

"Труды гидравлической лаборатории ВНИИ ВОДГЕО", 1948, сб. № 2. 5. Офицеров А. С. Пазы в быках и давление потока на водослив. — "Гидротехническое строительство", 1950, № 10. 6. Гидравлические расчеты водосливов, ТУиН проектирования гидротехнических сооружений. М., 1952.

Е. М. Левкевич, В. Н. Южновец

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛОГИХ НЕУКРЕПЛЕННЫХ ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН И ДАМБ НА ВОДОЕМАХ БССР

Одним из способов защиты земляных сооружений и берегов водохранилищ от размыва волнами является придание их откосам пологой формы, приближающейся к профилю динамического равновесия. Об эффективности защитной роли пологих откосов свидетельствует опыт эксплуатации ряда дамб с пляжными откосами, построенных на Киевском, Кременчугском, Днепродзержинском водохранилищах, на нескольких водохранилищах в Туркменской ССР, на Новосибирском водохранилище. В Белоруссии искусственные пляжи созданы на водохранилищах Заславльском и "Вяча", дамбы с пологими откосами возведены в рыбхозе "Любань", построена плотина на р. Лоша. Намечается в республике и дальнейшее строительство сооружений с пологими откосами.

В настоящее время имеется ряд методик по расчету профиля пологих откосов. Однако расчет по ним элементов пологих откосов является приближенным, и результаты существенно различаются между собой.

Анализ опубликованных материалов показывает, что наиболее приемлемыми для практического использования являются методики В. Л. Максимчука [1] и Б. А. Пышкина [2].

Для расчета пологих откосов, формирующихся в малых водоемах на территории БССР, даны рекомендации Ф. В. Саплюковым [3], которые также нуждаются в проверке, так как базируются на малом объеме материалов наблюдений (откосы дамб рыбхоза "Любань" и отелей Солигорского водохранилища).

Для выявления степени соответствия расчетных значений заложений пологих откосов по методикам [1—3] заложениям неукрепленных откосов, образовавшихся под воздействием вол-

нения в водоемах БССР после длительной их эксплуатации (6-30 лет) и установления более надежного метода расчета авторами были проведены обследования абразионных откосов земляных плотин и дамб, а также искусственных пляжей на 12 объектах в различных районах республики.

Характеристики объектов: глубина водоемов от 1,1 до 6,5 м, длина разгона волны от 0,2 до 4,4 км, грунты откосов — мелкозернистые и среднезернистые пески. При обследованиях собирались сведения о водоемах, о размерах и материале сооружений, данные о параметрах абразионных профилей на откосах. Для получения характеристик размыва выбирались поперечники на участках, близких к середине сооружения по его длине, в местах наибольшего воздействия волнения. В зависимости от местных условий на участке выбиралось от одного до трех поперечников. Всего промерено 126 поперечников на 65 дамбах и плотинах и 20 поперечников на отмелях Заславльского водохранилища.

Данные наблюдений и анализ профилей показали, что форма профиля, при имеющихся условиях, в малых водоемах в пределах воздействия волн почти прямолинейная. Поэтому профиль откоса, формирующийся в песчаных грунтах, можно считать плоским с некоторым углом наклона в промежутке между верхним и нижним пределами размывающего действия волн.

Анализ данных, полученных в результате обработки материалов натуральных наблюдений, показал, что в условиях малых водоемов на территории БССР фактические коэффициенты заложения откосов m существенно меньше (почти в два раза) по сравнению с рассчитанными по методикам [1, 2] (табл. 1). При этом чем меньше водоем, тем больше различаются значения m . Следует полагать, что механизм формирования профиля в малых водоемах имеет ряд специфических особенностей, приводящих к тому, что профиль в них получается более крутым (например, отмечаемое Л.Б.Иконниковым [4] влияние ширины спектра высоты волн).

На рис. 1 сравниваются полученные в натуре коэффициенты заложения пологих откосов с рассчитанными по рекомендациям Ф.В.Саплюкова [3]. По оси абсцисс отложены значения m , вычисленные по [3], по оси ординат — соответствующие расчетным условиям их фактические значения. Как видно, ближе к расчетным m по [3] только данные, относящиеся к рыбхозу "Любань", которые и послужили основой при разработке рекомендаций [3]. Таким образом, эти рекомендации являются для

Таблица 1

№ п.п.	Наименование объекта (рыбхоза)	Наименование дамбы	Исходные	
			глубина Н, м	длина разгона D_p , км
1.	"Любань"	РДН 4-5; 5	1,5	1,30
2.	" "	РДН 1-2; 1	1,3	0,90
3.	" "	РДН 3-4; 3	1,3	0,55
4.	" "	РДН 3-4; 4	1,5	1,05
5.	"Тремля"	РДН 4-5; 4	1,2	1,0
6.	"Соколово"	КДН Окт.	0,9	0,50
7.	"Вилейка"	РДН 9-10; 9	1,1	0,52
8.	"Свислочь"	КДН-4; 1	1,2	1,10

данные		Заложение пологого откоса отмели		
элементы волны по СН 92-60		измеренное m ϕ	по Максимуму В.Л. [1]	по Пышкину Б.А. [2]
высота h 1%, м	поло- гость λ_0			
0,48	11,1	9,3	20,3	16,5
0,43	10,8	11,0	19,7	15,0
0,42	10,5	9,3	21,7	15,0
0,46	10,7	14,7	23,6	16,0
0,42	10,5	10,0	22,3	15,0
0,35	10,1	6,6	17,4	13,5
0,40	10,3	7,5	23,6	14,5
0,42	10,5	8,0	23,9	15,0

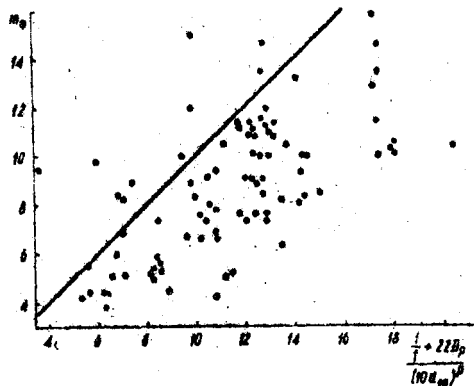


Рис. 1. Сравнение наблюдаемых значений коэффициентов заложения пологих откосов (●) с рассчитанными в соответствии с методикой [3].

условий республики приближенными.

Изучение условий, в которых происходит формирование волноустойчивого профиля в водоемах на территории республики (грунтов для устройства сооружений, скоростей ветра над тер-

риторией и водоемами БССР [5], ветрового волнения в малых водоемах [6]) позволило принять за основу при нахождении расчетных зависимостей метод природных аналогий [7]. Согласно этому методу при изучении процесса абразии и обобщении данных можно опираться только на главные, так называемые "представительные" факторы, определяющие развитие процесса. Данная концепция использовалась нами при последующем анализе полученных в натуральных условиях коэффициентов заложения абразийных откосов, представляющих собой результат интегрального воздействия всех природных факторов в течение продолжительного времени.

Для рассматриваемой категории водоемов "представительными" были приняты два фактора: расчетная длина разгона D_p , косвенно отражающая энергетическую сторону воздействия на откос волнового потока и других сопутствующих гидродинамических явлений, и характеристика грунта призмы, откоса, выражаемая средним диаметром фракции d_{50} по кривой granulометрического состава, через которую косвенно можно отразить силы сопротивления при абразии. Решение задачи свелось к установлению связи между коэффициентом заложения

устойчивого откоса m и соответствующими значениями D_p и d_{50} . Для выражения этой связи по теории размерностей получено уравнение (1)

$$m = k \left(\frac{D_p}{d_{50}} \right)^x. \quad (1)$$

Для использования уравнения (1) необходимо раскрыть содержание D_p и определить значения неизвестных параметров k и x .

Обычно под длиной разгона D подразумевается расстояние от рассматриваемой точки водоема до подветренного берега по направлению действия ветра или наибольшее расстояние в секторе, ограниченном лучами, проведенными под углом $+22,5^\circ$ относительно главного луча, совпадающего с направлением действия ветра. Но так определить длину разгона легко для конкретного шторма. Для многолетнего периода задача по установлению D_p приобретает некоторую неопределенность, поскольку весьма затруднительно выбрать направление главного луча. Это связано с тем, что далеко не всегда совпадают направления действия наиболее сильных и меньших по силе, но более продолжительных ветров. К тому же продолжительность наиболее сильных ветров зачастую может оказаться недостаточной для формирования профиля, соответствующего волнению при такой скорости ветра w . Часто может оказаться, что D по направлениям действия наиболее сильных ветров будет значительно меньше, чем по направлениям ветра с меньшей w . До конца не выяснен также вопрос, какие же штормы -- наиболее сильные, но непродолжительные или менее сильные, но более продолжительные -- влияют на формирование профиля за многолетний период.

Установлено, что в многолетний период воздействие ветрового волнения и сопутствующих ему других гидродинамических явлений при формировании профиля откосов в малых водоемах на территории БССР можно считать равновероятным по всем направлениям относительно стран света. Из этого следует, что направление главного луча не зависит от направления действия ветра и поэтому за расчетную длину разгона D_p в водоемах округлой формы в плане принималось максимальное расстояние до противоположного подветренного берега. Ограничения касались только величины наименьшего угла между линией уреза и лучом, по которому измерялась

D_p . Величина этого угла принималась равной 15° , так как доля воздействия на профиль волновой энергии, приходящей из этого сектора, мала [8].

В водоемах со сложной чертой берегового контура за D_p принималась величина разгона, определяемая по формуле из [9]:

$$D_p = 0,27 [D_0 + 0,85 (D_{+1} + D_{-1}) + 0,50 (D_{+2} + D_{-2})], \quad (2)$$

где D_0 — длина разгона по главному лучу; D_{+1} — длина разгона по лучам, проведенным под углом $\pm 22,5^\circ$ относительно главного луча; D_{+2} — то же, под углом $\pm 45^\circ$.

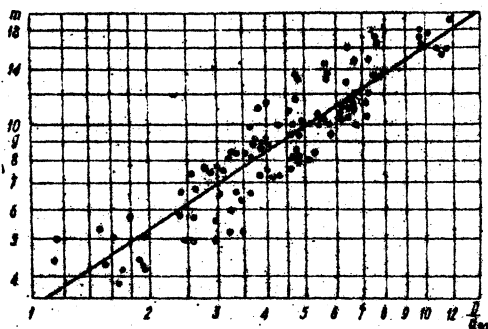
Направление главного луча проводилось так, чтобы в итоге по (2) получить наибольшее значение D_p .

Численные значения параметров k и x определялись обработкой материалов наблюдений методами математической статистики.

Рис. 2. Зависимость

$$m = f \left(\frac{D_p}{d_{50}} \right)$$

по данным натуральных испытаний.



Данные результатов наблюдений приведены на рис.2. Размещению фактических данных свойственна некоторая закономерность, так как через опытные точки можно провести прямую (чем также подтверждается правильность структуры формулы (1)). Уравнение этой линии записывается в виде

$$\lg m = x \lg \left(\frac{D_p}{d_{50}} \right) + \lg k. \quad (3)$$

Неизвестные параметры x и k определены по методу наименьших квадратов по данным наблюдений. По результатам вычислений $k = 3,21$ и $x = 0,70$.

Тогда в окончательном виде выражение (1) примет вид

$$m = 3,21 \left(\frac{D_p}{d_{50}} \right)^{0,70}, \quad (4)$$

где D_p — определялась в километрах; d_{50} — в миллиметрах.

За показатель соответствия значений m , вычисленных по формуле (4), фактическим их значениям принят коэффициент корреляции. Величина его равна 0,90, что является свидетельством хорошей сходимости измеренных и вычисленных m . Отсюда вытекает, что принятые "представительные" факторы достаточно хорошо характеризуют комплекс воздействий на откос при формировании профиля и обеспечивают решение задачи с достаточной достоверностью.

Зависимость (4) рекомендуется использовать при проектировании пологих откосов сооружений из несвязных грунтов при условиях:

$$d_{50} = 0,10 - 0,55 \text{ мм}, \quad D_p \leq 3 \text{ км}, \quad m > 2,5.$$

Если учесть, что при отсутствии волнения значение m должно соответствовать заложению естественного откоса ($m_0 = 2,5$), то правая часть (4) может быть представлена в виде двучлена $m = m_0 + m'$. Тогда формула, полученная по тем же данным натурных наблюдений, примет вид

$$m = 2,5 + 1,12 \left(\frac{D_p}{d_{50}} \right)^{1,15}. \quad (5)$$

Результаты расчета m по уравнениям (4), (5) в указанных пределах их применения почти равнозначны, однако эти значения m , определенные по (4), несколько лучше согласуются с фактическими, поэтому для практического использования предпочтительнее зависимость (4).

Л и т е р а т у р а

1. Пышкин Б.А., Русаков С.В., Максимчук В.Л. Проектирование защитных сооружений на водохранилищах. Киев, 1962. 2. Пышкин Б.А. Вопросы динамики берегов водохранилищ. Киев, 1963. 3. Саплюков Ф.В. Заиление и переработка берегов малых водохранилищ. Создание, сохра-

нение и восстановление водоемов. Елгава, 1974. 4. Иконников Л. Б. Формирование берегов водохранилищ. М., 1972. 5. Левкевич Е. М., Юхновец В. Н. Расчетная скорость ветра для определения элементов ветровых волн в условиях Белоруссии. — В сб.: Мелиорация и водное хозяйство. Вып. 1. Минск, 1973. 6. Левкевич Е. М., Юхновец В. Н. К расчету высоты ветровой волны на водохранилищах с малой длиной разгона. — В сб.: Водное хозяйство Белоруссии. Вып. 4. Минск 1974. 7. Розовский Л. Б. Вопросы теории геологического подобия и применения природных аналогов в инженерной геологии. Автореф. докт. дисс. Одесса, 1964. 8. Качугин Е. Г. Рекомендации по изучению переработки берегов водохранилищ. М., 1969. 9. Лаппо Д. Д., Красножон Г. Ф. Обобщенные предложения по расчету параметров ветровых волн и их воздействий на гидротехнические сооружения. — "Труды координационных совещаний по гидротехнике", 1969, вып. 50.

А. Х. Альтшуль, В. И. Жученко

ОЦЕНКА ФИЛЬТРАЦИОННЫХ РАСХОДОВ ИЗ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ НА ОДНОМ ИЗ МЕЛИОРИРУЕМЫХ УЧАСТКОВ ПОЛЕСЬЯ

С целью создания аккумулирующей емкости с последующим использованием воды для обводнения и орошения прилегающих земель, водоснабжения вновь создаваемого рыбхоза, а также для регулирования стока р. Бобрик запроектированы водохранилище "Погост" (в районе существующего озера "Погост") и пруды рыбхоза "Полесье". Наполнение водохранилища проектируется по подводящему каналу из р. Бобрик.

Пруды рыбхоза расположены южнее водохранилища и наполнение их осуществляется из водохранилища самотеком. Одновременно предусмотрен перепуск р. Вислищы по новому руслу в р. Бобрик. На юго-востоке исследуемого района запроектирован горизонтальный дренаж. Вдоль восточных границ проектируемого водохранилища, а также северных и восточных границ прудов рыбхоза предусмотрены ловчие каналы.

Проектируемые сооружения расположены в центральной части Полесской низменности. В орографическом отношении исследуемый район представляет собой плоскую, в значительной степени заболоченную и слабодренированную равнину с общим уклоном с севера на юг в сторону долины р. Припяти. Гидрографическая сеть представлена равнинным типом рек, которые