

УДК 501/504 (282.255.51)

**РАЗМЫВ РУСЛА РЕКИ ИЛИ ВОЗЛЕ ПОСЕЛКА БАКАНАС**

Канд. геогр. наук Э.А. Турсунов

*Предлагается вариант расчета размыва русла р. Или в районе п. Баканас. Он основан на морфометрических характеристиках русла реки, её берегов, а так же на характеристиках потока воды, определенных путем натурных наблюдений, выполненных в мае 2011 года.*

Размывы берегов составляют часть общих деформаций русел рек, проявляющихся наиболее интенсивно в низовьях, где русла и берега сложены из мелкозернистых собственных отложений реки. Основной причиной размыва берега является поперечный свал потока к нему, наиболее интенсивный во время паводков. В процессе спада расходов и уровней, в реке возникает другой разрушающий фактор – движение фильтрационного потока от берега к реке с большими градиентами. Степень интенсивности свала определяется углом атаки потоком берега.

Другим, не менее важным фактором, является разница в скоростях течения отдельных фрагментов руслового потока. Г.В. Железняков указывает, что параболический профиль является лучшим аналогом естественного профиля руслового потока. При сечении в форме квадратичной параболы наибольшая глубина в полтора раза больше средней. По данным, приведенным Железняковым, приблизительно такое соотношение наблюдается в естественных руслах. В плесовых створах наибольшая глубина бывает у вогнутого берега, но указанное отношение сохраняется [1].

Полагая, что сечение русла р. Или параболическое и средняя по вертикали скорость изменяется в соответствии с местной глубиной, а также учитывая, что для широких русел гидравлический радиус приблизительно равен средней глубине, получим отношение наибольшей скорости к средней

$$U_m/\bar{U} = 1,3.$$

Такое отношение получено Железняковым по натурным данным. Однако для других рек это отношение может отличаться, увеличиваясь в случае неустойчивого русла.

Большое расхождение между наибольшей и средней скоростями потока можно объяснить тем, что русло р. Или состоит из гладких протоков,

формирующихся в межень и, в периоды нарастания и спада паводков, разделяющих их крупными грядовыми формами (осередков и др.), повышенной шероховатости. В то же время мутность в различных вертикалях по ширине сечения изменяется незначительно и весьма слабо связана с местной скоростью течения. Приблизительно равномерное распределение мутности по сечению является, по-видимому, следствием интенсивного перемешивания потока и того факта, что временное снижение скорости в том или ином объеме воды не ведет к немедленному выпадению из него взвеси.

Отсюда можно предположить, что местные токи воды с повышенной скоростью обладают и сравнительно большей транспортирующей способностью, в то время как среднее удельное содержание наносов в потоке соответствует его средней скорости течения [2].

Общую картину размыва берега можно представить так. В межень на р. Или ниже Капшагайской ГЭС, образуется система островков и протоков между ними, направленных нередко под значительным углом к берегу. При нарастании расходов и уровней островки затопляются, но значительная часть расхода реки проходит с повышенными скоростями течения по отдельным разработанным протокам. Подобная же картина имеет место и в периоды спада.

Поток, ударяясь о берег, сложенный из легко размываемых грунтов, обрушивает его и обратным током по дну уносит продукты размыва. Интенсивность процесса в данном случае зависит целиком от интенсивности уноса потоком размываемого грунта. При этом, поскольку полное измельчение и взвешивание грунта происходит не сразу, избыточная транспортирующая способность потока используется не полностью. Описываемая картина, разумеется, грубо схематизирована, однако основанные на такой схеме расчеты, приводят к приемлемым результатам.

Пусть на берег направлен поток достаточной ширины, глубиной  $h_m$  и скоростью течения  $U_m$ , превышающий среднюю скорость  $\bar{U}$ . Погонный расход  $q$  будет при этом равен  $U_{m h m}$ , а погонный расход, приходящийся на 1 м линии берега,  $q_1 = q \cdot \sin \alpha$ , где  $\alpha$  – угол встречи потока с берегом. Если предположить, что струя, ударяясь о берег и почти не расширяясь, тут же возвращается по дну обратно, то можно считать, что унос потоком продуктов размыва определится приближенно следующим выражением для избыточной средней мутности

$$\mu = De \frac{(U_m^3 - \bar{U}^3)}{gh_m W},$$

где  $D$  – коэффициент (в случае учета движения всех наносов в русле, включая донные, его можно принять равным 0,26;  $e$  – коэффициент, меньше единицы, учитывающий неполное использование транспортирующей способности потока;  $W$  – средняя гидравлическая крупность продуктов размыва (скорость свободного падения частиц в спокойной воде);  $g$  – ускорение свободного падения. Мутность дана в кг/м<sup>3</sup> [3].

Количество материала берега, уносимого с каждого его метра в единицу времени (кг/с), составляет

$$Q_t = D \cdot e \cdot U_m \cdot \sin \alpha \frac{(U_m^3 - \bar{U}^3)}{g_m W}.$$

Приведем пример расчета для определения возможной интенсивности размыва берега р. Или в одной из точек промера, где наблюдались высокие скорости течения.

Пусть средняя скорость течения  $\bar{U} = 1,08$  м/с, скорость свального течения  $U_m = 1,3 \cdot 1,08 = 1,41$  м/с, угол встречи  $\alpha = 30^\circ$ ,  $\sin \alpha = 0,5$ , средняя гидравлическая крупность продуктов размыва  $W = 0,02$  м/с. Примем условно коэффициент  $e = 0,2$ . Примем, наконец, что берег возвышается над уровнем воды на 2,4 м, а глубина потока при размыве равна 4,1 м. Для смыва полосы берега шириной 1 м должно быть унесено материала  $(4,1 + 2,4) \cdot 1,7 = 11,05$  т. Тогда с каждого метра по длине берега будет унесено за единицу времени

$$Q_t = 0,26 \cdot 0,2 \cdot 1,41 \cdot 0,5 \frac{(1,41^3 - 1,08^3)}{9,8 \cdot 0,02} = 0,284 \text{ кг/с}.$$

Для смыва берега на ширину 1 м потребуется 4,6 сут. Следовательно, в течение суток при максимальных скоростях в период половодья будет происходить размыв берега на глубину 0,22 м.

Период половодья на р. Или обычно длится с июня по август, а наивысший пик наблюдается в течение 3...5 дней, следовательно в течение месяца возможен размыв берега на глубину до 7 м. В таблице ниже приведен расчет возможного размыва берега на участке в районе п. Баканас. Следует отметить, что при интенсивном размыве происходит и изменение очертания береговой линии, что в свою очередь влияет на структуру потока и, как следствие, на значения скоростей вдоль береговой линии.

Таблица

Расчет возможного размыва берега р. Или на участке в районе п. Баканас

$h_m$ , м	$\bar{U}$ , м/с	$U_m$ , м/с	$Q_t$ , кг/с	$Q_{сут}$ , кг/сут	Количество суток для размыва 1 м берега
1,6	0,47	0,61	0,010	86	128,2
2,8	0,44	0,58	0,008	68	163,3
1,1	0,86	1,12	0,113	953	11,6
1,3	0,97	1,26	0,184	1549	7,1
1,1	0,61	0,79	0,029	242	45,7
0,9	0,53	0,69	0,016	135	82,1
0,6	0,61	0,79	0,029	242	45,7
1,6	0,47	0,61	0,010	86	128,2
0,2	0,28	0,36	0,001	10	1070,4
1,8	0,75	0,98	0,065	549	20,1
4,1	1,08	1,41	0,284	2388	4,6
0,8	0,36	0,47	0,004	29	374,8
2,7	0,67	0,87	0,041	343	32,3
3,1	0,86	1,12	0,113	953	11,6
3,1	0,86	1,12	0,113	953	11,6
2,9	0,78	1,01	0,076	635	17,4
4,1	1,14	1,48	0,347	2917	3,8
0,2	1,03	1,34	0,230	1935	5,7
0,2	1,03	1,34	0,230	1935	5,7
0,2	1,00	1,30	0,206	1734	6,4
3,4	0,61	0,79	0,029	242	45,7
4,8	0,67	0,87	0,041	343	32,3
4,3	1,28	1,66	0,550	4622	2,4
4,5	1,33	1,73	0,652	5480	2,0
5,8	1,92	2,49	2,786	23400	0,5

Результаты данного расчета хорошо согласуются с изменениями очертания берега в районе п. Баканас, полученными сравнением современных очертаний берега р. Или на основании геодезической съемки, выполненной в мае 2011 года с очертаниями берегов на космоснимках за 2009 год.

## Выводы

Естественные русловые процессы, характерные для равнинных рек и обусловленные природными условиями данного региона, резко увеличились на р. Или после ввода в эксплуатацию Капшагайской ГЭС. Этому соответствует уменьшение расходов взвешенных наносов с 280 кг/с в 1967 году до 2,9 кг/с в 1977 году на гидроступу р. Или – ур. Капшагай, расположенном в 39 км ниже Капшагайской ГЭС [1].

Капшагайское водохранилище выполняет роль отстойника, в котором происходит осаждение крупных фракций наносов, в результате в нижнем течении происходит интенсивный размыв русла реки, которая стремится насытить поток воды до своей транспортирующей способности [3].

Ситуацию усугубляет нарушение естественного гидрологического режима р. Или. Срезка пика весеннего половодья приводит к непоступлению влаги и питательных веществ на затопляемую часть дельты, что существенно образом сказывается на состоянии растительного покрова речной долины и, как следствие, к ослаблению устойчивости русла и размыву.

К сожалению, представляет определенную трудность определение максимальных расходов воды в период прохождения кратковременных суточных паводочных волн, вызванных работой Капшагайской ГЭС в пиковом режиме. Государственная система наблюдений не всегда в состоянии отследить такие колебания уровней воды, так как отсутствуют автоматические системы измерения.

Выполненный расчет размыва по наблюдаемым в мае натурным измерениям, дает хорошую сходимость с естественно наблюдаемыми процессами, но требует постоянного уточнения, так как в результате дальнейшего размыва происходит изменение очертания берега и соответственно изменяется и распределение скоростей в водном потоке.

Аналогичная картина будет наблюдаться и после строительства берегозащитных укреплений. Логичным продолжением этого исследования, было бы проведение натурных наблюдений на реке, после ввода в строй каждой береговой шпоры, что помогло бы вводу в первоначальный проект соответствующих корректив, способных существенно оптимизировать его результативность.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М.Ж. Об исключительной роли уровня режима в жизнедеятельности речной экосистемы // Гидрометеорология и экология. – 2000. – № 1. – С. 9-20.

2. Водохранилища и их воздействие на окружающую среду. / Под ред. А.Б. Авакян, Г.В. Воропаева. – М: Наука, 1986. – 366 с.
3. Зубков Н.С., Кожевников В.С., Стазаева Н.А. Об оценке изменений руслового и уровня режима на участках нижних бьефов гидроузлов. // Русловые процессы рек и динамика водоемов. // Тр. ГГИ. – 1990. – Вып. 337. – С. 85-94.

Институт географии, г. Алматы

### **БАҚАНАС АУЫЛЫ ТҰСЫНДАҒЫ ІЛЕ ӨЗЕНІ АРНАСЫНЫҢ ШАЙЫЛЫҒЫ**

Геогр. ғылымд. канд. Э.А. Турсунов

*Өзен арнасының, оның жағалауының морфометриялық мінездемесі, сонымен қатар 2011 жылдың мамырында жүргізілген су ағыны мінездемесін бақылаулар жұмыстарының нәтижесі негізінде Іле өзені арнасының Бақанас ауылы тұсындағы шайылу есебі келтірілген.*