

priehyb nádrže. Vzdialenosť pilierov v rastri 2,0 x 2,0 m pod stredom základu a 3,0 x 3,0 m pod okrajom základu sa ukázala ako postačujúca. Prepočtom sa preukázala potreba zmeny predbežne stanovenej osovej vzdialenosti nádrží. Pre bezpečnú prevádzku oboch nádrží bude potrebná minimálne 30 m osová vzdialenosť medzi nimi.

Príspevok je jedným z výstupov grantovej úlohy VEGA č. 1/0619/09 „Zohľadnenie rizik pri navrhovaní geotechnických konštrukcií“.

LITERATÚRA

1. Potičný, J.; Tulčík – Hnojnicové nádrže. Záverečná sprava geologického prieskumu. Geoprieskum, Prešov, 12/2007. – 17 s.
2. Turček, P. – Súľovská, M.: Založenie hnojnicových nádrží pre PD Sekčov v Tulčíku. T-G, Bratislava, 4/2008. – 14 s.
3. Turček, P. – Slávik, I.: Zakladanie stavieb. SvF STU Bratislava, 2002, ISBN 80-227-1699-5. – 281 s.

PRÍPRAVA VÝSTAVBY NA NESTABILNOM ÚZEMÍ

Peter Turček, Monika Súľovská, Roman Ravinger

Abstract:

Preparing of building construction in nonstabil site. A 35 years ago were in Košice realised spread maintenance works befor construction. This area was fulfilled by landslides. Now is this area again in the centre of interest for preparing of new attractiv buildings. The paper deals with analysing of the slope stability in actually conditions, after construction and necessary interventions into natural slope before starting the construction works.

1. ÚVOD. V priestore južného svahu vo východnej časti mesta Košice sa na rozlohe 31000 m² pripravuje nová stavebná činnosť. V starších prieskumných prácach bolo územie hodnotené ako nevhodné pre výstavbu bez sanačných opatrení. V širšom záujmovom území boli pred 35 rokmi realizované rozsiahle preventívne sanačné opatrenia a následne sa tu postavilo obytné sídlisko. Príspevok sa venuje analýze stability svahu v súčasných podmienkach a potrebe doplnenia sanácie novými zákrokmi so zohľadnením navrhovanej výstavby.

2. GEOLOGICKÉ POMERY LOKALITY. Skúmaný svah je tvorený sedimentmi tzv. Košickej štrkovej formácie, ktoré majú prevažne štrkovitý vývoj (obr. 1). V hornej a dolnej časti svahu sú prekryté deluviálnymi sedimentmi, zastúpenými ílovitými až ílovito-piesčitými hlinami, dosahujúcimi hrúbku až 14 m. V štrkoch sa nepravidelne vyskytuje (prevažne v podobe šošoviek) šedohnedý a šedý íl, miestami s piesčitou prímiesou a obsahom ojedinelých valúnov štrku. Hrúbka kvarteru je najväčšia v dôsledku povrchovej plošnej erózie v najvyššej časti územia. Podzemná voda sa viaže na polohy štrkov a pieskov, má zväčša napätý charakter. Modelovanie terajšieho reliéfu je výsledkom poklesovej tektoniky, eróznej činnosti toku Homádu a povrchovej plošnej erózie. Povrch terénu je rozčlenený početnými eróznymi ryhami rôznej dĺžky a hĺbky. Strmé okrajové svahy eróznych ryh sú poznačené svahovými deformáciami typu zosúvania a plazenia. Významný podiel na modelovaní skúmaného územia má potôčik tečúci údolím, ktorý bol zachytený a zaustený do kanalizácie.

Celé územie tvorí akumuláciu časť blokového zosuvu (obr. 2), v jej hornej časti je formovaná odlučná oblasť. Zosuvy sú plošne nepravidelné, zväčša rozsiahle, s rôznou 232

hĺbkou šmykovej plochy. Podľa zistení Nemčoka (1978) bola hrúbka zosuvov v širšej lokalite 3 až 7 m, ich plošné rozmery neboli obvykle veľké. Pri porovnávaní prieskumných elaborátov z rôzneho obdobia je možné pozorovať postupné spresňovanie názorov na celý masív, ale aj konkrétne vlastnosti zemin podložia.



Obr. 1 – Geologická mapa okolia mesta Košice s vyznačením záujmového územia

Jemnozsmné zeminu sú podľa Högera (1998) zaradené do triedy F6 tuhej až pevnej konzistencie. Štrky boli zatriedené ako G5. Prieskum Tometza (2007) sa v zásade zhoduje s Högerom. O niečo podrobnejšie je definovaný priebeh hladiny podzemnej vody.



Obr. 2 – Geologická mapa záujmového územia s vyznačením zosuvov a sanačných opatrení

Vo vrchnej časti územia je neogénne súvrstvie prevažne suché a podzemná voda je viazaná až na rozhranie štrkovitej a pelitickej fácie (ily strednej plasticity) a na tektonické poruchy. Vyskytuje sa tu viacero nepravidelných zvodní s napätou hladinou podzemnej vody, ktorej množstvo závisí od atmosferických zrážok. Poloha HPV sa nachádza zvyčajne v rozmedzí 4 až 10 m pod terénom. Odporúčané vlastnosti týchto zemín sú súhrnne uvedené v tab.1.

Tabuľka 1 – Vlastnosti zemín podľa prieskumu Högera

zemina	trieda	γ (kN/m ³)	φ_u (°)	c_u (kPa)	φ_{ef} (°)	c_{ef} (kPa)	E_{def} (MPa)	β
íl tuhý	F 6	21,0	0	50	18	12	5	0,47
íl pevný	F 6	21,0	0	80	19	15	7	0,47
štrk ílovitý	G 5	19,5	-	-	28	5	50	0,74

Geologický prieskum v 70-tych rokoch 20. storočia realizovaný rozsiahlymi terénnymi a laboratórnymi skúškami bol na danú dobu vysoko nadštandardný. V roku 1977 boli prof. Menclom uskutočnené šmykové skúšky v krabicových a triaxiálnych prístrojoch na vzorkách zemín z vrto, citované neskôr Högerom. V priestore terajšieho záujmového územia boli v minulosti zostrojené dva geologické prieskumné profily. Ílovité zeminy boli z tohto priestoru dôkladne testované v roku 1978 (pozri tab. 2).

Tabuľka 2 – Šmyková pevnosť neogénnych hĺin a ílov

profil	triaxiálna skúška		kužeľ. penetr. sk.		čel'ust'ová skúška			
	φ_u (°)	c_u (kPa)	φ_u (°)	c_u (kPa)	φ_{ef} (°)	c_{ef} (kPa)	φ_{ef}^{ef} (°)	c_{ef}^{ef} (kPa)
A	7°30'	10	0	94	12°30'	17,5	11°40'	0
B	5°30'	71	0	71	21°	10	8 – 13°	0

3. STABILITA SVAHOV

3.1 Staršie poznatky. Mencl (1978) publikoval výsledky riešenia stability svahu pre vybraný profil v Košiciach. V riešenej úlohe vykazoval svah vysoký 16 m so sklonom 18°23' stupeň stability $F_s = 1,54$. Po zavedení podzemnej vody do podlažia klesol stupeň stability na $F_s = 0,98$. Ako veľmi vhodné sa ukázalo pri ponechaní hladiny podzemnej vody opatrenie spočívajúce v zhotovení štrkového prísypu vysokého 6 m (jeho hrúbka nebola v príspevku jednoznačne definovaná, ale dala sa odhadnúť na 1,5 m), kedy sa upravil stupeň stability na $F_s = 1,46$.

Súčasťou orientačného prieskumu Högera v roku 1998 bol tiež výpočet stability svahu vo dvoch profiloch (už spomínaných profiloch A a B). Poloha a tvar šmykovej plochy vyplývali zo starších aj aktuálnych prieskumných prác, ako aj z morfológie terénu. Do týchto výpočtov boli použité tieto charakteristiky zemín: pre neogénne íly $\gamma = 20,1$ kN/m³, $\varphi_{ef} = 9$ až 15°, súdržnosť $c_r = 10$ kPa. Hladina podzemnej vody nebola pri prieskume zistená. Napriek tomu bol stupeň stability rátný aj pre úplne nasýtený svah. Z výpočtov vyšiel pre najnižšie šmykové parametre ($\varphi = 9^\circ$ a $c = 10$ kPa) stupeň stability $F_s = 1,254$, čo potvrdzuje skutočnosť, že svah je v prírodných podmienkach stabilný, aj keď nie v želannej úrovni.

Podobne sa venoval Hricko a kol. (1999) stabilite východných svahov terasy Hornádu. Do modelovania boli použité ako vstupy reziduálne hodnoty šmykovej pevnosti $\varphi_{ef} = 9 - 20^\circ$, $c_{ef} = 0$ kPa. Vo výpočtoch sa uvažovalo so svahom bez vody, s plne nasýteným svahom a napokon so zvýšenou hladinou podzemnej vody. Výsledky z profilu A-A' boli: pre $\varphi_{ef} = 14^\circ$ v podmienkach suchého svahu $F_s > 1,47$; pre svah s hladinou podzemnej vody 1,0 m nad šmykovou plochou stále vychádzala stabilita $F_s > 1,40$, iba plne nasýtený svah vykazoval porušenie. Podobne v profile B-B' vychádzali výsledky stability pre $\varphi_{ef} = 9^\circ$ v podmienkach suchého svahu $F_s > 1,59$ a až pri plne nasýtenom svahu sa ukázal svah nestabilný.

Pri porovnávaní rôzne starých podkladov sa jednoznačne ukázalo, že po zhotovení horizontálnych odvodňovacích vrtov v 70-tych rokoch postupne klesala hladina podzemnej vody, s čím následne súviselo zvyšovanie šmykovej pevnosti zemín. Z tohto poznatku potom bolo možné pristúpiť k aktuálnemu riešeniu s vyššími parametrami šmykovej pevnosti zemín pri preberaní starších podkladov, resp. nepovažovať laboratórne zistenia spred 8 až 10-tich rokov za nadsadené.

3.2 Zostavenie výpočtových modelov. Pre posúdenie stability svahov bolo cez záujmové územia v smere spádnice zostrojených 5 profilov. Volené boli tak, aby na jednej strane čo najvernejšie reprezentovali reliéf, na druhej strane zachytili plánované rozmiestnenie pripravovanej výstavby. Výpočtový model sa skladal zo zadania tvaru terénu, geologických vrstiev, vlastností zemín, polohy hladiny podzemnej vody a povrchového zaťaženia budovami. Tvar terénu bol prevzatý z mapového podkladu v merítke 1:500, do ktorého sa umiestnili prieskumné vrty.

Pri zostavovaní profilov sa vyskytli problémy s interpretáciou prieskumov rôzneho veku, ktoré sa týkali najmä štrkových polôh. Tieto boli v niektorých prípadoch hodnotené ako piesčité, dokonca pri vyššom podiele jemnozrnnej frakcie boli z opatrnosti zatriedené medzi ílovité zeminy. Poloha šmykovej plochy, ktorá sa opakovane objavovala vo viacerých archívnych elaborátoch, bola považovaná v automaticky generovanom stabilítom výpočte za východiskovú. Významným usmernením pri vytváraní vrstiev a rešpektovaní geologickej vývoja boli práce z konca 70-tych rokov (predovšetkým prof. Mencla). Napokon sa s akceptovaním vyššie citovaných podkladov definovali parametre šmykovej pevnosti zemín: ílovité polohy (zatriedené do F6 až miestami F8): $\varphi = 16^\circ$, $c = 12 \text{ kPa}$, $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$; štrkové polohy (prevažne G3): $\varphi = 28^\circ$, $c = 1 \text{ kPa}$, $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$. Dôvodom výberu uvedených vstupných hodnôt bolo overenie stability prirodzeného svahu kontrolným výpočtom, ktorý vzhľadom na reálnu situáciu vo vybratom mieste vykázal nespochybniteľne stabilný stav. V prípade štrkovitých zemín sa prihliadlo na malý vplyv súdržnosti. Možnosť aplikovania reziduálnych parametrov šmykovej pevnosti bola tiež overovaná. Všetky výpočtové profily vykazovali pri použití reziduálnej šmykovej pevnosti porušenie ($F_s < 1,0$), čo nekorešpondovalo s reálnou skutočnosťou. Napokon aj údaje prof. Mencly z roku 1977 ponúkali v skupine efektívnych parametrov šmykovej pevnosti vysoké hodnoty. Poslednou skupinou vstupných údajov boli totálne parametre, ktoré sa zvyknú uplatňovať v situácii náhle zmeny stavu napätosti. Podľa nášho názoru vykazovali neprimerane vysoké súdržnosti. Preto nebolo s nimi v ďalších výpočtoch uvažované.

Poloha hladiny podzemnej vody bola modelovaná podľa zistenia v prieskumných vrtoch. Znamená to, že prakticky vo všetkých profiloch bola hladina hlboko pod modelovanými šmykovými plochami, prip. voda sa v profile nevyskytovala vôbec. Napriek tomu sa do matematického modelovania zadávala v ďalších výpočtových krokoch hladina podzemnej vody umelou simuláciou. Účelom týchto variantných riešení bolo zistiť, akou mierou sa prítomnosť zvolenej hladiny vody negatívne prejaví na stabilite svahu.

Napokon poslednou skupinou vstupov bolo povrchové zaťaženie novou výstavbou. Účinok pritaženia terénu navrhovanými objektmi rovnomerným zaťažením bolo s rešpektovaním plánovanej podlažnosti a označením podľa podkladov zohľadnené takto:

- objekt A (polyfunkčný objekt pri päte svahu) – 30 kPa;
- objekt B (terasové domy v severnej dolnej časti svahu) – 30 kPa;
- objekt C (terasové domy v západnej dolnej časti svahu) – 40 kPa;
- objekt D + E (samostatne stojace dvojpodlažné rodinné domy v strednej časti) – 20 kPa;
- objekt F (samostatne stojace dvojpodlažné vilky v hornej časti svahu) – 20 kPa.

3.3 Výsledky stabilitných výpočtov. Vo všetkých prípadoch bola modelovaná šmyková plocha kruhová (s riešením podľa Pettersona a Bishops – vernejšie modelujúca vnútorné sily v zemnom masíve) a polygonálna (riešenie podľa Sarmu). V úlohách, kde sa vyskytuje heterogénne podložie, sa s úspechom využívajú metódy, ktoré majú zložené šmykové plochy. Pokiaľ ale zasahuje šmyková plocha do relatívne homogénneho prostredia, príp. do zemin s malými odchýlkami v hodnotách šmykovej pevnosti, považuje sa za vhodnú kruhová šmyková plocha. V našich riešeniach prevláda kruhová šmyková plocha pri posudzovaní lokálnej stability svahu (jedná sa najmä o najstrmšie miesta), kým pri posudzovaní celkovej stability svahu na dlhej šmykovej ploche dominovala polygonálna šmyková plocha.

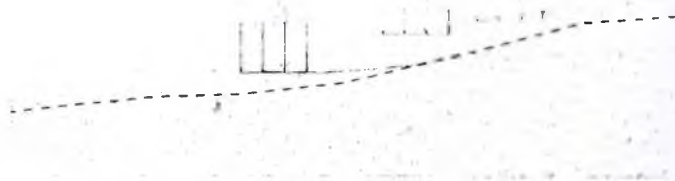
V ďalšom nebudú detailne opisované ani výpočtové profily, ani metódy stanovenia výsledného stupňa stability. Pre všetky realizované výpočty bol použitý program GEO 5 firmy FINE. V tab. 3 zverejňujeme iba časť konečných výsledkov v rôznych zaťažovacích stavoch tak, aby bolo možné porovnať vplyv okrajových podmienok a vyvodit' z nich smerovanie pre odporúčania. Modelovanie hladiny podzemnej vody vo všetkých profiloch 4 a 2 m pod terénom malo simulovať situáciu, ktorá by nastala v prípade úplného zlyhania odvodňovacieho systému.

Tabuľka 3 – Výsledky stabilitných výpočtov

profil	súčasný stav		HPV – 4,0 m		HPV – 2,0 m		po výstavbe	
	Bishop	Sarma	Bishop	Sarma	Bishop	Sarma	Bishop	Sarma
PF 1	1,39	1,56	1,34	1,54	1,25	1,47	-	-
PF 2	1,29	1,88	1,14	1,72	1,07	1,44	2,04	1,72
PF 3	1,91	2,32	1,84	2,23	1,75	2,12	2,15	2,37
PF 4	1,97	2,68	1,92	2,42	1,87	2,20	1,95	2,75

Profil PF 1 bol zvolený tesne vedľa pripravovanej výstavby, kde tvar terénu signalizoval prípadné ťažkosti. Ukázalo sa, že v prípade zlyhania drenážnych prvkov by sa mohla stabilita svahu vážnejšie zhoršiť. Preto bolo odporúčané v priestore päty svahu zhotoviť štrkové rebrá, ktorých úlohou bude zachytenie podzemnej vody v prípade zvýšenia hladiny a zároveň zvýšenie stupňa stability. Navrhnuté boli rebrá šírky 0,6 až 1,0 m, hlboké 2,5 m (v smere kolmom k svahu), vzdialené medzi sebou osovo 4,0 m, umiestnené do svahu na výšku 8 m so vzájomným prepojením v hornej časti, aby prípadné vniknutie povrchovej vody alebo presakovanie podzemnej vody bolo zachytené a spoľahlivo odvedené k päte svahu.

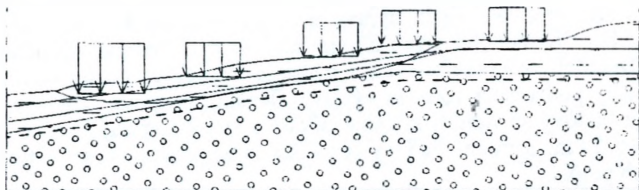
V profile PF 2 sa ukázalo, že spodný rad budov pozitívne vplyva na stabilitu svahu (pozri tab. 3 a obr. 3). Pozornosť sa tu tiež venovala hĺbeniu stavebných jám pre spodný rad objektov. Výkopom stavebnej jamy nastáva odľahčenie päty svahu, ktorý sa v prípade opomenutia stabilizujúcich zákrokov stáva lokálne nestabilným ($F_s = 0,74$ podľa Bishops). Preto bolo odporúčané zhotoviť pred vykoppmi kotvenú pilótoú stenu.



Obr. 3 – Kruhová šmyková plocha v PF 2 po prit'ažení výstavbou

Na ilustráciu je na obr. 4 znázornená situácia v PF 4 po dokončení výstavby. Pri zachovaní rovnakých okrajových podmienok ako v predchádzajúcich profiloch aj tu

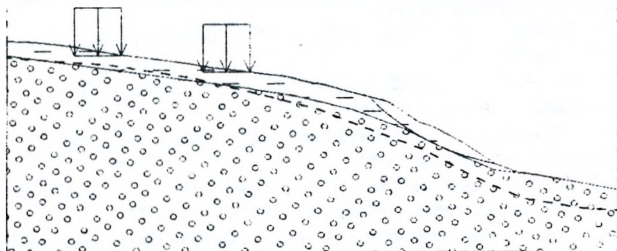
nebol prieskumom zistený výskyt podzemnej vody. Úroveň šmykovej plochy odhadli prieskumné práce na hĺbku medzi 2,7 až 4,0 m (v hornej časti profilu), v strednej a spodnej časti 7,2 až 8,0 m.



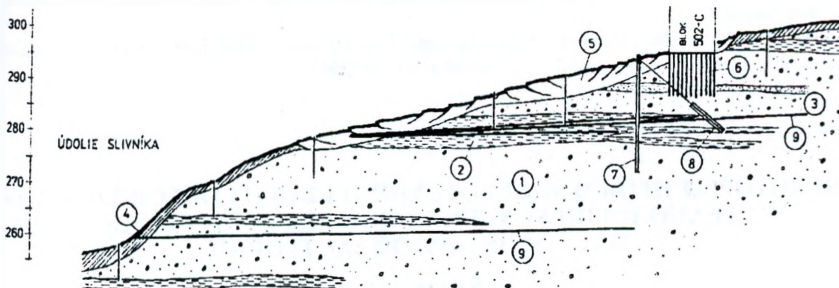
Obr. 4 – Polygonálna šmyková plocha v PF 4 po priatžení výstavbou

Tieto okrajové podmienky boli rešpektované pri zadávaní polohy pred-okladanej šmykovej plochy. Z výpočtov vyplynulo, že podobne ako v predchádzajúcich prípadoch bude mať výstavba priaznivý vplyv na stabilitu svahu.

Na želanie investora bol zostavený napokon profil PF 5. Situovaný je na západnom okraji stavebnej parcely. Jeho horná časť má relatívne mierny sklon svahu, ale za hranicou pozemku je výrazne strmší. V pomerne malej vzdialenosti od profilu sú aktívne vodorovné odvodňovacie vrty. Preto bolo potrebné preveriť negatívne vplyvy pripravovanej výstavby na susedné priestory. Svah v pôvodnom stave aj po výstavbe sa ukázal ako nestabilný: $F_s = 0,98$ podľa Pettersona, $F_s = 0,99$ podľa Bishops a $F_s = 0,97$ podľa Sarmu. Všetky šmykové plochy sa vygenerovali v najstrmšom úseku svahu, ktorý je mimo stavebnú parcelu (pozri obr. 5).



Obr. 5 – Kruhovú šmykovú plochu v PF 5 generovanú počítačom



Obr. 6 – Rez potenciálnym zosuvom s realizovanými opatreniami
 1 – štrk, 2 – íl, 3 – piesčité štrk, 4 – svahové hliny, 5 – zosuv, 6 – založenie budovy na pilótach,
 7 – predsadená pilótová stena, 8 – kotva, 9 – subhorizontálny odvodňovací vrt

Вýsledок matematického modelovania bol konfrontovaný so skutočnosťou. Zistené boli prejavy plazivého pohybu svahu v blízkosti päty. Preto nebolo odporúčané týmto smerom rozvíjať výstavbu.

Na obr. 6 je ukážka stabilizácie zosuvného svahu pred 35 rokmi. Pred začiatkom výstavby sa ešte pred terénnymi úpravami územie odvodnilo v rôznych výškových úrovniach subhorizontálnymi vrtmi dlhými až 100 m. Účinnosť odvodnenia (pokles hladiny podzemnej vody) sa sledovalo v hydrogeologických pozorovacích vrtoch. Po znížení hladiny podzemnej vody sa výrazne zlepšili parametre odvodnených zemín. Pred obytné budovy sa osadili kotvené pilótové steny z vŕtaných pilót Ø 900 mm, dlhé viac ako 20 m. Samotné budovy sa zakladali na pilótach Ø 400 mm votknutých do štrkových polôh.

4. ZÁVER. Úmysel zastavať doteraz nevyužitý priestor na potenciálne zosuvnom území v Košiciach vytvoril náročnú geotechnickú úlohu. Pri jej riešení sa nevychádzalo iba zo zadaných podkladov, ale preštudoval sa celý rad archívnych materiálov, ktoré významne pomohli pri matematickom modelovaní. Výsledky riešenia ukázali, že na vytypovanom území bude možné realizovať výstavbu. Stanovený bol rozsah preventívnych sanačných opatrení a zásady pre zakladanie objektov, ktoré musia byť v dôslednej súčinnosti. Na potvrdenie spoľahlivosti riešenia bolo odporúčané monitorovanie záujmového územia.

Príspevok je jedným z výstupov grantovej úlohy VEGA č. 1/0619/09 „Zohľadnenie rizík pri navrhovaní geotechnických konštrukcií“.

LITERATÚRA

1. Fussgänger, E. – Smolka, J. – Durčanský: Košice – Furča (IV. a V. okrskov). Meranie reziduálnych napätí. IGHP, Žilina, 10/1975.
2. Höger, A.: Košice – Dargovských hrdinov V/1 – posúdenie stability svahov. Podrobný prieskum. IGHP, Košice, 08/1978.
3. Hricko, J. a kol.: Košice – abiotická zložka životného prostredia. Východné svahy Hornádu – stabilita svahov. Geokonzult, Košice, 04/1999.
4. Nemčok, A.: Košické sídliská za Hornádom a svahové poruchy. In: Zakladanie 78. ČSVTS, Vysoké Tatry – Štrbské Pleso, 1978, s. 73–81.
5. Mencl, V.: Statické otázky a řešení při zakládání sídlišť na skloněných územích. In: Zakladanie 78. ČSVTS, Vysoké Tatry – Štrbské Pleso, 1978. – S. 67–72.
6. Höger, A.: Košice – OS Stará Sečovská cesta. Záverečná správa orientačného prieskumu. Geokonzult, a.s. Košice, 09/1998.
7. Tometz, L.: Košice – Sečovská, podrobný inžinierskogeologický prieskum. INHYGEO, Košice, 03/2007.
8. Tóth, M.: Košice: Na hore – Sečovská cesta. Polohopisné a výškopisné zameranie pozemkov p.č. 552/3, 555/1 – 555/18, 1665/1 – 1665/3, M 1:500, 03/2007.

УДК 721.011.5

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ МАССОВОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ

Кулак А.А.

Введение. В Республике Беларусь последние десятилетия все большую актуальность приобретают проблемы реконструкции микрорайонов массовой жи-