

Список литературы

1. Россолимо Л. Л. — В сб.: Накопление вещества в озерах. М., 1964, с. 5.
2. Винберг Г. Г. — В кн.: Круговорот вещества и энергии в озерных водоемах. М., 1967, с. 132.
3. Ландшафтная карта БССР. — Минск, 1983.
4. Николаев И. И. — В кн.: Литоральная зона Онежского озера. Л., 1975, с. 211.
5. Якушко О. Ф. Белорусское Поозерье. — Минск, 1971, с. 334.
6. Распопов И. М. — В кн.: Литоральная зона Онежского озера. Л., 1975, с. 219.

УДК 551.435.36(476)

В. Е. ЛЕВКЕВИЧ, П. С. ЛОПУХ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СХЕМ-АНАЛОГОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ АККУМУЛЯТИВНЫХ ФОРМ РЕЛЬЕФА БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ МАЛЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ

Переработка берегов малых водохранилищ, как и крупных, ведет к интенсивному поступлению продуктов обрушения склонов в ложе водоемов. Значительная часть материала, перемещаясь вдоль берега под действием ветрового волнения и вдольбереговых течений, аккумулируется в береговой зоне и образует различные микроформы — косы, пересяпы, фестоны и др. (рис. 1), которые в сочетании с абразионными берегами определяют общую тенденцию выравнивания береговой линии малых водохранилищ [1]. Перемещение и аккумуляция наносов ведет к осложнению режима работы водозаборов, донных водовыпусков, оголовков насосных станций. В связи с этим прогнозирование образования, развития и расчета количественных характеристик возможных аккумулятивных форм является одной из проблем берегового процесса, разрешение которой позволит более обоснованно учитывать перемещение вдольбереговых потоков наносов при планировании размещения и эксплуатации водозаборных сооружений.

В задачу исследования входило накопление информации и анализ количественных и качественных показателей (объем, линейные размеры, особенности формирования на различных этапах эксплуатации водохранилищ БССР и др.) об аккумулятивных формах на разнотипных водохранилищах [2]. Результатом обобщения натурных материалов явилась разработка практических схем расчета объемов наносов типичных аккумулятивных форм.

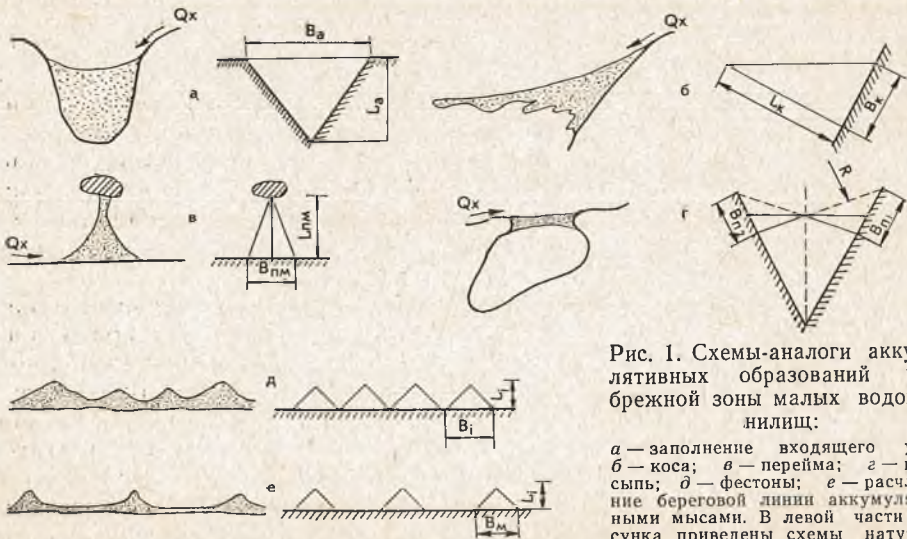


Рис. 1. Схемы-аналоги аккумулятивных образований прибрежной зоны малых водохранилищ:

а — заполнение входящего угла; б — коса; в — переи́ма; г — переся́пы; д — фестоны; е — расчлененные береговой линией аккумулятивными мысами. В левой части рисунка приведены схемы натурных аккумулятивных форм, в правой — расчетные схемы-аналоги

Исследованиями установлено, что устойчивое вдольбереговое перемещение продуктов размыва берегов в виде потоков наносов наблюдается при наличии сформировавшихся береговых отмелей на 10—15 году эксплуатации малого водохранилища. Активный процесс перемещения наносов вдоль берега отмечается и при выработке профиля равновесия берегов, а также после формирования устойчивой равновесной береговой линии в плане. При этом происходит перемещение наносов на береговых отмелях с формированием сложной структуры их микрорельефа [3, 4]. Процесс аккумулятивного выравнивания береговой линии, как и абразионного, протекает поэтапно. В его развитии выделяются три этапа.

На первой стадии в береговой зоне преобладают явления образования вдольбереговых потоков наносов. Формируются источники поступления наносов, основные направления транспорта нанососодержащих потоков. Для конкретных участков берега этот период является переходным между процессами абразии и аккумуляции, определяется область аккумуляции наносов.

Вторая стадия отличается интенсивным ростом незамкнутых аккумулятивных форм: кос, перейм, прибрежных валов и др. Общая схема нарастания аккумулятивных форм усложняется колебаниями уровней и гидрометеорологическим режимом водохранилищ в различные сезоны года. Аккумулятивные формы, как правило, отличаются неустойчивостью элементов, при понижении уровня теряют свои очертания. Продолжительность стадии зависит от амплитуды колебания уровней, параметров акваторий.

Окончательное формирование замкнутых аккумулятивных форм происходит на третьей стадии развития. Образование непрерывной равновесной береговой линии сопровождается окончательным определением контуров пересыпей, баров, прибрежных валов. Поверхность аккумулятивных форм закрепляется гигрофильной растительностью.

Длительность стадии развития аккумулятивных форм охватывает период до 30 лет. Для малых водохранилищ с устойчивым режимом уровней аккумулятивное выравнивание береговой линии продолжается 15—20 лет (Осиповичское, Дрозды, Петровичское, Чигиринское и др.), для водохранилищ типа Вилейское, Заславское, Лепельское — 25—30 лет.

Как показали натурные исследования, на водохранилищах с малым сроком эксплуатации, в которых береговая отмель еще продолжает нарастать, вдольбереговое перемещение наносов уступает смещению наносов к основанию подводного склона [5]. Это подтверждается практически полным отсутствием аккумулятивных форм на водохранилищах Цнянское, Смолевичское, Бобруйковское, Млынокское и других, имеющих срок эксплуатации до 10 лет. На водохранилищах с более длительным сроком эксплуатации, развитием абразионных процессов и береговой отмелью шириной 12—25 м наблюдается активный процесс вдольберегового перемещения наносов с образованием различного типа аккумулятивных форм (Вяча, Волковичи, Лепельское, Чижовское и др.). Аккумулятивные образования формируются исключительно из песчаного материала. Тонкодисперсные глинистые фракции ($d_{50} = 0,01 \div 0,025$ мм) вымываются и выносятся в открытую часть водохранилищ. Песчаный материал, перемещаясь вдоль уреза, заполняет объемы входящих углов, бухт, мелких заливов, устья мелиоративных каналов. При огибании потоком выступов берега происходит образование с подветренной стороны у заливов, бухт, балок и оврагов аккумулятивных кос (см. рис. 1, б). При росте кос в длину происходит отторжение небольшой части акватории (заливы, бухты и др.). Коса превращается в пересыпь (см. рис. 1, б). На водохранилищах Белоруссии наблюдается отчленение акваторий площадью до 8—10 га с глубиной 1,5—2,0 м. Отчлененные мелководные заливы зарастают камышом, осоками, погруженной растительностью, заносятся продуктами плоскостного смыва.

На некоторых водохранилищах (Дрозды, Лепельское, Вилейское) наблюдается образование «веерных» кос или «захвостьев» (см. рис. 1, б). Развитие таких форм обусловлено прохождением штормов при различных положениях уровня и изменении направления ветра. Рост кос с двух сторон залива и бухт, их последующее смыкание ведет к формированию пересыпей. Переймы соединяют берег с небольшими островками, препятствиями (см. рис. 1, з). В большинстве случаев, переймы, по классификации В. П. Зенковича, относятся к типу симметричных с двусторонним питанием. При фронтальном подходе волн к берегу возможно образование «фестонов» — мелких бухт с остроконечными аккумулятивными мысами (см. рис. 1, д). Такие явления наблюдаются на Заславском, Солигорском, Петровицком водохранилищах. Фестончатые формы в отличие от перечисленных отличаются динамичностью и нарастают в период осенних штормов, а весной несколько трансформируются и принимают очертания вдольбереговых валов, баров. Механизм развития последних обусловлен воздействием волнения при меняющемся в короткие периоды положении уровня и размыве подводной части профиля.

Возникновение и развитие тех или других форм определяется параметрами волнового режима, геоморфологическими особенностями береговой зоны, топографией ложа. Линейные размеры аккумулятивных форм характеризуются длиной ($L_{\text{акк.}}$), площадью сечения и шириной у основания (берега) ($B_{\text{акк.}}$), радиусом береговой дуги (R).

Наряду с установлением профиля аккумулятивных форм, линейных характеристик важно определить тип планового очертания берега на стадии динамического равновесия. Как показали исследования, выполненные на Солигорском водохранилище, береговая линия на стадии равновесия может быть представлена системой аккумулятивных мысов и береговых дуг [5]. Причем на одном и том же участке берега наблюдается образование нескольких систем (рангов) дуг различного порядка, отличающихся своими линейными размерами. Используя положение Б. А. Попова о том, что контур равновесной береговой линии может быть описан окружностями различного радиуса, и проведя дополнительные построения, установили, что длина аккумулятивных мысов [6]:

$$L_{\text{акк.}} = k \cdot D \cdot \sin \alpha, \quad (1)$$

где k — коэффициент пропорциональности; D — длина разгона волны; α — угол подхода волны к берегу.

В то же время следует отметить, что при фронтальном или близком к фронтальному (Петровици, др.) подходе волн, по Пельнар — Консидеру, береговая линия может быть описана уравнением теплопроводности [7]:

$$\frac{dy}{dt} = c \cdot \frac{d^2 y}{dx^2}$$

или, преобразовав его в ряд Фурье,

$$y = y_0 + \sum_{i=0}^{\infty} A_i e^{-m_i t} \sin \alpha x,$$

имеем, что береговая линия в плане аппроксимируется уравнением синусоиды, т. е.

$$y = y_0 + A \cdot e^{-mt} \sin \alpha x, \quad (2)$$

где y_0 — расстояние от оси абсцисс, расположенной параллельно фронту волнения в момент времени t ; x — ордината на конечной стадии, т. е. на стадии равновесия. В работе Ю. Н. Сокольниковой [8] процесс дугообразного расчленения береговой линии предлагается описывать уравнением циклоиды:

$$x = r(1 - \cos \alpha), \quad y = r(1 - \sin \alpha), \quad (3)$$

где r — постоянная, определяющая прогиб дуги, $\alpha = (0 \div 6\pi)$. Однако, как показал анализ материалов натурных наблюдений, выполненных на

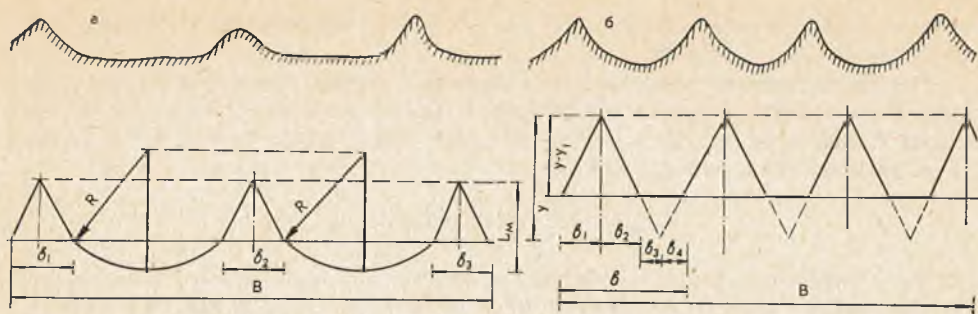


Рис. 2. Расчетные схемы для определения объемов аккумуляции:

a — берег, расчлененный аккумулятивными мысами на Солигорском водохранилище; *b* — фестоны Заславского водохранилища

ряде водоемов Белоруссии, очертания внешнего контура аккумулятивной формы различного типа в первом приближении описываются уравнением эллипса:

$$x = a \cos \alpha, y = b \sin \alpha.$$

Суммарная форма участка аккумулятивного берега, по всей видимости, в зависимости от конкретных природных условий и гидродинамических особенностей водохранилищ определяется уравнениями (1), (2), (3).

На основании проведенной типизации аккумулятивных форм в береговой зоне малых водохранилищ Белоруссии нами разработаны схемы-аналоги одиночных аккумулятивных форм, которые позволяют перейти к расчету объемов, аккумулярованных в их теле.

Объем косы, переймы или угла заполнения равен площади образования, умноженной на среднюю мощность отложений:

$$Y_{(W_{акк.})} = F(x); Y_{(W_{акк.})} = \bar{h}_{отл.} \int_a^b Fx dx.$$

Объем наносов в пересыпи может быть в первом приближении представлен как сумма объемов двух смыкающихся кос:

$$Y_{(W_{акк.})} = \bar{h}_{отл.1} \int_a^b F_1(x) dx + \bar{h}_{отл.2} \int_b^a F_2(x) dx$$

или одной косы:

$$Y_{(W_{акк.})} = \bar{h}_{отл.к} \int_a^b F_k(x) dx.$$

Следует отметить, что некоторая идеализация и упрощение схем-аналогов, полученных на основании обследования ряда водохранилищ, ведет к отклонениям в расчетах по сравнению с натурными объемами. Однако при отсутствии надежной информации применение схем-аналогов при моделировании процесса аккумуляции продуктов абразии является более целесообразным способом количественной оценки процесса в конкретных условиях. В качестве примера рассмотрим случай расчленения береговой линии мысами на Солигорском водохранилище. На рис. 2, *a* изображена схема-аналог распределения наносов ($Q_{акк.}$) вдоль уреза при образовании мысов. Обозначив через b ширину мыса в основании, а через L_M длину, получим уравнение для расчета объема аккумулярованного материала на участке:

$$Y_{(W_{акк.})} = Q_{акк.} = \left[\frac{1}{2} (b_1 + b_2) h_i L_M \right] n + \left[\frac{1}{2} (y_1 - y) (b_3 + b_4) h_j \right],$$

где h_i, h_j — средняя мощность отложений наносов на мысах (1,5—2,0 м в пределах литоральной зоны водоема) и соответственно на аккумулятивных дугах (0,6—0,7 м по данным съемок). Учитывая, что $L_M/B =$

$= (1,1-5,06)$, имеем $y_1-y=10$ м; $(n-1)$ — количество опорных дуг $n=8$, тогда $Q_{\text{акк.}}=1600$ м³.

Частным случаем мысового расчленения берега при нормальном подходе волн к берегу являются фестоны (см. рис. 2, б). Здесь расчетная схема более проста, так как отсутствуют прямолинейные участки берега в промежутках между мысами:

$$Q_{\text{акк.}} = \left[\frac{1}{2} y (b_1 + b_2) h_i \right] n,$$

где h_i — мощность слоя отложений в фестолах. По данным наблюдений на Заславском водохранилище, она колебалась в пределах 0,6—0,8 м; число мысов $n=30$, а объем аккумулированных при этом наносов $Q_{\text{акк.}}=1050$ м³.

Схемы-аналоги и порядок расчета аккумулированного материала в аккумулятивных формах можно использовать в практических рекомендациях по размещению водосбросных и водозаборных сооружений на малых равнинных водохранилищах.

Список литературы

1. Широков В. М. Формирование берегов и ложа крупных водохранилищ Сибири.— Новосибирск, 1974.
2. Левкевич В. Е. — В кн.: Вопросы эксплуатации осушительно-увлажнительных систем. Минск, 1983, с. 110.
3. Левкевич В. Е. — В кн.: Проблемы изучения, охраны и рационального использования водных ресурсов. М., 1983, с. 127.
4. Зенкович В. П. Основы учения о развитии морских берегов.— М., 1962.
5. Широков В. М., Лопух П. С. — Геоморфология, 1983, № 2, с. 84.
6. Попов Б. А. — В кн.: Труды Ин-та океанологии АН СССР. М., 1965, т. 76, с. 167.
7. Пышкин Б. А. Динамика берегов водохранилищ.— Киев, 1973.
8. Сокольников Ю. Н. Инженерная морфодинамика берегов и ее приложения.— Киев, 1976.

УДК 338:91(С)

И. В. ЗАГОРЕЦ

НЕКОТОРЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МАЛЫХ ГОРОДСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ

Развитие малых городских поселений в СССР — одна из важнейших задач градостроительной политики, связанной с совершенствованием территориальной организации общества и расселения. Проведение этой политики в жизнь требует глубокого понимания фактической роли и значения городов в экономической и социальной жизни страны на современном этапе.

Развитие малых городов должно быть подчинено решению трех основных задач формирования единой системы расселения (ЕСР) на территории СССР [1]. Первая из них — обеспечение дальнейшего развития и рационального размещения производительных сил. В народнохозяйственном отношении малые города представляют собой одну из форм комплексного освоения ресурсов территории страны. Партией и правительством проводится курс на преимущественное развитие малых и средних городов (при сдерживании роста крупнейших). Основной тенденцией развития их производственной базы становится формирование ее в качестве специализированного комплекса.

Вторая, не менее важная задача ЕСР, — создание условий для всестороннего развития человека, обеспечение возможностей для широкого социального общения независимо от типа и величины населенного пункта — места проживания. Усиление и усложнение связей малых городов с крупными и с окружающими сельскими населенными пунктами создает необходимые предпосылки для решения этой задачи. Малые горо-