

УДК 627.81(282.255.12) (575.3)

ВЛИЯНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ НА РЕЖИМ ТВЕРДОГО СТОКА РЕК ГОРНО-ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ ТАДЖИКИСТАНА

Д.М. Маматканов, А.Р. Фазылов

Рассмотрены место и роль гидротехнических сооружений в системе регулирования стока рек горно-предгорной зоны Таджикистана. Приводится анализ изменения стока взвешенных наносов и мутности по длине р. Вахш, связанного с эксплуатацией Нурекского водохранилища.

Ключевые слова: река; управление; твердый сток; каскад; водохранилище.

INFLUENCE OF RESERVOIRS ON THE MODE OF RIVER SEDIMENT RUNOFF IN MOUNTAIN AND FOOTHILL ZONES OF TAJIKISTAN

D.M. Mamatkanov, A.R. Fazylov

It considers the place and role of hydraulic structures in the system of river flow control in mountain and foothill zones of Tajikistan. The analysis of changes in the runoff of suspended sediments and silt content along the Vakhsh River associated with the operation of the Nurek Reservoir is given.

Key words: river; management; sediment runoff; cascade; reservoir.

Водный режим рек горно-предгорной зоны Центральной Азии находится в тесной связи с режимом твердого стока рек, формирующимся в зависимости от комплекса природных и антропогенных факторов.

Согласно результатам международных экспертных оценок, в Таджикистане среднегодовой сток наносов на большей части территории страны варьируется в пределах от 20 до 500 т/км² в год [1]. Одним из наиболее характерных бассейнов зоны формирования стока Центральной Азии (ЦА) является бассейн р. Вахш, часть твердого стока которой образуется за счет русловой эрозии, разрушающей берега и дно русел рек.

Большое влияние на русловые деформации и миграцию взвешенных наносов на зарегулированных участках рек оказывают также водохранилища и гидроузлы. Перед гидроузлами и в водохранилищах в результате снижения скорости течения осаждается 65–95 % взвешенных наносов. По мнению А.Б. Авакяна, полный объем водохранилищ земного шара должен был возрасти к 2000 г. до 10–12 тыс. км³, а полезный – до 6–7 тыс. км³ [2]. На рисунке 1 приведены диаграммы, отражающие увеличение объема водохранилищ и мировое распределение потерь их объема в результате осажде-

ния наносов. В целом потери в результате осажде-ния наносов составляют около 10 % объема водохранилищ [1]. В настоящее время эксплуатируется более 60 тыс. водохранилищ и ежегодно появляется несколько сот новых. Их полный объем превышает 6,6 тыс. км³, площадь – более 400 тыс. км², а с учетом подпруженных озёр – 600 тыс. км² [3].

С каждым годом существенно возрастает роль водохранилищ в водохозяйственном балансе Центральноазиатского региона. При этом чаши водохранилищ стали неотъемлемой частью ландшафта хозяйственно освоенных территорий и отражают вмешательство человека в существовавшую тысячелетиями природную обстановку. Их сооружение меняет гидрологический режим водотоков, микроклимат прилегающей территории, рельеф местности, среду обитания животных и др., а также инфраструктуру территории. Это связано с тем, что водохранилища как “звенья” процесса стока, являются образованиями аazonальными, несвойственными тем природным условиям, в которых они создаются. Последствия создания водохранилищ многообразны, а их взаимодействия с окружающей средой имеют различные пространственные масштабы [5].

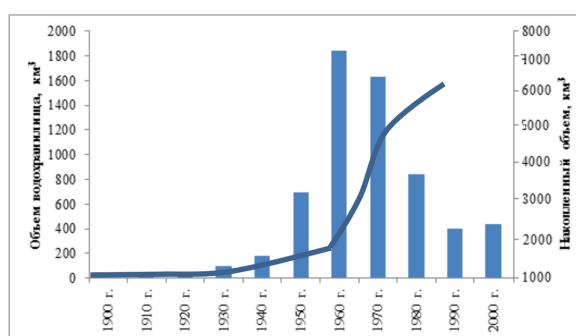
На сегодняшний день в Таджикистане функционируют водохранилища в основном ирригационно-

Таблица 1 – Характеристика основных водохранилищ Республики Таджикистан

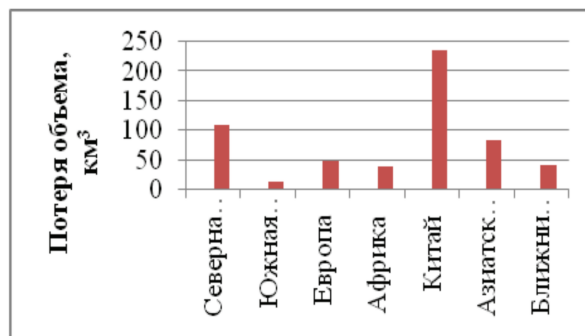
Название водохранилища	Объём водохранилища, млн м ³		Использование воды из водохранилища, млн м ³			
	общий	полезный	всего	орошение	энергетика	водоснабжение
Нурекское	10500	4500	20343	181,0	20025	14,0
Головное	94,5	18	19012	155,8	18568	31,5
Байпазинское	87	18	20052	773,8	9016	0,6
Кайраккумское	4160	2600	14242	338,0	13216	-
Муминабадское	29,2	25	28,9	28,9	-	-
Сельбурское	25,4	20	24,3	24,3	-	-
Каттасайское	55	36,5	44,3	44,3	-	-
Даганасайское	42	15	4,3	4,3	-	-
Сангтудинское	25,0	12	20343	-	20343	-

Таблица 2 – Посты наблюдений за стоком наносов по бассейну р. Вахш

Бассейн	Количество постов с числом лет наблюдений						
	менее 5	6–10	11–15	16–20	21–25	более 25	всего постов
Бассейн р. Вахш	6	2	-	-	2	1	11



А



Б

Рисунок 1 – Увеличение объема водохранилищ и мировое распределение потерь их объема в результате осаждения наносов: А – рост объема водохранилищ за последние 100 лет с учетом строящихся и запланированных на период 2000–2010 гг.; В – потери объема водохранилищ в результате осаждения наносов

энергетического назначения. В таблице 1 представлены характеристики основных эксплуатируемых водохранилищ, созданных на реках горно-предгорной зоны Таджикистана [4].

Размещение ГЭС в горно-предгорной зоне формирования стока ЦА с регулируемыми водохранилищами, расположенными выше в каскаде, оказывают влияние на все расположенные ниже ступени, обеспечивая их зарегулированный сток и гарантированную отдачу, а также повышает срок их эксплуатации. Кроме повышения энергетической эффективности, каскадные схемы позволяют существенно повысить эффективность использования стока и другими отраслями народного хозяйства (орошение, водоснабжение и т. д.).

Примером такой компоновки создания каскада является Вахшский каскад ГЭС в Таджикистане (рисунок 2), и целый каскад мощных ГЭС на реке Нарын (Кыргызстан): Токтогульский, Курпсайский, Ташкумырский, Шамалдысайский, Укурганский, а также достраиваемая Камбаратинская ГЭС-2, планирующиеся Камбаратинская ГЭС-1 и Верхне-Нарынский каскад ГЭС.

Комплексное (водноэнергетическое и водохозяйственное) регулирование стока р. Вахш осуществляется каскадом водохранилищ ГЭС. Одним из крупных водохранилищ данного каскада является водохранилище Нурекской ГЭС, построенное на р. Вахш в Таджикистане. Первый агрегат введен в 1972 г., последний – в 1979 г. Каменно-набросная плотина образует крупное Нурекское водохранилище со сле-



Рисунок 2 – Каскад ГЭС на р. Вахш

дующими параметрами: длина при максимальном уровне – 70 км; средняя глубина – 107 м; площадь зеркала при максимальном уровне – 98 км²; полный проектный объем – 10,5 км³; полный объем (по съемке 1994 г.) – 7,965 км³; полезный проектный объем – 4,5 км³; полезный объем (по съемке 1994 г.) – 3,2 км³; высота призмы сработки – 53 м.

К большому сожалению, по объективным причинам в 90-е гг. прошлого столетия почти на всех гидрологических постах бассейна р. Вахш наблюдения за стоком взвешенных наносов были прекращены частично или полностью. Недостаточная изученность стока взвешенных наносов бассейна р. Вахш объясняется плохой оснащенностью постами наблюдений. Распределение числа постов (1967 г.) по продолжительности наблюдений за стоком наносов, приводится в таблице 2 [6].

Богатая взвешенными наносами р. Вахш ежегодно выносила из пределов горной области бассейна 86,3 млн т взвешенных наносов. Модуль стока взвешенных наносов для данного бассейна (1965 г.) при выходе реки в равнинную область составил 2680 т/км² [7]. Это свидетельствует об экстремально высокой механической денудации в бассейне р. Вахш и выноса из него водотоками аномально большого количества питательных элементов. Довольно высокая мутность (4,5 кг/м³) в этом бассейне объясняется наличием широко развитых здесь третичных отложений, легко поддающихся размыву и выветриванию, а также тем, что в общей сложности 52 % площади бассейна занимают полупустынные зоны и скалистые обнажения, и только 35 % составляет травяной покров и 13 % – лес и кустарниковая растительность [8]. Однако после создания Нурекского водохранилища плодородные наносы (в качестве “мелиорантов”) перестали поступать в пойму и орошаемые поля, что отрицательно сказалось на их продуктивности.

Средние темпы годового сокращения объема Нурекского водохранилища в период 1972–2001 гг. составили около 70 мм³/г. Если осаждение наносов

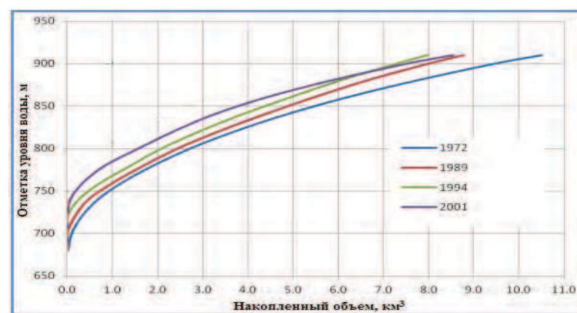


Рисунок 3 – Кривые зависимости уровня воды от накопленного объема

будет продолжаться с той же скоростью, то к концу столетия емкость водохранилища теоретически может сократиться до 1,8 км³. Без учета данных обследования в 2001 г. годовые темпы осаждения наносов составили бы примерно 115 мм³/в год, в результате чего ситуация усугубилась бы еще быстрее [1]. Однако этот процесс вряд ли будет продолжаться до конца столетия, поскольку это может сказаться на режиме работы и, возможно, безопасности плотины. Для сравнения следует отметить, что темпы осаждения наносов в водохранилище Кайраккумской ГЭС, на р. Сырдарья в Таджикистане по сравнению с оставшимся объемом водохранилища невелики. Основная масса наносов при этом улавливается Токтогульским (Кыргызстан) и Андижанским (Узбекистан) водохранилищами выше по течению, что уже привело к сокращению стока наносов с 74 до 8 мм³/в год [1].

Что касается Нурекского водохранилища, то его объем за счет заилиenia за период 1972–2001 гг. уменьшился на 1,867 км³ и составил 8,633 км³ против 10,5 км³ на начальный период эксплуатации. На 2001 г. полезный объем этого водохранилища составил 4,283 км³, мертвый – 4,35 км³ [9]. Кривая зависимости уровня воды от накопленного объема приведена на рисунке 3. Такая динамика осаждения наносов ведет к постепенному сокращению емкости водохранилища, что может сказаться на безопасности плотины и режиме работы водохранилища еще до конца столетия. Для предотвращения этого должны быть приняты меры по ограничению накопления осаждаемых наносов, уже к 2020 г. [1].

Продолжительность наблюдений стока взвешенных наносов р. Вахш прерывиста, незначительна, что не позволяет качественно и в полном объеме дать оценку его изменения по длине реки. Об изменении режима наносов в связи со строительством Нурекского водохранилища можно судить по отдельным имеющимся наблюдениям на

Таблица 3 – Среднеквартальные и среднегодовые данные о взвешенных наносах р. Вахш

Период	Месяц				Среднее значение
	I–III	IV–VI	VII–IX	X–XII	
	Расход взвешенных наносов (кг/с)				
До строительства Нурекской ГЭС	164	4124	6797	145	>4500
После строительства Нурекской ГЭС	27	98	185	90	150

Таблица 4 – Расходы взвешенных наносов и мутность р. Вахш

Год	Среднегодовой расход наносов, кг/с	Годовой сток наносов, тыс. т	Наибольший среднесуточный расход наносов		Наибольшая средняя мутность	
			кг/с	дата	г/м ³	дата
1969	4 180	130 000	26 000	15.04	25 000	15.04
1971	2 300	72 000	36 000	30.07	17 000	2.07
1978	70	2 200	3 600	25.06	5 400	24.05
1980	82	2 600	2 500	1.03	3 400	1.03
1982	-	-	1 400	26.05	2 200	26.05
1960	3 540	111 000	28 000	11,12.07	30 000	23.08
1961	2 700	85 000	33 000	25.07	30 000	7.08
1986	180	5 700	1 400	22.06	2 500	16.05
1987	250	7 900	2 700	29.05	3 900	9.05

р. Вахш. Гидрологический пост Саригузар, расположенный при выходе реки на равнину и ниже плотины Нурекской ГЭС, фиксирует сток с оставшейся зоны формирования. В таблице 3 приведены среднеквартальные и среднегодовые данные о взвешенных наносах р. Вахш на участках Туткаул – Саригузар до строительства водохранилища за период 1938–1970 гг., и после его строительства за период 1974–1982 гг. [10].

В таблице 4 приведены выборочные результаты исследований, проведённых по двум постам – Саригузар и Тигровая балка, имеющих наиболее полные наблюдения и отражающих изменение стока наносов по длине р. Вахш. Из-за краткосрочности и неполноты наблюдений за совмещённые периоды не представилось возможности восстановить данные за пропущенные годы наблюдений.

Исследованиями установлено (см. таблицу 4), что с начала заполнения Нурекского водохранилища и в период его работы сток взвешенных наносов и мутность р. Вахш резко уменьшились. При этом средний годовой расход наносов с 1969 г. (4180 кг/с) уменьшился почти в 50 раз в 1980 г. и составил 82 кг/с, во столько же раз снизился годовой сток наносов (пост Саригузар). По посту Тигровая балка эти соотношения уменьшились примерно в 14 раз. По данным поста Саригузар мутность уменьшилась в 11 раз, а по посту Тигровая балка – в 8 раз. В результате на поля перестали поступать 10–40 т/га богатые минералами наносы – мелиоранты.

Сток, потеряв былую способность кольматажа, усилил размывающую и вертикально проникающую способность чистой воды в супесчаных и суглинистых почвах. Кроме того, изменение гидрологического и термического режима р. Вахш на нижнем бьефе плотины Нурекской ГЭС существенно изменило и агрофизические характеристики почв зоны аэрации, где сток реки очищен от взвешенных наносов и температура воды в каналах в жаркое лето не выше 10–14 °С [10].

Необходимо также отметить, что за период 1938–1970 гг. при среднегодовом расходе р. Вахш 643 м³/с, в одном кубометре воды содержалось 4,5 кг взвесей, а после создания водохранилища последняя величина сократилась в 33 раза. Анализ изменения стока взвешенных наносов и мутности по длине р. Вахш в характерные периоды по довольно ограниченному ряду натурных наблюдений показал их уменьшение из-за осаждения основной массы твёрдого материала в водохранилище Нурекской ГЭС.

Экспертами рассматривались различные варианты сведения к минимуму попадания донных и большинства переносимых наносов в Нурекское водохранилище. На наш взгляд, наиболее очевидным решением обеспечения многолетнего регулирования речного стока, а также резкого уменьшения продолжающегося заиления водохранилища Нурекской ГЭС и обеспечения безопасного функционирования всего комплекса его сооружений является создание еще одного водохранилища, выше по течению.

Для изучения воздействия водохранилищ на режим и характер твердого стока в условиях изменения климата, природно-хозяйственных условий, а также возросших природоохранных требований управление твердым стоком рек следует рассматривать как один из источников совершенствования его использования в общей системе горно-предгорной зоны, что требует проведения комплексных исследований.

Литература

1. Пилотная программа повышения устойчивости к изменениям климата (ППУИК): Таджикистан. Проект А4 этап I ППУИК: Повышение устойчивости гидроэнергетического сектора Таджикистана к изменениям климата, 2011. С. 21–46.
2. Авакян А.Б. Некоторые проблемы эксплуатации водных ресурсов СССР. Водохранилища, их влияние на природу и хозяйство, принципы создания / А.Б. Авакян. Научные обзоры и сообщения // Вестник РАН. 1973. № 11. С. 46.
3. Диагностический доклад ООН “Рациональное и эффективное использование водных ресурсов в Центральной Азии”, 2001. 92 с.
4. Аналитический обзор “Состояние и перспективы интегрированного управления водными ресурсами в Республике Таджикистан” / Проект ЕС-ПРООН (2009–2012): “Содействие интегрированному управлению водными ресурсами и трансграничному диалогу в Центральной Азии”, 2012. С. 86.
5. Маматканов Д.М. Влияние изменений климата на горную экосистему Тянь-Шаня (на примере Иссыккульского и Чуйского бассейнов) / Д.М. Маматканов, Л.В. Бажанова, В.А. Кузьмиченок и др. Бишкек: Нур-Ас, 2014. С. 136.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики. Т. 14. Бассейны рек Средней Азии. Л.: Гидрометеиздат, 1967. С. 233.
7. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Части I и II / В.Л. Шульц. Л.: Гидрометеиздат, 1965. С. 357.
8. Фазылов А.Р. Исследование роли твердого стока в зоне формирования реки Вахш / А.Р. Фазылов, А.С. Кодиров, Н.Н. Степанова // Докл. АН Республики Таджикистан, 2014. Т. 57. № 3. С. 241.
9. Муртазаев У.И. Водохранилища Таджикистана и их влияние на прилегающие ландшафты / У.И. Муртазаев. Душанбе: Ирфон, 2005. С. 262.
10. Саттаров М.А. Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии / М.А. Саттаров, М.К. Саттарова: тр. Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посв. 25-летн. юбилею Ин-та водных и экологических проблем СО РАН: в 3 т. Барнаул, 2012. Т. 3 С. 132.