

метрические зависимости для расчета параметров устойчивых русл регулируемых рек-водоприемников.— В кн.: Конструкции и расчеты осушительно-увлажнительных систем. Минск, 1980, с. 104—115. 7. М и х н е в и ч Э.И. Допустимая скорость снижения уровня воды в канале с незакрепленными песчаными откосами. — В кн.: Научные основы проектирования и строительства гидромелиоративных систем. Минск, 1981, с. 65—80.

УДК 627.8

В.Е.ЛЕВКЕВИЧ (ЦНИИКИВР)

ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЕЙ БЕРЕГОВЫХ СКЛОНОВ МАЛЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ

Длина береговой линии водохранилищ Белоруссии (за исключением прудов) составляет около 1300 км [1]. Из них 1/4 — абразионные берега. При среднем значении линейной переработки берегов водохранилищ (приблизительно 20 м) площадь земель, изымаемых из сельскохозяйственного оборота, составляет около 5000 га. Развитие абразионных процессов вызывает активизацию так называемых вторичных отрицательных явлений (овражной эрозии, оползней, осовов, в некоторых случаях — суффозионного выноса), которые также способствуют увеличению площади отторгаемых земельных угодий.

Берегозащитные мероприятия требуют значительных капитальных вложений. Так, по данным Ю.Н.Сокольникова [2], стоимость 1 км защищаемого берега в условиях крупных равнинных водохранилищ составляет 1—2 млн. руб. В условиях же малых водоемов этот показатель достигает 50,0 тыс. руб. (Заславльское водохранилище). Во многих случаях традиционные способы берегозащиты являются неоправданно дорогостоящими и малоэффективными [3].

В нашей республике эксплуатируется более 100 малых водоемов, а на стадии строительства и проектирования находится около 15—20 объектов. Строительство водохранилищ осуществляется, как правило, в обжитых густонаселенных районах республики.

Автором данной статьи на основе анализа и обобщения многочисленных натуральных и лабораторных исследований [4, 5] разработаны основы управления деформацией берегов проектируемых малых водохранилищ без применения инженерных конструкций. В основе методики управления процессом деформации абразионных берегов — следующие положения литодинамики береговой зоны и гидролого-морфологической теории берегового процесса [6]:

береговой процесс обладает инерционностью и изменчивостью. Инерционность заключается в сохранении основных черт переработки в период продолжительного отрезка времени, изменчивость — в потере свойств инерционности из-за наличия естественных причин;

указанный процесс протекает под воздействием большого количества факторов;

в связи с тем, что природа процесса стохастична, характеристики деформаций можно определять путем использования вероятностных методов;

береговой процесс на малых водохранилищах, в отличие от крупных, ограничен во времени;

профиль переработки абразионных берегов малых водохранилищ имеет ряд особенностей как в соотношении элементов, так и в форме профиля равновесия;

в условиях малых водохранилищ при наличии грунтов с повышенной неоднородностью наблюдается способность абразионного берега к самоукреплению.

Управление береговым процессом, обладающим свойствами инерционности, изменчивости, многофакторности и стадийности, сводится к тому, что переработку берегового склона можно изменять в направлении затухания либо активизации. Чаще всего служба эксплуатации заинтересована в скорейшем затухании разрушения берега.

Активно влиять на динамику процесса переработки возможно путем использования естественных свойств грунтов (в частности, гранулометрической неоднородности), а также характера процесса размыва волнением материала переработки. Для резкого затухания процесса переработки предусматривается механическое введение на профиль склона в определенный промежуток времени естественной песчано-гравийной смеси, размыв которой вызывает самоукрепление откоса.

В качестве добавки рекомендуется применять несвязные грунты с повышенной неоднородностью. В республике к грунтам этой группы, широко распространенным по всей территории, относятся четвертичные отложения, имеющие песчаные ($d_{50} = 0,25 - 1,0$ мм), гравелистые, галечниковые и валунные включения. При размыве такого грунта волновым потоком происходят вынос в акваторию водоема мелких песчаных включений и аккумуляция на поверхности профиля крупных гравелистых частиц, которые защищают склон от разрушения. Подобное явление самоотмоксти защищает береговой склон от разрушения и уменьшает период переработки. Это подтверждается натурными наблюдениями, выполненными на одном из водохранилищ республики (рис. 1).

С учетом свойств размываемых грунтов и особенностей динамики береговой зоны малых равнинных водохранилищ республики [6, 7] автором разработаны алгоритм и программа управления береговым процессом проектируемых водохранилищ "REGULPR" (алгоритмический язык ФОРТРАН). На рис. 2 приводится укрупненная блок-схема одного из модулей программы "REGULPR", использование которой обеспечивает оперативное управление процессом переработки с учетом гидрологических особенностей объекта, морфологического и геологического строения разрушаемого берега, свойств размываемых грунтов.

Управление береговым процессом предполагает несколько этапов, логически взаимосвязанных между собой: собственно прогноза, анализа результатов прогноза, выбора решения в зависимости от конкретных условий для торможения процесса.

Последовательность операций для выбора оптимального решения заключается в следующем. Пользуясь данными топосъемки, полевых изысканий,

проектных проработок, схемами и планами водохранилища, определяются предполагаемые участки разрушения берегов проектируемого водохранилища. Затем по описанию гидрологического режима объекта, форме диспетчерского графика колебания уровней в верхнем бьефе, амплитуде колебания уровней в безледный период ($\Delta H_{\text{бл}}$) устанавливается принадлежность водоема к одной из групп водохранилищ (либо к группе 1 ($\Delta H_{\text{бл}} > 0,5 \text{ м}$), либо к группе 2 ($\Delta H_{\text{бл}} < 0,5 \text{ м}$)). Выполнение этого требования обязательно, так как динамика процесса переработки во времени у отмеченных групп водоемов различна, что необходимо учитывать при прогнозе переформирований.

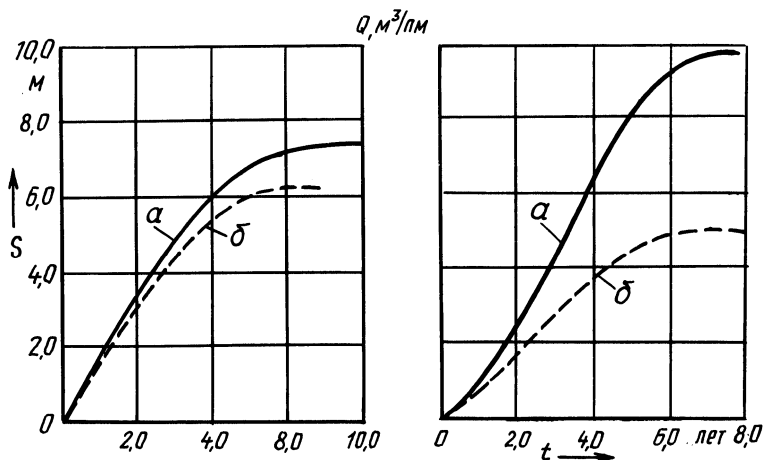


Рис. 1. Характеристики переработки берега водохранилища "Криницы", сложенного грунтами различной однородности: а — однородные, б — неоднородные, S — линейная переработка берега, м, Q — объем переработки, м³/м.

В дальнейшем с использованием результатов профильной съемки, аэрофотосъемки на выделенных участках предполагаемого разрушения предварительно типизируются и схематизируются расчетные профили. Возможны два варианта профиля: с террасой и обрывом (высота $H_6 > 0$) и пологой формы (характеристика уклона $i_6 > 0$).

Используя материалы геологических изысканий, лабораторных анализов проб грунта с участков размыва, можно определить гранулометрический состав грунта, его средний диаметр d_{50} , коэффициент неоднородности U.

В случае относительно однородных грунтов ($U < 5$) при необходимости назначаются варианты внесения материала на абрадируемый береговой склон с целью ограничения процесса размыва. При наличии грунтов с повышенной неоднородностью ($U > 5$) прогнозируется, а при необходимости и ограничивается размыв путем придания будущему устойчивому профилю очертания склона на стадии равновесия. Описанные положения выполняются независимо от того, к какой группе водоемов относится объект.

Остановимся подробнее на технологии, последовательности расчетов и обосновании мероприятий по управлению размывом берегового склона.

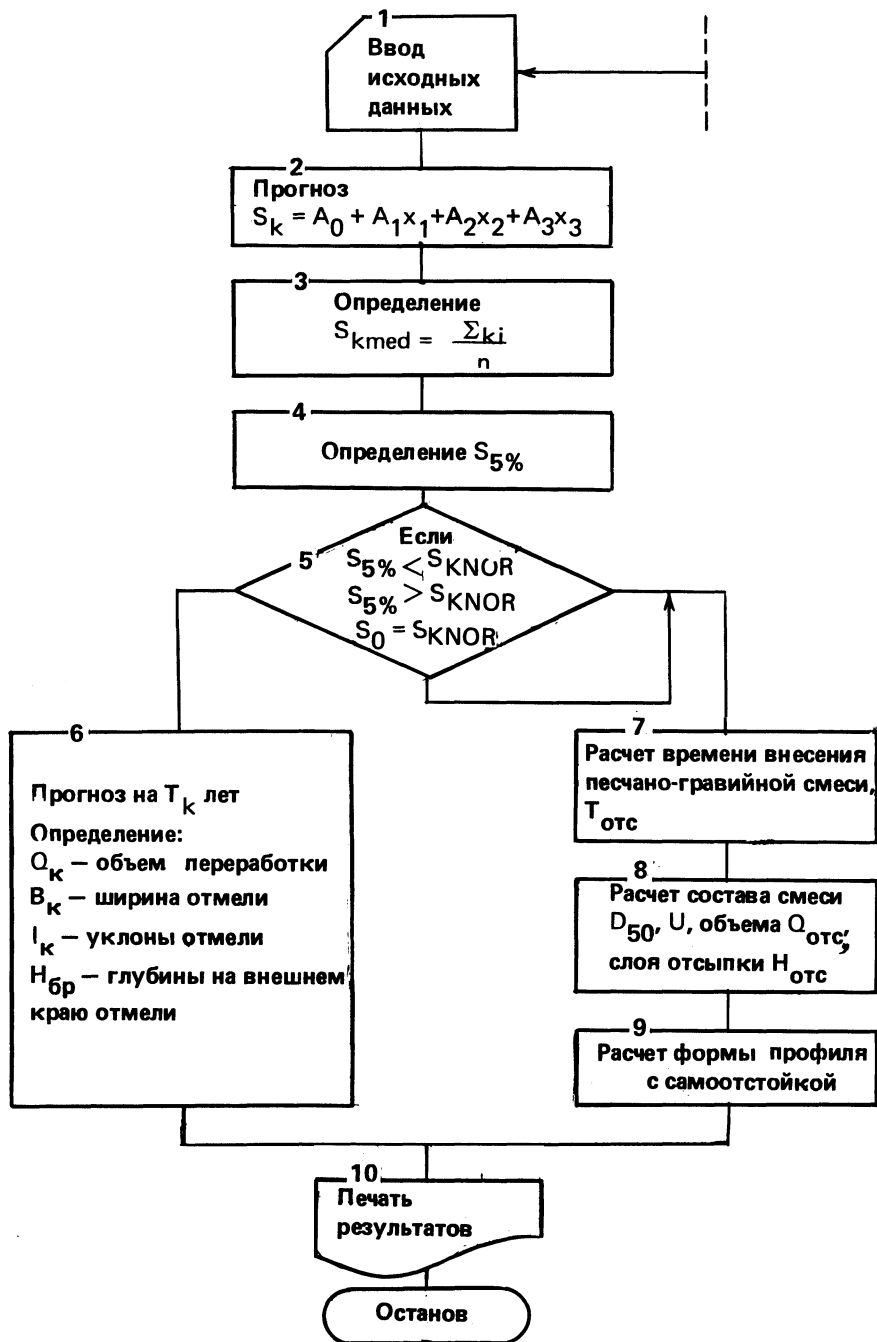


Рис. 2. Блок-схема модуля программы управления береговым процессом "REGULPR" проектируемого водохранилища.

В случае наличия грунта с $U > 5$ (см. рис. 2) прогнозируется линейная переработка надводной части профиля (S_k), причем только на конечную стадию процесса, соответствующую максимальным деформациям берегового склона. Для первой группы водоемов принято, что конечная стадия наступает через 15 лет, для второй — через 10 лет эксплуатации. Значения S_k определяются для каждого расчетного створа по ранее разработанным регрессионным моделям, учитывающим многофакторность процесса [9, 10] и неоднородность грунта. Из всей совокупности S_k по данному объекту находится среднее, медианное значение S_{KMED} :

$$S_{KMED} = \frac{S_{k_1} + S_{k_2} + \dots + S_{k_{ni}}}{n}, \quad (1)$$

где S_{k_i} — показатель линейной переработки на i -м створе; n — число расчетных створов. Зная по расчетным створам морфометрическую характеристику S_{KMED} , определяем по кривой обеспеченности значение 5%-ного размыва берегового склона $S_{5\%}$ и сравниваем это значение с нормированным значением S_{KNOR} , определяемым по работе [6]. В результате констатируется, что при $S_{5\%} < S_{KNOR}$ на участке переработки берегового склона не следует предусматривать мероприятия по управлению; при $S_{5\%} > S_{KNOR}$ на участке до заполнения водохранилища должны быть произведены выемка в начальном склоне (пологая форма берега) или насыпь (при террасовидной форме) шириной B_n и уклоном I_n в подводной части профиля, что соответствует равновесному устойчивому склону, покрытому самоотмосткой. В итоге определяются объемы выемки $Q_{\text{выем}}$ или отсыпки $Q_{\text{отс}}$ грунта с повышенной неоднородностью.

Когда профиль размываемого берега сложен из относительно однородного несвязного грунта, например песка ($U < 5$) (рис. 2), схема управления несколько видоизменяется, хотя расчеты, как и в случае неоднородного грунта, ведутся с определения S_{k_i} для каждого створа с последующим вычислением S_{KMED} и $S_{5\%}$. При $S_{KNOR} > S_{5\%}$ осуществляется полный прогноз переработки берега с расчетом всех элементов профиля с интерполяцией по годам. В противном случае, когда показатель линейной переработки превосходит нормированное значение ($S_{KNOR} \leq S_{5\%}$) или равен ему, предусматривается отсыпка на профиль абразионного берега песчано-гравийной смеси оптимального состава с включениями крупнозернистых фракций. Причем в составе грунтовой смеси содержание гравелистых частиц должно быть не менее 25% по объему.

Схема отсыпки зависит от принадлежности водоема к той или иной группе водохранилищ [8]: 1-я группа — отсыпка материала в зимний период (при пониженных отметках воды в верхнем бьефе) с последующим разравниванием его по профилю, 2-я группа — в любое время года. Время отсыпки назначается исходя из стадийности процесса переработки, но не ранее чем через 3–5 лет после начала эксплуатации водохранилища, т.е. при наличии в береговой зоне подводной части отмели.

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 индустриальные методы строительства. Тем не менее эти покрытия имеют ряд недостат-