



## ИЗСЛЕДВАНЕ НА РАЗПРОСТРАНЕНИЕТО И МЕХАНИЗМА НА СВЛАЧИЩНО-ДЕФОРМАЦИОННИТЕ ПРОЦЕСИ В РУДНИК „ТРОЯНОВО-3“

инж. Георги Владиславов, [g\\_vladislavov@r3.marica-iztok.com](mailto:g_vladislavov@r3.marica-iztok.com), рудник „Трояново-3“  
инж. Стилиан Стоянов, [stilian.stoianov@r3.marica-iztok.com](mailto:stilian.stoianov@r3.marica-iztok.com), рудник „Трояново-3“  
инж. Красимир Кадифейкин, [k\\_kadifeikin@r3.marica-iztok.com](mailto:k_kadifeikin@r3.marica-iztok.com), рудник „Трояново-3“

### РЕЗЮМЕ

*Проявата на свлачищно-деформационни процеси по работните бордовете и насипищните откоси в рудник „Трояново-3“ е свързано както с естествено-историческото развитие на Източномаришкия възглищен басейн, така и с минно-добивната дейност в рудника. Подходящата класификация, познаването и анализването на разпространението и механизма на свлачищно-деформационните явления е необходимо за планиране и управлението на производствената дейност. Количествената оценка на геомеханическите процеси в масива е важно условие за осигуряване на устойчивост на рудничните бордове и насипищни откоси при експлоатацията на възглищното находище.*

Появата на свлачищни процеси се дължи на нарушаване на равновесието в масива и деформация на почвения масив на качествено различно ниво. Под свлачищен процес се разбира нарушаване на равновесието на почвения масив, неговата деформация под въздействието на небалансирани сили, отделяне на част от масива чрез опъваща пукнатина (потенциална, или действителна „стена на срив“) и движение на полученото свлачище по протежение на плъзгащата се повърхност, без да се губи контакт с неподвижното легло.

Терминът „свлачище“ често се нарича процес на самото преместване, или явление, т.е. резултатът от изместването на почвените маси (геоложко тяло, свлачищни натрупвания, свлачищно тяло и др.).

Свлачището (като феномен) е геоложко тяло, представено от изместени скали, образувано в резултат на развитието на свлачищен процес върху склон.

Свлачище (като процес) е движението на образуваното свлачище по протежение на плъзгащата се повърхност, без да се губи контакт с основата, по която става движението.

Трябва да се отбележи, че терминът „свлачище“ съответства на понятието „гравитационни процеси“.

Един от ключовите въпроси при изследването на свлачищата е да се идентифицира механизмът на тяхното образуване и развитие. Много изследователи обаче влагат различни значения в концепцията за механизма на свлачищния процес. Вероятно това може да се обясни със сложността на свлачищния процес и голямото разнообразие от геоложки и инженерно-геоложки условия, при които се наблюдават проявите на свлачища.

Механизмът на свлачищния процес включва механизма на образуване на свлачище (етапа на подготовка по Емелянова, или фазата на дълбоко пълзене свлачище след отделянето на свлачищното тяло под въздействието на природни и причинени от човека фактори. Най-важните елементи на механизма са напрежения, деформации и време. Въпреки това, като се има предвид, че напрегнатото състояние на склоновете е трудно да бъде оценено реалистично, се препоръчва механизмът да се основава на изследването на кинематиката на процеса, т.е. движението на отделни елементи, съставляващи свлачището.

Използването само на механизма на изместване на свлачището с отделни елементи на механизма на формиране не позволява да се характеризира напълно механизмът на свлачищния процес при класифициране на свлачищата.



Усвояването на Източномаришкия въглищен басейн - строителството и експлоатацията на откритите рудници и изграждането на техните вътрешни и външни насипища (работни и неработни бордове и откоси на насипищата), се съпровожда от проявата на повсеместни, огромни по обхват и уникални по характер свлачищни явления.



Фиг. 1

Изключително широко разпространение имат и свлачищата, свързани с естествено-историческото развитие на басейна, които по времето на своето проявление, съгласно класификацията на Емелянова, са древни, стари и съвременни, а по обхват - плитки и дълбоки.

Плитките, или повърхностни свлачища, са развити в кватернерните отложения, или силно променени плиоценски наслаги и имат мощност до няколко метра.

Дълбоките свлачища имат плъзгателни повърхнини, които достигат до десетки метри под ерозионния базис и минават по глините над, или под въглищния пласт.

Фисенко определя, че свлачищата, характерни за Източномаришкия въглищен басейн са предизвикани от клиновидна призма на активен натиск (потъналата част на масива), която е изтласкала напред запазилия своята монолитност работен борд и е предизвикала образуването на „високия вал на подуване“ по дъното на рудника.

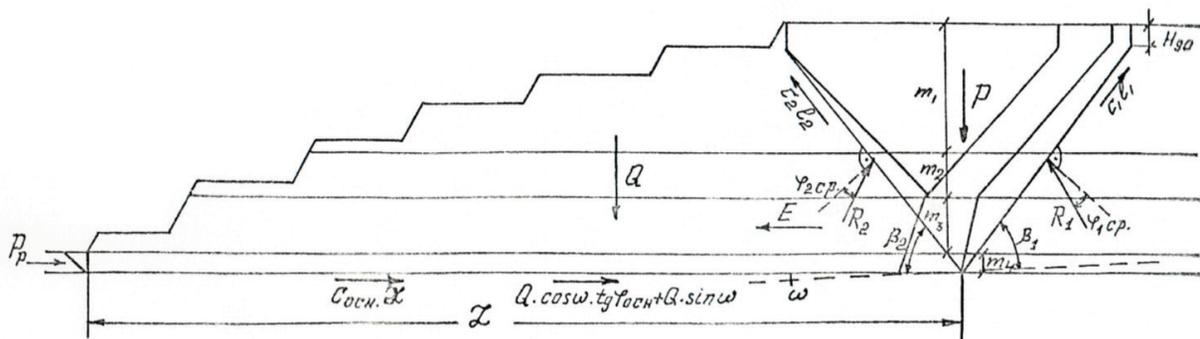
Условия за възникване на склоновите свлачища са създавани преди ерозионния базис да достигне нивото на слабите прослойки, по които минават плъзгателните (свлачищните) повърхнини. Затова при всяка от тях се образува вал на подуване. Намалването на удържащите сили по формираната плъзгателна повърхнина се компенсира от потъването на призмата на активен натиск и издигането на вала на подуване. Затова потъването на самата призма е по-малко и разрушаването на свлачищното тяло по-слабо изразено, отколкото би било при липсата на упор. В последствие, с размиването и изнасянето от водните течения (най-често реки) на валове на подуване, движението



на свлачищата продължават бавно и по границата между монолитния блок и активната призма деформациите имат предимно пластичен характер.

За Източномаришкия въглищен басейн представлява особен интерес развитието на свлачищни процеси в обемно напрегнато състояние при подсипването неработни бордове. В напречен разрез схемата на деформиране е същата, както и по работните бордове (фиг. 2), където:

- $P$  - тегло на призмата на активен натиск, [N]  
 $Q$  - тегло на централния блок (между призмата на активен натиск и призмата на упора), [N]  
 $m_1 \div m_4$  - мощност на отделните литоложки разновидности, изграждащи бордовете на рудника над хоризонталната, или почти хоризонталната част на плъзгателната повърхнина, [m]  
 $C_{срi}$  - средна кохезия на литоложките разновидности по образуващите на призмата на активен натиск, [Pa]  
 $l_i$  - дължина на образуващите на призмата на активен натиск, [m]  
 $\varphi_{срi}$  - среден ъгъл на вътрешно триене по образуващите на призмата на активен натиск по съответните образуващи, [deg]  
 $R_i$  - реакция от призмата на активен натиск по съответните образуващи, [N]  
 $E$  - тласкаща (свличаща) сила на призмата на активен натиск по основата на централния блок, [N]



Фиг. 2

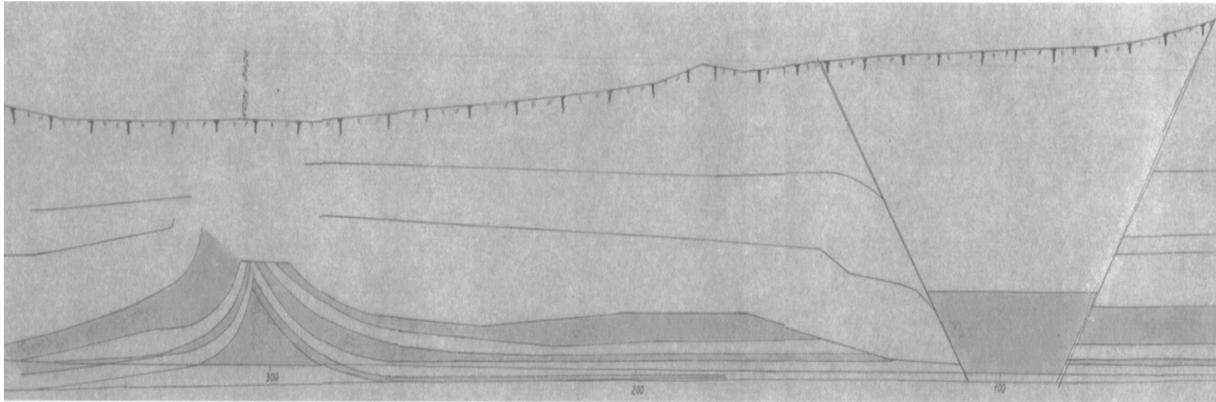
Геоложката среда в Източномаришкия въглищен басейн и в частност в рудник „Трояново-3“ се характеризира с изключителна сложност, пространствена неиздържаност и изменчивост във времето. Затова при изследване на разпространението и механизма на свлачищно-деформационните процеси и решаването на отделните инженерно-геоложки задачи се налага „опростяване“ на отделните ѝ елементи и характеристики и заменянето ѝ в различна степен с идеализирани модели.

От направените проучвания, наблюдения и анализи може да се направи извода, че проявените свлачища по бордовете и откосите на насипищата на рудника са свързани с наличието на слаби прослойки, или отслабени контакти. От това следва, че промеливите условия на натрупване на седиментите в басейна и последвалите тектонски процеси, са довели до формирането на многослойни нееднородни масиви, в които съществуват зони със значително по-ниски якостни свойства от средните за масива.

Освен с наличието на слаби зони, скалните масиви се характеризират и с много други структурни дефекти, най-значими от които са пукнатините и системите от тях, които са основна причина за несъответствието на якостните и деформационни свойства между определените в лабораторни условия, върху ограничени по размери пробни тела показатели и действителните свпйства на масива.

Свлачищата по левия склон на река Градецка, които пресичат диагонално полето на рудник 4, се характеризират със сравнително стръмен отстъп с височина до 15 - 20 m. В един малък участък (северозападно от бившето с. Овчарци) е запазено успоредна на отстъпа негативна форма на релефа.





Фиг. 4

Особено интензивно са нарушени от дълбоки свлачища левият склон на долината на река Овчарица източно и югоизточно от с. Трояново и левият склон на нейния приток Кору дере.

Единствените външни белези на някои от разкритите свлачища са терасоподобните форми на релефа. Измененията в релефа, предизвикани от останалите, са напълно заличени и установяването им е възможно едва при пресичането им с минните работи.

Характерно е, че в източно направление, с увеличаване на дълбочината на залягане на въгленосния комплекс, проявените дълбоки свлачища не обхващат въглищния пласт. Тяхната плъзгателна повърхнина достига залягащите над пласта черни глини, минава по наслояването им и излиза на повърхността.

Пълното заличаване на външните белези на част от дълбоките свлачища, дава основание да се счита, че много от тях остават все още недокументирани.

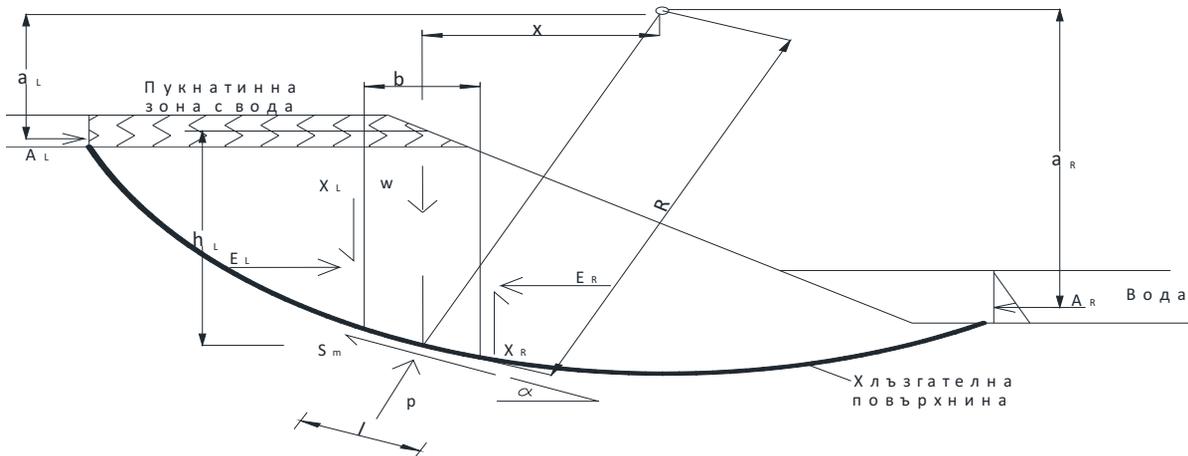
В посочените примери излизащите на повърхността глини на въгленосния комплекс очертават валове на подуване на дълбоките свлачища и същевременно свидетелстват, че плъзгателните повърхнини минават по тези глини. С валове на подуване са свързани калните вулкани, затова те са един от сигурните белези за наличието на дълбоки свлачища.

Предизвиканите при разработването на басейна свлачища възникват по бордовете на рудниците и по откосите на насипищата. В първия случай те се проявяват като свлачения на откосите на отделните откривни стъпала, на група откривни стъпала и на бордовете като цяло - със захващане и на въглищния пласт и на част от залягащите под него глини. Във втория случай - те се проявяват като свлачения на отделните насипищни стъпала, на група стъпала, или на насипищата като цяло с и без засягане на основата.

Различните типове свлачища имат своите особености, свои закономерности на възникване и развитие, които се предопределят от инженерно-геоложките условия в конкретния участък. По характер свлачищата по изкуствените откоси и по естествените склонове са аналогични, т.е. сходни. Затова цялостната оценка на инженерно-геоложките условия на басейна, задълбоченото познаване на свлачищния процес и съставяне на обоснована прогноза за устойчивостта на откосите на минните изработки и насипи, са невъзможни без изучаването на свлачищата по естествените (природни) склонове. Само след тяхното изучаване би била възможна една реална оценка на влиянието във времето, необходимо за отчитане особено при оразмеряване на външните и вътрешни насипища, които ще имат постоянни откоси.

#### Кръгово цилиндрична хлъзгателна повърхнина

На Фиг. 5 са показани силите, участващи в силовите и моментови уравнения, като равновесни условия за устойчивост на кръгово цилиндричната хлъзгателна повърхнина.



Фиг. 5. Схема на силите в свлачище, формирано по кръгово цилиндрична хлъзгателна повърхнина

- W - общата вертикална сила, от масата на всяка ламела с ширина b и височина H  
P - нормалната компонента на силата G в основата на ламелата  
S<sub>m</sub> - сила на срязване, мобилизирана в основата на всяка ламела  
E - хоризонтални междуламелни сили  
X - срязващи (вертикални) междуламелни сили  
R - радиус или рамо на силите спрямо предполагаем център на въртене  
x - хоризонталното разстояние от центъра на тежестта на всяка ламела до центъра на въртене  
a - перпендикуляр на хидродинамичната сила до центъра на въртене  
b - ширина на ламелата  
A - хидродинамична сила  
α - ъгълът между допирателната към центъра на основата на всяка ламела и хоризонталата

Индексите L и R на променливите E, X, a и A определят съответно лявата и дясната страна на силата. Величината на силата на срязване мобилизирана в основата на ламелата може да бъде написана според теорията на Mohr-Coulomb.

$$S_m = \frac{l}{F_s} [c' + (\sigma_n - u) \tan \phi']$$

където:

- c' - ефективна кохезия  
φ' - ефективен ъгъл на вътрешно триене

$$\sigma_n = P / l$$

- l - дължината на основата на всяка ламела  
F<sub>s</sub> - коефициент на устойчивост

Коефициента на устойчивост F<sub>s</sub> може да се решава по отношение на моментно, или силово равновесно условие. Всяко едно от възможните предположения може да бъде направено, за да се изчислят срязващите междуламелни сили. Различните методи, които обикновено се използват, могат да бъдат категоризирани по отношение на предположението, което правят и дали изчисления коефициента на устойчивост отговарят моментно и/или силово равновесие



## Общи признаци на протичащите свлачищни движения и характерни външни белези на проявените по бордовете на рудниците свлачища

Първите видими признаци за протичането на свлачищни движения по бордовете на рудниците са предимно различни по характер и място на появяване пукнатини. Те обикновено се образуват първо по горната външна граница на формиращото се свлачищно тяло и по челната му граница, която минава в петата на долното въглищно стъпало, или по площадката на самото стъпало. В следствие, след известно потъване на горната външна пукнатина, на определено разстояние от нея, предимно по откоса на откривното стъпало, се появява втора пукнатина, успоредна на първата. Ограничената от тях част на свлачищното тяло потъва спрямо прилежащите части на масива.

В редица случаи единствени белези за протичането на свлачищни движения са пукнатини само по челната граница на свлачищното тяло.

Пукнатини по страничните граници в някои случаи не се образуват не само до стадия на активното свличане, но и по време на значителните премествания на свличащите се маси, а в други - първите пукнатини се забелязват по тези граници.

Всичко това дава основание да се заключи, че не се проявява строга последователност в реда и мястото на образуване на пукнатини при свлачищните движения, но мястото на появяване на първите пукнатини позволява да се съди за характера на свлачищните движения.

Проявените по бордовете на рудниците свлачища, които обхващат въглищния пласт, притежават редица специфични външни белези. Най-характерният от тях е наличието на сравнително тесни ивици, ограничени от почти успоредни пукнатини с противоположен наклон, по които е протичало потъването на тези ивици. Величината на потъването е от порядъка на 15 - 20 м. Важен факт е, че повърхнината на тези ивици запазва почти без изменение наклона, който е имала преди потъването им. В петата на борда, или по-точно пред горното стъпало на въглищния пласт се образуват един, или няколко вала на подуване от разрушените въглища на долното стъпало и от подвъглищни глини.

Основната част на свлечените бордове, заключена между потъналите ивици и валове на подуване, се запазва обикновено монолитна.

Особен интерес представляват и белезите по страничните граници на свлачищата. В едни случаи страничната граница е ясно очертана начупена линия. В отсечките, насочени по посока на движението навън от свлачището, се получават пропадания, а в тези с направление към свлачището - подувания. В други случаи границата представлява широка преходна зона без ясно забележими визуално следи на движение. В трети случаи се образуват коси на борда ровове с дълбочина до, в редки случаи повече от 10 метра.

Основният момент при всички стабилитетни изчисления на откосите, извършвани по метода на пределното равновесие, е определянето на разчетната схема, която се обуславя от формата и мястото в масива на потенциалната плъзгателна повърхнина. Тази повърхнина представлява вътрешната граница в масива, по която съотношението между удържащите и свличащите сили е минимално. Тя се предопределя от съпротивляването на срязване в масива и от действащите в него напрежения.

Формата на плъзгателната повърхнина в зоната на упора (в мястото на валове на подуване), поради малката височина на пасивната призма при работните бордове, не представлява особен интерес. Но за подсипваните неработни бордове и за външните насипища, при които височината на тези призми достига няколко десетки метра, въпросът придобива голяма важност.

Призмите са вторично явление, а не първопричина. Те се оформят при активизиране на свлачището, когато плъзгателната повърхнина вече се е оформила, масивът се е предвижил напред и задната му част остава увиснала с обратен наклон. Тогава тя се свлича, но в обратна посока и започва да потъва, което създава впечатление, че избутва свличащия се пред нея масив.

### Изводи

1. Прилаганата до сега изчислителна схема за бордовете на рудниците с призми на активен и пасивен натиск и централен блок съответства на действителната схема на деформиране на масива.



2. В зависимост от съотношението на мощностите и свойствата на литоложките разновидности и от тяхната напуканост, призмата на активен натиск се формира до горницето на въглищния пласт, или до хоризонталната, или слабо наклонена част на плъзгателната повърхнина. В първия случай развитието на свлачищния процес води до разширяване на призмата, до увеличаване на тласкащата сила и до прогресивно ускоряване на този процес. Във втория случай не настъпват чувствителни промени в съотношението между удържащите и свличащите сили при формиране на призмата и процесът се развива сравнително бавно във времето.
3. Съпротивлението на плъзгане нараства пропорционално на скоростта до някаква критична граница, след преминаването на която започва да намалява.
4. При отсъствие на готова повърхнина, натрупването на бавно протичащите деформации води до разрушаването на невъзстановимите връзки между глинестите частици и до настъпването на активен стадий на свличане със значително преразпределение на свличащите се земни маси. Дълговременната якост при такива условия е по-голяма от остатъчната.
5. Оразмеряването на бордове на рудниците следва да се извършва за сръзваци (свличащи) усилия, при които сумарните деформации не създават трудности за нормалното протичане на производствения просец при минно-добивната дейност и не довеждат до неуправляемост на свлачищния процес. Оразмеряването на временни бордове и откоси с недопускане на деформации е технологично необосновано и икономически неизгодно.
6. При изследване на разпространението и механизма на свлачищно-деформационните процеси по бордовете и насипищните откоси в рудника, е по-целесъобразно анализиране на съвременните свлачища, защото при древните (стари) свлачища са настъпили значителни, но не винаги известни релефни изменения. Информацията от данните при изследване на древните свлачища могат да служат за качествена, но не и за детайлна количествена оценка на деформационни процес.

#### Използвана литература

1. Георгиев, Г. и кол. Методическо ръководство за стабилитетни изчисления на работни, подсипвани и неподсипвани неработни бордове и откоси на насипищата на рудниците в Източномаришкия басейн, 1981 г., Арх. Мини Марица-изток ЕАД.
2. Христов, Т., Г. Георгиев и кол. Указания за стабилитетно оразмеряване на руднични бордове и насипищни откоси в Мини Марица изток ЕАД, 1997 г., Арх. Мини Марица-изток ЕАД.
3. Емельянова Е. П. Основные закономерности оползневых процессов, 1972 г., Изд. Недра, Москва.