

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

АНАЛИЗ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В НИЖНИХ БЬЕФАХ ПЛОТИНЫ

Норкулов Бекзод Эшмирзаевич

PhD, доцент

*Ташкентский институт инженеров
ирригации и механизации сельского*

хозяйства, г. Ташкент

Сейтимбетов Аллаяр Мынсызбай-улы

*Каракалпакский государственный
университет имени Бердаха, г. Нукус*

Вохидов Ойбек Фарходжон угли

*Ташкентский институт инженеров
ирригации и механизации сельского*

хозяйства, г. Ташкент

Курбанов Азизали Ильхомович

*Ташкентский институт инженеров
ирригации и механизации сельского*

хозяйства, г. Ташкент

Жамалов Фарход Норкулович

Бухарский филиал

*Ташкентского института инженеров ирригации
и механизации сельского хозяйства,*

г. Бухара

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся основные виды деформации присходящие в нижних бьефах гидроузлов, указано характерные особенности русловых деформации. Приводятся данные о интенсивности плановых деформации: в нижнем бьефе Чардаринского гидроузла на реке Сырдарье за различные годы исследования в отдельных местах плановое перемещение русла произошло на расстояние 400 и даже 600 м. Установлены общие схемы размыва и занесение нижних бьефов, происходящих в период эксплуатаций низконапорной плотины. Отмечено, что явление занесение наносами русл в нижних бьефах проявляется особенно сильно на водозаборных гидроузлах. При этом энергия потока в нижнем бьефе уменьшается и он не может транспортировать полностью все наносы, выносимые из подпертого бьефа после его частичного или полного занесения.

Ключевые слова: поток, неравномерный, уравнение, русло, гидравлическое сопротивление, площадь живого сечения.

Введение. На реках построенные гидроузлы изменяют режимы уровней, стока наносов, а также расходов воды. При этих условиях в большинстве случаев в нижних бьефах развивается деформация общего размыва дна, сопровождающаяся снижением уровней воды. В таких условиях потребностью в прогнозе изменений, вызываемых сооружением на реках плотин, становится наиболее важной, что определяет актуальность исследований выполненных в рамках настоящей работе. Объектом исследования является нижний бьеф гидроузлов. В общем виде размыв рассмотрен во многих научных исследованиях М.А.Великановым [1-10] и др. Из них многие считаются и апробированы и наиболее приемлемые для практического использования [2,11-14]. Вопросам прогнозирования общих деформации в нижних бьефах гидроузлов уделяется большое внимание. Значительный вклад в разработку методов расчета внесли многие ученые экспериментаторы [1, 2, 8, 9, 10, 13, 18], и др. Разработанные методы расчета русловых процессов учеными СНГ и зарубежными учеными, хотя и достигли многого, однако,

являются еще недостаточными. Общей теории расчета всех этих процессов до сих пор не выработано. В настоящее время наиболее полному анализу поддаются только процессы заилиения, процессы же занесения оцениваются недостаточно полно. Исходя из вышеизложенного определена основная цель и задача исследований.

Метод исследований. Проведение анализа и изучение динамику основных параметров водного потока реки до и после ввода в ее русле гидроузлов, анализ хода русловых деформации в нижнем бьефе является методом исследования настоящей работы.

Результаты обсуждения. Общий размыв происходит из-за недостатка в потоке (по сравнению с бытовыми условиями) русло образующих фракций наносов. В особенности значительным деформациям подвержены неустойчивые русла реки. Последствия общего размыва является понижение дна и уровня воды у гидроузла.

Явление общего размыва можно представить как совокупность глубинной и боковой эрозии.

Оба процесса происходят одновременно, но они могут быть неодинаковы по интенсивности. Например, по наблюдением [19] в нижнем бьефе Цимлянского гидроузла сначала эксплуатации преобладала глубинная эрозия, в результате чего уровни при расходе воды 400 – 500 м³/с снизились на 1,2 м, а затем стала преобладать боковая эрозия; в результате боковой эрозии в районе Каргальских перекатов размыв берегов достигал 30 м/год. В нижнем бьефе Чардаринского гидроузла на реке Сырдарья с начала эксплуатации в течении шести лет в отдельных местах плановое перемещение русла произошло на расстояние 400 и даже 600 м (в бытовых условиях русло было устойчивым) [20].

Снижение уровней в результате общего размыва учитывается в проектах всех гидроузлов. Например, по прогнозному расчету исследователей [11]. Краснодарский гидроузел на реке Кубани построен с учетом снижения уровней до 2,5 м и по прогнозу исследователя [18]. Тахиаташский гидроузел на реке Амударья построен с учетом понижения бытового отметка дна до 2,0 м. Гидроузлы, построенные без учета общего размыва, рано или поздно могут отказаться в аварийном состоянии. Кроме того, в случае проявления боковой эрозии значительный ущерб может быть нанесен прибрежным землям и населенным пунктам. Все это заставляет с особым вниманием изучать конкретные объекты.

Процесс общего размыва русла определяется в основном степенью осветления потока, зарегулированностью стока воды, геологическим строением русла, типом бытового руслового процесса. Влияние этих факторов на ход деформации русел можно проследить на существующих гидроузлах.

Изучение происходящих русловых деформации в нижних бьефах существующих гидроузлов показывает, что развитие балансового метода расчета этих процессов должно идти в направлении учета цилиндрических деформации русла, размыва берегов, геологических условий.

Влияние сложных геологических условий на ход общих размывов отчетливо проявилось в нижних бьефах Чардаринского гидроузла на реке Сырдарья и головной ГЭС на реке Вахш. Ниже Чардаринского гидроузла русло Сырдарья отвечает руслом сложного геологического строения. Твердый сток здесь восстанавливался в основном за счет деформации дна, причем размывались как плесовые ложины, так и отметили (побочни, осередки). Только на некоторых участках русла резкое расширение объясняется особенностями геологического строения.

Своеобразия процесса размыва русла реки Вахш обусловлено особенностями геологические строения: валунно – галечное русло на начальном участке переходит в гравелистое и песчаное и повышенным содержанием илов по мере приближения к устью. Основные деформации русла протекали на песчаном участке, в достаточно

большом удалении от ГЭС (80 км). Общие размывы происходили в основном за счет размыва дна. Относительно меньший размыв берегов по сравнению с донными деформациями объясняется значительной заиленностью песков аллювия, залегающего в берегах.

Средой, в которой развивается деформация общего размыва, являются аллювиальные отложения, которые можно рассматривать на примере амударьинских гидроузлов. Русло Амударьи сильно распластано, поэтому общие размывы пойдут в основном за счет дна, и можно было бы ожидать, что в первую очередь – за счет смыва отмелей. Отсутствие в аллювиальных отложениях среднего и нижнего течения Амударьи крупного материала, достаточного для образования естественных отмосток, а также однородность геологического строения русла, будут способствовать развитию глубинных деформации. При этом, вследствие регулирования стока и отборов воды, высокие расходы могут значительно снизиться, затопляемость отмелей уменьшится, а тогда основная врезка потока пойдет в дно за счет плесовых ложины при полном обсыхании отмелей.

Проведенные расчеты по режиму русла Амударьи в нижнем бьефе Тюя – Муюнского гидроузла [22,22] показали, что при задержании наносов в водохранилище в первые десять лет эксплуатации размыву подвергается почти 65 – километровый участок русла. Средние отметки дна вблизи гидроузла понизятся при этом на 7,5 м, а уровень воды на 5,5 м, уклон дна уменьшится в 2,5 раза, скорости течения – в 2,0 раза. Отмели после 2 – 5 лет эксплуатации гидроузла практически не будут затопляться в половодье и постепенно преобразуются в поймы.

Для прогнозирования хода общего размыва широкого применяется метод баланса наносов, позволяющий получить изменение отметок дна, уклона водной поверхности и скоростей течения во времени и по длине участка размыва. Заключается он в совместном решении для расчетного участка реки уравнений движения жидкости и баланса наносов. Практическое применение метода сводится к переменному решению в конечных разностях названных выше уравнений. При этом уравнение баланса наносов приобретает вид

$$\frac{R_2 - R_1}{\gamma} \Delta t = B_{\Delta} l_{\Delta} H_{\Delta}, (1)$$

где R_1 и R_2 - продольные расходы наносов соответственно во входном и выходном створах; Δt - расчетный интервал времени для определения величины ΔH ; Δl - длина расчетного участка; ΔH - изменение глубины; B - ширина русла.

Положение уровня воды устанавливается путем определения кривой свободной поверхности по формуле Шези – Маннинга.

В мелкозернистых руслах (рис. 1) поток, недогруженный наносами, разрабатывает себе предельно устойчивое русло с уклоном i_0 , который меньше бытового уклона i_6 .

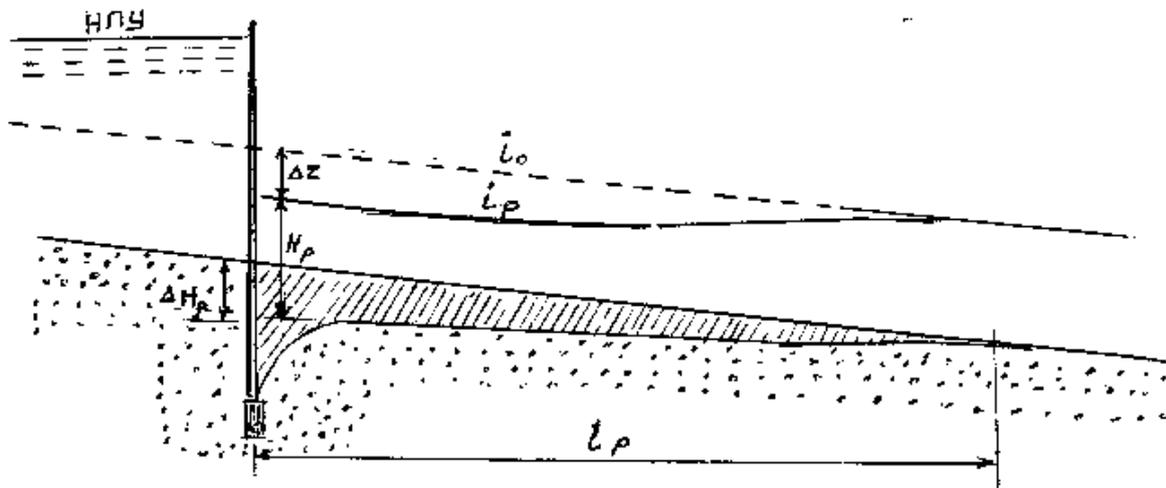


Рис. 1. Расчетная схема общего размыва русла в нижнем бьефе плотины.

Морфологические элементы для этих условий можно определить по следующим формулам:

$$H_0 = \left(\frac{Q_p}{\vartheta_1 R^{1/m}} \right)^{1/(1+\alpha+1/m)} \quad (2)$$

$$B_0 = (R \cdot H_0)^{1/m} \quad (3)$$

$$i_0 = 0,00049 \frac{\vartheta_1^{2,095}}{Q_p^{0,095}} \left(\frac{n}{0,02} \right)^3 \quad (4)$$

где R и m - параметры формы русла по С.Т.Алтунину: для песчаных отложений $R = 3$, $m = 0,5$; n - коэффициент шероховатости по Манингу, ϑ_1 - размывающая скорость потока для грунтов при средней глубине потока 1 м; Q_p - руслоформирующий расход воды.

В процессе размыва песчаных русел дно и уровни воды понижаются, оставаясь параллельными. Длина участка размыва постоянно увеличивается, поэтому интенсивность снижения уровней уменьшается. Общий размыв может быть остановлен поступлением из верхнего бьефа наносов после частичного занесения, распространением общего размыва до базиса эрозии (уровень моря или нижерасположенного гидроузла; обнажением в русле трудно размываемых грунтов (за участком русла из трудно размываемых пород размыв может развиваться).

Порядок приближенного расчета общего размыва по схеме на рис. 1.4 сводится к следующему. Определяют уклон предельно устойчивого русла i_0 . Считают, что на участке размыва устанавливается средний уклон $i_{cp} = (i_0 + i_6)/2$;

Задаются снижением уровня воды у гидроузла Δz и определяют длину участка размыва $l = \Delta z / (i_0 - i_{cp})$. Далее вычисляют объем русловых отложений, который поток должен смыть, чтобы русло соответствовало состоянию, определяемому значением снижения уровней Δz у гидроузла.

Время наступления этого состояния снижения русла и уровней воды определяется отношением

объема размыва V_p к годовому стоку наносов G_p в новых условиях: $t = V_p / G_p$ лет. Годовой сток наносов через нижний граничный створ участка размыва можно определить по измеренному стоку донных (влекомых) наносов.

Следует отметить, что прекращение размыва под влиянием подпора ниже расположенным гидроузлом не устраняет причин размыва вообще, по этому размыв русла может проявиться в нижнем бьефе того гидроузла, который создал подпор. Например, общий размыв русла р. Амударьи под воздействием Туямунского водохранилища распространиться в нижний бьеф Тахиаташского гидроузла, где последствие его будут не менее значительный, чем в нижнем бьефе Туямунского гидроузла.

С того момента как сбрасываемые через гидроузел наносы нагружают полностью поток в нижнем бьефе, общий размыв прекращается и начинается занесение. По этому для прогнозирования занесения русел в нижних бьефах требуются данные о движении наносов через гидроузел (расходы наносов и фракционный состав).

По мере занесения подпорных бьефов количество наносов, поступающих в нижний бьеф, постоянно возрастает и наступает перегрузка потока наносами в нижнем бьефе. При этих условиях развивается занесение нижнего бьефа, сопровождающееся подъемом уровней. При восстановлении транспорта руслоформирующих в бытовых условиях наносов через створ гидроузла занесение восстановит дно в нижнем бьефе до бытового положения.

Занесение – это процесс и результат аккумуляции русло образующих функции наносов вследствие перегрузки потока наносами.

Явление занесения наносами русел в нижних бьефах проявляется особенно сильно на водозаборных гидроузлах. При этом энергия потока в нижнем бьефе уменьшается и он не может транспортировать полностью все наносы, выносимые из подпертого бьефа после его частичного или полного занесения.

Любой водозаборный гидроузел создает подпор уровней. Под влиянием этого подпора на какое – то время русло образующие фракции наносов задерживаются. Занесение начинается обычно не от бытового положения дна, а от

деформированного в процессе общего размыва (рис. 2), то есть при уклонах потока, меньших бытового. Кроме того, транспортирующая способность потока в нижнем бьефе уменьшается так же и под влиянием отбора воды.

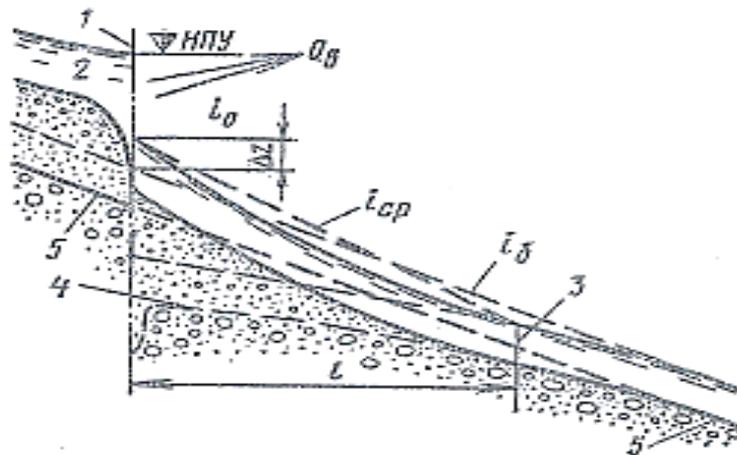


Рис.2. Расчетная схема занесения наносами НБ: 1-створ водозаборного гидроузла; 2-ВБ; 3-нижняя граница участка занесения; 4-дно в наинижнейшем положении после общего размыва перед началом занесения; 5-дно в бытовых условиях; Q_v – расход водозабора.

Порядок расчета занесения такой же, как и общего размыва, только следует задаваться значением превышения уровня, а не снижения. Уклон водной поверхности потока у гидроузла определяют по формуле А.Н.Гастунского:

$$i_0 = i_6 \frac{1}{(1-\varphi)^{3/4}}, \quad (5)$$

где φ - коэффициент водозабора; $\varphi = Q_v/Q_p$; Q_v - расход воды в водозаборных сооружениях; Q_p - русла формирующий расход воды в бытовых условиях, при котором сформировался бытовой уклон потока.

При прогнозировании занесения русла используются морфометрические зависимости [17].

Определение времени окончания общего размыва и начала процесса занесения производится с помощью кривых, выражающих увеличение нагрузки или расчетного диаметра наносов, сбрасываемых в нижний бьеф, по времени. По известному предельно устойчивому уклону потока в нижнем бьефе определяется его транспортирующая способность.

Раскладка поступивших из верхнего бьефа наносов происходит в соответствии с транспортирующей способностью потока по длине русла в нижнем бьефе; при этом в пределах участка размыва осаждаются не все поступающие наносы, а лишь те, которые в избытке по сравнению с транспортирующей способностью потока в нижнем бьефе.

Расчеты занесения нижних бьефов являются как бы продолжением расчетов общего размыва с развитием расчетной схемы, в которой вместо формул, не учитывающих наличие наносов в

потоке, используются формулы, учитывающие влияния характеристик наносов (ρu или d):

$$\frac{\rho u}{(\rho u)_6} = \left(\frac{i}{i_6}\right)^{1,43} \quad (6)$$

где ρu - нагрузка потока наносами; $(\rho u)_6$ - нагрузка потока наносами в бытовых условиях; ρ - мутность, кг/м³; u - средняя гидравлическая крупность, м/с.

Отложения аккумулирующихся в нижнем бьефе наносов ограничиваются снизу поверхностью размываемого русла, сверху линией дна с уклоном, соответствующими нагрузке потока наносами (см. рис. 2). Поскольку уклон потока, формирующегося в отложениях избыточных наносов больше уклона в процессе общего размыва, то формируется поток с убывающим вниз по течению уклоном. Средний уклон на этом участке может быть определен как средний между уклоном у гидроузла и уклоном размываемого русла. Объем и время аккумуляции определяются стоком наносов через гидроузел с учетом транзита мелких фракции.

Если режим эксплуатации гидроузла приводит к уменьшению руслоформирующего расхода, то уклон потока в нижнем бьефе будет больше и при проектировании водосбросных сооружений следует учитывать дополнительный подпор со стороны нижнего бьефа. Весьма значительный дополнительный подпор уровней в нижнем бьефе следует ожидать в случаях большого объема водозабора.

Выводы

Установлены общие схемы размыва и занесение нижних бьефов, происходящих в период эксплуатаций низконапорной плотины. Отмечено, что явление занесение наносами русел в нижних

бьефах проявляется особенно сильно на водозаборных гидроузлах. При этом энергия потока в нижнем бьефе уменьшается и он не может транспортировать полностью все наносы, выносимые из подпертого бьефа после его частичного или полного занесения.

Установлено, что если режим эксплуатации гидроузла приводит к уменьшению руслоформирующего расхода, то уклон потока в нижнем бьефе будет больше и при проектировании водосбросных сооружений следует учитывать дополнительный подпор со стороны нижнего бьефа. Весьма значительный дополнительный подпор уровней в нижнем бьефе следует ожидать в случаях большого объема водозабора.

Литература:

1. Великанов М.А. Динамика русловых потоков. В 2-х Т. М. ГИТТЛ, 1954-1955.-т. 1, 324 стр.324.
2. Леви И.И. Движение речных наносов в нижних бьефах гидротехнических сооружений.-Л.; М.: Госэнергоиздат, 1955, стр. 160.
3. Мирцхулава Ц.Е. Размыв русел и методика оценки их устойчивости.-М.: Колос, 1967, стр. 180.
4. Гончаров В.Н. Динамика русловых потоков.-Л.: Гидрометеиздат, 1962, стр. 374.
5. Гришанин К.В. Устойчивость русел рек и каналов.-Л.: Гидрометеиздат, 1974, стр. 144.
6. Караушев А.В. Теория и методы расчета речных наносов.-Л.: Гидрометеиздат, 1977, стр. 272.
7. Карасев И.Ф. Русловые процессы при переброске стока. Изд. 2-е-Л.: Гидрометеиздат, 1975. стр. 288.
8. Мухамедов А.М., Тузов В.Е. Особенности русловых деформаций р. Амударья//В кн.: Труды координационных совещаний по гидротехнике-Л.: Энергия, 1967, вып. 36. стр. 244-258.
9. Мухамедов А.М. Эксплуатация низконапорных гидроузлов на реках, транспортирующих наносы.-Ташкент: Изд-во Фан, 1976, стр. 238.
10. Мухамедов А.М. Первые гидроузлы на р.Амударье в средней Азии// Гидротехническое строительство.-М: 1982, №12, стр. 30-33.
11. Россинский К.И., Кузьминов И.А. Балансовый метод расчета деформации dna потока//Труды Гидропроекта – М.: Энергия, 1964, вып. XII.-стр. 265-271.
12. Алтунин С.Т., Бузунов И.А. Вопросы формирования и расчета русел рек у гидроузлов.// Труды института сооружений АН Уз ССР.-Ташкент, вып. VII. 1955, стр.21-35.
13. Лапшенков В.С. Прогнозирование русловых деформаций в бьефах речных гидроузлов. Л.: Гидрометеиздат, 1979, стр. 240.
14. Шапиро Х.Ш. Регулирование твердого стока при водозаборе в оросительные системы.-М.: Колос, 1983, стр. 272.
15. Румянцев Н.С., Кромер Р.К. Прогноз занесения верхнего бьефа водозаборного гидроузла//Гидротехника и мелиорация.-М.: № 8. стр. 29-31.
16. Румянцев Н.С., Кромер Р.К. Режим занесения верхних бьефов ирригационных низконапорных гидроузлов// Доклады ВАСХНИЛ. М.: 1980, № 8. стр. 38-40.
17. Мухамеджанов Ф.Ш. Расчет переформирования русла у низконапорных плотин (Пособия для проектирования).-Ташкент: Средазгипроводхлопок,1962. стр. 54.
18. Мухамеджанов Ф.Ш. Балансовый метод расчета переформирования русла у низконапорных плотин на реках Средней Азии, протекающих мелкопесчаных отложениях//Труды ТИИИМСХ, 1977, вып. 18, стр. 32-36.
19. Факторович М.Э., Векелер А.Б., Квасова И.Г. Переформирование русла в нижних бьефах речных гидроузлов.-В кн.: Работа нижних бьефов гидротехнических сооружений. Тр. ВАСХНИЛ.-М.: Колос, 1970, стр. 21-28.
20. Скрыльников В.А. Прогноз общего размыва русла в нижнем бьефе низконапорных гидроузлов// Труды САНИИРИ. 1968. вып. 117, стр. 146-159.
21. Кузьмин И.А., Терентьев Л.И. Опыт проектирования общих размывов в нижних бьефах емких водохранилищ.-В кн.: Работа нижних бьефов гидротехнических сооружений.-М.: Колос, 1969. стр. 121-126.
22. Кузьмин И.А., Калганова М.В. Общие деформаций в нижних бьефах гидроузлов их расчета//В кн.: Сб. докл. Всесоюзного совещания по водозаборным сооружениям и русловым процессам. Ташкент: 1974, стр. 56-63.