

Рис. 2. Оптимальные очертания фильтра.

форму фильтра, и результаты представить в виде, удобном для практического использования.

Л и т е р а т у р а

1. Цыпляев А.С. Рыбозащитные сетчатые установки с рыбоотводом. - М., 1973.
2. Химицкий К.Ф. Новая водоочистная сетка. - Водоснабжение и санитарная техника, 1965, №8.
3. Петрашкевич В.В. Конический многосекционный рыбозаградитель. - Рыбное хозяйство, 1976, №10, с.23-25.
4. Гуревич М.И. Теория струй идеальной жидкости. - М., 1961.
5. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного. - М., 1965.

УДК 532.537:626.17

В.К.Свиштунов, канд. техн. наук, доц. (БПИ)

ДЕФОРМАЦИЯ ОТКОСА МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ ПРИ ВЫКЛИНИВАНИИ ГРУНТОВЫХ ВОД

Наибольшей деформации подвергаются откосы мелиоративных каналов в пределах зоны выклинивания грунтовых вод. Особенно неустойчивы сложенные слабосвязными и несвязными грунтами. В этой зоне идет процесс переформирования откоса. Часть грунтовой массы уносится к подошве откоса, уполаживая его. В отдельных случаях в верхней зоне выклинивания он оползает отдельными глыбами. Граница оползня не постоянна и по мере насыщения грунта водой перемещается вверх по откосу. При установившейся высоте выклинивания процесс деформации откоса не бесконечен, на определенной стадии он стабилизируется.

Для выяснения длительности процесса деформации и стабилизации его во времени были проведены исследования на крупномасштабных моделях откоса в грунтовом лотке (размеры лотка: длина – 8 м, ширина – 1 м, высота – 2,2 м). Опыты проводили с мелкозернистым песком (объемная масса $\gamma_r = 1,51 \text{ г/см}^3$, плотность $\gamma = 2,65 \text{ г/см}^3$, структурное сцепление $C = 0,004 \text{ г/см}^2$, коэффициент неоднородности $\eta_r = 1,7$, коэффициент фильтрации $K_f = 2 - 7 \text{ м/сутки}$, коэффициент внутреннего трения грунта $\phi_f = 0,532$, $d_{10} = 0,45 \text{ см}$, $d_{\text{ср.взв}} = 0,036 \text{ см}$).

Проанализируем процесс деформации во времени. Выклинивающаяся через откос грунтовая вода сначала стекала сплошным слоем по откосу, примерно равным среднему диаметру частиц грунта. Но это наблюдалось до определенных высот выклинивания при соответствующей крутизне откоса m . Некоторые исследователи [1, 2] указывают, что поток течет равномерным слоем при высотах выклинивания $h_B = 5 - 15 \text{ см}$ в условиях ламинарного и турбулентного режимов. Но при этом не указываются грунты, заложение откосов и длительность выклинивания грунтовых вод. В действительности откос может оказаться в неустойчивом положении при высоте выклинивания, например, $h_B = 10 \text{ см}$ в мелкозернистых грунтах при заложении откоса круче, чем $\frac{2,2}{f}$, и наоборот, откос может быть устойчив при тех же величинах h и m в среднезернистых грунтах. При длительном же выклинивании на той же высоте, может произойти концентрация потока в ручейки, которые приведут к переформированию откоса в его нижней части. Поэтому фактор времени, в течение которого откос подвергается воздействию грунтового и поверхностного потоков, является важным критерием при оценке степени деформируемости откоса.

На наш взгляд, к креплению канала и его зон надо подходить дифференцированно. В некоторых случаях знание допустимых пределов деформации, соответствующих заранее заданной величине, даст возможность ограничиться в средней и верхней зонах откосов более легким креплением (одерновка, посев трав, пригрузка) и тем самым обеспечить устойчивость откосов. Исследования характера деформации на любой стадии выклинивания на физических моделях откоса в натуральную величину, как представляется нам, дают более полную картину количественного переноса грунтовых масс в результате рассмотрения отдельных зон и анализа деформаций на протяжении 4 – 5 м по длине откоса.

Таблица 1. Слой и скорость стекающего по откосу потока

Показатели	Зоны откоса		
	верхняя	средняя	нижняя
Расстояние от бака $L, м$	4,4	5,0 - 6,0	6,5
Слой стока $h, мм$	1,5 - 2,0	2,5	2,5 - 3,0
Скорость потока $v, м/с$	0,15	0,32	0,41

Изучение роли отдельных казуальных воздействий и факторов, обуславливающих то или иное явление, позволит шире раскрыть физическую картину процесса, даст возможность прогнозировать величины деформаций, наметить рациональные типы крепления по зонам откоса.

Деформацию откосов при высачивании грунтовых вод можно условно сравнить с эрозией почв при склоновом стоке с поверхности со слабой или вообще отсутствующей инфильтрационной способностью почвенного покрова. Рассмотрим, каким образом идет разрушение откоса. Слой и скорость течения выклинивающегося потока растут к подножию откоса. Так, на откосе с коэффициентом заложения, равным 5, наблюдались величины слоя стока и скорости потока по зонам откоса, находящимся на разном расстоянии от источника питания, представленные в табл. 1.

Когда силовое воздействие на частицы превышает сопротивляемость их размыву (внутреннее трение f , сцепление C_c и масса G), начинается деформация откоса. Лобовое и подъемное усилия потока заставляют частицу вибрировать, а при превышении активных сил над пассивными - перемещаться вниз или отлагаться по пути в зависимости от массы частицы. Можно выделить условно следующие стадии развития эрозии поверхности откоса:

1. Высачивание грунтового потока без сноса частиц грунта, когда высота высачивания $h_v < h_{v, доп}$ для данного грунта.

2. Склоновый сток, когда глубина слоя потока не больше расчетного диаметра частиц грунта (размыва, эрозии не происходит).

3. Слой стока достигает размеров бóльших, чем расчетный

диаметр частиц грунта откоса, и начинается нарушение предельного равновесия грунта (начало образования ручейков).

4. Углубление ручейков, образование промоин-ложбинок, уширение ручейков за счет подмыва бережков.

5. Образование в русле ручейков естественной отмостки.

6. Затухание поверхностной эрозии вверх по откосу.

7. Стабилизация формы ручьев, промоин (прекращение ложбинообразования).

Рассмотрим каждую стадию в отдельности и попытаемся сделать анализ физики явления для конкретного коэффициента заложения откоса.

А. Модели откосов с крутизной $\frac{2,2}{f}$.

На первой стадии грунтовый поток высачивался на небольшой высоте, так как шло насыщение приоткосной зоны водой и подъем уровней в пьезометрах наблюдался около 0,13 см/мин.

Насыщение начали в 10 ч, а к 11 ч 35 мин высачивание наблюдалось на расстоянии от бака 4,18 м. Сноса не наблюдалось, так как высота высачивания $h^B = 10 - 12$ см не превышала допустимую для данного грунта ($h^B_{\text{доп}} = 17,2$ см).

На второй стадии развития деформации откоса имел место плавный сток высачивающейся воды. К 12 ч высота высачивания достигла 12 - 15 см.

На третьей стадии эрозии ($t = 12$ ч 17 мин) поток начал образовывать ручейки сначала у правой стенки лотка, а затем у левой. У подошвы откоса наметился снос мелких песчинок. Высачивание наблюдалось на расстоянии 4 м от бака, снос начался несколько ниже.

На четвертой стадии, с подъемом высоты высачивания вверх по откосу поверхностный поток приобрел энергию и процесс размыва пошел уже более интенсивно. Слой стекающей воды превосходил диаметр частиц, находящихся на поверхности откоса. Вода начала углублять образовавшиеся ручейки. К 16 ч 45 мин на расстоянии 3,7 м от бака было замечено значительное оплывание откоса (шириной 20 см).

В течение 24 ч высачивания вода еще больше разработала русла (пути стока) и образовала промоины-ложбинки шириной 18 - 20 см и глубиной 2 - 3 см.

На вторые сутки высачивания ручейки прорезали откос по длине его до 4,6 м. Ниже снесенный песок расплывался, образуя наносы (наплывы). Как только образовались глубокие ручейки, перестал идти снос частиц грунта по всей ширине откоса. Снос шел только по промоинам-ложбинам, где наблю-

дался сконцентрированный сток. Откос как бы подсушивался этими ручейками, которые понижали кривую депрессии в межложбинном пространстве.

Пятая стадия. На третьи сутки высачивания в образовавшихся овражках начала формироваться обратная отмостка (самоотмостка), которая была представлена в основном крупными частицами грунта (песка), а также агрегатами, склеенными глинистыми частицами, и кусочками органики (торфа). В этот период заметного сноса не наблюдалось, хотя вода в ручейках двигалась. На четвертые сутки в верхней зоне высачивания откос был влажным. Ниже по откосу, примерно от начала формирования ручейков, происходило постепенное подсушивание откоса, и в местах, где ручейки углубились, имело место снижение кривой депрессии и, как следствие, — верхний слой откоса подсушивался.

Шестая стадия развития деформации откоса характеризовалась затуханием эрозии вверх по нему в результате образовавшейся защитной самоотмостки. Наступило равновесие между размывающим действием стекающего потока и сопротивлением грунта размыву.

На седьмой стадии, последней в фазах развития эрозии поверхности откоса, процессы ложбинообразования прекращались. Сноса частиц визуально не наблюдалось. Деформированный откос находился в стабильном положении, хотя по-прежнему высачивание грунтового потока происходило на той же высоте ($h = 60$ см). Ширина ручьев достигала 23 — 32 см, глубина $3 - 4$ см (рис. 1). Площадь деформации ручьев для $m = 5$, по данным планиметрирования, составила $0,343 \text{ м}^2$, что равно 23% от общей площади откоса в пределах деформированных участков. Объем снесенных частиц у подошвы откоса был равен $0,013 \text{ м}^3$. О характере деформации и ее стабилизации можно судить по показателю поверхностной эрозии $\chi = \frac{V}{b}$ (где V — ширина лотка, b — ширина ручьев) (рис. 2).

Б. Модель откоса с крутизной $< \frac{2,2}{f}$.

Характер деформации откоса, сформированного круче, чем $m = 3,6$, несколько отличается от ранее проанализированной деформации с $m = 4$ и 5. Сначала можно было выделить 1-, 2-, 3-ю стадии эрозии поверхности откоса при подъеме уровня грунтовых вод (при насыщении тела откоса в течение первых суток). Затем при подъеме уровня воды в баке началось интенсивное насыщение приоткосной зоны. На вторые сутки к

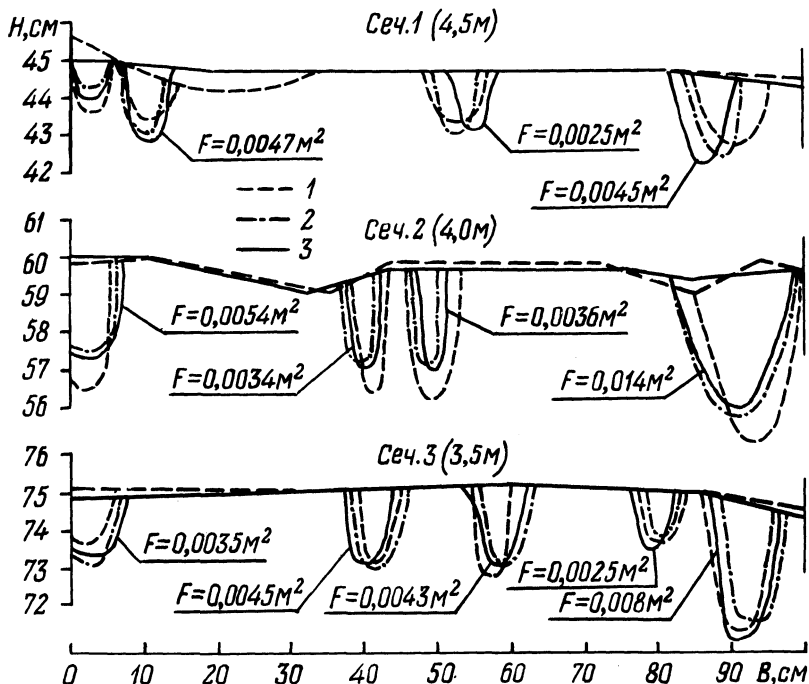


Рис. 1. Характер глубинной эрозии откоса $m = 5$:
 1 - 3.V; 2 - 12.V; 3 - 16.V (стабилизация откоса); F - площадь ручейков.

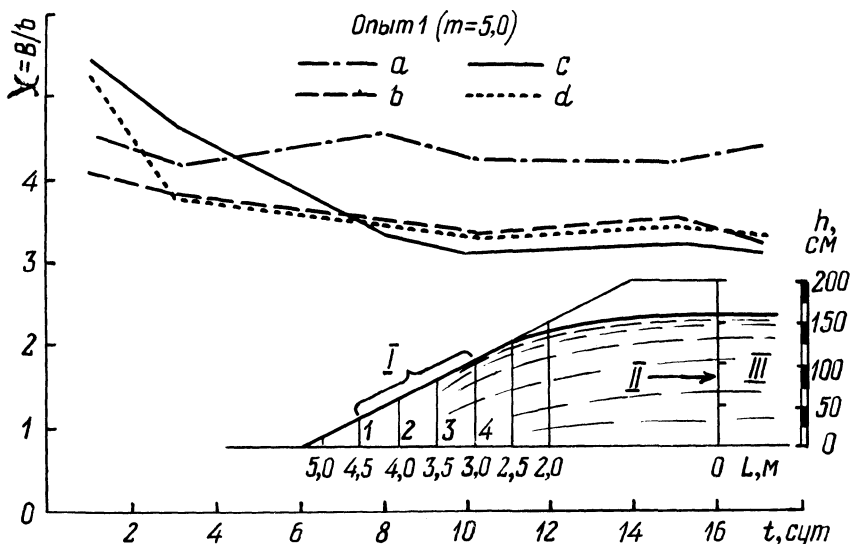


Рис. 2. Изменение показателя поверхностной деформации откоса, L (расстояние от напорного бака) -- 4,5 м (а), 4,0 (в), 3,5 (с), 3,0 м (d); I - опытные сечения; II - перфорированная стенка; III - напорный бак

12 ч (через 28 ч от начала опыта) откос на удалении 2,7 м от бока пополз целым отсеком. Высота высачивания при этом достигла 30 см, вызвав выпучивание нижележащего грунта в месте установки пьезометра №12 (3,5 м от напорного бака). Оползание по ширине распространилось от 36 до 90 см. Слева и справа от стенок образовались ручейки шириной 2 – 11 см глубиной 0,3 – 1 см. Ниже 3,5 м по откосу происходил снос частиц, а от 4 м и ниже происходил наплыв грунта. Выше контура оплывания откос в основном не подвергся эрозии: ручейки сформировались ниже контура оплывания.

На третьи сутки при высоте высачивания 61 см в ручьях появилась отмостка, но снос песчинок по канавам продолжался с отложением их у подошвы откоса. Контур зоны обрушения находился на расстоянии 2,6 м от напорного бака.

Следует отметить, что в процессе деформации откоса при высачиваемом грунтовом потоке ручейки изменяют свою форму и направление движения, т.е. меандрируют. Промоины-ложбины то уширяются за счет подмыва бережков, то изменяют свой базис эрозии. Поток ищет более слабые места в грунте откоса, т.е. пути наименьшего сопротивления размыву. Во всех опытах с различными коэффициентами заложения откоса наблюдалась картина меандрирования ручейков, изображенная на рис. 3.

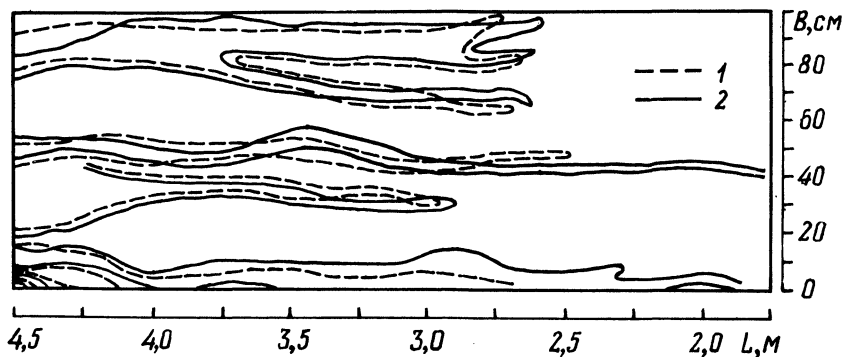


Рис. 3. Плановая деформация откоса $m = 5$:
1 – 3. V; 2 – 16. V (стабилизировавшаяся конфигурация ручьев).

На четвертые и пятые сутки наблюдений за деформируемостью откоса обрушение начало перемещаться вверх, и его верхний контур был на расстоянии 2,5 м от бака. В нижней зоне происходил наплыв продуктов сноса.

В ручьях образовалась значительная отстойка, поэтому движение воды в них было еле заметно. В зоне от 3,4 м до 3,9 м буртики, образовавшиеся в результате давления оплывших вышерасположенных участков откоса, были подсушены канавками. Контур наплыва в нижней зоне откоса достиг 4,9 м (начало наплыва сформировалось на расстоянии 4 м от напорного бака).

На восемнадцатые сутки в основном наступила стабилизация деформаций откоса. В канавках с отстойкой были видны железистые отложения. Движения воды по канавкам визуально не наблюдалось. Верхний контур обрушения, достигший 1,98 м, не изменял уже своей конфигурации.

Таким образом, можно сделать следующие выводы: 1. При анализе деформации во времени надо рассматривать распределенные зоны по высоте откоса, так как в них наблюдаются разные картины разрушения откоса, а это требует разной капитальности крепления.

2. Расход стекающих по откосу вод возрастает от точки высачивания к урезу воды только в начальный момент высачивания до образования ручейков. Ручейки же определенной глубины (до 2 – 3 см) осушают среднюю часть откоса и картина стока меняется.

Л и т е р а т у р а

1. Шестаков В.М., Кузнецова Н.А. Фильтрационная устойчивость песчаных откосов. – Тр. ин-та ВНИИВОДГЕО, 1958. 2. Покровский Г.И. К расчету устойчивости грунтов на откосе. – Гидротехническое строительство, 1955, № 4.

УДК 624.131.37

Г.В.Мишурова, канд. техн. наук
(БелНИИМиВХ)

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КОНТАКТА СУПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ И ФИЛЬТРОВ

Формирование структуры контакта различных грунтов при определенных начальных условиях влияет на фильтрационные деформации, происходящие в контактной зоне, а следовательно, и на фильтрационную прочность контакта.

Формирование структуры у контакта изучалось экспериментально для двух видов супесей Белорусского Полесья, ха-