

Из нее следует, что в опытах серий 1, 3, 4, 5, где средний диаметр составлял, соответственно, 0,35, 0,30 и 0,38 мм, наиболее близкие к опытным данным результаты получены по формуле К.И.Россинского. В опытах серии 3, где средний диаметр частиц грунта был 0,75 мм, наилучшую сходимости дает формула С.Х. Абальянца. Поскольку эти две формулы имеют одинаковую структуру, можно предположить, что формула транспортирующей способности потока при размыве песчаных плотин имеет такую же структуру:

$$q_s = A v^3 / wh \cdot q \quad (9)$$

Величина коэффициента А зависит от крупности частиц грунта. Например, в опыте серии 1 она принимает значение порядка 0,004÷0,007, в опыте же серии 2 — 0,015÷0,020.

Таким образом, на основании сравнения опытных и расчетных данных (см. табл. 1) получен общий вид формулы транспорта твердого стока при размыве моделей плотин из песчаных грунтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппович И.В., Богославчик П.М. Водосброс по типу размываемой вставки. — Водное хозяйство и гидротехническое строительство, 1982, вып. 12, с. 96–100.
2. Богославчик П.М., Филиппович И.В. Динамика размыва плотины из местных материалов при переливе воды. — Изв. вузов СССР. Сер. Энергетика, 1982, № 3, с. 88–93.
3. Богославчик П.М., Филиппович И.В. К расчету размыва однородной плотины из песчаных грунтов при переливе воды через гребень. — Изв. вузов СССР. Сер. Энергетика, 1983, № 2, с. 100–105.
4. Гончаров В.Н. Динамика русловых потоков. — Л., 1962. — 374 с.
5. Студеничкин Б.И. Размывающая способность потока и методы русловых расчетов. — М., 1964. — 184 с.
6. Лапшенков В.С. Прогнозирование русловых деформаций в бьефах речных гидроузлов. — Л., 1979. — 239 с.
7. Левин И.И. Динамика русловых потоков. — М.–Л., 1957. — 252 с.
8. Указания по расчету заилиения водохранилищ при строительном проектировании. — Л., 1973. — 55 с.
9. Абальянц С.Х. Движение взвесей в открытых потоках. — В кн.: Труды САНИИРИ. Ташкент, 1958, вып. 96, с. 3–141.
10. Справочник по гидравлическим расчетам/Под ред. П.Г.Киселева. — М., 1974. — 313 с.

УДК 627.5

Е.М.ЛЕВКЕВИЧ, канд.техн.наук (БПИ)

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕРЕГОЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ ПОДВОДНЫХ ВОЛНОЛОМОВ ТИПА ТОНКОЙ СТЕНКИ

Для защиты берегов водохранилищ и верховых откосов земляных плотин от размыва волнами наряду с устройством на их поверхности различного ряда покрытий (креплений) применяются волноломы, гасящие энергию волн и тем самым уменьшающие величину их воздействия на откос [1–4].

Широкое распространение на морях и крупных водоемах получили подводные волноломы типа порогов или дамб, которые к настоящему времени изучены наиболее полно [1–3]. Наряду с этим находят применение для защиты откосов низконапорных дамб и плотин подводные волноломы типа тонких

стенок [2, 4]. Для того чтобы они могли служить надежным средством защиты, их размеры и место установки должны быть выбраны с расчетом наибольшего берегозащитного эффекта.

В связи с ограниченностью применения берегозащитных подводных волноломов как средства защиты верховых откосов и недостаточной изученностью вопросов, связанных с их проектированием, нами были проведены специальные лабораторные исследования.

Опыты проводились в волновом лотке размером 12,0 x 0,4 x 0,32 м, оборудованном волнопродуктором типа качающегося щита, который обеспечивал получение волн высотой до 10,0 см и длиной до 150,0 см. Исследования проводились на размываемой модели, представляющей откос земляного сооружения с заложением 1:5, выполненный из среднезернистого песка ($d_{10} = 0,2$ мм, $d_{50} = 0,5$ мм). На откосе устанавливались модели волноломов типа тонких стенок. Модель волнолома представляла собой металлическую пластинку длиной 32 см и требуемой по условиям опыта высотой, которая прикреплялась к стенкам лотка.

Опытные волноломы устанавливались на откосе в соответствии с рекомендациями [3, 4], а также в местах, где гашение волн на откосе было наибольшим (определенных нами экспериментальным путем на неразрываемой модели [5]) при различных волновых режимах. Заглубление верха волноломов под уровень во всех опытах составляло половину высоты волны — 2,8 см. Расстояние между рядами волноломов на основании тех же опытов принималось равным $1,25mh_v$ (m — коэффициент откоса, h_v — высота волны).

Каждый опытный откос подвергался воздействию регулярных волн до тех пор, пока не вырабатывался профиль динамического равновесия. В процессе переформирования откоса через определенные промежутки времени регистрировались координаты характерных точек профиля. Измерение элементов волн производилось электросигнальным и осциллографическим методами, элементов профиля откоса в процессе размыва — по сетке на стеклянной стенке лотка.

Все опыты велись при одном волновом режиме: высота исходной волны 5,6 см, длина — 80,0 см при глубине воды 30,0 см. Всего было проведено 7 опытов: один с неукрепленным откосом и 6 с различными схемами установки волноломов (рис. 1). В результате были получены профили откосов на различных стадиях размыва, а также профили динамического равновесия, которые в сочетании с визуальными наблюдениями дали возможность качественно оценить берегозащитные свойства волноломов при разных схемах установки их на откосе.

Опыты показали, что волноломы в виде однорядных или двурядных незаглубленных стенок либо стенок с незначительным заглублением в откос при любой схеме установки практически не защищают последний от размыва, так как вихри, образующиеся за стенкой при обрушении волны и скатывании ее с откоса, подмывают основные стенки. Спустя некоторое время, под стенкой образуется щель, через которую движущаяся со значительной скоростью вода интенсивно выносит продукты размыва. В итоге стенки "зависают" над откосом и не оказывают никакого защитного действия (см. рис.1, б, г).

Эффективное действие волноломов как берегозащитных устройств возможно только в случае заглубления их в откос на глубину, исключающую под-

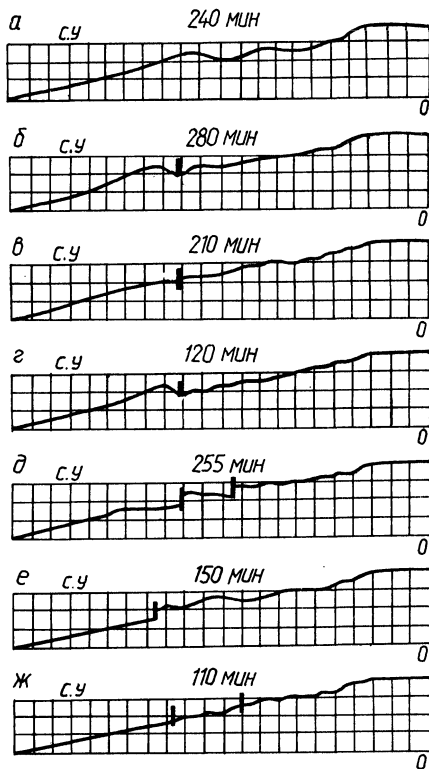


Рис. 1. Профили динамического равновесия откосов при различных схемах установки волноломов:

а — неукрепленный откос; б — одиночная заглубленная [4] и в — одиночная незаглубленная стенки [4]; г — два ряда незаглубленных стенок [4] и д — два ряда заглубленных стенок [4]; е — одиночная заглубленная стенка [5]; ж — два ряда заглубленных стенок [5].

мыв основания (рис.1, д,е,ж). Опыты показали, что величина заглубления должна быть равной $0,5h_B$.

Для оценки эффективности берегозащитного действия волноломов в табл.1 приведены данные о характеристиках профилей динамического равновесия, образовавшихся при размыве неукрепленного откоса и откосов с волноломами, установленными по различным схемам.

Из данных таблицы следует, что по количественным характеристикам наилучший берегозащитный эффект достигается при применении волноломов типа двурядной стенки, устанавливаемых по рекомендациям, полученным в результате исследований,

проведенных нами [5] и Гидрорыбпроектом [4]. Были выданы рекомендации по рациональному размещению подводных волноломов на откосе и их конструкции, которые могут быть применены в условиях малых водохранилищ.

Подводные волноломы как средство активной защиты берегов водохранилищ и откосов от размыва наиболее эффективны в случаях, когда колебания уровней в безледный период незначительны (пруды-охладители ТЭЦ, рыбоводные пруды). Количество рядов волноломов определяется из условия гашения расчетной волны до размеров, не представляющих опасности для размыва откоса (10—20 см) и гашения на каждом ряду волнолома 50 % высоты волны. Волноломы устанавливают на глубине больше критической (глубина разрушения волны), считая от расчетного уровня воды. Заглубление верха однорядного волнолома под расчетный уровень принимается равным 0,5 высоты расчетной волны.

Для случая, когда устанавливаются два или три ряда волноломов, заглубление верха волнолома под расчетный уровень для первого ряда (считая от акватории со стороны подхода волны) принимается в зависимости от расчетной высоты волны, а каждого последующего — от погашенной волны на предыдущем ряду (величина коэффициента гашения — 0,5). При двух или трех рядах стенок расстояние между ними принимается равным $1,25mh_B$.

**Характеристики профилей динамического равновесия
при различном расположении волноломов**

№ п/п	Тип модели и схема установки волноломов	Характеристики размыва			
		абсолютные значения		сравнение с не- уклонным откосом	
		объем вымыва- того грун- та, см ²	рассто- яние от начала уреза до об- рыва, см	объем вымыва- того грун- та, см ²	рассто- яние от начала уреза до об- рыва, см
1	2	3	4	5	6
1.	Неукрепленный откос	257	40	—	—
2.	Одиночная незаглубленная стенка [4]	146	32	$\frac{111}{0,57}$	$\frac{-8}{0,8}$
3.	Одиночная заглубленная стенка [4]	60	43	$\frac{197}{0,23}$	$\frac{+3}{1,07}$
4.	Два ряда незаглубленных стенок [4]	107	28	$\frac{150}{0,42}$	$\frac{-12}{0,7}$
5.	Два ряда заглубленных стенок [4]	68	40	$\frac{189}{0,27}$	$\frac{0}{1}$
6.	Одиночная заглубленная стенка (БПИ) [5]	140	42	$\frac{117}{0,54}$	$\frac{+2}{1,05}$
7.	Два ряда заглубленных стенок (БПИ) [5]	50	30	$\frac{207}{0,19}$	$\frac{-10}{0,70}$

П р и м е ч а н и е. В графах 5, 6 представлена разность (числитель) и отношение (знаменатель) характеристик размыва.

Волноломы не исключают возможности возникновения небольших местных деформаций откоса на участке между стенкой и урезом воды, особенно при колебаниях уровня. Поэтому низ волноломов необходимо заглублять в грунт на половину высоты погашенной волны.

На рис. 2 представлены типы подводных волноломов, которые могут найти применение на малых водохранилищах. Они могут выполняться из дерева, железобетона и местных материалов, быть однорядными и двухрядными. Для надежной работы должны быть обеспечены следующие условия: общая устойчивость стенок, их грунто- и водонепроницаемость, заглубление грунтопроницаемой части стенки под поверхность откоса на глубину, равную 0,2—0,3 высоты стенки или до 0,5 высоты волны.

В заключение необходимо отметить, что способ защиты откоса от размыва, тип и конструкция берегозащитных устройств определяются местными условиями, путем сравнения технико-экономических показателей вариантов.

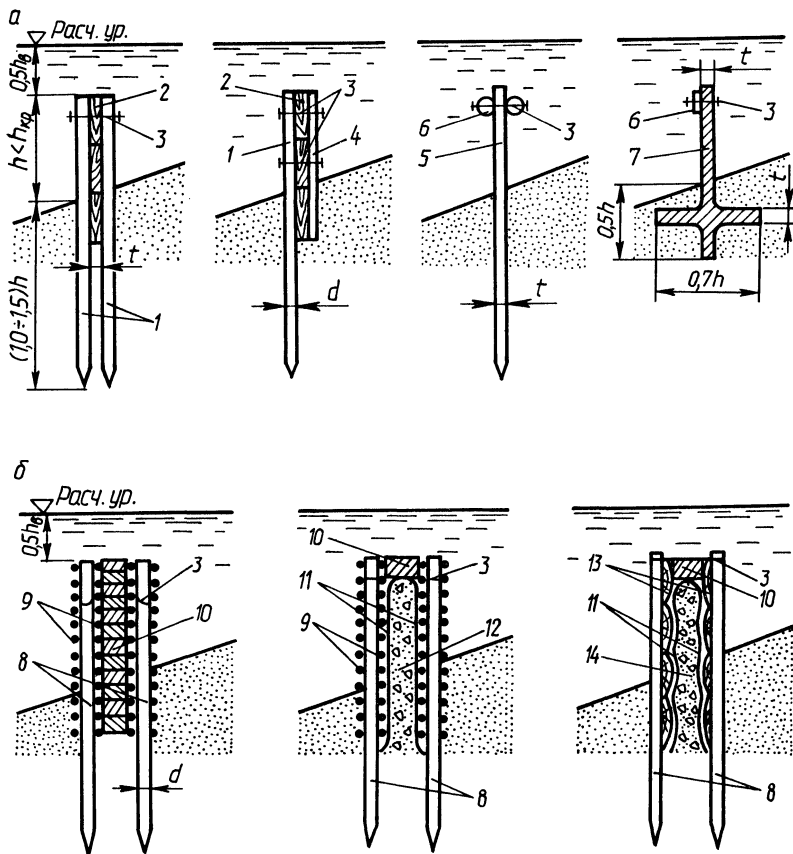


Рис. 2. Простейшие типы подводных волноломов для защиты берегов и откосов земляных плотин и дамб малых водохранилищ:

а — одиночные стенки; б — двухрядные стенки. 1 — свайки $d = 8-10$ см через $1,0-1,5$ м; 2 — доски $t = 3,5-4,0$ см; 3 — стяжка из стального прутка $\varnothing 10,0$ мм или проволоки $\varnothing 3,0-4,0$ мм; 4 — прижимной брус; 5 — шпунтины деревянные $4,0$ см; 6 — сжимной брус; 7 — железобетонный элемент $t = 3,5-4,0$ см, длиной $2,0-2,5$ м; 8 — колья $d = 8,0$ см через $1,0-1,5$ м; 9 — хворост; 10 — кладка из дрена; 11 — синтетическая пленка $t = 1,0-1,5$ мм; 12 — гравий или щебень; 13 — доски необрезные (горбыли); 14 — песок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б о ж и ч П.К., Д ж у н к о в с к и й Н.Н. Морское волнение и его действие на сооружения и берега. — М., 1949, с. 336. 2. П ы ш к и н Б.А. Динамика берегов водохранилищ. — Киев, 1973, с. 413. 3. Г у г н я е в Я.Э. Проектирование пологих откосов, подверженных действию волн. — М., 1959. — 37 с. 4. Типовой проект 413-7. Дамбы рыбоводных прудов. Гидрорыбпроект. — М., 1961, с. 16. 5. Л е в к е в и ч Е.М., Б у д н и к В.Д., Д о м н и ч В.М. Лабораторные исследования подводного волнолома. Материалы докладов XIV юбилейной студенческой научно-технической конференции вузов республик Прибалтики, БССР и Калининградской обл. — В кн.: Строительство и сантехника. Каунас, 1968, с. 22.