

О ПРИМЕНЕНИИ ВЕЛИЧИНЫ ОПОЛЗНЕВОЙ МАССЫ СКЛОНОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ЕГО СМЕЩЕНИЯ

Джаманбаев Мураталы Джузумалиевич - доктор физико-математических наук, профессор, ректор Кыргызского государственного университета им. И. Раззакова, г. Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, jamanbaev@mail.ru

Омуралиев Сагындык Бекишевич - кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Институт геомеханики и освоения недр Национальная Академия наук Кыргызской Республики, Кыргызстан, 720017, г. Бишкек, ул. Медерова 98, Sagynd.omuraliev@yandex.ru

Аннотация: Определяется величина оползневой массы – M_0 . Для нахождения - M_0 необходимо сначала установить в неустойчивом склоне наиболее опасную поверхность скольжения. Путем построения различных возможных поверхностей скольжения была установлена наиболее опасная поверхность скольжения и определен для каждой из них коэффициент устойчивости. Изучаются физико-механические свойства грунта с места схода оползня в лабораторных условиях.

Ключевые слова: оползень, суглинок, атмосферные осадки, масса грунта, дальность смещения, траектория, водонасыщение, поверхность скольжения, устойчивость склона, линия скольжения.

ABOUT THE APPLICATION OF THE VALUE OF THE END MASS OF SLOPES TO DETERMINE THE DISTANCE OF ITS DISPLACEMENT

Dzhamanbaev Murataly Dzhuzumaliyevich - Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Rector of the Kyrgyz State University. I. Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Ch. Aitmatov Ave. 66, jamanbaev@mail.ru

Omuraliev Sagyndyk Bekishevich - Ph.D. in Physics and Mathematics, Senior Researcher, Institute of Geomechanics and Subsoil Development National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Kyrgyzstan, 720017, Bishkek, ul. Mederova 98, Sagynd.omuraliev@yandex.ru

Abstract: The value of the landslide mass - M_0 is determined. To find - M_0 , you must first install the most dangerous sliding surface in an unstable slope. By constructing various possible sliding surfaces, the most dangerous sliding surface was established and the coefficient of stability was determined for each of them. The physical and mechanical properties of the soil from the place of the landslide in the laboratory are being studied.

Keywords: andslide, loam, precipitation, soil mass, displacement distance, trajectory, water saturation, slip surface, slope stability, slip line.

Введение. Подавляющее большинство оползней на территории Кыргызстана развивается на горных склонах, покрытых с поверхности мощными лессами и лессовидными суглинками. Одним из ведущих факторов возникновения и периодической массовой активизации таких оползней являются климатические условия, а именно количество атмосферных осадков и режим температуры воздуха в зимне-весенний период (декабрь-май) [1].

Точное очертание линии скольжения для простейших случаев из-за недостаточной изученности самого механизма природы оползневого явления до настоящего времени не установлено. Природа оползневых явлений, весьма сложных по существу, до сих пор остается еще далеко не раскрытой.

Поэтому, для территории юга Кыргызстана изучение смещений суглинистых грунтов от атмосферных осадков является наиболее актуальным.

Физическая постановка задачи. При движении по склону оползневые массы, вследствие уменьшения его крутизны, теряют скорость и останавливаются на пологих или равнинных поверхностях у подножия склона, проходя значительные расстояния. Поэтому для обеспечения безопасности жилых поселков, сельскохозяйственных угодий и других объектов, расположенных у основания оползневых склонов, необходимо знать расстояние, которое пройдет оползень при полной разгрузке [2].

В работе [2] задача решается при допущении, что масса оползня до и после схода остается неизменной. Схематический чертеж представлен на рис. 1.

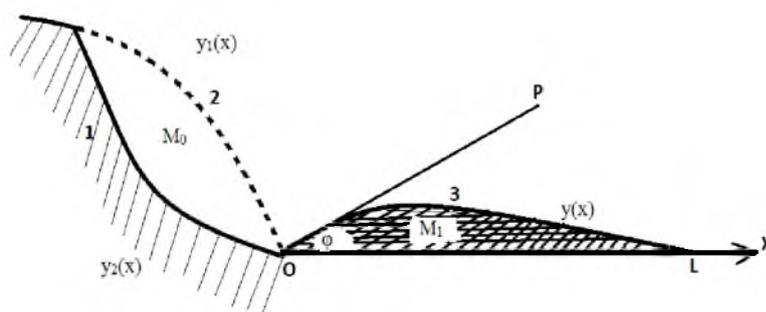


Рисунок 1. Течение со срезом и разжижением в массе глинистых или лёссовых образований при увлажнении тальми, дождевыми водами (потоп, спływ): 1 – лёссовый массив, 2 – поверхность склона до оползания, 3 – оползшая масса пород. (M_0 и M_1 – массы до и после схода; $y_1(x)$, $y_2(x)$ – поверхности склона и скольжения; $y(x)$ – траектория смещения оползневой массы; OL – дальность смещения; φ – угол между касательной OP и оси OX).

Пусть до схода оползневая масса M_0 имеет следующий вид:

$$M_0 = \int_0^{L_0} \rho_{гр.} (y_1(x) - y_2(x)) dx, \quad (1)$$

где $y_1(x)$ – поверхность склона; $y_2(x)$ – поверхность скольжения; $\rho_{гр.}$ – плотность грунта; l_* – длина склона.

Предположим, что оползневые массы до и после схода равны:

$$M_0 = M_1 . \quad (2)$$

Оползневое тело движется под углом α к горизонтальной плоскости с массой M_l . Пометим начало координат O в начальном положении точки. Тогда масса M_1 имеет следующий вид:

$$M_1 = \int_0^L \rho_{гр.}(y(x) - A)dx; \quad (3)$$

где L – дальность смещения оползневого тела; $y(x)$ – уравнение верхней границы оползневой массы после схода; $y = A$ – прямая, параллельная оси Ox .

Будем искать геометрическую форму оползневой массы после схода в виде функции

$$y(x) = -ax^2 + bx + c , \quad (4)$$

где a, b, c – неизвестные постоянные действительные числа.

Неизвестные постоянные в уравнении (4) определены в работе [2] и получено уравнение верхней границы оползневого тела:

$$y(x) = -ax^2 + bx = tg\varphi \left(x - \frac{x^2}{L} \right) \quad (5)$$

Зная геометрическую форму оползня, определим массу

$$M_1 = \int_0^L \rho_{гр.}(-ax^2 + bx - A)dx$$

Считаем $A = 0$, т.е. $y = 0$ совпадает с дневной поверхностью.

Тогда M_1 примет вид:

$$M_1 = \int_0^L \rho_{гр.}(-ax^2 + bx)dx = \rho_{гр.} \frac{L^2 tg\varphi}{6} \quad (6)$$

Используя условие равенства масс оползня после и до схода (2), находим горизонтальную составляющую дальности смещения оползневой массы:

$$L = \sqrt{\frac{6M_0}{\rho_{гр.}tg\varphi}} \quad (7)$$

Подставляя (7) в (5), получим уравнение траектории оползневого смещения:

$$y(x) = tg\varphi \left(x - \frac{x^2}{L} \right) = tg\varphi \left(x - \sqrt{\frac{\rho_{гр.}tg\varphi}{6M_0}} x^2 \right) \quad (8)$$

В работе [2] величина оползневой массы - M_0 не определена.

Для нахождения массы оползня до схода, т.е. M_0 необходимо сначала найти в неустойчивом склоне наиболее опасную поверхность скольжения. Склон сложен однородными суглинками, критическая поверхность скольжения неизвестна. Собственный вес склона обусловлен водонасыщенным грунтом в результате инфильтрации атмосферных осадков (дождь, снег).

В случаях, когда по материалам инженерно-геологических изысканий и имеющихся теоретических методов положение наиболее опасной поверхности скольжения установить не удастся, расчетные методы оценки устойчивости склонов в прямом виде применить не представляется возможным. В таких случаях следует использовать вариационные методы

расчета, предложенные А.Д. Гиргидовым, М.Н. Гольдштейном, А.Г. Дорфманом, У.Х. Магдеевым и др.

В работе [3], оползневое давление E определяется, как разность между сдвигающими и удерживающими силами, т.е. силы описываются выражениями:

$$S_i = -P_i \sin \alpha_i \frac{\cos \varphi}{\cos(\alpha_i + \varphi)}, R_i = (P_i \operatorname{tg} \varphi \cos \alpha_i + c l_i) \frac{\cos \varphi}{\cos(\alpha_i + \varphi)}. \quad (9)$$

Здесь S_i – сдвигающие силы; R_i – удерживающие силы; P_i – собственный вес склона, обусловленный водонасыщенным грунтом; l_i – длина отрезка линии скольжения; α_i – угол наклона линии скольжения к горизонту, отсчитываемый от оси x против часовой стрелки; φ – угол внутреннего трения грунта; c – сцепление грунта.

Воспользовавшись дифференциальным представлением углов наклона линий скольжения:

$$\cos \alpha_i = \frac{1}{\sqrt{1+y_2'^2}}; \sin \alpha_i = \frac{y_2'}{\sqrt{1+y_2'^2}}, \quad (10)$$

после соответствующих подстановок и ряда преобразований, получим зависимость, определяющую приращение E для элементарного отсека при произвольной форме линий скольжения:

$$E_i - E_{i-1} = F(x, y_2, y_2') \Delta x. \quad (11)$$

Выражение, определяющее приращение оползневое давление E , имеет вид:

$$F(x, y_2, y_2') = [\gamma_{\text{гр}}(1 - m) + \gamma_b m](y_1 - y_2) \left[\frac{y_2' + \operatorname{tg} \varphi}{1 - y_2' \operatorname{tg} \varphi} - \mu \right] - c \frac{1 + y_2'^2}{1 - y_2' \operatorname{tg} \varphi}, \quad (12)$$

где $\gamma_b, \gamma_{\text{гр}}$ – соответственно удельный вес дождевых вод и грунта; m – пористость грунта; μ – коэффициент динамической сейсмичности, значения которого при расчете естественных склонов рекомендуется принимать по таблице 1. При расчете искусственных откосов значения коэффициента из таблицы 1. следует (приблизительно) увеличивать в 1,5 раза [4].

Таблица 1 - Коэффициент динамической сейсмичности μ

Сейсмическая балльность района	1-6	7	8	9	10	11	12
μ	0,00	0,025	0,050	0,10	0,25	0,50	>0,75

$y_1 = y_1(x)$ – уравнение склона; $y_2 = y_2(x)$ – неизвестная линия скольжения.

Получаем выражение E в произвольном сечении x склона в виде интеграла:

$$E = \int_{x_0}^x F(x, y_2, y_2') dx \quad (13)$$

где x_0 – координата, соответствующая начальной точке оползнеопасного блока.

В результате определения частных производных и выполнения необходимых преобразований уравнение Эйлера для функционала (13) принимает следующий вид:

$$2y_2''(1 + \operatorname{tg}^2 \varphi) \left[[\gamma_{\text{гр}}(1 - m) + \gamma_b m](y_2 - y_1) \operatorname{tg} \varphi - c \right] - (1 - y_2' \operatorname{tg} \varphi) \{ [\gamma_{\text{гр}}(1 - m) + \gamma_b m] ((1 - y_2' \operatorname{tg} \varphi)(y_2' + \operatorname{tg} \varphi - \mu(1 - y_2' \operatorname{tg} \varphi)) - (y_2' - y_1')(1 + \operatorname{tg}^2 \varphi)) \} = 0 \quad (14)$$

Так как дифференциальное уравнение (14) – второго порядка, для его решения задаются два условия – положение начальной точки и начальный наклон линии скольжения.

В качестве примера выбран однородный суглинистый грунт. Водно-физические и физико-механические свойства грунта имеют значения: $m = 0,42$, $\varphi = 10^0$, $C = 20 \text{ кН/м}^2$, $\gamma_{гр.} = 18 \text{ кН/м}^3$, $\gamma_b = 10 \text{ кН/м}^3$, коэффициент динамической сейсмичности $\mu = 0,05$.

Путем построения различных поверхностей скольжения и определения для каждой из них коэффициента устойчивости, была установлена наиболее опасная поверхность скольжения – 5 с углом $\alpha = 72^0$, представленная на рис.2. Ей соответствует минимальный коэффициент $K_{уст.} = 0,98$. Следовательно, данный массив является неустойчивым.

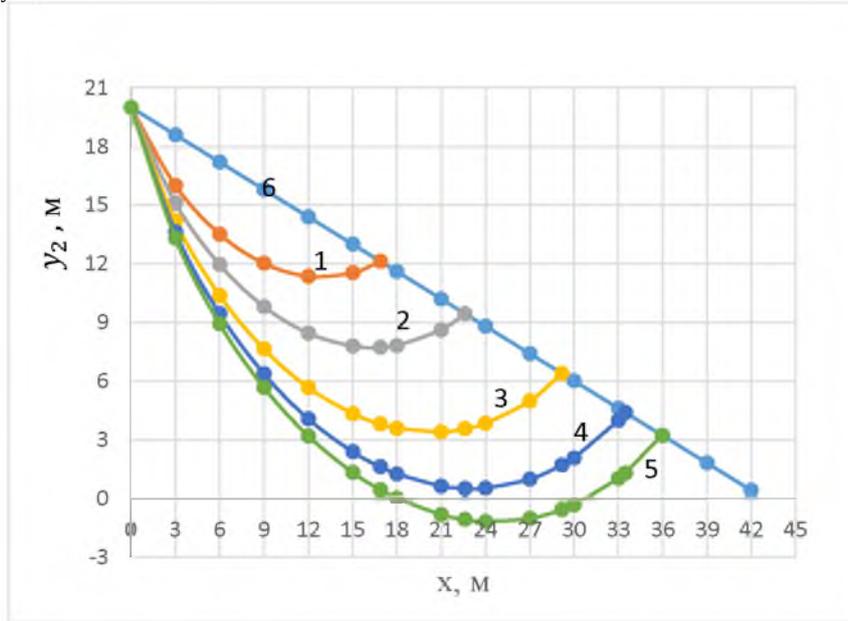


Рис.2. Определение опасной линии скольжения: линии скольжения 1-5; 6 – поверхность склона

Профиль склона и результаты расчета линии скольжения и коэффициента устойчивости представлены в табл.2.

Таблица 2- Результаты расчета

$x, \text{ м}$	$y_1(x), \text{ м}$	$\alpha^1 = -60^0$		$\alpha^2 = -65^0$		$\alpha^3 = -69^0$		$\alpha^4 = -71^0$		$\alpha^5 = -72^0$	
		$y_2(x), \text{ м}$	$K_{уст.}$								
0	20	20	-	20	-	20	-	20	-	20	-
3	18,60	16,01	-	15,12	-	14,19	-	13,63	-	13,31	-
6	17,20	13,53	-	11,96	-	10,39	-	9,45	-	8,94	-
9	15,81	12,03	-	9,82	-	7,65	-	6,38	-	5,68	-
12	14,41	11,37	-	8,46	-	5,68	-	4,08	-	3,21	-
15	13,01	11,54	-	7,80	-	4,35	-	2,40	-	1,34	-
16,87	12,13	12,13	2,24	7,73	-	3,81	-	1,63	-	0,45	-
18	11,61	-	-	7,83	-	3,60	-	1,26	-	0,01	-
21	10,21	-	-	8,63	-	3,42	-	0,64	-	-0,82	-
22,62	9,46	-	-	9,46	1,42	3,57	-	0,52	-	-1,07	-
24	8,81	-	-	-	-	3,85	-	0,54	-	-1,17	-
27	7,41	-	-	-	-	4,99	-	0,99	-	-1,02	-
29,17	6,40	-	-	-	-	6,40	1,14	1,71	-	-0,57	-
30	6,02	-	-	-	-	-	-	2,08	-	-0,32	-
33	4,62	-	-	-	-	-	-	3,99	-	1,03	-
33,47	4,40	-	-	-	-	-	-	4,40	1,03	1,31	-

Известия КГТУ им. И.Раззакова 50/2019

35,96	3,23									3,23	0,98
36	3,22										
39	1,82										
42	0,42										

Полученные данные расчета: $y_1(x)$ и $y_2(x)$ подставляем в уравнение (1) и определим величину оползневой массы – M_0 .

Далее, определим по формуле (15) дальность смещения оползневых масс на горизонтальном участке:

$$L = \sqrt{\frac{6M_0}{\rho_{гр.} \cdot tg\varphi}} = \sqrt{\frac{6S}{tg\varphi}}, \quad (15)$$

где $S = \int_0^{L_0} (y_1(x) - y_2(x)) dx$.

Выводы. В результате применения величины оползневой массы склонов для определения дальности его смещения установлено:

1. Для определения оползневой массы - M_0 найдена в неустойчивом склоне наиболее опасная поверхность скольжения. Для этой поверхности скольжения $K_{уст.} = 0,98$.
2. Уравнение (14) применим для однородных грунтов, у которых прочностные характеристики оползневой массы одинаковы по всей длине поверхности скольжения.

Список литературы

1. Торгоев И.А, Алешин Ю.Г., Аширов Г.Э. Влияние климат на возникновение оползней в Кыргызстане. Научно-инженерный центр “ГЕОПРИБОР” НАН Кыргызской Республики, г. Бишкек.
2. Джаманбаев М.Дж., Омуралиев С.Б., Душенова У.Дж., Турсункулова З.С. Определение дальности смещения оползневой массы. //Известия КГТУ им. И. Раззакова. - 2018. -№4 (48). –С. 187-193.
3. Гинзбург Л.К. Противооползневые удерживающие конструкции.- М.:Стройиздат, 1979.-80с
4. Рекомендации по выбору методов расчета коэффициента устойчивости склона и оползневого давления. Москва-1986.