových a štrkových pokryvov.

Zvetrané polohy ílovcov v zosutom súvrství predisponovali aj vznik čiastkových šmykových plôch, ktoré umožňujú ľahkú deformáciu zosúvajúceho sa súvrstvia pri pohybe cez nerovnosti v hlavnej šmykovej zóne, vzniknutých zvlnením vrstevných plôch, výskytom tektonických porúch alebo eróziou starého údolia, cez ktoré sa zosuté súvrstvie presunulo.

Povrch svahu je v súčasnosti zakrytý vrstvou hlinítokamenitých sutín. Len vo výškovej úrovni novej cesty, nad a pod ňou (šachtica K 8, K 6), sa zistili zvyšky terasových štrkov, lenže premiestnených spolu so zosuvom po svahu. Tvar zosuvu, najmä však výsledky geofyzikálneho prieskumu profilu 3 umožňujú predpokladať najmenej dve vývinové etapy zosuvu.

1. etapa bola zrejme podmienená eróziou údolia v úrovni štrkovej terasy, ktorej zvyšky sme zastihli v šachtici K8.

Druhá etapa nasledovala po zahĺbení údolia na úroveň dna šachtice K 5, t. j. cca 8–10 m nad dnešným potokom.

Vzhľadom na značné porušenie zosuvom premiestnených hornín je aj ich priepustnosť pomerne vysoká a súvislá hladina podzemnej vody sa vytvára až na hlavnej šmykovej zóne, ktorá tvorí prakticky nepriepustné podložie zosuvu.

Výnimkou je len obzor podzemnej vody, vytvárajúci sa v zvyškoch štrkovej terasy. Podzemná voda, ktorá z nej vyteká, tvorí niekoľko nesúvislých horizontov na polohách zvetraných ílovcov v zosutých horninách, ktoré sa zastihli rozrážkou zo šachtice K 6. V dolnej časti zosuvu charakterizovanej šachticami K 5 a K 7 sa v čase prieskumu prakticky neobjavil výraznejší prítok podzemnej vody; výnimkou je len šachtica K 5, kde sa objavila voda pri úrovni zvýšeného stavu vody v potoku. Po znížení sa opäť stratila. Pomerne stála úroveň hladiny podzemnej vody sa vytvorila v šachtici K 6. Ide však o vodu stekajúcu prevažne zo zosuvu po šmykovej zóne, akumulujúcu sa v šachtici a odtekajúcu rozpučkaným súvrstviem pod šmykovou zónou.

Podľa pozorovania povrchu svahu a rastlinstva javí sa skúmaný svah v súčasnosti ako stabilný.

Pre ďalšie úvahy o zmenách stability svahu pre vzdutie vody v nádrži pred-

pokladali sme, že nateraz je svah v labilnej rovnováhe. Z tohto predpokladu vyplynula možnosť obnoviť pohyb starého zosuvu pre:

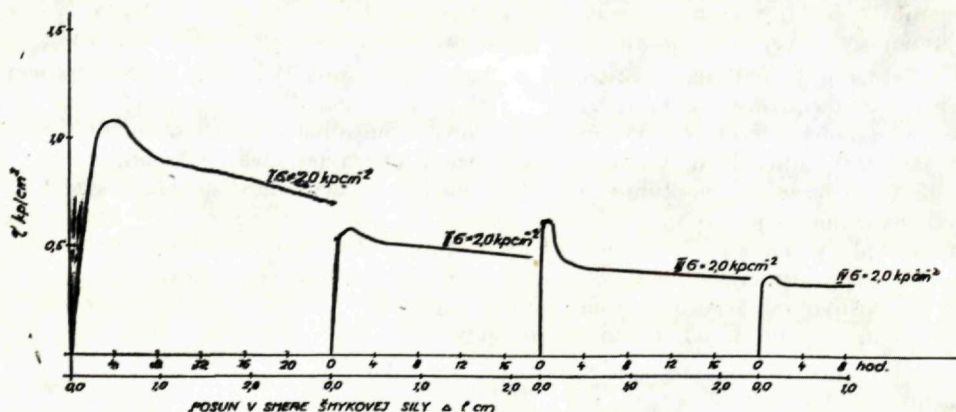
- a) nadľahčenie zosutých hornín v starom údolí vztlakom vzdutej vody, a tým zmenšenie pasívnych síl oproti súčasnému stavu;
- b) nasýtenie ílových vrstiev vodou v štádiu odľahčenia pri napustení nádrže a nasledujúceho zmenšenia šmykovej pevnosti ílu aktiváciou pórových tlakov pri rýchlom vypustení retenčného priestoru nádrže.

Druhú možnosť posúdenia stability poskytli výsledky laboratórnych skúšok reziduálnej šmykovej pevnosti.

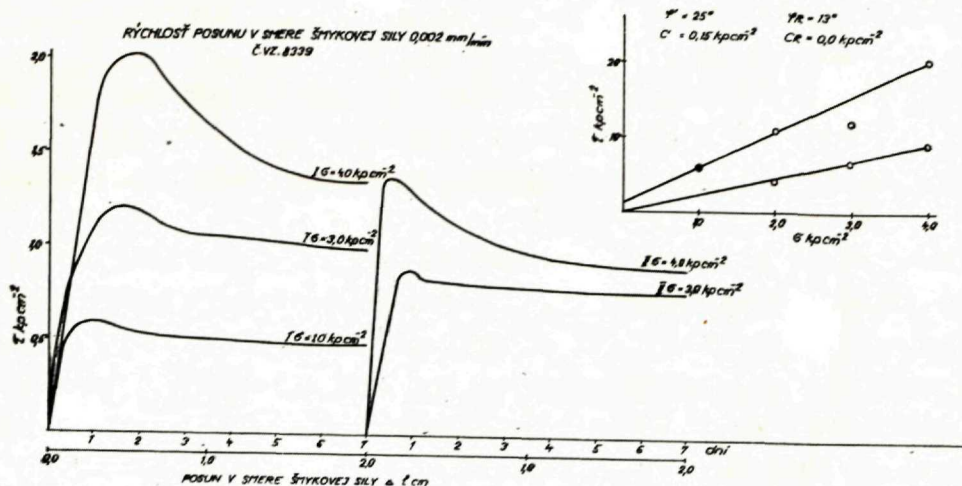
Pri posudzovaní stability svahov, kde šmykové zóny tvoria premiesené zvetrané ílovce, možno spravidla predpokladať, že pórové tlaky sa budú určovať len polohou hladiny podzemnej vody vzhľadom na potenciálnu šmykovú plochu. V týchto prípadoch s výhodou sa používajú riešenia v efektívnych napätiach. Efektívne hodnoty šmykovej pevnosti c' , φ' zisťovali sme pomalými šmykovými skúškami v škatulkovom prístroji. Pri šmykových skúškach odpor proti zošmyknutiu stúpal a za určitého tlaku dochádzalo k vyvrcholeniu odporu proti zošmyknutiu; čiže došlo k dosiahnutiu vrcholnej pevnosti. V skúške sme pokračovali ďalej, aby sme zistili pokles šmykovej pevnosti a zistili reziduálnu pevnosť.

Pri slabo prekonsolidovaných a normálne konsolidovaných ílovitých zemi-nách sú potrebné na dosiahnutie reziduálnej pevnosti veľké deformácie. Tak napríklad Tiedeman zistil, pri skúškach normálne konsolidovaných ílov v torz-nom prístroji, že na dosiahnutie reziduálnej pevnosti treba deformáciu 10 až 14 cm. Takúto veľkú deformáciu nemožno dosiahnuť pri štandardných labora-tórnych prístrojoch.

Pri škatulkovom šmykovom prístroji používali sme metodiku skúšok, ktorú používa Skempton. Pri tejto metóde sme po prvom zošmyknutí zeminy vrátili čelusť prístroja do pôvodnej polohy a skúšku sme opakovali znova. Tento postup sme opakovali tak dlho, kým sa znižovala pevnosť. Touto metodikou zisťovali sme reziduálnu pevnosť aj zo zosuvu Rečice (obr. 3a, 3b), a to pri rýchlostiach posunu škatulky šmykového prístroja 0,002 mm/min a 0,02 mm/min.



Obr. 3a. — Reziduálna pevnosť zo šmykovej zóny zo zosuvu Rečice.



Obr. 3b. — Reziduálna pevnosť zo šmykovej zóny zo zosuvu Řečice.

Na tabuľke 1 uvádzame charakteristiky premiesnených zvetraných ílovcov odobraných z prieskumných štôl zo šmykovej zóny zosuvu.

Tabuľka 1 — charakteristiky skúšaných zemín

Medza tekutosti	42
Medza plasticity	20
Index plasticity	22
Znak podľa jednotnej medzinárodnej klasifikácie	CL

Skúška je časove pomerne veľmi náročná a zdĺhavá. Väčšiu rýchlosť pri skúškach posunu škatulky šmykového prístroja nemohli sme pripustiť, pretože v opačnom prípade výsledky skúšok mohol by ovplyvniť tlak vody v póroch počas skúšky.

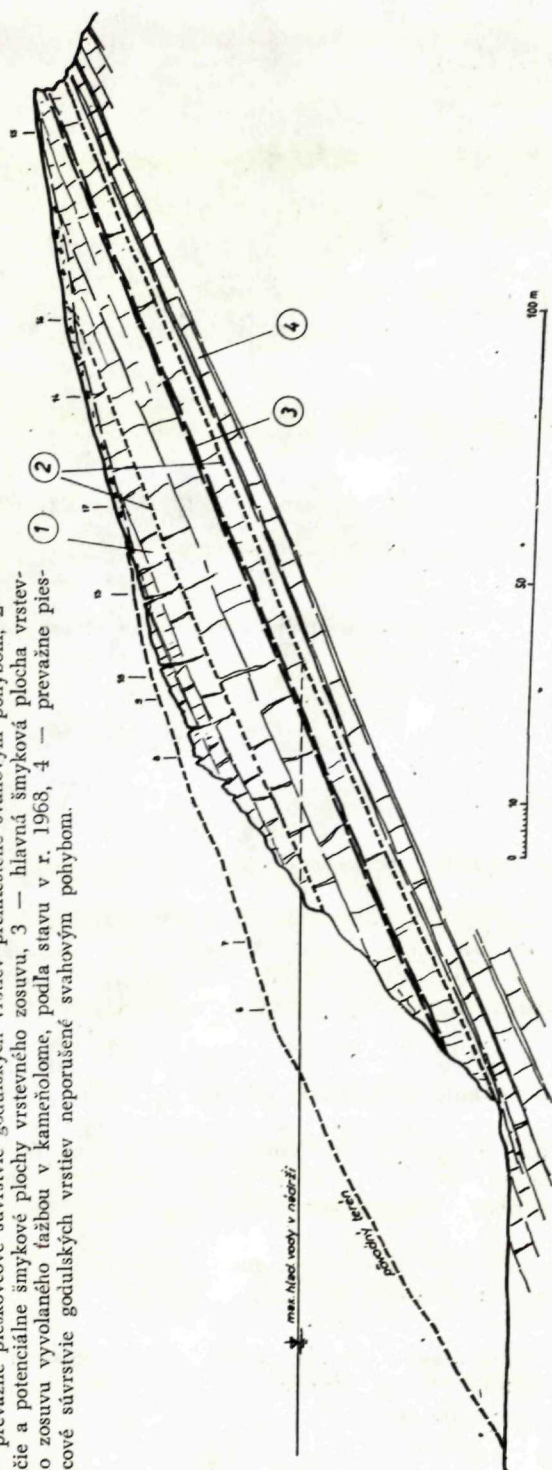
Výsledky na obr. 3a a 3b ukazujú, že reziduálna pevnosť je v podstate daná uhlom vnútorného trenia a jeho hodnota je nižšia ako sklon svahu resp. šmykovej plochy. Súčasnú stabilitu svahu teda nezaistuje šmyková pevnosť hornín či zemín na šmykovej ploche, ale akumulácia zosuvom premiestnených hornín zaplňajúca zvyšok starého údolia na päte svahu. Preto je pravdepodobné obnovenie pohybu po vzdutí vody v nádrži a zatopení päty svahu.

Vzhľadom na nákladnosť prípadnej sanácie zosuvu vytvorením oporného náspyu na dne údolia rozhodlo sa nezabezpečovať zosuv preto, že prípadné škody na obvodovej komunikácii budú len zlomkom nákladov potrebných na úplné zabezpečenie svahu.

Možnosť ohrozenia bezpečnosti hrádze pre náhly pohyb starého zosuvu sa overovala modelovými hydraulickými skúškami, ktorých výsledok bol v konštatovaní, že nehrozí nebezpečenstvo preliatia hrádze.

Obr. 5. — Geologický profil zosuvu nad stenou v kameňolome Šance.

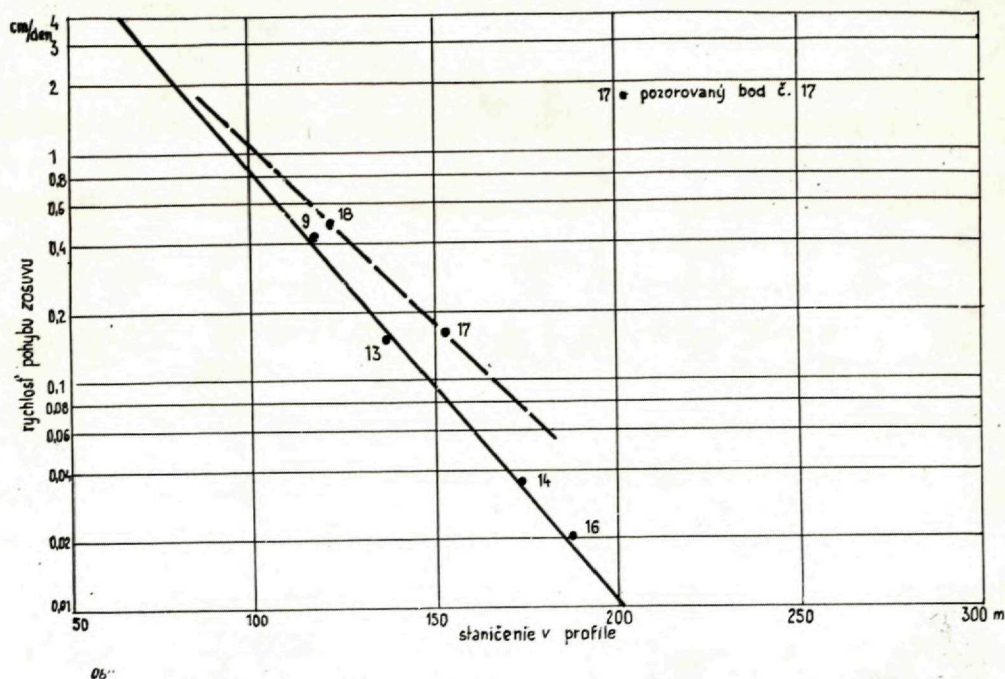
1 — prevažne pieskovcové súvrstvie godulských vrstiev premiestnené svahovým pohybom, 2 — dielčie a potenciálne šmykové plochy vrstevného zosuvu, 3 — hlavná šmyková plocha vrstevného zosuvu vyvolaného ťažbou v kameňolome, podľa stavu v r. 1963, 4 — prevažne pieskovcové súvrstvie godulských vrstiev neporušené svahovým pohybom.



Na skúmanom zosuve sa už v rámci prieskumných prác vybudovala kontrolná polygónová sieť pevných bodov, ktorých opakované merania umožnia overiť prípadné deformácie svahu pre vzdúvanie vody v priehradnej nádrži. Geodetické meranie sa dopĺňa hĺbkovým meraním v prieskumných šachticiach, vystrojených ako pozorovacie studne. Sledujú sa jednak relatívne pohyby studňových skruží pomocou dilatometrických skôb, jednak sú v studni inštalované stabilné geofóny na registráciu seizmoakustických impulzov, vznikajúcich pri zosúvaní.

Zosuv v kameňolome Šance

Kameňolom na ťažbu materiálov pre stabilizačnú časť rockfillovej hrádze priehrady Šance je založený v súvrství stredného oddielu godulských vrstiev, budovaných prevažne lavicovitými glaukonitickými pieskvcami s vložkami ílovcov, ílovitých bridlic a bridličnatých pieskovcov. Súvrstvie sa v záujmovom priestore kameňolomu a v časti svahu medzi kameňolomom a novovybudovanou cestou skláňa ako celok 18–25° smerom VJV, to znamená po svahu. Južná časť priestoru určeného na otvárk kameňolomu bola už prv porušená fosilným vrstevným ozsuvom. Po otvorení ťažby nastalo, po prvých komorových odstreloch, obnovenie pohybu starého zosuvu (fot. 1–2).



Obr. 6. — Graf závislosti rýchlosti zosúvania na vzdialenosti pozorovaného miesta od čelby zosuvu v kameňolome.

Pohyb zosuvu, obnovený pre ťažbu, sledoval sa geodeticky od 31. 6. 1966 do 23. 6. 1970 v rámci výskumnej úlohy, riešenej IGHP, n. p., Žilina. Hlavným cieľom sledovania zosuvného pohybu bolo získať základné poznatky o zákonitostiach pohybu recentného zosuvu v podobných geologických podmienkach, v akých vznikali popísané fosilné vrstevné zosuvy (NOVOSAD S. 1966). Najmä cenné sú údaje o rýchlostiach pohybu zosuvu a ich zmenách v závislosti od času a seizmických účinkov, ktoré tu predstavovali komorové odstrelly.

Vlastné geodetické sledovanie bolo v trigonometrickom zameriavaní siete kontrolných bodov, stabilizovaných v zosuvnom území a dopĺňanom postupne s rozvojom ťažby v kameňolome a rozvojom zosuvu. Výsledky meraní sú zo situácie zosuvu na obr. 4, kde sú vyznačené vektory horizontálnych zložiek pohybov jednotlivých bodov.

Súčasný stav zosuvu zachycuje charakteristický rez na obr. 5.

Výsledky geodetických meraní a pozorovania povrchu zosuvom porušeného svahu ukázali, že pri pokračujúcom pohybe sa zosuvom porušená časť horninového masívu rozdelila na jednotlivé kryhy, ktorých omedzenie zhruba zodpovedalo priebehu hlavných puklinových systémov. Jednotlivé kryhy sa pohybovali rozličnými rýchlosťami. Najrýchlejšie sa pohybovali kryhy v aktívnej časti fosilného zosuvu bližšie k zlomovej stene, teda tie, čo sa pri retrogresívnom charaktere šírenia zosuvného pohybu pohybovali najdlhšie. Rýchlosť ich pohybu dosahovala až 10 cm/deň. Neskoršie aktivizované kryhy starého zosuvu sa v za-



Foto 1. — Bočná stena v kameňolome Šance situovaná v smere pohybu starého zosuvu. Dobře viditeľná tmavšia zosúvajúca sa časť horninového masívu porušená už starým svahovým pohybom.

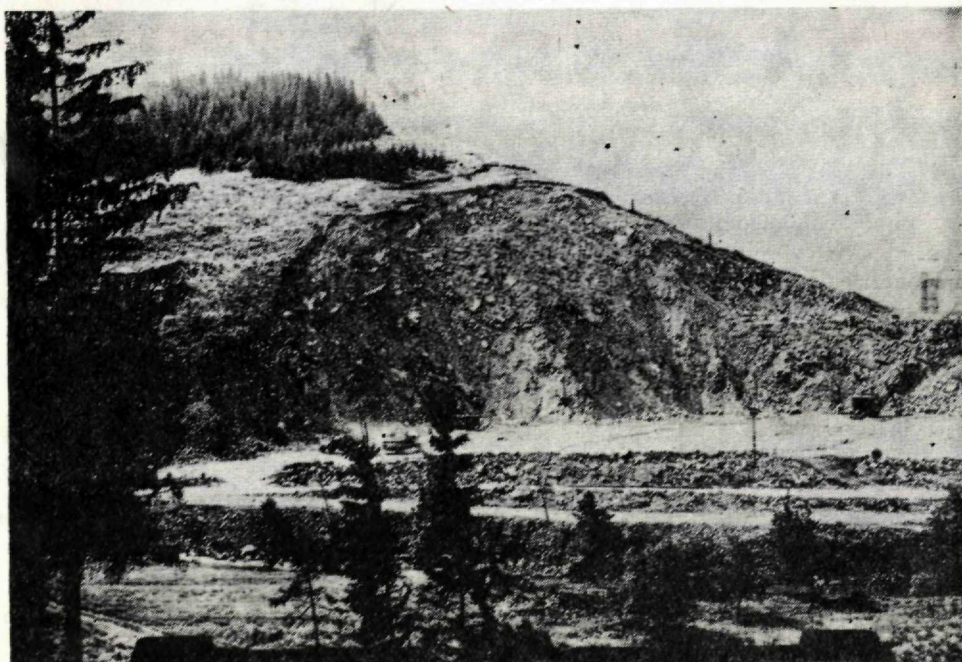


Foto 2. — Celkový pohľad na kameňolom Šance — júl 1967.

čiatočných štádiách pohybu zosúvali radove rýchlosťou v cm/deň. Ďalšie zmeny a rýchlosti ich pohybu nebolo možné sledovať, pretože horninový masív, porušený fosilným zosuvom, bol celý vyťažený.

S postupom ťažby, do častí dosiaľ svahovým pohybom neporušeného masívu, ale nachádzajúceho sa v podobných geologických pomeroch, došlo zákonite k rozšíreniu svahového pohybu a postupne sa dostala do pohybu celá časť súvrstvia stenou podrezaného kameňolomu. Rýchlosť pohybu tu však dosahovala radove nižšie hodnoty, ako vidieť z nasledujúcej tabuľky 2 a tak isto z grafu závislosti rýchlosti pohybu kontrolných bodov na vzdialenosti od lomovej steny (obr. 6), teda vlastne od času trvania pohybu. Táto závislosť je omedzená existenciou totožných okrajových podmienok v rozličných obdobiach merania, najmä seizmickým faktorom, vyvolaným komorovými odstrelnami, ktoré sa v podstate skončili r. 1968, čo sa prejavilo výrazným znížením rýchlosti pozorovaných bodov v ďalšom období a zrejme zastavením pohybu v poslednom období vôbec.

Tak isto pri zosuve v priestore kameňolomu hrozí nebezpečenstvo pokračovania, príp. obnovenia či urýchlenia pohybu pre zatopenie dolnej časti zosuvom porušeného svahu vzdutou vodou. Príčiny sú podobné, aké sa uvádzajú pri zosuve Rečice. Z priebehu šmykovej plochy však vyplýva, že časť horninového masívu, uvoľnená podrezaním stenou kameňolomu, svojím pohybom neohrozí novovybudované objekty. Bolo preto aj v tomto prípade, ako výsledok inž.-geologického prieskumu, rozhodnutie investora stavby nerealizovať sanáciu svahu, ale omedziť sa len sledovať vývin svahového pohybu, ktorého výsledky umožnia plynulú kontrolu správnosti záverov, z ktorých vychádzala prognóza konečného stavu a priebehu porušenia svahu.

V priebehu napúšťania prihradnej nádrže a v prvých rokoch jej prevádzky bude sa pokračovať v geodetickom sledovaní pohybu zosuvu meraním novovybudovanej siete kontrolných bodov zo stabilných stanovísk. Tak isto v tomto prípade sa geodetické sledovanie doplní pokusne inštalovaným zariadením a registráciou seizmoakustických impulzov, vyvolávaných zosúvajúcim sa horninovým masívom.

Geodetické sledovanie zosuvu v kameňolome Šance

Vzhľadom na presnosť výsledkov merania, na časový rozvrh sledovania a konfiguráciu terénu zvolili sme trigonometrickú metódu. Princíp trigonometrickej metódy tkvie v určovaní horizontálnych smerov alebo uhlov z troch stanovísk prístroja na kontrolné body, rozmiestnené po zosuvnom území.

Pri voľbe uhlomerného prístroja vychádzame z požiadavky na presnosť výsledkov merania, použitého druhu stabilizácie a signalizácie bodov. Kritérium presnosti výsledkov merania je stredná chyba priéčného posunu bodu „mq“ daná vzorcom $\pm s/\rho^{mov}$. Dosadením známych hodnôt do vzorca dostaneme, že horizontálne smery v jednotlivých etapách merania je potrebné určovať s presnosťou $\pm 10''$. Z toho vyplýva, že postačujúcim uhlomerným prístrojom bude sekundový teodolit Theo 010 a horizontálne uhly merané v dvoch skupinách. Pri určovaní horizontálnych smerov je potrebné spĺňať vzťahy pre priemerný maximálny rozdiel v uzávere každej skupiny a rozdiel v jednotlivých skupinách v meraných smeroch na ten istý bod.

Z výsledkov uskutočnených meraní uvádzame splnenie teoretických hodnôt v uzáveroch skupín do $18''$ — 88,4 % a do $36''$ — 11,6 % všetkých uzáverov. Priemerné rozdiely medzi smermi na ten istý bod sa rozložili takto: do

Tabuľka 2 — Výsledky geodetických meraní v kameňolome Šance.

Posun kontrolných bodov od zákl. merania v cm a ich priem. denný pohyb																												
Číslo bodu	31.V.66 — 27.VI.66			10.VIII.66			24.X.66			6.IV.67			6.IV.67 — 5.VI.67			3.VII.67			7.IX.67			4.VII.68			27.XI.68			
	Δ.S	dni	cm/dec	Δ.S	dni	cm/dec	Δ.S	dni	cm/dec	Δ.S	dni	cm/dec	Δ.S	dni	cm/dec	Δ.S	dni	cm/dec	Δ.S	dni	cm/dec	Δ.S	dni	cm/dec	Δ.S	dni	cm/dec	
1	0.0	27	0.0	odčatený																								
2	57.7	27	2.13	122.2	71	1.72	258.2	146	1.8	odčatený																		
3	136.5	27	5.1	274.5	71	3.88	odčatený																					
4	212.8	27	7.89	628.0	71	8.84	odčatený																					
5	224.8	27	8.34	odčatený																								
6	57.8	27	2.18	143.8	71	2.12	259.8	146	1.8	odčatený																		
7	33.2	27	1.28	78.0	71	1.11	137.4	146	0.94	odčatený																		
8	0.0	27	0.0	0.0	71	0.0	10.6	146	0.07	15.8	311	0.05	odčatený															
9	0.0	27	0.0	12.5	71	0.17	0.0	146	0.0	10.0	311	0.03	30.5	372	0.08	49.0	400	0.12	odčatený									
10	0.0	27	0.0	20.5	71	0.29	odčatený																					
11	29.4	27	1.09	98.4	71	1.42	odčatený																					
12	74.0	27	2.74	130.0	71	1.84	odčatený																					
13													0.0	61	0.0	0.0	89	0.0	0.0	155	0.0	12.8	44.0	0.03	35.2	586	0.06	
14													0.0	61	0.0	0.0	89	0.0	0.0	155	0.0	17.2	44.0	0.04	22.6	586	0.04	
15													0.0	61	0.0	0.0	89	0.0	0.0	155	0.0	zničený						
16													0.0	61	0.0	0.0	89	0.0	0.0	155	0.0	10.7	44.0	0.02	13.8	586	0.02	
17													0.0	61	0.0	0.0	89	0.0	0.0	155	0.0	9.8	44.0	0.02	34.0	586	0.06	
18										28.0	61	0.46	35.0	89	0.62	86.0	155	0.55	odčatený									

Základné meranie

12,7^{cc} — 77,2 % do 25,4^{cc} — 95,3 % a nad 25,4^{cc} — 4,7 %. Uvedené štatistické údaje sú v zhode s teóriou chýb.

Stabilizáciu bodov sme realizovali železnými kolíkmi, signalizáciu kruhovými terčami v dvojfarebnej kombinácii modrej a žltej farby v tvare kríža.

Horizontálne posuny kontrolných bodov sme určovali na základe uhlovej zmeny medzi meraním v základnej etape a kontrolnej etape merania. Pričný posun „q“ vypočítali sme zo vzorca $q = S/\rho\Delta d$ pre všetky kontrolné body z troch stanovísk prístroja. Grafické zisťovanie a znázornenie zmenenej polohy bodu vykonáme tým, že v priliehavej mierke vyznačíme vypočítané hodnoty priečných posunov. Vplyvom nevyhnutných chýb sa nám všetky smery nepretnú v jednom bode, ale vytvoria tzv. „trojuholník chýb“. Polohu bodu stotožňujeme so stredom vpísanej kružnice do trojuholníka. Diagram vykreslíme v takej mierke, aby sme posun bodu mohli spätne odmerať s dostatočnou presnosťou. Veľkosť a smer posunov vyjadrujú spojnice identických bodov v jednotlivých etapách merania. Podľa ich veľkosti a smeru usudzujeme na rýchlosť a smer deformácie územia v jednotlivých časových obdobiach. Bodové vyznačenie polohových zmien je na obr. 4. V tab. 2 sú vyznačené pohyby jednotlivých bodov k začiatku merania a priemerné denné pohyby.

Záver

Popísané výsledky skúmania fosílného i recentného porušenia svahov svahovými pohybmi konzekventného charakteru — vrstevnými zosuvmi umožňujú vyvodiť niektoré poznatky platné všeobecne pre oblasť flyša, budovanú godulskými vrstvami.

Predovšetkým sú to výsledky zatiaľ ojedinelých skúšok reziduálnej šmykovej pevnosti ílovitých zemín zo šmykovej zóny zosuvu Rečice. Výsledné hodnoty reziduálnej šmykovej pevnosti, charakterizované hodnotami $c' = 0,0 \text{ kpcm}^{-2}$, $\varphi' = 12^\circ - 13^\circ$, ktoré podľa Skemptonových skúseností možno zhruba aplikovať na všetky mineralogicky podobné íly, teda istotne i ílovcové vložky godulských vrstiev, znamenajú, že všetky svahy v horských oblastiach budovaných týmito vrstvami, kde úklon vrstiev smerom po svahu je menší alebo sa rovná sklonu svahu, a pritom väčší než 13° podmieňujú z hľadiska dlhodobého posudzovania vznik zosuvného svahového pohybu postupným progresívnym porušením v potenciálnej šmykovej zóne.

Nie menej významné sú aj výsledky meraní recentného zosuvného pohybu, vyvolaného ťažbou v kameňolome Šance, najmä zistenie, že dochádza k urýchľovaniu pohybu v závislosti od času jeho trvania a súčasne, že pohyb v tomto prípade bol zrejme významne ovplyvnený účinkami komorových odstrelov. Žiaľ, k bližšiemu objasneniu týchto závislostí chýbajú zatiaľ potrebné dlhobehšie pozorovania a najmä pozorovania, pri ktorých by bolo možné vylúčiť vplyv ostatných faktorov. Cenné sú však aj zistenia absolutných rýchlostí pohybu zosuvu, ktoré umožnili analogicky predpovedať aj pravdepodobné rýchlosti zosuvania horných častí starých zosuvov po ich obnovení pre zatopenie ich spodných (stabilizačných častí) vodou vzdutou v nádrži priehrady Šance.

Doručené: 13. 9. 1970
Lektoroval: Ing. M. Ingr, IGHP Žilina

Inžiniersko-geologický a hydrogeologický prieskum,
n. p., Žilina

LITERATÚRA:

- BŮŽKOVÁ H., MÜLLER K., NOVOSAD S. (1969): K metodice průzkumu skalních vrstevních sesuvů v Moravskoslezských Beskydech. — Geolog. průzk., XI. 2. 43—46, Praha.
- MENCL V. (1963): Podíl soudržnosti a tření v pevnosti hornin. — Sb. Metodika inž.-geol. výzkumu pevných hornin. NČSAV Praha.
- MENCL V. (1965): Vývoj modelování pro účely mechaniky hornin při úkolech tunelování. — Výzkumná zpráva VUT Brno.
- MENCL V. (1966): Mechanika zemín a skalních hornin. — NČSAV Praha.
- NOVOSAD S. (1966): Porušení svahů v godulských vrstvách Moravsko-slezských Beskyd. — Sb. geol. věd. ř. HIG, sv. 5, 71—86, NČSAV Praha.
- ROCHA M. (1955): Conditions de similitude dans l'étude sur des modèles de problèmes de mécanique du sol. — Ann. Inst. Tech. Bat. Trav. Publ., Fév.
- ZÁRUBA Q. (1956): Deformace hornin vzniklé vytlačováním podloží. — Rozpravy ČSAV, ř. mat. a přír. věd., roč. 66, seš. 15, Praha.
- ZÁRUBA Q., MENCL V. (1969): Sesuvy a zabezpečování svahů. Academia Praha.

РЕЗЮМЕ

Инженерно-геологические исследования слоистых оползней в затопленном районе плотины Шанце.

Й. ФЕКЕЧ, П. МАГУТ, СТ. НОВОСАД.

В связи с подробным инженерно-геологическим исследованием окрестностей плотины Шанце на реке Остравица детально изучалась и проблематика нарушения откоса древними и новейшими подвижками. Более подробно исследовался южный откос Чупела в долине Ржечице и левый склон долины реки Остравица в местах новооткрытого карьера, материал которого предназначен для рокфиболой части насыпи.

В результате изучения этой проблематики был сделан вывод о движении и деформации рельефа в виде слоистых оползней. Это заключение позволяет сделать некоторые общие выводы для района флиша, сложенного гомольскими слоями. Например, результаты изучения остаточной прочности илов можно применить ко всем прослойкам ила гомольских слоев аналогичного минерального сложения. Не менее важными являются результаты изучения молодых оползней, связанных с разработкой карьера Шанце, особенно тот факт, что скопление прямопропорционально от длительности добычи и интенсивности взрывов.