

С.М. КАЗАРЯН, А.В. АЙРАПЕТЯН, С.С. КАЗАРЯН

МОДЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРНЫХ РЕК И ИХ КРЕПЛЕНИЕ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ МЕСТНЫХ РАЗМЫВОВ

Տրված են գետերի հուների և ափերի ողողման ու անբացկող կասուցվածքների տեսակները, հիդրավիկական սողելավորման սկզբունքները և փորձարկման ծրագիրը Տեղական ողողման դեմ պայքարելու համար որպես լավագույն տարրերակ առաջարկված է երկու շեղ ջրանցքներով սիֆանցիկ խթան որն ապահովում է եվագազույն ողողման կայուն և առավելագույն տնտեսական արդյունավետություն:

Даны принципы гидравлического моделирования размыва русла и берегов горных рек и выбор типов сооружений крепления. Представлена программа проведения опытов в общих и конкретных случаях русловых отложений. В качестве укрепляющих сооружений для местного размыва предложены сквозные шпоры с двумя косоугольными каналами, обеспечивающими минимальный размыв и максимальный экономический эффект.

Ил. 2. Библиогр.: 3 назв.

Hydraulic simulation principles of mountain river-bed and bank scours as well as selection of protection structures are given. A program for experiments both in common and particular cases of channel sediments is presented. Two oblique-angled canals providing minimum scour and maximum economical efficiency are proposed as protecting structures for scours.

Ил. 2. Ref. 3.

Крепление русла и берегов горных рек производится с целью предотвращения их размывов, распространение которых может вызвать подтопления и размывы прибрежных земель и объектов.

Размещение в естественном или искусственном водотоке различных сооружений (водосбросов, мостовых опор, перемычек, подпорных стен и т.д.) приводит к возникновению областей повышенного воздействия на дно водотока. Это связано главным образом с наличием крупномасштабных "вихрей" и повышенной турбулентностью, определяемыми поверхностями раздела в потоке. Если дно русла в указанных областях не закреплено и грунт, находящийся на дне, не может противостоять этим воздействиям, то возникает локальный размыв дна и берегов, развивающийся до тех пор, пока гидродинамические силы и силы, препятствующие размыву, не уравновешиваются. Положение осложняется, если дно и берега потока в натуре сложены из мелкозернистого материала.

Изучение указанного явления в основном базируется на экспериментальных исследованиях с применением принципа гидравлического моделирования.

Целью исследования является изучение явления местного размыва русла реки Ардон (Северный Кавказ) на участке возведенной железобетонной стенки, ограждающей хвостохранилище Мизурской обогатительной фабрики. Разработаны мероприятия для укрепления участка

русла протяженностью в 1.0 км с целью предотвращения местного размыва и обеспечения безаварийной эксплуатации хвостохранилища.

При сооружении железобетонной подпорной стенки (длины 1 км, глубина фундамента 3 м и высота 4,5 м) с целью складывания за ней хвостов обогатительной фабрики русло реки Ардон сужается от 350 м до 60 м (в среднем). При этом поток реки приобретает избыточную энергию за счет увеличения удельного расхода воды на сравнительно коротком участке, которая приводит к размыву как в самом русле, так и непосредственно у подпорной стенки, то есть к местному размыву.

Большого внимания заслуживают экспериментальные и теоретические исследования [1-3]. Ввиду отсутствия общепринятой теории расчета местных размывов решение поставленных задач проводится методом модельных исследований.

Русло реки Ардон на участке подпорной стенки имеет три уклона:

$$i_1 = 0,011(\text{ГКО} - \text{ГК5} + 13),$$

$$i_2 = 0,0199(\text{ГК5} + 13 - \text{ГК8}),$$

$$i_3 = 0,013(\text{ГК8} - \text{ГК9} + 99).$$

По гранулометрическим составам установлен средний диаметр речных отложений $d_{\text{ср}} = 81,8$ мм. Максимальные расходы составляют $650 \text{ м}^3/\text{с}$ при обеспеченности 0,5%. Средние скорости течения находятся в пределах 1,5...4,5 м/с, твердый сток составляет $281,10^3 \text{ м}^3/\text{г}$. Максимальная глубина размыва достигает 5 м, считая от ∇ ГВВ. Исходя из условий размыва русла р. Ардон, проектным институтом АрмНИИПроцветмет установлена глубина залегания фундамента подпорной ограничивающей стенки, равная 3 м.

На основе вышесказанного, нами принято следующее направление исследования: изготовление модели русла и сооружений, изучение и установление экспериментальным путем глубины размыва в стесненной части русла и разработка мероприятий для его крепления.

Выбор переходных масштабов соответствующих параметров произведен по следующим соображениям: динамическая скорость потока $V_{\text{др}}$, соответствующая началу размыва, согласно современным познаниям, пропорциональна корню квадратному из диаметра d и относительной плотности $\rho^- = (\rho_1 - \rho) / \rho$ твердых частиц где ρ_1 и ρ - плотности твердых частиц и воды соответственно.

Согласно [1],

$$v_{\text{др}} = a \sqrt{\rho^- g d}. \quad (1)$$

где $a = f(\text{Re})$.

Исходя из теории моделирования русловых процессов, для автомодельной области получим

$$\alpha_{1,2} = \sqrt{\alpha_{\rho} \alpha_d}. \quad (2)$$

Минимальный масштаб крупности частиц из условия автомодельности равен

$$\alpha_d \geq \frac{1}{\sqrt{\alpha_{\rho}}} \left(\frac{75}{\text{Re}} \right)^{2/3}. \quad (3)$$

Так как $\alpha_{v_0} = \alpha$ и $v_0 = v \cdot \sqrt{2/\lambda}$ [3], получим

$$\alpha_{v_0}^2 = \alpha_h = \alpha_d \cdot \alpha_p \cdot \alpha_\lambda^{-1} \quad (4)$$

где λ — коэффициент сопротивления русла; α_λ — масштаб глубины.

$\alpha_d = 1$ только в том случае, если $\alpha_d = \alpha_h$. Из условия (3) и (4) получим

$$\alpha_h = (\alpha_{p^2} / \alpha_d) (75 / Re)^{2/3} \quad (5)$$

Так как $\alpha_\lambda = \alpha_h / \alpha_d$, получим

$$\alpha_\lambda = \alpha^2 (Re / \alpha_h \cdot 75)^{2/3} \quad (6)$$

$$\text{или } \alpha_h = \sqrt{\alpha_\lambda \cdot (75 \alpha_{p^2} / Re)} \quad (7)$$

$$\text{где } Re = d \sqrt{gd\rho^3} / \nu \quad (8)$$

Учитывая возможности лаборатории и диаметр частиц геологического отложения русла, линейный масштаб принят $\alpha_\lambda = 1:60$, при котором имеем $\alpha_{p^2} = 1$, $\alpha_d = \alpha_h = \alpha$. Средневзвешенный диаметр модельного грунта составляет 1,4 мм. Указанный состав грунта модели получен с помощью соответствующих секций сит.

Для пересчета модельных глубин в натуре получим зависимость

$$h_n = \alpha \cdot h_m \quad (9)$$

Для обеспечения подобия двух водотоков в данном случае используется критерий подобия Фруда — F_r , при котором $F_{rM} = F_{rN}$. С учетом этого для скорости получим $\alpha_v = \alpha^{1/2} = 0,129$, для расхода $\alpha_Q = \alpha_v^2 \cdot \alpha^{1/2} = 358 \cdot 10^{-7}$, для уклона $\alpha_i = \alpha_h / \alpha_\lambda = 1$, для времени $\alpha_t = \alpha^{1/2} = 0,129$.

Согласно указанным масштабам, для модели получим следующие значения: максимальная скорость 0,72 м/с, расход воды при обеспеченности 1,0% — 28,3 л/с, а при обеспеченности 0,5% — 23 л/с, длительность проведения опыта 23 мин.

Модель состоит из насосной установки, приемного резервуара для воды, питающего напорного бака и трубопровода, соответствующей задвижки и измерительных приборов, приемного резервуара с водосливом для измерения расхода воды, успокаивающего резервуара, установленного при входе, состоящего из двух отсеков с дощатыми решетками для гашения энергии. Вода из второго отсека через горизонтальный порог поступает на модель.

Модель русла реки выполняется в виде лотка, левый борт которого изготовлен из бетона и имеет точное очертание ограждающей подпорной стенки. Правый борт имеет вид бетонной стенки, дно русла засыпано модельным грунтом по трем продольным уклонам; грунт засыпан по объему согласно гранулометрическому составу. Величины размыва фиксировались с помощью мерной иглы тастера.

При этом получили

$$H_M = (H_{Rp} + h - h') \text{ см.} \quad (10)$$

$$H_N = (0,6H_M + 855) \text{ м.}$$

где H_{R_0} — отметка репера на модели, $H_{R_1} = -49$ см; $h = 3$ — П — превышение между репером и головкой тастера, $h' = 68,4 - \nabla_m$; ∇_m — показания тастера, см.

Исследования местного размыва русла проводились по следующей программе:

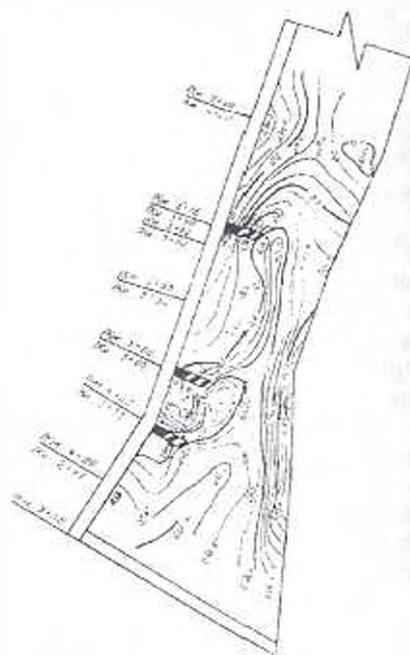
1. Изучение размывов русла без применения каких-либо мероприятий по креплению русла.
2. Изучение размывов русла с применением мероприятий по креплению русла в виде поперечных стен по всей ширине русла.
3. Изучение размыва русла с применением мероприятий по креплению его ныряющими шпорами.
4. Изучение размыва русла с применением мероприятий по креплению его сквозными шпорами с тремя и двумя косоугольными каналами.

По результатам всех исследований установлено:

1) глубины размыва, соответствующие максимальному расходу, нанесены на план русла, и через каждые 0,25 м проведены линии равных глубин размыва — горизонтали. Из плана размыва устанавливается, что максимальная глубина размыва вдоль подпорной стенки и в отдельных точках достигает до 5,6 м, что больше глубины установки фундамента стенки. Следовательно, без крепления русла не обеспечивается безаварийная эксплуатация стенки и хвостохранилища:

2) за поперечными стенками образуется нижний бьеф с глубокими местными размывами, не обеспечивающими безаварийную эксплуатацию поперечной и подпорной стенок.

3) число и место установки ныряющих шпор, прикрепленных к оградительной стенке под углом 60° . Для предотвращения местных размывов на контуре шпору предусматривается их поставить на каменную наброску, углубленную на 2 м, т.е. на отметке подпорной стенки.



— Рис. 1 План с горизонталями равных глубин размыва при креплении русла сквозными шпорами из двух косоугольных каналов

4) число и место установки двух типов сквозных шпор из трех и двух косоугольных каналов. Эти шпоры также поставлены на каменные наброски, углубленные на 2 м

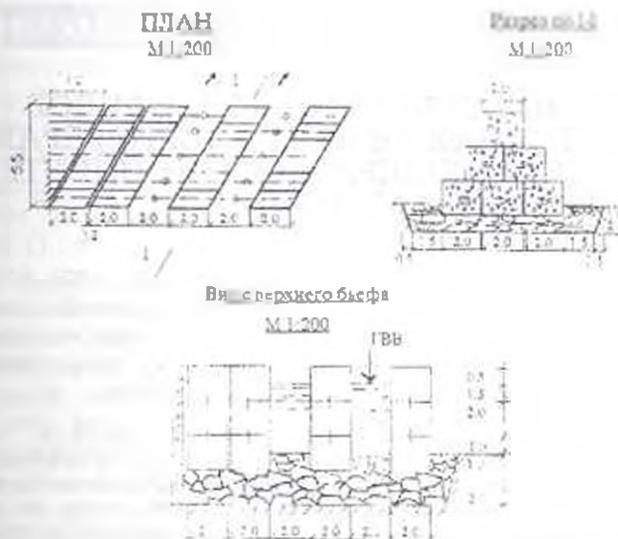


Рис.2. Гибкая сквозная шпора из двух косоугольных каналов

Анализ всех исследований позволил выбрать тип крепления русла по контуру подпорной ограждающей стенки в виде сквозных шпор из двух косоугольных каналов, имеющих преимущества и по минимальному размыву, и по экономическим соображениям. Установлены размеры, число и место их крепления (рис. 1,2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Выго М.С. К вопросу о местных размывах // Гидротехническое строительство. 1970. - № 9. - С. 19-27.
2. Студенчиков Б.Н. Размывающая способность потока и метода русловых расчетов // ВОДГЕО. 1954. - 125 с.
3. Левы И.И. Моделирование гидравлических явлений. - Л.: Энергия, 1967. - 234 с.

Арм. сельск. академия

10.02.1997