

Управление на свлачищния процес при насипване на откритката в западното насипище на р-к "Асарел"

Стоян Христов, Виолета Иванова

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. Западното насипище на р-к "Асарел" по своите размери (височина над 300 m), разположение (в непосредствена близост с чашата на хвостохранилището към обогатителната фабрика) и обеми (над 300 млн m³) е уникално земно съоръжение. Изградено е на няколко стъпала, с височина по-голяма от допустимата в изискванията на правилника за техническа безопасност. Досега в насипището са се проявили няколко локални свлачища, които нарушават нормалния технологичен процес. Във връзка с всичко това въпросът за устойчивостта на откосите му е особено актуален. Докладът разглежда някои възможности за управление на стъпалото на хор. 935, което е с височина над 150 m, а петата на откоса му е в непосредствен контакт с водите на хвостохранилището. Набелязани са някои технологични решения за овладяване на свлачищния процес и създаване на условия за достигане на проектните обеми.

MANAGEMENT OF THE LANDSLIDE PROCESS DURING PILING OF THE VERBURDEN ON THE WEST WASTE DUMP OF ASSAREL PIT

ABSTRACT. The west waste dump of "Assarel" pit is a unique construction because of its dimensions (height more than 300 m), location (in close proximity to the socket of the waste pond at the mineral processing plant) and volume (more than 300 mln m³). It is built on several benches whose height is greater than the one allowed in the manual for technical safety. So far, several local landslides have appeared in the waste dump, which hamper the technological process. That is why, the stability of the slopes is extremely important. The report is focused on several possibilities for management of the bench on horizon 935, which is more than 150 m high and the foot of the slope is in immediate contact with the waters in the waste pond. Several technological solutions are proposed for containing the landslide process and creating conditions for reaching the planned production.

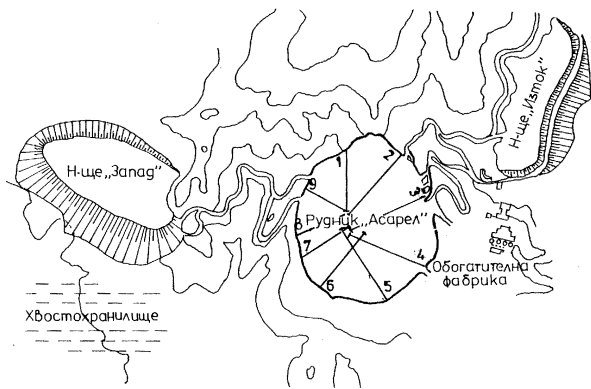
Добивът на медно-пиритна руда от рудник "Асарел" е свързан с изкопаването на големи количества откритка, насипвани в Западното насипище. Понастоящем в него са насипани 14 - 16 млн т. земни маси, а височината му в най-високата точка е 170 м. Изгражда се непосредствено до хвостохранилището, проектна му височина е 300 м, а вместимостта - над 250 млн т. (фиг. 1).

От две-три години откритката от рудника се извозва със смесен транспорт - автомобилен до приемно-претоварен пункт, където скалите се натрошават с големина на късовете до 300 мм, и ГТЛ - от този пункт до Западното насипище, т.е. извоза е чрез циклично-поточна технология (ЦПТ). Въвеждането на тази технология промени не само зърнометричния състав, но и сортирането на скалите в насипището. Глините в откритката са равномерно разпределени и са почти 40-50%. В ГТЛ те са изложени на атмосферните валежи. Преди въвеждане на ГТЛ насипването в Западното насипище се извършваше с автосамосвали, едрите скални късове не се разтрошаваха и при разтоварване се разполагаха в долната част на насипа, като дренажа наличните води и не позволяваха подувването и деформирането на откосите.

Големината и отговорността на Западното насипище прави проблема за стабилността му особено актуален. Осигуряването на устойчивостта на откосите ще гарантира безопасната работа на съоръжението до края на експлоатацията му. Евентуалното свличане на скални маси от насипището в хвостохранилището може да компрометира преградната му стена и да доведе до големи щети и сериозни последици. Във връзка с това

осигуряването на стабилността на откосите и изготвянето на ефективен технически проект за цялостното изграждане и развитие на насипищните работи е сериозен проблем. Такъв проект е изготвен от "Геотехмин" ООД, а в момента се работи над нов от фирмите "Екогео 92" ООД и "Хидроинженеринг" ЕООД (Проект, 2003). Участието в дискусиата при изготвянето на тези проекти на повече специалисти по открит добив на полезни изкопаеми и по геомеханика несъмнено ще бъде от полза за вземане на най-рационалните решения относно изграждането и осигуряването на устойчивостта на това уникално инженерно съоръжение. Необходимо е въз основа на досега извършените изследвания за физико-механичните свойства на насипваните скали, маркшайдерските наблюдения и геофизичните проучвания да се направи анализ на съществуващото състояние на насипището и да се изберат най-подходящите методи за изчисляване на устойчивостта и технологичните схеми за насипване на откритката.

Поради ограниченния обем на доклада е направена проверка на устойчивостта на откоса в най-дълбоката част на насипището на кота 935 и на генералния му откос, препоръчани са и подходящи технологични схеми на развитие на насипищния фронт. Особено внимание е обърнато на развитието на насипищния фронт във времето и пространството, тъй като то играе огромна роля за оформянето на стабилни откоси.



Фиг. 1. Ситуация на р-к "Асарел", Западното насипище и хвостохранилището

Изчисленията за устойчивостта са извършени за най-опасната зона на насипището (фиг. 2) в профил 10-10. При определяне устойчивостта на борда са приложени методите на ВНИМИ за изчисляване на основните сили, действащи в насипищния масив, включително силите, възникващи при сеизмични въздействия (формула 1) (Христов, 1999, 2000).

$$\eta_p = \frac{\sum S}{\sum T} = \frac{K \sum_{i=1}^n P_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i + \sum_j c_j l_j}{K \sum_{i=1}^n P_i \cdot \sin \alpha_i + W} \quad (1)$$

където $\sum S$ и $\sum T$ са съответно сумарните съпротивителни и свличащи сили по повърхнината на плъзгане, kN; P_i - теглото на ивицата, kN; K - множител;

$$K = \frac{a_i \gamma \cdot M}{1000} \quad (2)$$

γ - обемно тегло на скалата, kN/m³; a_i - широчина на ивицата, m; M - знаменател на мащаба на чертежа; $\operatorname{tg} \varphi_i$ - коефициент на вътрешно триене на скалата по повърхнината на плъзгане; α_i - ъгъл на наклона на допирателната към повърхнината на плъзгане в средата на основата на ивицата, °; $\sum c_j l_j$ - сила на сцеплението по цялата повърхнина на плъзгане, kN; W - сеизмични сили, kN.

Сеизмичната сила W се определя по следната формула

Таблица 1.

Изчислителни физико-механични показатели за профил 10-10

Пласт №	Естествена влажност				Водонаситено състояние			
	γ kN/m ³	φ /°	φ_c /°	c kPa	γ kN/m ³	φ /°	φ_c /°	c kPa
1	19,3	30,0	22,50	5,0	21,0	23,0	15,83	15,0
2	20,4	30,5	24,17	6,0	21,7	24,0	17,50	16,0
3	20,5	31,0	25,00	7,0	22,3	24,0	19,17	17,0
4	20,8	32,0	25,83	8,0	22,4	25,0	20,00	18,0
5	21,1	33,0	27,50	9,0	22,6	26,0	20,80	19,0
6	21,3	35,0	28,33	10,0	22,8	27,0	23,33	20,0

$$W = \xi \cdot K_c \cdot \gamma \cdot F \cdot b = \xi \cdot K_c \cdot P \quad (3)$$

където ξ е коефициент, характеризиращ скалната подложка, $\xi=0,7$; K_c - коефициент на сеизмичност за района на гр. Панаярище, $K_c=0,15$; F - площ на плъзгане, m²; b - широчина на плъзгащия се участък, m; P - тегло на блока, kN.

За многовариантни решения е създадена програма, като е използвана електронна таблица Excel и средата на графичния редактор на системата за компютърна графика Auto CAD.

При изчисленията са използвани изчислителните показатели за обемното тегло γ , ъгъла на вътрешно триене φ , ъгъла на вътрешно триене при сеизмично въздействие φ_c , и кохезията c , дадени в таблица 1 (Проект, 2003).

Височината на вертикалния откос е:

- без сеизмичното влияние
- За откос с естествена влажност

$$H_{90}^e = \frac{2C_H}{\gamma} \cot g \left(45 - \frac{\varphi_H}{2} \right) = \frac{2 \cdot 5}{19,3} \cot g \left(45 - \frac{22,5}{2} \right) = 0,783 \text{ m} \quad (4)$$

- За водонаситен откос - $H_{90}^e = 1,86 \text{ m}$.

- със сеизмичното влияние
- За откос с естествена влажност $H_{90}^e = 0,9 \text{ m}$.
- За водонаситен откос - $H_{90}^e = 2,16 \text{ m}$.

Действащите нормални N_i и тангенциални T_i сили във всяка ивица с дължина l_i са посочени в таблица 2 и фигура 2.

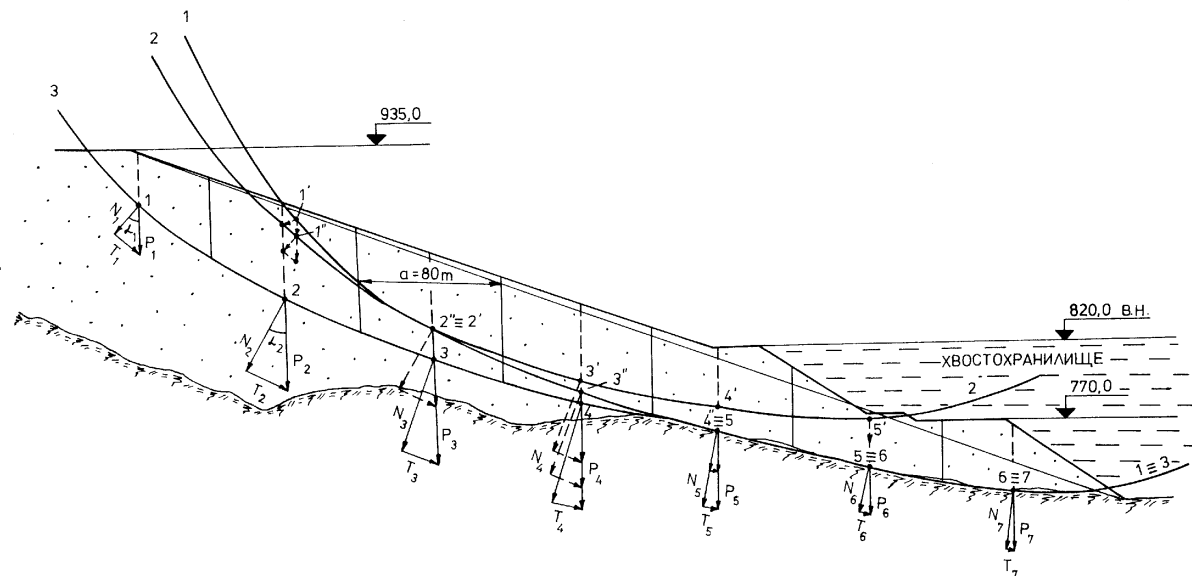
Коефициентите на устойчивост за хоризонт 935 по профил 10-10, за три вероятни повърхнини на хлъзгане (1, 2, и 3, фиг. 2), изчислени с физико-механичните показатели на насипищните материали с естествена влажност до кота 820 m и във водонаситено състояние под тази кота са:

- за повърхнина на хлъзгане 1 - $\eta_1 = 1,52$
- за повърхнина на хлъзгане 2 - $\eta_2 = 1,55$
- за повърхнина на хлъзгане 3 - $\eta_3 = 1,48$

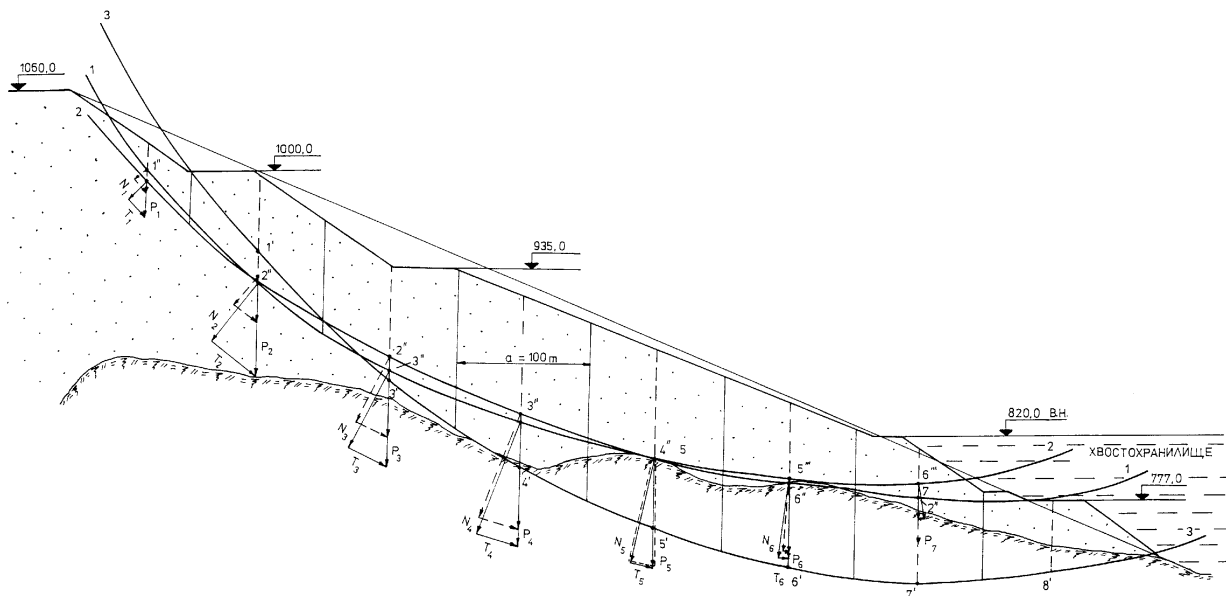
С отчитане на сеизмичните сили W_i , които за съответните повърхнини са $W_1 = 22\,575 \text{ kN}$, $W_2 = 22\,575 \text{ kN}$ и $W_3 = 22\,575 \text{ kN}$, изчислените коефициенти на устойчивост са съответно:

- за повърхнина на хлъзгане 1 - $\eta_1^e = 0,943$
- за повърхнина на хлъзгане 2 - $\eta_2^e = 0,960$
- за повърхнина на хлъзгане 3 - $\eta_3^e = 0,900$,

т.е. при наличие на сеизмични сили откосът е неустойчив и при земетресение ще се свлече.



Фиг. 2. Изчисляване устойчивостта на откоса на Западното насипище на хор. 935 по профил 10-10



Фиг. 3. Изчисляване устойчивостта на генералния откос на Западното насипище по профил 10-10

Таблица 2.

Изчисляване на устойчивостта по повърхнина №3 на хлъзгане, хор. 935

Ивица №	N_i mm	T_i mm	l_i m	Дължина на повърхнината на хлъзгане, m
1	10	10	90	$L = \sum l_i + H_{90} =$ $= 608 + 1,86 =$ $= 609,86$
2	22	13	92	
3	27	11	82	
4	27	9	84	
5	21	4	80	
6	13	4	84	
7	17	3	96	
	$\sum N_i = 137$	$\sum T_i = 54$	$\sum l_i = 608$	$L = 609,86$

Направена е проверка на устойчивостта и на генералния откос на насипището, обхващащ хоризонти 935, 1000 и

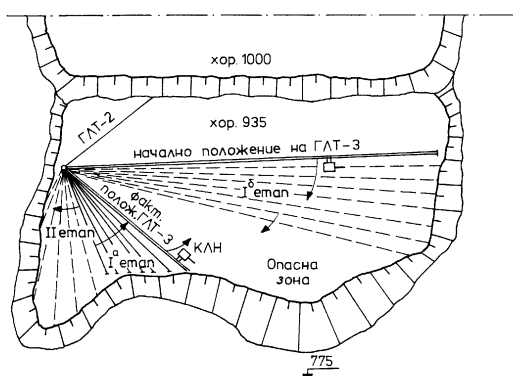
1060 по профил 10-10 (фиг. 3). Получените резултати за коефициента на устойчивост показват същата тенденция. Откосът е устойчив ако не се отчитат сеизмичните сили, като за хлъзгателни повърхнини 1 и 2 (фиг. 3) той е съответно $\eta_1=1,465$ и $\eta_2=1,310$ и неустойчив - с отчитането им - $\eta_1=0,850$ и $\eta_2=0,813$.

В настоящия доклад не са разгледани начините за стабилизирание на откосите на насипището от гледна точка на устойчивостта му. Ще отбележим само, че поради наличието на глинести материали в насипищния масив, от особена важност е изолирането му от достъп на вода.

По подробно внимание ще обърнем на технологията на насипване, която е един от начините за осигуряване устойчивостта на откосите. Изборът на подходяща технология на изграждане на насипището дава възможност за обезпечаване на устойчивостта му чрез контролиране на насипваните обеми във времето и пространството. По този начин се контролира обемното тегло в различните му участъци и се дава възможност за консолидация и отводняване на насипаните материали и следователно за подобряване на физикомеханичните им показатели.

В момента най-удачен вариант за технология на насипване е следният (Христов, 2003). Насипването на хор. 935 да не продължава както досега ветрилообразно към първоначалното положение на транспортъор №3 (при започване на работа с ЦПТ), а точно обратно - да продължи от началното положение на трасето на ГТЛ 3 към съществуващото в момента положение на ГТЛ 3 (фиг.4). Този вариант на развитие на насипищните работи в сравнение с предишния има следните предимства:

- Създават се условия за по-продължително уплътняване (консолидиране) на масива в най-дълбоката му част;
- Избягва се насипването в най-опасната част на насипището през зимата и пролетта, т.е. при наличие на лоши метеорологични и климатични условия;
- По-лесно преминаване на насипването с насипообразователя във II етап на работа (фиг. 4);



Фиг. 4. Схема на реда на насипване на хор. 935 с ветрилообразни заходки за осигуряване на по-голяма устойчивост на откоса на

стъпалото във времето и пространството

- Увеличаване обемите за насипване, особено ако не са отчуждени площите за II етап и избягване на опасни деформации при насипване в момента на дълбоката част;
- Повече време за изграждане и завършване на опорната стена на кота 820 или 830 и натезнените обеми. Дава се възможност за тяхното по-добро уплътняване;
- По-спокойно оформяне на откосирането и изграждане на отводнителни канавки;
- По-лесно преминаване от хор. 935 към хор. 1000 (при неотчуждени площи за II етап) (фиг. 4);
- Повече време за проследяване поведението на масива при срещане на старите и новите заходки;
- През следващите месеци насипищните работи ще достигнат проектните граници на насипището по утвърдения проект и ще има време да се реши дали да се напредне с 60 м към хвостохранилището;
- В този случай насипването на опасния участък остава за по-късен период от време, с което се намалява вероятността от нежелателни деформации.

Съществува и друг вариант за осигуряване на по-добра устойчивост на откоса на насипището във високата му част - насипване първоначално на втория етап, докато се консолидира насипа и след това да се продължи насипването на първия етап.

Тези и всички други съществуващи възможности трябва да станат предмет на дискусия, организирана от "Асарел-Медет" АД. Настоящият момент на насипищните работи в Западното насипище налага такава дискусия с участие на широк кръг специалисти, за да се избере най-рационално решение за бъдещото му развитие.

Не по-малко важно е бъдещото развитие на рудник "Асарел" и осигуряването на неговата устойчивост при удълбаването му до проектната кота. Същото важи и за осигуряването на безопасната работа в рудник "Елаците" и насипището му.

Литература

- Проект за изграждане на Западното насипище на р-к "Асарел": Анализ на показателите на материала, зонирание на насипа и стабилитетни изследвания на откосите на насипището и при земетръс. Влияние върху хвостохранилището. "Хидроинженеринг" ЕООД, София 2003.
- Христов С. Ръководство за упражнения по устойчивост и отводняване на откосите в откритите рудници и кариери. Изд. къща МГУ "Св. И. Рилски", София, 1999.
- Христов С. Устойчивост и отводняване на откосите в откритите рудници и кариери. Изд. къща МГУ "Св. И. Рилски", София, 2000.
- Христов С. Становище относно проекта за Западното насипище на р-к "Асарел", София, 2003.