

УДК 622.271.332:624.131

Рахимов Зуфар Рафисович

кандидат технических наук,
доцент кафедры металлургии и горного дела,
Республиканское государственное предприятие
«Рудненский индустриальный институт»,
111500, Республика Казахстан,
Костанайская область, г. Рудный,
ул. 50 лет Октября, 38
e-mail: rakhimov.zufar@mail.ru

**ВЫЯВЛЕНИЕ ФАКТОРОВ,
СПОСОБСТВУЮЩИХ
ВОЗНИКНОВЕНИЮ ДЕФОРМАЦИЙ
НАГРУЖЕННЫХ ГЛИНИСТЫХ
ОТКОСОВ****Аннотация:*

Выявлены основные факторы, оказывающие влияние на устойчивость моделируемых откосов. Определено влияние каждого фактора на устойчивость откосов.

Ключевые слова: устойчивость, откос, несущая способность

DOI: 10.18454/2313-1586.2016.03.029

Rakhimov Zufar R.

candidate of technical sciences,
assistant professor of metallurgy
and mining art department,
The Republican State Enterprise
«Rudnensky industrial institute».
111500, Republic Kazakhstan, Kostanajsky region,
Rudny, 50 years of October st. 38
e-mail: rakhimov.zufar@mail.ru

**REVEALING THE FACTORS PROMOTING
THE FORMATION OF LOADED CLAY
SLOPES DEFORMATIONS***Abstract:*

The major factors influencing on stability of simulated slopes are revealed. The influence of each factor on stability of slopes is determined.

Key words: stability, slope, bearing capacity

При строительстве карьера № 6 Восточно-Аятского месторождения бокситов произошли оползни общим объемом более 2 млн м³. Первоначально на основе осмотров и изучения оползневых тел было сделано предположение о наличии слабого контакта в основании деформирующихся откосов. Отбор образцов пород из оползневых тел и их анализ позволяют сделать вывод, что верхний горизонт карьера сложен четвертичными суглинками, четвертичными глинами, чеганскими выветренными глинами, чеганскими запесоченными выветренными глинами, чеганскими глинами. Полученные результаты исследований физико-механических свойств пород доказывают, что откос сложен глинистыми породами полутвердой, твердой и тугопластичной консистенции (табл. 1). Однако при увеличении влажности или нормальных нагрузок четвертичные и чеганские выветренные глины проявляют высокую пластичность с уменьшением угла внутреннего трения в пределах от 22 до 0° и коэффициента сцепления в пределах от 0,65 до 0,122 МПа. Исследование свойств глинистых пород, примерное очертание поверхности скольжения позволяют сделать вывод, что устойчивость откосов верхних горизонтов зависит от физико-механических свойств четвертичной и чеганской выветренной глин. Для оценки устойчивости нагруженных карьерных откосов, сложенных пластичными глинами, необходимы данные не только о физико-механических свойствах и действующих внешних нагрузках, но и о механизме деформирования и очертании наиболее напряженной поверхности. Вследствие того что внешний осмотр оползневых тел дает приближенное представление об очертании поверхности скольжения и механизме деформирования, возникает необходимость в лабораторном исследовании моделей нагруженных откосов. Лабораторное моделирование процессов деформирования откосов позволяет при корректно подобранных материалах и проведенных испытаниях определить факторы и условия возникновения, механизм и очертания поверхности скольжения в массиве горных пород. Важную роль лабораторное моделирование приобретает для исследования устойчивости массива горных пород с нетипичными условиями залегания [1, 2, 3] или с нетипичными свойствами [4].

* Исследования выполнены в рамках грантового финансирования Министерства образования и науки Республики Казахстан по теме 0360/ГФЗ(2013-2015 гг.)

Таблица 1

Классификация глинистых пород по числу пластичности и консистенции

Глинистые породы и их особенности	Число пластичности, J_p , %	Тип пород по J_p	Консистенция, J_L , доли ед.	Классификация глинистой породы по консистенции J_L
Четвертичные суглинки желтого цвета	16,45	суглинок	0,04	полутвердая
Четвертичные глины серо-голубого цвета	20,00	глина	0,26	тугопластичная
Чеганские выветренные глины, осветленные сине-зеленого, желто-красного цвета	21,50	глина	– 0,16	твердая
Чеганские выветренные запесоченные глины серого цвета с желтыми включениями	19,70	глина	0,04	полутвердая
Чеганские оливково-зеленые глины с линзочками светло-серого песка	19,30	глина	– 0,34	твердая

Результаты, полученные в ходе лабораторного моделирования нагруженных откосов, изложены в работах [5, 6]. Однако для более детального изучения устойчивости нагруженных откосов проведены исследования по выявлению факторов, оказывающих определяющее влияние на процесс деформации нагруженного глинистого откоса. В связи с этим сделано предположение, что к таким факторам относятся высота и угол наклона откоса, величина бермы безопасности и ширина участка, нагруженного внешним отвалом, прочностные, деформационные и физико-механические свойства горных пород. Для определения факторов, оказывающих влияние на устойчивость откосов, сложенных пластичными породами, проводятся испытания при изменении одного из факторов при прочих равных условиях. Испытанию подвергаются 34 модели при различных значениях ширины и удаления внешнего отвала от верхней бровки уступа, прочности материала моделирования, высот и углов наклона откосов.

Проведенные исследования моделей уступов с углами наклона откосов 20° , 25° , 30° , 45° и 60° показывают, что угол наклона откоса (α), нагруженного внешним отвалом, существенным образом влияет на конфигурацию поверхности скольжения, незначительно изменяя площадь оползневого тела (менее 3 %). При любых наклонах откоса уступа угол встречи плоскости скольжения (θ) и откосной части уступа сохраняется примерно одинаковым, изменяясь в интервале от 31° до 37° , а напряжения (σ) с уменьшением угла откоса увеличиваются (рис. 1 а).

Анализ влияния на устойчивость откоса уступа модели ширины основания внешнего отвала (l_0) осуществляется в процессе испытания с использованием штампов размерами $0,08 \times 0,16$; $0,10 \times 0,16$; $0,12 \times 0,16$; $0,16 \times 0,16$ и $0,20 \times 0,16$, изготовленных из листовой стали толщиной 4 мм. Испытания проводятся при одинаковом удалении ближнего края штампа до верхней бровки уступа, составляющем в среднем 0,2 м. В результате проведенных испытаний установлено, что при различной ширине штампа глинистый материал

ведет себя идентично, что приводит к сходным качественным и количественным показателям исследования. Разница высот оползневого тела ($H_{пр}$) и их объемы колеблются в допустимых для моделирования пределах $2 \div 4$ %. Нагрузки отличаются значительно (минимум-максимум – 32 %). Однако если учитывать фактор влажности материала, то можно утверждать, что колебания этого показателя незначительны, тем более для моделирования с целью изучения процесса деформирования карьерных откосов с качественной стороны (рис. 1 б).

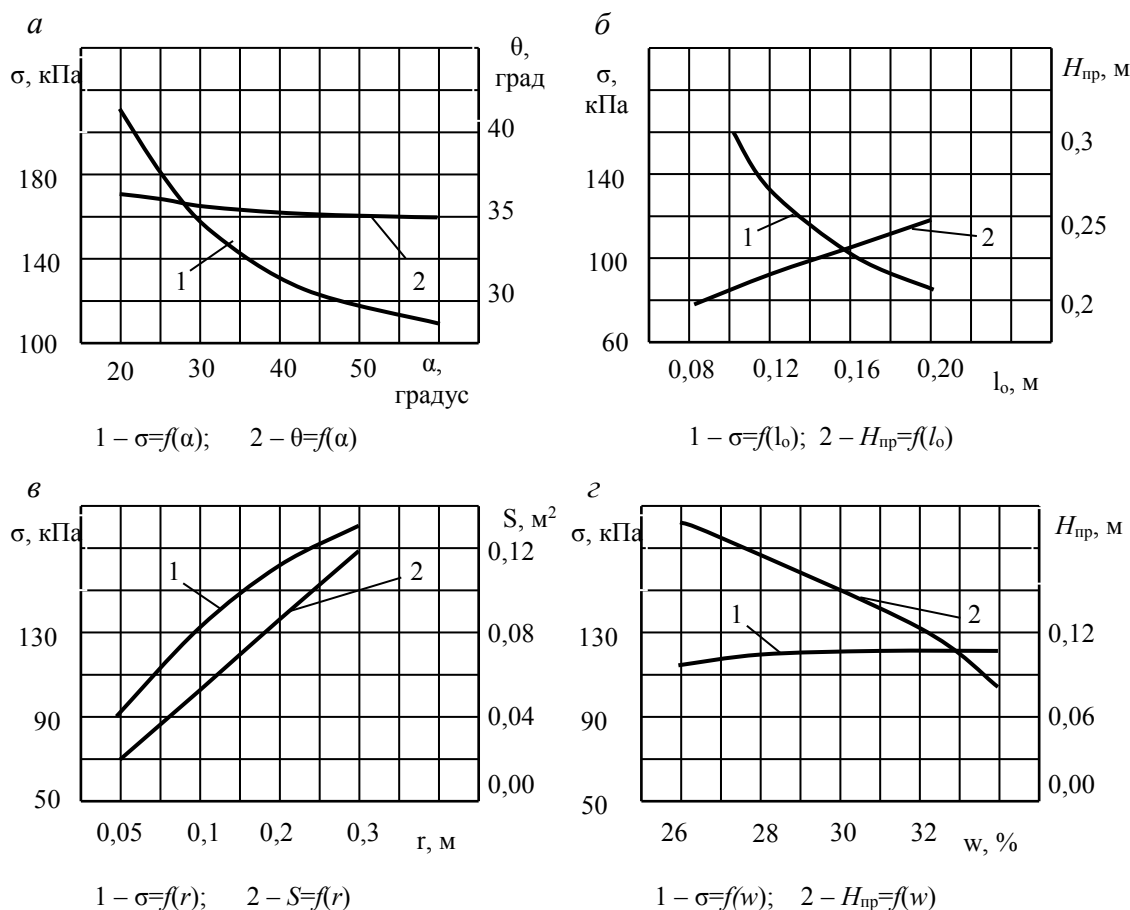


Рис. 1 – Влияние изучаемых факторов на механизм деформирования модели откоса, изготовленной из чеганской выветренной глины:

- а – зависимость напряжения и угла встречи от угла откоса;
- б – зависимость напряжения и высоты призмы обрушения от ширины отвала;
- в – зависимость напряжения и площади призмы обрушения от ширины бермы;
- г – зависимость напряжения и высоты призмы обрушения от влажности материала

Для определения степени влияния на устойчивость откоса бермы безопасности (r) испытываются модели с различной ее величиной. Полученные данные позволяют сделать следующее заключение. Величина бермы безопасности играет определяющую роль в изменении размеров деформируемого массива модели – чем больше берма безопасности, тем больше оползневое тело – при функциональной зависимости между ними ($V = f(r; H')$). Данное соотношение сохраняет смысл в определенном интервале значений бермы безопасности и влажности глинистого материала, используемого в модели. В проведенной серии испытаний установлено, что в диапазоне $0,05 < r < 0,29$ модель ведет себя, подчиняясь одной механике деформаций.

На рис. 1 в представлена зависимость изменения напряжения от ширины бермы, на основании которой можно утверждать, что с увеличением бермы разрушающие

напряжения в массиве увеличиваются. Аналогично изменяется объем оползших глинистых пород (S).

На основании имеющихся данных (H) было определено, что соотношение ($\sigma_{н.пл} / \gamma$) является определяющим для устойчивой высоты уступа модели. В тех случаях, когда соотношение ($\sigma_{н.пл} / \gamma$) превышает высоту уступа, происходят значительные деформации, которые определяются как критические, и их можно приравнять к разрушающим для уступов в натуре.

Анализ данных, полученных в ходе моделирования, подтверждает, что высота откоса оказывает влияние на форму и размеры поверхности скольжения до величины, равной отношению нормальной нагрузки, вызывающей переход пород в состояние пластического течения, к объемной плотности породы. Результаты хорошо согласуются с данными, полученными на основе испытания глинистого материала на одноплоскостной сдвиг, растяжение и сжатие образцов, отобранных с плоскости скольжения, спровоцированных в моделях оползней. Таким образом, если предельная высота реального откоса превышена, тогда происходят изменения прочностных свойств горных пород, проявляются их упруго-пластические, пластические свойства, развиваются деформационные процессы, что в итоге вызывает оползень. В противном случае откос устойчив. Графики зависимости напряжения и высоты призмы обрушения свидетельствуют о том, что напряжения при изменении влажности меняются незначительно, а высота призмы обрушения с увеличением влаги в материале снижается (рис. 1 з).

Таким образом, исследованиями установлено следующее:

- угол наклона откоса (α), нагруженного внешним отвалом, существенным образом влияет на конфигурацию поверхности скольжения, незначительно изменяя площадь оползневого тела;

- угол встречи плоскости скольжения и откосной части уступа сохраняется примерно одинаковым, изменяясь в интервале от 31° до 37° , а напряжения с уменьшением угла откоса увеличиваются;

- при изменении ширины отвала глинистый материал ведет себя идентично, что приводит к сходным качественным и количественным результатам исследования. Вертикальные нагрузки отличаются значительно (минимум-максимум – 32 %). Однако такое расхождение связано со значительными колебаниями влажности материала;

- величина бермы безопасности играет определяющую роль в изменении размеров деформируемого массива модели: чем шире берма безопасности, тем больше размер оползневого тела. Однако с увеличением ширины бермы увеличиваются и разрушающие напряжения;

- высота откоса оказывает влияние на форму и размеры поверхности скольжения до величины, равной отношению нормальной нагрузки, вызывающей переход пород в состояние пластического течения, к объемной плотности породы.

Литература

1. Анашкин А.И. Методика моделирования карьерных откосов с пликативными поверхностями ослабления / А.И. Анашкин // Сдвижение горных пород и земной поверхности при разработке месторождений полезных ископаемых: тематический сборник. – Караганда: КарПТИ, 1984. – С. 60 – 64.
2. Низаметдинов Ф.К. Моделирование карьерных откосов с извилистыми поверхностями ослабления / Ф.К. Низаметдинов, Р.П. Окатов // Совершенствование маркшейдерской службы на горных предприятиях: тематический сборник. – Караганда: Изд-во КарПТИ, 1982. – С. 33 – 38.
3. Окатов Р.П. Моделирование карьерных откосов с изменчивыми поверхностями ослабления / Р.П. Окатов, Ф.К. Низаметдинов, А.И. Анашкин // Известия вузов. Горный журнал. – 1984. – № 4. – С. 21 – 24.

4. Габитов Р.М. Свойства эквивалентных материалов на основе Na-мыла / Р.М. Габитов, Е.П. Кашапова // Освоение месторождений полезных ископаемых: межвуз. сб. науч. тр. – Магнитогорск: Изд-во МГТУ, 2004. – С. 69 – 71.

5. Барулин А.И. Моделирование нагруженных откосов в массиве пластичных горных пород / А.И. Барулин, З.Р. Рахимов // Вестник национальной инженерной академии Республики Казахстан. – 2007. - № 4 (26). – С. 94 - 99.

6. Рахимов З.Р. Исследование влияния жесткости испытательного стенда на точность моделирования откосов / З.Р. Рахимов, А.И. Барулин // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2007. – № 4 (20). – С. 5 – 9.