

В задачу инженерных расчетов при проведении этих мероприятий входят определение и подбор оптимального состава песчано-гравийной смеси и ее количества ( $Q_{отс}$ ), расчет параметров самоотмостки: ширины  $B_{отм}$ , мощности  $H_{отм}$ , а также формы профиля равновесия, закрепленного крупнозернистым материалом.

В заключение следует отметить, что приведенные рекомендации и алгоритм управления береговым процессом могут найти широкое применение для условий Европейской части страны, где строятся малые водохранилища и имеются грунты с повышенной неоднородностью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Широков В.М., Лопух П.С. Формирование берегов малых водохранилищ Белоруссии. — В кн.: Морфогенез на территории Белоруссии. — Минск, 1983, с. 71—81.
2. Сокольников Ю.Н. Инженерная морфодинамика берегов и ее приложения. — Киев, 1976. — 228 с.
3. Левкевич Е.М., Сапожников Е.Г. Из опыта эксплуатации креплений верховых откосов земляных плотин и берегов водохранилищ БССР. — В кн.: Водное хозяйство Белоруссии. Минск, 1977, вып. 7, с. 97—105.
4. Левкевич В.Е. Закономерности развития абразии берегов малых водохранилищ. — В кн.: Вопросы эксплуатации осушительно-увлажнительных систем. Минск, 1983, с. 110—114.
5. Максимчук В.Л. Рациональное использование и охрана берегов водохранилищ. — Киев, 1981. — 112 с.
6. Пишин В.К., Экзарьян В.Н. Прогноз процесса формирования берегов водохранилищ. — М. — Л., 1979. — 112 с.
7. Левкевич В.Е. Лабораторные исследования деформаций берегов, сложенных грунтами с повышенной степенью неоднородности. — В кн.: Водное хозяйство и гидротехническое строительство. Минск, 1984, вып. 14, с. 57—61.
8. Левкевич В.Е. Учет фактора неоднородности грунта при защите размываемых берегов водохранилищ. — В кн.: Мелиорация и водное хозяйство. Минск, 1981, вып. 11, с. 20—23.
9. Левкевич В.Е. Регрессионная модель процесса переработки берегов малых водохранилищ. — В кн.: Водное хозяйство и гидротехническое строительство. Минск, 1982, вып. 13, с. 46—49.
10. Левкевич В.Е. Рекомендации по прогнозированию переработки абразионных берегов малых равнинных водохранилищ, сложенных несвязными грунтами. — Минск, 1984. — 40 с.

УДК 627.41

Е.М.ЛЕВКЕВИЧ, канд. техн. наук,  
Н.В.СУРМА (БПИ)

#### МЕЛКОЯЧЕИСТОЕ ПОКРЫТИЕ ГРУНТОВЫХ ОТКОСОВ

В гидротехническом строительстве для защиты откосов земляных плотин, дамб, каналов, берегов рек и водохранилищ от разрушения применяются покрытия различных типов. Наиболее надежными считаются покрытия из железобетона—монолитные, сборно-монолитные и сборные [1—4]. На сравнительно малых объектах чаще применяются сборные покрытия, при устройстве которых плиты омоноличиваются в карты больших размеров или шарнирно соединяются между собой. При этом швы между ними остаются открытыми, и вода проникает под плиты [1, 2]. Сборные покрытия из железобетонных плит имеют более высокую надежность по сравнению с другими видами покрытий (асфальтобетонными, каменными) и позволяют широко применять промышленные методы строительства. Тем не менее эти покрытия имеют ряд недостат-

ков: высокую стоимость по сравнению с монолитным покрытием за счет больших транспортных расходов; необходимость устройства надежных обратных фильтров; возможность их устройства только при производстве работ "насухо".

Иногда применяются сборные водопроницаемые покрытия из железобетонных плит, шарнирно соединенных между собой и имеющих сквозные круглые или щелевые отверстия [3, 4], а также покрытия из бетонных шестигранных блоков (шашек) с отверстиями (типа "пустобет"), которые укладываются на слой щебня или гравия [2, 4].

В покрытиях из блоков "пустобет" масса отдельных блоков ниже по сравнению с массой плит. Они обладают высокой водопроницаемостью, благодаря чему могут эффективно работать на фильтрующих откосах и при наличии продольных течений вдоль откоса. Однако в этом покрытии не исключены возможность выноса гравия через отверстия, последующие просадки отдельных блоков и, как следствие, разрушение всего покрытия на некотором участке. Кроме того, отсутствует связь между отдельными блоками и требуется высокая точность их изготовления.

Нами разработана конструкция покрытия из полых мелкочаеистых элементов (рис. 1), обеспечивающая защиту откоса от разрушения с меньшей затратой материалов и с достаточной надежностью по сравнению с охарактеризованными выше [5]. Покрытие предназначено для крепления откосов каналов, низконапорных земляных плотин и дамб, подвергающихся действию волн высотой до 0,8 м. Оно состоит из тонкостенных цилиндрических элементов, изготовленных из бетона, асбоцемента или керамики (внутренний диаметр  $d = 5 \div 10$  см). Элементы располагаются перпендикулярно к поверхности откоса на слое, приготовленном из мелкого гравия или щебня, и соединяются между собой. Полости внутри элементов и между ними заполняются до половины их высоты тем же гравием или щебнем.

Преимущества предложенного покрытия состоят в том, что уменьшается в 2–3 раза расход цемента и металла; появляется возможность усиливать покрытие в процессе эксплуатации путем подсыпки гравия или щебня; увеличивается шероховатость покрытия, в результате чего уменьшается накат волны. Последнее в свою очередь позволяет уменьшить высоту покрытия откоса.

Для возможности практического использования предложенного покрытия были проведены лабораторные исследования. В их задачу входили проверка берегозащитных свойств покрытия и нахождение оптимальных соотношений между размерами элементов, составляющих покрытие, при которых достигается наибольший защитный эффект.

Исследования проводились в лаборатории в волновом лотке (12,0 x 0,32 x x 0,6 м). В последнем отсыпалась модель земляной плотины из среднезернистого песка (высота 0,5 м, ширина по гребню 0,3 м, заложение верхового откоса 1 : 3, низового — 1 : 2). На верховом откосе было уложено мелкочаеистое покрытие из элементов (внутренний диаметр  $d = 1,2$  см, толщина стенок 0,2 см и высота  $h_k = 3,6$  см). Перед началом каждого опыта внутренние полости элементов заполнялись доверху среднезернистым песком. Глубина воды в лотке 35,0 см. Опыты велись в нескольких волновых режимах: длина волны  $\lambda = 100$  см, высота  $h_b = 3,0; 6,0; 7,2$  и 10,0 см. Пологость волны  $\lambda/h_b = 33-10$ , относительный диаметр отверстий в элементах покрытия  $d/h_b = 0,4-0,12$ .

Опытные волновые режимы обеспечивали достоверность получаемых результатов в пределах рекомендуемой области применения креплений.

При заданном волновом режиме модель опытной плотины подвергалась действию волн до тех пор, пока не стабилизировалась поверхность грунта в элементах. В каждом опыте измерялись высота и длина волны, высота наката волны, глубина, на которую вымылся грунт из ячеек покрытия. По окончании ячейки снова заполнялись песком доверху, и опыт производился при новом волновом режиме.

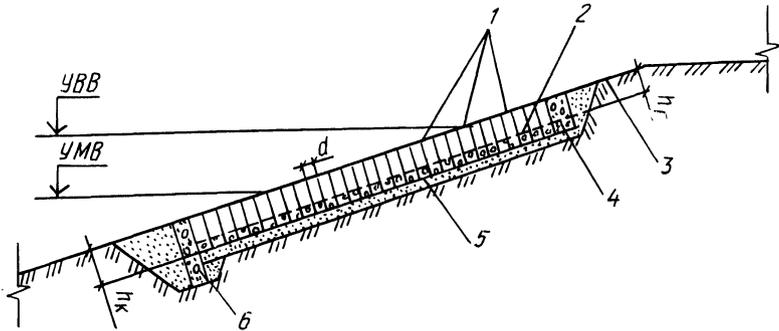


Рис. 1. Мелкоячейчатое покрытие:

- 1 — цилиндрические элементы  $d = 7-10$  см,  $h_k = 3$ ; 2 — заполнение гравием; 3 — посев трав или отсыпка из гравия; 4 — бетонный брус; 5 — подготовка из мелкого гравия или щебня; 6 — упорный брус.

В результате разрушения волны на откосе происходил вымыв некоторого количества грунта из полостей отдельных элементов. При этом профиль, образованный путем проведения огибающей через отметки поверхности грунта в полостях, отличался от профиля размыва неукрепленного откоса как по форме, так и по характеристикам (рис. 2, а).

Из рисунка следует, что на профиле размыва поверхности откоса с покрытием отсутствуют элементы, присущие профилю размыва неукрепленного откоса: береговая отмель, береговой вал, аккумулятивная призма и т.д.; форма профиля размыва-откоса с креплением-симметрична и в определенной степени напоминает воронку размыва под падающей струей, в которой ось симметрии находится несколько выше уреза воды. Нижняя граница размыва находилась примерно на одной глубине — 5,0 см. С увеличением высоты волны за счет надводной части увеличивалась область, в которой происходил вымыв грунта из элементов. Из рис. 2, а также следует, что наибольшая глубина вымыва грунта из элемента при определенной высоте волны значительно меньше глубины размыва неукрепленного откоса, находящегося в стадии равновесия. По данным опытов, наибольшая глубина вымыва грунта из полостей элементов не превышала двух диаметров:  $h_r/d < 2$ .

Таким образом, если принять соотношение между внутренним диаметром элемента и его высотой 1:3, то всегда в 1/3 элемента будет сохраняться грунт, т.е. покрытие надежно защитит откос от размыва. Если же элементы уложить

на подготовку из гравия и их полости частично заполнить этим же гравием, то надежность покрытия повысится.

На рис. 2, б приведены графики зависимости высоты наката волны от ее высоты ( $h_n = f(h_b)$ ) для откосов, покрытых гладкими бетонными плитами и предлагаемым покрытием, а также графики зависимости суммарного объ-

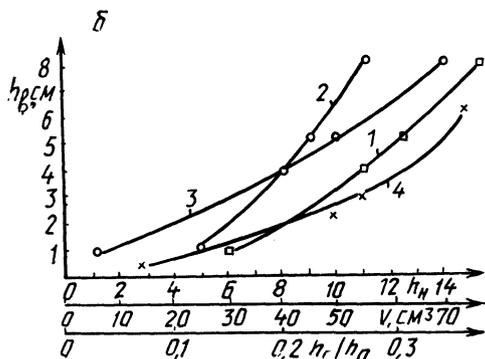
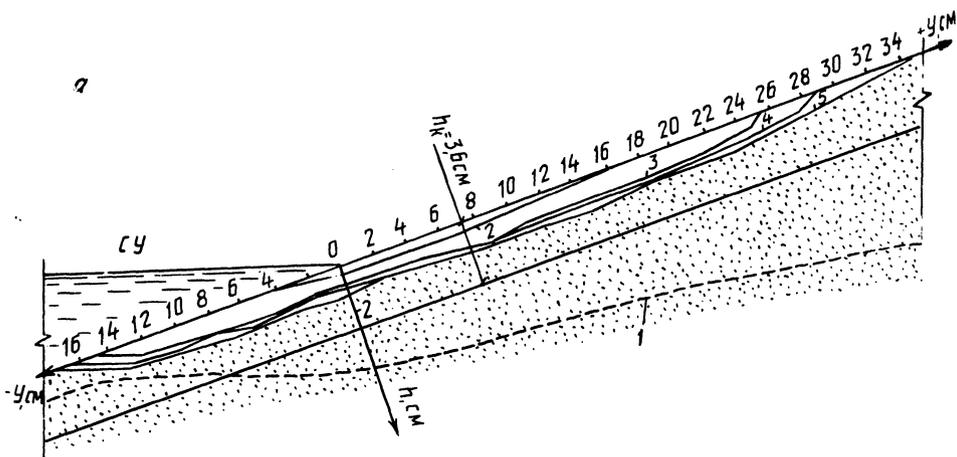


Рис. 2. Результаты экспериментов: а — профили равновесия опытных откосов после размыва: 1 — неукрепленного откоса при  $h_b = 6,0$  см; 2—5 — откоса, покрытого мелкоячеистым покрытием — при  $h_b = 3,0$ ; 6,0; 7,2 и 10 см; б — зависимости: 1—2 — высоты наката волны от высоты волны для откосов, покрытых гладким и мелкоячеистым покрытиями; 3, 4 — объема вымытого из ячеек грунта и относительной глубины размыва от высоты волны.

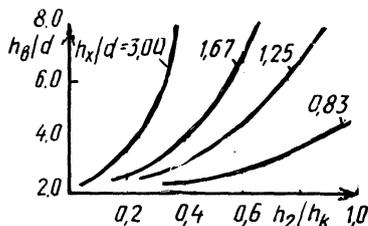


Рис. 3. Зависимости относительной глубины вымытого из ячеек грунта от относительного диаметра ячеек при различных  $h_k/d$ .

ема вымытого грунта из поверхности откоса ( $V_r = f_1(h_b)$ ) и относительной глубины вымытого из ячеек грунта:  $h_r/h_k = f_2(h_b)$ , где  $h_k$  — толщина укрепления.

При всех значениях опытных волновых режимов высота наката волны для предлагаемого покрытия существенно ниже, чем для откосов, покрытых бетонными плитами. Для нахождения оптимального соотношения  $d/h_{\kappa}$ , при котором грунт полностью не вымывается из внутренних полостей, на основании опытных данных вычислены относительные величины  $h_{\text{в}}/d$  и  $h_{\text{г}}/h_{\kappa}$  при  $d = 1,2$  см и  $h_{\kappa} = 3,6; 2,0; 1,5; 1,0$  см (соответственно  $h_{\kappa}/d = 3,0; 1,67; 1,25; 1,0$ ). В результате нами построен график (рис. 3), позволяющий определять относительную глубину вымыва грунта из ячеек при различных соотношениях и назначать необходимую толщину покрытия по известному диаметру элементов.

Проведенные лабораторные исследования показали, что предложенное покрытие является достаточно надежным средством защиты откосов земляных гидротехнических сооружений от размыва.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ш а й т а н В.С. Проектирование креплений земляных откосов на водохранилищах. — М., 1962. — 215 с. 2. Ш а н к и н П.А. Расчет покрытий откосов гидротехнических сооружений. — М., 1961. — 293 с. 3. Г о д е с Э.Г., Ш а ш к о в С.А., Б а у м В.А. Укрепление берегов рек на заводских территориях. — Л., 1961. — 136 с. 4. П ы ш к и н Б.А. Динамика берегов водохранилищ. — Киев, 1973. — 413 с. 5. А. с. № 954543 (СССР). Защитное покрытие грунтовых откосов/Е.М. Л е в к е в и ч, Н.В.С у р м а. — Опубл. в Б.И., 1982, № 32.

УДК 626.88

И.П.ВОПНЯРСКИЙ, канд. техн. наук,  
А.Н.СИДОРОВ, А.В.МОЛОЧКО (БПИ),  
В.В.ПЕТРАШКЕВИЧ, канд. техн. наук,  
(Союзгипроводхоз)

#### ГИДРАВЛИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ОТВОДА РЫБЫ ОТ РЗУ

Авторами [1] предложено рыбоподъемное устройство для принудительного отвода рыбы (УПО) от рыбозащитного устройства (РЗУ) (рис. 1), включающее приемный отсек 1, в котором размещено приспособление для создания воздушно-пузырьковой завесы (воздушная камера 2 с отверстиями). Воздух в камеру 2 поступает от компрессора. В отсеке установлен наплавной затвор 8 с поплавком (водосливом) 9, способный перемещаться накатковых опорах по вертикали. Отметка гребня водослива наплавного затвора устанавливается на отметке уровня воды в водотоке и изменяется в соответствии с колебаниями уровня. Посредством рыбоотвода 3 УПО соединяется с РЗУ.

УПО работает следующим образом. При подаче воздуха в воздушную камеру 2 выходящие из ее отверстий пузырьки воздуха устремляются вверх. Личинки и молодь рыбы, поступающие по рыбоотводу 3, увлекаются водовоздушной смесью и через водослив попадают в водоток, т.е. происходит отвод рыбы от РЗУ без ее травмирования [1].