

Получена: 15.09.2017 г.

Приета: 22.12.2017 г.

ГЕОДИНАМИЧНИ УСЛОВИЯ НА СВЛАЧИЩЕТО НА ПЪТЯ ЗА ХЪЛМА ТРАПЕЗИЦА, ГРАД ВЕЛИКО ТЪРНОВО

А. Лаков¹, Ст. Стойнев²

Ключови думи: свлачище, устойчивост, геодинамични условия

РЕЗЮМЕ

Геоморфологията и геоложкият строеж на долината на река Янтра, северно от Велико Търново, създават благоприятни условия за възникване на свлачищни процеси. Най-често те са привързани към разпространението на мергелите от Горнооряховската свита. Свлачището на пътя за хълма Трапезица е едно от най-големите в района. Старият свлачищен циркус е с площ около 30 da. Съвременното свличане е развито в тялото на стария свлачищен циркус. В статията е направен анализ на съвременното геодинамично състояние на свлачището, механизма и динамиката на развитие на свлачищните процеси. Въз основа на резултатите от стабилитетните изчисления са направени препоръки за укрепване и са оразмерени противосвлачищните съоръжения.

1. Въведение

Районът на град Велико Търново е засегнат от множество свлачищни процеси. Те засягат както инженерната инфраструктура, така и сгради и съоръжения. С най-значимо въздействие са съвременните свлачища. Най-често те са формирани в зоната на старите свлачищни циркуси. Районът на долината на река Янтра, северно от града, е един от най-силно засегнатите от свлачищни процеси. В тази зона са развити два стари свлачищни циркуса – свлачищен циркус „Арбанаси“ и свлачищен циркус „Трапезица“. Само през последните десет години в района се активизираха 6 съвременни свличания, които за-

¹ Антонио Вутов Лаков, инж., МГУ „Св. Иван Рилски“, София, e-mail: tony_lakov@abv.bg

² Стефчо Боянов Стойнев, доц. д-р, МГУ „Св. Иван Рилски“, София, e-mail: stoynev@mail.bg

сегнаха отделни части от зоните на старите свлачища и предизвикаха деформации на пътната инфраструктура и жилищни сгради от кв. „Асенова махала“.

Свлачището по пътя за хълма Трапезица е развито в югоизточната част на древния свлачищен циркус (фиг. 1). Свлачищните процеси са деформирали силно пътното платно, разрушили са ВиК мрежата и подпорна стена в зоната на пътното платно. Свлачищните процеси са активни, като тяхното по-нататъшно развитие ще засегне и сградния фонд, намиращ се южно от пътното платно.

2. Геоморфоложка характеристика и геоложки строеж

Свлачищният циркус „Трапезица“ е разположен в средната част на десния долинен склон на р. Янтра. В най горната част на склона е оформен скален венец от варовиците на Еменската свита. Средната и долната част на склона е със стъпаловиден строеж, предопределен от стъпаловидното залегане и ерозионно развитие на скалната подложка от Българенската и Горнооряховската свити. Съвременната мрфология е формирана от древните и съвременни свлачищни процеси. Теренът в зоната на свлачището е с ясно изразени свлачищни отстъпи, вълнообразен и стъпаловиден релеф, наклонени дървета и свлачищен вал в основата. Границите на свлачищните циркуси са ясно изразени.

В геоложко отношение районът е изграден от кватернерни делувиални и елувиални отложения и подложка от кредни материали на Горнооряховската свита.

Горнооряховската свита е изградена от мергели, които на цвят са синкавосиви до гълъбовосиви с повърхнини на насляване през 2 – 3 cm до 5 – 8 cm и повече. Най-често се отнасят към слабоалевритовите глинести мергели. Те съдържат отделни прослойки от здрави варовити дребнозърнести пясъчници до алевролити и от по-меки несортирани глинести пясъчници. Изветрелите мергели са с подобна структура и текстура, като техният цвят е преобладаващо сиво-кафяв до жълто-кафяв. Дебелината на Горнооряховската свита се изменя от 532 до 1530 m.

Горната част на склона е изградена от биоморфни и афанитови варовици, които литостратиграфски се отнасят към Еменската свита. Те изграждат скалния венец, в основата на който е оформен свлачищният отстъп на древното свлачище. В основата на скалния венец, като тънка ивица се разкриват пясъчниците на Българенската свита. Те изграждат скалната подложка в горната част на древния свлачищен циркус.

Делувиалните материали са представени от кафяви до тъмнокафяви песъчливи глинени с включения от чакъли с пясъчников и варовиков състав и отделни валуни. В най-горната част на склона (в основата на скалния венец) кватернерната покривка е изградена от едри чакъли и валуни, които формират характерни поройни сипейни конуси. Скалните късове са ръбести, от варовици и пясъчници.

3. Хидрогеоложки условия

В разглеждания район са разпространени три типа подземни води – карстови, пукнатинни и порови.

Карстовите подземни води са привързани към варовиците на Еменската свита, които изграждат най-горната част на долинения склон. Варовиците са напукани и окарстени. Поради неравномерното окарствяване подземните води формират водоносни зони със сложна хидравлика. Подхранването на подземните води е инфилтрационно, а дренирането в основата на геоложкия им разрез, чрез малки извори или разсеяно в

делувиалните материали или напуканите пясъчници. Поради инфилтрационния характер на подхранване и добрата дренираност на склона подземните води са със силно променлив режим, като в сухи сезони практически пресъхват. Карстовите подземни води имат важно значение за хидрогеоложките условия в зоната на свлачищното тяло, тъй като подхранват подземните води, акумулирани в делувиалните материали.

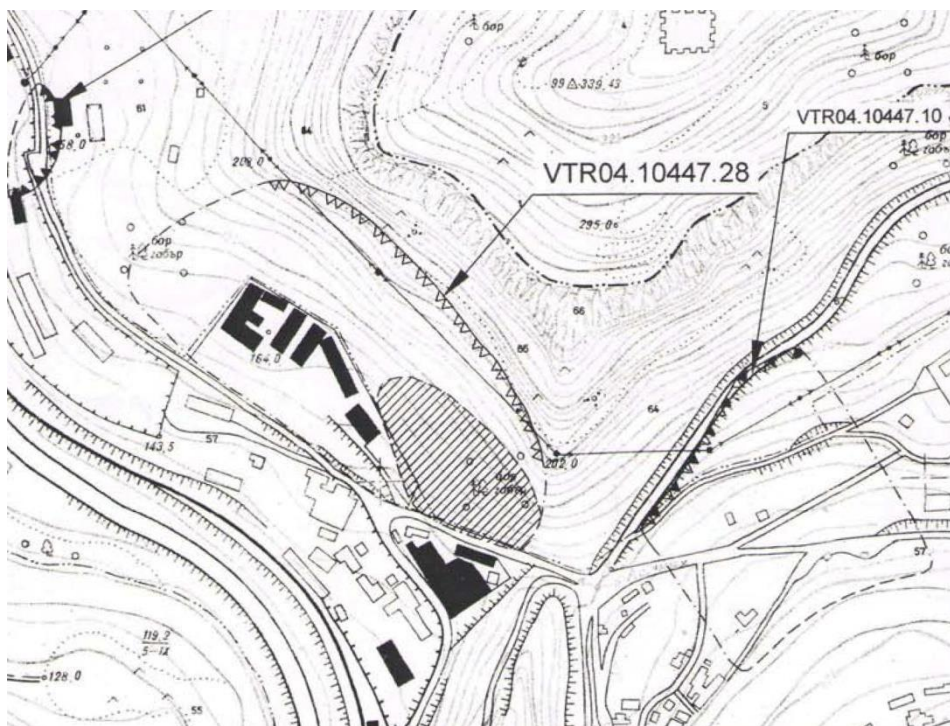
Пукнатинните подземни води се формират в напуканите пясъчници от Българенската и Горнооряховската свити. Пясъчниците са с ясно изразена хоризонтална слоестост, по която са развити пукнатини. Подхранването на подземните води се извършва от инфилтрация на повърхностни води, както и от карстовите водоносни зони, изграждащи билната част на склона. Поради това, че подземните води са формирани в зоната на регионалната напуканост, режимът им е силно повлиян от атмосферните условия. Дренирането е в основата на долините склонове или по границата с мергелните прослойки, чрез низходящи извори с дебит средно 0,5 l/s, които в сухи периоди пресъхват. Подобни зони на дрениране се установяват в зоната над пътя, като от тях се формира оттокът в негативната ерозионна форма, развита в зоната на свлачищното стъпало над пътя. Част от пукнатинните води се дренират и директно в кватернерните пясъчливи отложения.

Порови подземни води се акумулират в делувиалните чакълесто-глинести отложения, най-често в основата на долините склонове. Те се подхранват от инфилтрация на склонови води или от пукнатинните води в пясъчниците и карстовите водоносни зони. Поради нееднородния състав на делувиалните материали подземните води формират отделни водоносни зони със сложна хидравлическа свързаност, а често и хидравлически изолирани. Стръмният наклон на склона определя временния характер на подземните води в горните и средните му части. Общата посока на движение на водите следва теренната повърхност и е ориентирана към река Янтра. Тези води имат определящо влияние върху възникването и активизацията на свлачищните процеси. В зоната на съвременното свлачище подземните води са на дълбочина 0,80 – 1,20 m от кота терен.

4. Геодинамична характеристика

Долинният склон на река Янтра в района е засегнат от древно свлачище, което е обхванало средната му част (фиг. 1). Свлачището е регистрирано от „Геозащита Плевен“ ООД с № VTR04.10447.28 и е с ширина 400 m и дължина 180 m. Наблюденията върху геодинамичното състояние на древно свлачище показва, че то проявява периодични активизации, свързани главно с водообилни периоди. Древният свлачищен циркус е със запазени основни морфоложки елементи – наличие на добре оформен свлачищен отстъп, стъпаловиден характер на терена, наклонени и паднали дървета. Свлачищната морфология е по-ясно очертана в източната част на циркуса, в зоната на съвременното свлачище. Вероятно това е свързано с делапсивния характер на развитие на свлачищните процеси, при което при активизацията на съвременното свлачище е довело до разхлабване на масива в тази част и е активирало и древната свлачищна зона.

В тази зона има и следи от разрушени стопански постройки, които вероятно са резултат от активизацията на свлачищни процеси. В западната част на древния свлачищен циркус свлачищната морфология е по-слабо изразена, не се наблюдават съвременни пукнатини, сградите, разположени в този участък, са в добро състояние и не се регистрират деформации, дължащи се на свлачищни процеси.



Условни обозначения:

	Съвременно потенциално свлачище
	Старо свлачище с периодични активизации
	Древно потенциално свлачище
	Активен участък от свлачището
	Установена граница на свлачище
	Предполагаема граница на свлачище
VTR04.10447.28	Идентификационен номер на свлачище регистрирано от "Геозащита Плевен" ЕООД

Фиг. 1. Карта с нанесени геодинамичните процеси в района

Съвременното свличане е развито в югоизточната част на древния свлачищен циркус. Активизацията на свлачищните процеси е резултат от продължителни и интензивни валежи през пролетта на 2015 година. Формата на свлачището е циркусообразна, с ширина 200 m и дължина 100 m. Свлачищното тяло е изградено от кватернерните делувиялни глини. Хлъзгателната повърхнина е формирана в основата на кватернерните материали, по границата с докватернерната подложка от мергели и пясъчници. По характер свлачищният процес е делапсивен. В резултат на активизацията на свлачищните процеси част от свлечените материали навлизат в зоната на пътното платно и го стесняват с 1,5 – 2,0 m, а в участък от около 30 m подуват пътната конструкция и деформират асфалтовото покритие. Свлачищните процеси са съвременни и активни, с ясно очертани граници

– свлачищен отстъп с височина 0,5 – 1,5 m, свлачищни пукнатини в тялото на свлачището, наклонени дървета, свлачищен вал в основата на циркуса с височина 0,5 m (фиг. 2).

Причините за възникването и активизацията на свлачищните процеси са влошените физикомеханични свойства на кватернерните отложения в резултат на преовлажняването им от формираните в делувиалните материали подземни води. Както бе казано по-горе, режимът на подземните води е силно променлив, като водоносните зони, акумулирани в делувиалните материали, често са с временен характер. При водообилни сезони в кватернерните отложения се формират порови подземни води, които променят водно-влажностния режим на почвите и влошават якостните им свойства. Това е и причината активизацията на свлачищните процеси да е свързана пряко с влажните валежни периоди.

5. Инженерногеоложка характеристика

В геоложкия разрез на свлачището се поделят следните инженерногеоложки разновидности (фиг. 3).

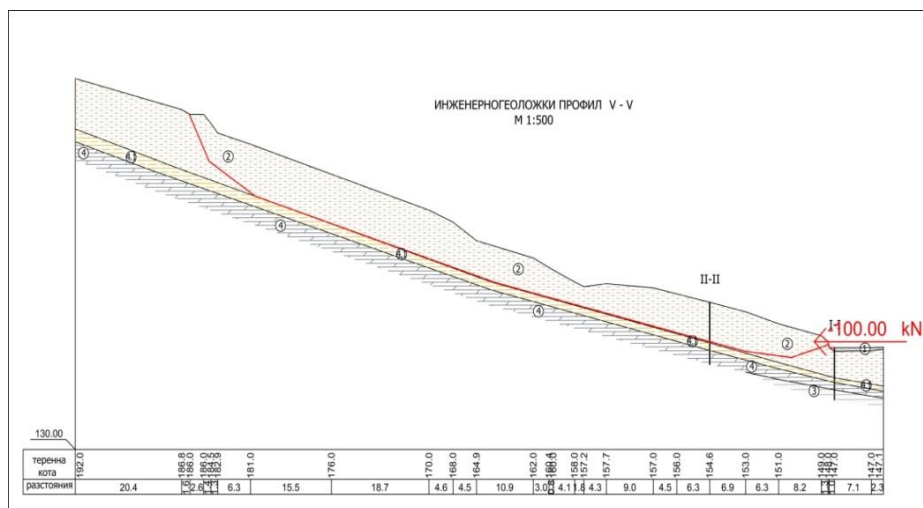
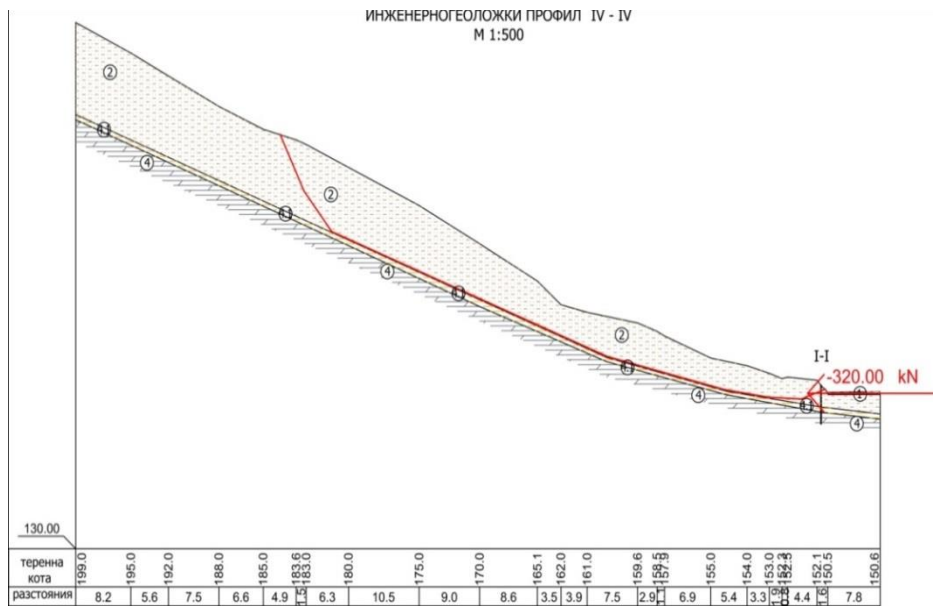
Пласт 1 – Пътна настилка. Тя е с дебелина от 0,40 до 1,0 m. Изградена е от основа от разнозърнест ръбест чакъл и асфалтово покритие. Тя няма пряко отношение към свлачищните процеси и затова не е опробвана и изследвана.

Пласт 2 – Глина, кафява, с пясъчникови и варовикови късове, делувиална. Глината изгражда кватернерната покривка. Дебелината ѝ в зоната на склона се изменя от 5,0 – 6,0 до 9,0 – 10,0 m. В зоната на пътното платно, което е в изкоп, делувиалната глина е с дебелина от 5,50 в западната част до 0 в най-източната част на участъка. Визуално глината е предимно кафява на цвят, прахова, твърдопластична, с чакъли и валуни. Чакълите и валуните са от пясъчник и варовик, ръбести. Разпределението им е неравномерно, като съдържанието в дълбочина се увеличава. Глините имат важно значение за развитието на свлачищните процеси в района, тъй като изграждат свлачищното тяло, а в основата ѝ е формирана повърхнината на свличане.

Пласт 4.1. – Глина, мергелна, прахово, жълтокафява, твърда, слоеста. Глината изгражда изветрителната зона на докватернерната подложка от мергели. Тя представлява най-горната изцяло променена част от изветрителната кора на мергелната подложка. Дебелината ѝ се изменя от 0,5 – 0,6 m до 1,70 m. Визуално тя е запазила текстурата на мергелите от подложката, но структурата ѝ е съществено разуплътнена и променена. С малки изключения мергелните глини са слабоводонаситени, в твърда консистенция. Те представляват непосредствената неподвижна подложка за развитие на свлачищните процеси.

Пласт 4 – Мергел, сив, напукан, слоест. Мергелите формират докватернерната подложка в района. Те са с кредна възраст и са част от Горнооряховската свита в района. Текстурата им е масивна, в която се установяват повърхнини на наслояване през 2 – 3 cm до 5 – 8 cm и повече. В някои части те са напукани. На цвят мергелите са сиви до сивосини.

Пласт 3 – Пясъчник, сив, глинесто-варовит, напукан. Пясъчникът е установен само в западната част на свлачището. Той е част от докватернерната подложка на Горнооряховската свита. Пясъчниците проследяват незакономерно мергелните хоризонти, които преобладават в геоложкия разрез на свитата. Той е дребнозърнест, глинесто-варовит, плътен, с редки тънки (1 – 2 mm) коси затворени пукнатини, запълнени с калцит. Те са по-здрави и по-слабо склонни към изветряне от мергелите, поради което образуват



УСЛОВНИ ЗНАЦИ

	Пътен насип от трошен камък, покрит с 10см асфалт.
	Глина, кафява, с пясъчникови и варовикови късове, делувиална
	Пясъчник, сив, глинесто-варовит, напукан
	Глина, мергелна, прахова, жълтокафява, твърда, слоиста
	Мергел, сив, напукан, слоист
	Повърхнина на хлъзгане

Фиг. 3. Инженерногеоложки профили IV-IV и V-V

Таблица 1. Физикомеханични показатели на поделените инженерногеоложки разновидности

ПОКАЗАТЕЛИ		Пластове №				
		1	2	3	4	4.1
Обемна плътност	$\rho_n, \text{g/cm}^3$	1,90	1,69	1,70	1,62	1,64
Показател на пластичност	$I_p, \%$	-	-	22,0	54,3	19,4
П-л на консистенция	I_c	-	-	0,65	0,87	1,04
Върхова якост на срязване (характеристична)						
Ъгъл на вътр. триене	$\varphi_x, ^\circ$	-	-	14,2	13	18
Сцепление kPa	C_x, kPa	-	-	25,1	25,8	37,9
Остатъчна якост на срязване (характеристична)						
Ъгъл на вътр. триене	$\varphi_x, ^\circ$	-	-	12	12	-
Сцепление kPa	C_x, kPa	-	-	16,1	19,3	-

6. Оценка на устойчивостта на свлачището

За оценка на устойчивостта на терена по двата свлачищни участъка и общо по целия склон са използвани съставените инженерногеоложки разрези по профилни линии (фиг. 3).

Изчисленията са извършени с програмата Slope2015 на фирмата GeoStru. Предвид характера на свлачищните премествания в двата свлачищни участъка е използван методът на Ямбу за повърхнини на хлъзгане със сложна форма.

Инженерногеоложките условия са схематизирани по следния начин:

- Обхватът на повърхнината на хлъзгане е привързан към границите на свлачищния участък. при изчисленията за устойчивост са използвани съответните средни стойности на плътността ($\gamma = 17,0 \text{ kN/m}^3$) и характеристикните стойности за якостта на срязване – остатъчна за пласт 2 и върхова за пластове 4 и 4.1.
- Влиянието на подземните води върху устойчивостта е прието чрез допускане на формиране на порен натиск в делувиалната глина (пласт 2) и мергелната глина (пласт 4.1).
- Устойчивостта е изследвана в условия на основно съчетание на товарите (в статичен режим) и на особено съчетание на товарите (при земетръс) [2].
- Сеизмичният коефициент за стабилитетните изчисления е получен по формулата:

$$K_C = 0,5 \cdot aR \cdot S = 0,5 \cdot 0,19 \cdot 1,2 = 0,114,$$

където S е коефициент на усилване, който съгласно Национално приложение EN 1998-1/NA1 за установения тип на земната основа, се приема равен на 1,2.

- При определяне на фактор на устойчивост Λ под граничната стойност 1,00, при съответните условия е изчислявана и необходимата противостраична сила $E_{\text{свл.}}$ в петата на откоса.
- Проектните изчисления за устойчивост са извършени съгласно изискванията на Еврокод 7, [1] като е приложен метод на проектиране DA3 с използване на частен коефициент на носимоспособност $\gamma_R = 1,0$. При основно съчетание на товарите, съгласно Национално приложение EN 1997-1/NA са приложени следните частни коефициенти на почвените параметри – $\gamma_\gamma = 1,0$, $\gamma_\phi = 1,25$ и $\gamma_C = 1,25$.

Получените резултати са представени в следващата таблица 2.

Таблица 2. Таблица с резултати от стабилитетните изчисления по профили

Профил №	Основно съчетание		Особено съчетание	
	Λ	$E_{\text{свл.}}$	Λ	$E_{\text{свл.}}$
4-4	0,93	115 kN/m	0,93	320 kN/m
5-5	1,11	–	0,96	115 kN/m

Както се вижда от получените резултати, устойчивостта на терена по профил 4-4 е по-ниска от тази по профил 5-5, като и за двата профила меродавно състояние за оразмеряване на противосвалищните сили е особеното. С оглед на определените стойности за $E_{\text{свл.}}$ препоръчваме укрепителното съоръжение да се оразмери на по-високата от тях, а именно $E_{\text{свл.}} = 320 \text{ kN/m}$.

7. Заключение

Направеният анализ на геодинамичните условия в района на проучваното свлачище и резултатите от анализа на устойчивостта на свлачищния циркус показват, че е необходимо укрепването му.

Въз основа на установените инженерногеоложки условия и направения анализ на резултатите от стабилитетните изчисления за устойчивостта на свлачището, като най-ефективни укрепителни съоръжения се препоръчва:

- Изграждане на укрепителна силова конструкция по вътрешната пътна лента – оформения откос в основата на свлачищното тяло. Най-подходящо е укрепителната конструкция да бъде пилотно-анкерна система. Нейното оразмеряване да се извърши при свлачищна сила $E_{\text{свл.}} = 320 \text{ kN/m}$.
- Да се предвиди защита на силовата конструкция от възможността от преливане на свлачищни маси над нейния ръб посредством контрафорсен насип пред нея.
- Зад подпорната стена да се изгради дренаж за отвеждане на формираните в свлачищното тяло подземни води.
- Да се изгради отводнителна канавка в зоната на свлачищното стъпало, която да отвежда формираните по склона подземни води извън зоната на свлачищния циркус.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еврокод 8: Проектиране на конструкциите за сеизмични въздействия. Национално приложение EN 1998-1/NA, март 2012.
2. Наредба № 12 от 03.07.2001 г. за проектиране на геозащитни строежи, сгради и съоръжения в свлачищни райони. Държавен вестник, брой: 68/2001 г.
3. *Стойнев, С. и др.* Свлачище VTR 04.10447.28 над улица „Трапезица” – северно от хълм „Трапезица”, в гр. Велико Търново, Геофонд на „Геотехника АБС“ ООД, 2016.

GEODYNAMIC CONDITIONS OF THE LANDSLIDE ON THE ROAD TO TRAPEZITZA HILL, THE TOWN OF VELIKO TARNOVO

A. Lakov¹, St. Stoynev²

Keywords: landslide, stability, geodynamic conditions

ABSTRACT

The geomorphology and the geological structure of the Yantra River north from the town of Veliko Tarnovo contribute to the development of landslide processes. Most frequently they are related to the extended areas built up by the marls from the Gorna Oryahovitza Series. The landslide on the road to Trapezitza hill is one of the largest in the area. The recent sliding process is embedded in the ancient landslide circus that is about 30 daa large. The article analyses the actual geodynamic conditions of the landslide, its mechanism and development and the triggering factors. Based on the results from the stability calculations landslide forces are obtained and recommendations for reinforcement are made.

¹ Antonio Lakov, Eng., University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, Sofia,
e-mail: tony_lakov@abv.bg

² Stefcho Stoynev, Assoc. Prof. Dr. Eng., University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, Sofia,
e-mail: stoynev@mail.bg