

О ДИНАМИКЕ ИЗМЕНЕНИЯ МУТНОСТИ ПОТОКА ПО ДЛИНЕ В ЗОНЕ ВЫКЛИНИВАНИЯ ПОДПОРА В ВОДОХРАНИЛИЩАХ И РУСЛАХ РЕК

Х.А. Исмагилов, М.Т. Сайидов
(НИИИВП при ТИИМ)

Article is devoted studying dynamics change of stream turbidity on length a pinching-out stream section in water reservoirs and river channels. Receipt new formulas for definition stream turbidity and hydraulic fineness of sediments for these sections. Below in article is shown results of the made researches on studying character of hydraulic fineness of sediments on the section line Dargan-Ata of the Amu Darya river.

Статья посвящена изучению динамики изменения мутности потока по длине в зоне выклинивания подпора в водохранилищах и руслах рек. Получены новые формулы для определения мутности потока и гидравлической крупности наносов в этой зоне. В статье приводятся результаты проведенных исследований характера гидравлической крупности наносов по створу Дарган-Ата реки Амударья.

Как известно, в настоящее время в некоторых руслах рек и расположенных на них русловых водохранилищах наблюдается заиление русла. Основной причиной этого процесса является заиление дна русла вследствие чрезмерного увеличения мутности потока воды и осаждения наносов. Заиление дна приводит к размыванию берегов, паводкам, негативно влияет на стабильную эксплуатационную деятельность гидротехнических сооружений.

Создание водохранилищ в русле реки вызывает подпор воды. В верхнем бьефе в результате подпора образуется две зоны: 1-я зона – Зона водохранилища; 2-я зона – Зона выклинивания подпора воды, русловая зона. Подпор воды оказывает влияние на поток в виде уменьшения скорости потока и осаждения наносов, а также уменьшения мутности потока по длине, как в зоне водохранилища, так и в зоне выклинивания подпора.

В частности, изменение мутности потока по длине С.Х. Абальянцем [1] выражается следующим образом:

$$S_x = S_T + \left(S_0 - S_T \right) \exp \left\{ - \frac{w_x}{q} \Delta x \right\}$$

где: q – погонный расход;
 S_0 – мутность в начале рассматриваемого участка;
 S_T – транспортирующая способность потока;
 w_x – изменение гидравлической крупности наносов.

Для отдельных фракций наносов расчетная зависимость для изменения мутности по длине потока А.В. Караушевым [2] представлена в следующем виде:

$$S_{кон} = S_{Tp} + \left(S_{кон} - S_{Tp} \right) \exp \left\{ - \frac{B(w_i + K_i)}{Q} \Delta x \right\}$$

где: K_i – коэффициент пропорциональности, приобретающий особое численное значение для каждой фракции.

Для случая, когда заиление происходит постоянно, формула для расчета изменения мутности по длине А.В. Караушевым [2] дается в следующем виде:

$$S_x = S_0 \exp \left\{ - \frac{w_x}{q} \Delta x \right\}$$

На основе краткого анализа можно отметить, что предложенные различными авторами формулы для расчета распределения мутности потока по длине, в основном, даются для участка реки свободной зоны течения потока.

Осаждение наносов и уменьшение мутности потока по длине в зоне выклинивания подпора можно выразить через уравнение баланса наносов. Составление уравнения баланса наносов ведется следующим образом: Выделяется участок водохранилища длиной Δx , ограниченной двумя створами (рис. 1).

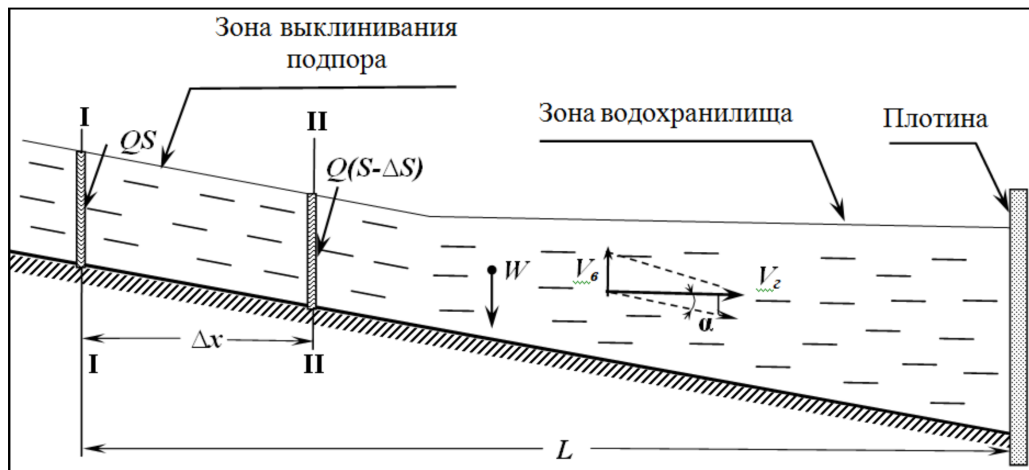


Рис. 1 - Схема расчета видоизменения мутности потока по длине водохранилища

Расход наносов через начальный створ составляет QS (Q - расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$; S - средняя объемная мутность), через конечный створ расход наносов составит $Q(S - \Delta S)$, где ΔS - уменьшение мутности потока по длине Δx за счет осаждения наносов. Средний расход осаждающихся наносов на единицу площади дна на участке длиной Δx выражается через q . Учитывая вышеизложенное, полный расход осаждающихся наносов на рассматриваемом участке составит $q\Delta x B$, где B - средняя ширина русла реки на участке длиной Δx .

Уравнение баланса наносов будет иметь следующий вид:

$$QS = Q(S - \Delta S) + q\Delta x B \quad (1)$$

$$\text{откуда:} \quad Q\Delta S = q\Delta x B \quad (2)$$

или в дифференциальной форме:

$$QdS - qBdx = 0 \quad (3)$$

Входящий в уравнения секундный расход осаждения наносов приближенно может быть принят равным:

$$q = (W - V_g)S \quad (4)$$

где: W - гидравлическая крупность наносов или скорость осаждения наносов в стоячей воде, $\text{мм}/\text{с}$ (рис. 1).

Вертикальную составляющую скорости потока можно установить по формуле:

$$V_g = V \sin \alpha = iV \quad (5)$$

где: V - средняя скорость потока;

α - угол наклона движения потока;

i - скоростной уклон.

При равномерном движении потока скоростной уклон равен геометрическому.

Подставляя (4) и (5) в (3) получим:

$$QdS - (W - iV)SBdx = 0 \quad (6)$$

Уравнение (6) является дифференциальным уравнением изменения мутности по длине водохранилища. Интегрирование уравнения (6) имеет некоторые особенности, зависящие от морфологического строения русла и гидравлического параметра потока.

Для водохранилища особенностями являются изменение морфологического строения русла и гидравлического параметра потока по длине. Эти изменения параметров по длине принимаются линейными и, в соответствии с этим, можно получить:

1. Изменение средней глубины потока по длине:

$$H_x = H_n + (H_k - H_n) \frac{x}{L} \quad (7)$$

2. Изменение уклона водной поверхности по длине:

$$i_x = i_H - (i_H - i_K) \frac{x}{L} \quad (8)$$

3. Расширение русла по длине:

$$B_x = B_H + (B_K - B_H) \frac{x}{L} \quad (9)$$

4. Сужение русла по длине:

$$B_x = B_H - (B_H - B_K) \frac{x}{L} \quad (10)$$

5. Поток имеет разнофракционный состав наносов.

Для расчета принимается средневзвешенное значение гидравлической крупности наносов (W_{cp}). Изменение средневзвешенного значения гидравлической крупности наносов по длине принимается равным изменению средней скорости потока.

$$\frac{W_{cp.x}}{W_{cp.o}} = \frac{V_x}{V_H} \quad \text{откуда} \quad W_{cp.x} = \frac{W_{cp.o} V_x}{V_H} \quad (11)$$

В зависимостях (7)-(11) приняты следующие обозначения:

H_H, i_H, B_H, V_H - средняя глубина, уклон, ширина и скорость потока в начале участка;
 H_K, i_K, B_K, V_K - средняя глубина, уклон, ширина и скорость потока в конце участка, соответственно;
 L - общая длина участка;
 X - длина участка от начала до рассматриваемого створа.

Подставляя (7)-(11) в (6) и осуществляя некоторые преобразования, получим:

$$\frac{dS}{S} = \frac{W_H L}{V_H (LH_H + (H_K - H_H)x)} dx - \frac{Li_H}{LH_H + (H_K - H_H)x} dx + \frac{(i_H - i_K)x}{LH_H + (H_K - H_H)x} dx \quad (12)$$

Интегрирование (12) дает:

$$S_x = S_o \exp - \frac{1}{H_K - H_H} \left\{ \frac{LW_H}{V_H} \ln \frac{LH_H + (H_K - H_H)x}{LH_H} - \left[Li_H \ln \frac{LH_H + (H_K - H_H)x}{LH_H} - (i_H - i_K) \left(x - \frac{LH_H}{H_K - H_H} \ln \frac{LH_H + (H_K - H_H)x}{LH_H} \right) \right] \right\} \quad (13)$$

Из уравнения (13) можно получить:

$$W_H = \ln \frac{S_x}{S_o} \cdot \frac{V_H (H_K - H_H)}{L \ln \frac{LH_H + (H_K - H_H)x}{LH_H}} + i_H V_H - \frac{(i_H - i_K)x V_H}{L \ln \frac{LH_H + (H_K - H_H)x}{LH_H}} + \frac{(i_H - i_K)H_H V_H}{H_K - H_H}$$

$$W_H = V_H \left\{ \ln \frac{S_x}{S_o} \cdot \frac{H_K - H_H}{L \ln \frac{LH_H + (H_K - H_H)x}{LH_H}} + i_H - \frac{(i_H - i_K)x}{L \ln \frac{LH_H + (H_K - H_H)x}{LH_H}} + \frac{(i_H - i_K)H_H}{H_K - H_H} \right\} \quad (14)$$

По уравнению (13) можно установить динамику изменения мутности потока между створами при наличии данных по гидравлическому элементу потока и гидравлической крупности наносов, а также уравнению (14) можно установить значения гидравлической крупности наносов в

начале русла при наличии данных по гидравлическому элементу потока и изменении мутности потока по длине.

Для оценки достоверности полученных уравнений (14) были использованы данные гидрологических станций Дарган-Ата и Туямуюн, в верхнем течении р. Амударья в зоне Туямуюнского водохранилища.

Гидрологическая станция Дарган-Ата – расположена в 160 км вверх от Туямуюнского водохранилища на участке Тупроккалинское массива. Наблюдается выклинивание подпора потока в этой зоне [3].

Гидрометрическая станция Туямуюн – действует с 1924 г. Гидроствор Туямуюн расположен в 450 км от Аральского моря и на 1,8 км ниже плотины Туямуюнского водохранилища. Станция расположена в теснине. Русло реки устойчивое, несколько изогнутое в плане. Берега скалистые, дно реки каменистое. Гидропост находится в створе станции. Выше и ниже гидроствора русло подвержено деформации. Ширина реки на этом гидростворе 800-850 м [3].

По данным измеренных расходов воды этих станций за 1991 г. были подсчитаны среднемесячные показатели параметров русла и потока (табл. 1)

Таблица - Результаты расчета среднего значения гидравлической крупности наносов по створу Дарган-Ата

Месяцы		Данные гидроствора Дарган-Ата (среднее значение параметров по месяцам)								Расчетная W (мм/с)
		Q_n (м ³ /с)	S_n (кг/м ³)	S_k (кг/м ³)	V_n (м/с)	H_n (м)	H_k (м)	I_n (‰)	I_k (‰)	
1991 г	январь	745	1,64	0,028	0,96	3,3	14,39	0,00011	0,0001	0,000190
	февраль	521	2,1	0,022	0,96	2,08	14,02	0,00011	0,0001	0,000174
	март	346	1,23	0,031	0,81	1,66	9,21	0,000092	0,000082	0,000116
	апрель	991	3,3	0,14	1,09	1,96	5,38	0,000086	0,000076	0,000142
	май	1488	3,7	0,17	1,17	2,45	6,27	0,00009	0,00008	0,000168
	июнь	2570	4,21	0,038	1,36	2,8	12,03	0,000078	0,000068	0,000206
	июль	2270	4,7	0,017	1,29	3,03	11,18	0,00007	0,00006	0,000184
	август	1605	0,86	0,17	1,14	2,84	5,19	0,000076	0,000066	0,000160
	сентябрь	1410	2,93	0,42	1	2,75	3,79	0,000095	0,000085	0,000163
	октябрь	956	1,48	0,056	0,97	2,7	6,48	0,00013	0,00012	0,000181

Используя данные таблицы и графика по уравнению (14) были рассчитаны значения гидравлической крупности наносов для каждого измеренного расхода воды по месяцам. Как видно из табл. 1, подсчитанные значения гидравлической средневзвешенной крупности наносов для гидроствора Дарган-Ата составляют от 0,000116 до 0,0002 мм/с. Анализ показал, что измеренные данные гидравлической крупности наносов по гидроствору Дарган-Ата близки к расчетным.

ВЫВОД В заключение можно отметить, что с учетом данных изменений поперечного и продольного профиля русла и значений средневзвешенной гидравлической крупности наносов по длине было решено уравнение баланса наносов и получена расчетная зависимость (14) для установления динамики изменения мутности потока по длине русла. Сопоставление расчетных значений изменения мутности по длине русла с измеренными данными дали удовлетворительные результаты. Полученную расчетную зависимость (14) рекомендуется использовать при расчетах объема заиления в зоне выклинивания подпора водохранилища.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Абальянц С.Х. Устойчивые и переходные режимы в искусственных руслах. – Л., Гидрометеиздат, 1981. -240 с.
2. Караушев А.В. Теория и методы расчетов речных наносов. – Л., Гидрометеиздат, 1977. -288 с.
3. Исмагилов Х.А. Селевые потоки, русловые процессы, противоселевые и противопаводковые мероприятия в Средней Азии. - Ташкент, 2006. -261 с.