

Фазылов А.Р. Харламова Н.П.

ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ НА ДИНАМИКУ ВОДНОГО РЕЖИМА РЕК ГОРНО-ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ ТАДЖИКИСТАНА

Фазылов А.Р., Харламова Н.П.

ТАЖИКИСТАНДЫН ТОО ЖАНА ТОО ЭТЕГИ ЗОНАЛАРДАГЫ ДАРЫЯЛАРДЫН СУУ РЕЖИМИНИН ДИНАМИКАСЫНА СУУ САКТАГЫЧТАРДЫН ТААСИРИ

A.R. Fazylov, N.P. Kharlamova

IMPACT OF RESERVOIRS ON THE DYNAMICS OF THE WATER REGIME RIVERS, MOUNTAIN-FOOTHILL ZONE OF TAJIKISTAN

УДК: 627.81

Тоо жана тоо этеги зоналардагы дарыялардын агышын жасалмалуу регуляцияда суу сактагычтардын оруну жана ролу каралган. Нурек суу сактагычтын Вахи дарыясынын суу режиминин динамикасына таасирин баалоосу жана анализи жүргүзүлгөн. Дарыялардын суу режимине суу сактагычтардын таасирин үйрөнүүнүн жакшыртуу туралуу рекомендациялар сунуш кылынган.

Негизги сөздөр: суу сактагыч, суу агымы, ирээт-телген режим.

Рассмотрено место и роль водохранилищ в искусственном регулировании стока рек в горно-предгорной зоне р. Вахи. Предложены рекомендации по совершенствованию изучения воздействия водохранилищ на водный режим рек.

Ключевые слова: водохранилища, сток рек, зарегулированный режим.

The place and role of reservoirs in artificial regulation of river runoff in mountain foothill zone is considered. Analysis and evaluation of the impact of the Nurek reservoir on the dynamics of water regime of the Vakhsh River is carried out. Recommendations for improving the study of the impact of reservoirs on water regime of rivers are suggested.

Key words: reservoirs, river flow, over-regulated mode.

Водные ресурсы (сток рек) являются основными источниками водопотребления и водопользования. Однако сезонные, годовые и многолетние колебания стока не позволяют комплексно и рационально использовать их. При этом естественный режим речного стока в большинстве своем не отвечает требованиям, предъявляемым различными отраслями народного хозяйства. Неравномерность распределения речного стока как по территории, так и по временам года, в частности, малая величина стока в осенний и зимний периоды характерна для большинства рек Таджикистана. Для рационального использования стока рек возникает необходимость искусственного регулирования естественного неравномерного стока с учетом адаптации его к рациональному водопотреблению и водопользованию. Регулирование стока – это перераспределение по времени стока рек в соответствии с требованиями различных отраслей хозяйства [1].

Одним из средств обеспечения наиболее полного и экономичного использования водных ресурсов и адаптации режима водоотдачи к потребностям различных секторов народного хозяйства (энергетика,

водоснабжение, орошение, борьба с наводнениями, рыбное хозяйство и т.п.) являются водохранилища – искусственные водоемы емкостью более 1 млн. м³, образованные комплексом гидротехнических сооружений на водотоке и служащие для регулирования стока реки, создания запаса воды и напора. Речной сток аккумулируется (заполнение водохранилища) в водохранилище в периоды, когда естественная приточность воды превышает потребности в ней, и расходуется (сработка водохранилища) в периоды, когда потребность в воде превышает приточность.

Роль водохранилищ по комплексному перераспределению естественного стока рек с учетом интересов как водопользователей, так и водопотребителей в нынешних условиях напряженного водохозяйственного баланса Центрально-Азиатского региона с каждым годом возрастает. Чаши водохранилищ становятся неотъемлемой частью ландшафта хозяйственно освоенных территорий и отражают вмешательство человека в существовавшую тысячамилетиями природную обстановку, меняя при этом микроклимат прилегающей территории, рельеф местности, среду обитания животных и др., а также инфраструктуру территории. Создание водохранилищ ведет к изменению всего процесса гидрологического режима реки как в верхнем бьефе (на длину подпора), так и в нижнем бьефе гидроузла. Подобное изменение, возникающее в верхнем бьефе, ведет к значительному повышению уровня воды. На приплотинных участках водохранилищ зоны формирования такое повышение может составлять 100-200 м и более. Например, повышение средней глубины воды в Нурекском водохранилище (вдхр), предназначенном для сезонного и частично для многолетнего регулирования, при высоте плотины 300 м, составляет 107 м [2].

Для водохранилищ характерен специфический гидрохимический и гидробиологический режим, по своим особенностям более близкий к озерному, чем к речному. Изменения химического состава воды и специфика гидробиологических процессов, протекающих в водохранилищах, неизбежно влияют на гидрохимический и гидробиологический режимы участков рек, расположенных ниже гидроузлов.

В горно-предгорной зоне Таджикистана для рек с ледниково-снеговым и снегово-ледниковым типом питания пик уровня воды в водохранилищах (сезонного и многолетнего регулирования) достигается в конце летнего паводка. Далее уровень воды держится на отметке нормального подпорного уровня (НПУ), который не может быть превышен в обычных условиях его работы, а затем понижается в зависимости от гидрологических и технологических процессов. Степень использования объема (глубина сработки) достигает максимальных значений с учетом удовлетворения потребностей ирригации, гидроэнергетики и борьбы с наводнениями. Разнообразие природных условий и назначения водохранилищ предопределяют разное соотношение полного и полезного объема (для многолетнего регулирования 20-50%, а для сезонного регулирования в пределах 8-20%) и, как следствие, разнообразие уровневых режимов. Колебания уровней и водообмен влияют как на режим жидкого и твердого стоков, так и на гидробиологический, гидрохимический, термический режимы, а также на процессы заиления, перестроения берегов, дна и т.д.

Средняя зарегулированность стока на территории Таджикистана к 2000 г. составила 1,62 л/с.км², при этом степень зарегулированности речного стока всеми водохранилищами находилась в пределах от 5 до 30 мм слоя воды с 1 км² площади водосбора. Наиболее высокие значения этого параметра характерны для предгорной и равнинных частей республики, где созданы Нурекское и Кайраккумское вдхр. Средние полный объем и площадь этих водоемов составляют 1,71 км³ и 76,71 км², соответственно [3].

Водный режим рек, основными элементами которого являются изменение расхода воды и связанные с ними изменения уровня, формируется под влиянием сложного взаимодействия климатических факторов, физико-географических условий речного бассейна, а также хозяйственной деятельности человека.

В данной работе оценка влияния водохранилища на водный режим р. Вахш рассмотрена на примере Нурекского вдхр сезонного регулирования. Область исследований включала в себя анализ изменения водного режима р. Вахш по её длине в естественном и зарегулированном водохранилищем режимах.

Река Вахш образуется слиянием рек Кызылсу (F=8388 км²) и Муксу (F=7002 км²), водосборы этих рек занимают вместе площадь, составляющую 39,4% полного водосбора (F=39100 км²) р. Вахш. После слияния рек Кызылсу и Муксу река получает название Сурхоб. А ниже впадения своего левого крупного притока Обихингоу получает название Вахш. Водосбор р. Вахш, значительная часть которого располагается на периферийных хребтах Памиро-Алайской горной системы, отличается высоким увлажнением атмосферными осадками и высокой удельной и абсолютной водоносностью, а также большими

абсолютными высотами и наличием ледников. Средний расход р. Вахш при выходе из гор равен 661 м³/с, что соответствует 33% расхода р. Амударьи у г. Керки Туркменистана. По мере удаления от периферии горной системы удельная водоносность резко снижается. Равнинная область занимает порядка 13% общей водосборной площади, что ограничивает возможность использования водных ресурсов в пределах бассейна реки. Водность р. Вахш в пределах горной территории используется в основном для энергетического сектора. После 170 км от устья, р. Вахш выходит в сравнительно широкую долину, где её вода частично разбирается для целей ирригации. Высотное положение водосбора определило тип питания р. Вахш как ледниково-снеговое. В годовом стоке достаточно чётко выделяется два периода: весенне-летнее половодье и осенне-зимняя межень [5].

Половодье (до 90% годового стока) на р. Вахш начинается в конце марта-апреле и заканчивается в октябре-ноябре. Расходы по сравнению с меженью увеличиваются почти в 10 раз и проходят на фоне общего подъёма уровней в виде отдельных волн (пиков), вызванных неравномерностью снеготаяния и поступления талых вод в русло. Гребень волны половодья и наибольшие годовые расходы воды проходят в июле (иногда в конце июня) - августе. Продолжительность половодья 170-260 дней, при этом периоды подъёма и спада волны половодья примерно равны между собой [6]. В естественных условиях прохождения паводков наибольшие годовые расходы воды по длине реки проходили, как правило, в течение 1-2 суток. Осенью, с прекращением таяния снегов в горах, река переходит в меженное состояние - расходы воды в течение зимы постепенно, без существенных колебаний, уменьшаются до начала следующего половодья.

Естественный режим р. Вахш нарушен при выходе на равнинную территорию водозаборной и сбросной сетью. Кроме того, река зарегулирована каскадом действующих и строящихся ГЭС. Влияние созданных при ГЭС водохранилищ сказывается на перераспределении внутrigодового стока по длине реки и сдвиге времени его прохождения вниз по течению. В настоящее время на режим реки Вахш существенное влияние оказывает Нурекское вдхр. Параметры водохранилища: максимальный уровень воды (НПУ) - 910 м; минимальный уровень воды (уровень мертвого объема УМО) - 857 м; длина водохранилища при максимальном уровне - 70 км; средняя глубина - 107 м; наибольшая ширина - 5 км; полный проектный объем - 10,5 км³; полный объем (по съёмке 1994 года) - 7,965 км³; полезный проектный объем - 4,5 км³; полезный объем (по съёмке 1994 г.) - 3,2 км³; высота призмы сработки - 53 м [2].

При оценке влияния Нурекского водохранилища на водный режим р. Вахш использованы многолетние данные о режиме реки, опубликованные в «Ресурсах поверхностных вод», «Государственном

водном кадастре» [6], «Гидрологических ежегодниках» и архивные данные Государственного Учреждения по Гидрометеорологии Республики Таджикистан.

В гидрологическом отношении бассейн р. Вахш достаточно изучен в области формирования стока. Интенсивное изучение водного режима реки началось в связи со строительством Нурекской ГЭС. Равнинная территория изучалась эпизодически и непродолжительный период времени. К большому сожалению, по объективным причинам, в 90-е годы прошлого столетия почти на всех гидрологических постах бассейна реки наблюдения за стоком были прекращены частично или полностью, что создало определенную проблему в анализе водного режима р. Вахш за последние 20 лет.

После изучения исходных материалов по длине р. Вахш для анализа стокового режима были использованы данные наблюдений 4-х гидропостов, указанных на рис. 1 и в таблице 1.

Гидрологический пост Комсомолабад (Дарбанд) (рис. 1), фиксирующий основной приход речного стока в Нурекское вдхр, фактически является замыкающим створом формирования основного стока бассейна р. Вахш. Наблюдения на данном створе проводятся и в настоящее время.

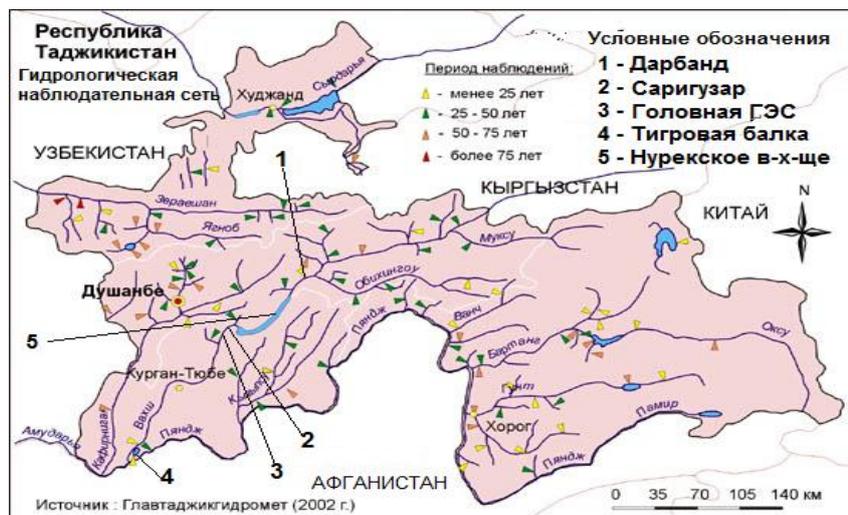


Рис. 1. Гидрологические наблюдательные посты на реке Вахш.

Таблица 1

Перечень наблюдательных постов Вахш

№ пп	Гидрологический пост	Расстояние от устья, м	Площадь водосбора, км ²	Период наблюдений за стоком
1	Комсомолабад (Дарбанд)	372	29500	1949-57; 76-97; 2000-2010
2	Саригузар	249	31400	1967 - 1990
3	Головная ГЭС	171	32200	1966 - 2010
4	Тигровая балка	58	36200	1960-62. 83-90

Притоки, впадающие в р. Вахш на участке от Комсомолабада до створа Нурекской плотины, представляют собой небольшие фактически неизученные водотоки с площадями водосбора за редким исключением превышающими 100 км². В среднегодовом разрезе они пополняют сток Вахша от 1 до 12%. Наибольшее их влияние сказывается в марте-апреле, когда по ним проходят основные паводки. В этот период зачастую по притокам проходят сели, которые приносят в р. Вахш значительное количество твёрдого стока (влекомые и взвешенные наносы) [4].

Данные наблюдений по посту Комсомолабад (Дарбанд) явились основой для дальнейшего анализа. В перспективе, после ввода в эксплуатацию Рогунской ГЭС, этот пост окажется в зоне затопления и будет перенесён выше крупного левобережного притока Обихингоу. В связи с этим для учёта приточности в Рогунское вдхр возникнет необходимость в возобновлении наблюдений на р. Обихингоу.

Гидрологический пост Саригузар, расположенный при выходе реки на равнину и ниже плотины Нурекской ГЭС, фиксировал естественный сток, а после ввода в эксплуатацию Нурекского гидроузла - сток, сбрасываемый Нурекской ГЭС. Ниже поста приточность р. Вахш резко уменьшается. Основным фактором изменения режима стока реки Вахш ниже

Головной ГЭС (водохранилище с точного регулирования) является водохозяйственная деятельность. Гидрологический пост Тигровая балка фиксирует изменённый водохозяйственной деятельностью водный режим.

Основной проблемой при исследовании изменения водного режима р. Вахш по её длине явилось отсутствие данных совместных наблюдений в отдельные годы за рассматриваемые характерные периоды.

При анализе влияния Нурекского вдхр на динамику стокового режима р. Вахш рассмотрены следующие основные периоды:

1. Период естественного (не зарегулированного) протекания потока;
2. Период заполнения водохранилища;
3. Период стабильной работы водохранилища.

Необходимо отметить, что за период после 1991г. для исследований не были предоставлены сведения о расходах воды, проходящих в створе Головной ГЭС. Наблюдения в Тигровой балке за этот период не проводились. Анализ осуществлен по средним месячным расходам воды за период совместных наблюдений.

Наиболее продолжительные наблюдения велись на гидрологических постах, расположенных в горной и в средней части бассейна. К сожалению, в низовье реки гидрологический пост Тигровая балка работал с перерывами до 1991 г. Возобновление работы данного поста осуществлено только в 2011 г.

1. Период естественного протекания потока

Рассмотрены периоды 1960-1962, 1966-1971 гг., т.е. имеющиеся гидрологические данные до начала заполнения Нурекского вдхр. Результаты анализа изменения расходов воды ($\text{м}^3/\text{с}$) р. Вахш по длине реки в естественных условиях протекания потока, в многолетнем разрезе приведены на рис. 2. На рис.3 показаны данные для маловодного 1967 г.

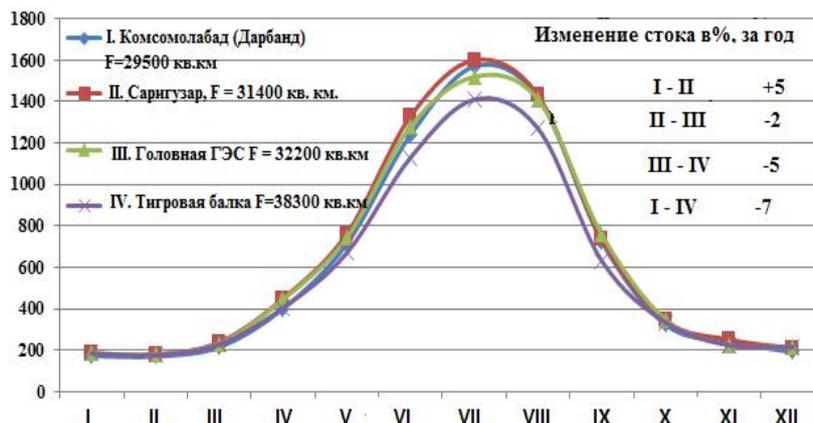


Рис. 2. Среднеголетний ход расходов воды ($\text{м}^3/\text{с}$) р. Вахш в естественных условиях (до начала заполнения Нурекского вдхр).

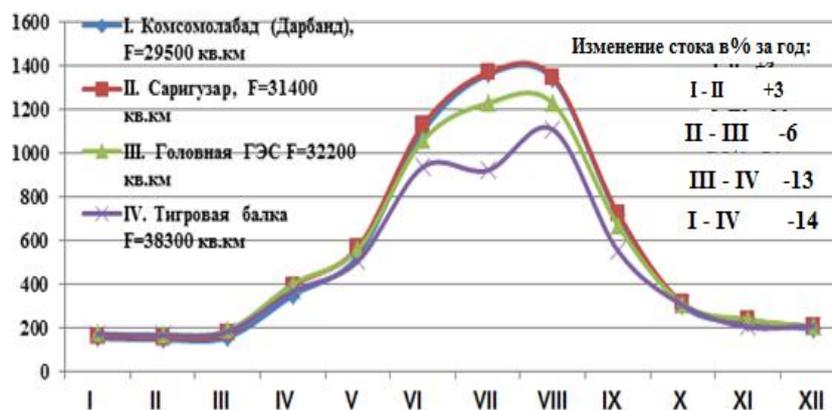


Рис. 3. Изменение расходов воды ($\text{м}^3/\text{с}$) р. Вахш в естественных условиях в маловодный 1967 г.

Нами осуществлена попытка восстановления отсутствующих данных в равнинной области путем сопоставления зависимостей с данными для горной зоны за период совместных наблюдений. Как показали построенные зависимости, было затруднительно установить надёжную связь, особенно в паводковый период. Поэтому дополнительно был проведён анализ изменения среднего стока по длине реки с использованием потерь стока в результате водохозяйственной деятельности на равнинной территории.

Ниже приводится количественная оценка водохозяйственной деятельности ниже гидрологического поста Саригузар. На равнинной территории действует 6 водозаборных каналов и 29 сбросных устройств. При выходе р. Вахш из горной зоны на равнинную долину (156 км от устья) она питает водой левобережный Вахшский магистральный канал и правобережный канал Шурабад. Основной

забор осуществляется Вахшским магистральным каналом (в 4-х км ниже Головной ГЭС) со среднегодовым расходом воды $148 \text{ м}^3/\text{с}$ и средним расходом за период вегетации, равным $172 \text{ м}^3/\text{с}$. Водозабор в Шурабадский канал (в 1 км ниже магистрального) в среднем за год равен $13,4 \text{ м}^3/\text{с}$, а в вегетационный период достигает $20,3 \text{ м}^3/\text{с}$. Водохозяйственная деятельность на участке Саригузар - Тигровая балка приведен в табл. 2, а в таблице 3 – результаты анализа сравнения по уменьшению стока (в процентном отношении) р. Вахш на участках от Саригузара и Головной ГЭС до Тигровой балки, как по данным забираемого расхода воды, так и по данным гидрологических постов. Как показывает анализ сравнения результатов потерь стока, значительные расхождения наблюдаются в зимние месяцы. Объяснение этому - пополнение стока в это время за счет грунтовых вод.

2. Период заполнения Нурекского водохранилища

Исследованиями охвачен период с 1972 по 1983 гг. Изменение расходов воды (м³/с) р. Вахш по длине реки за этот период представлено на рис. 4 и 5.

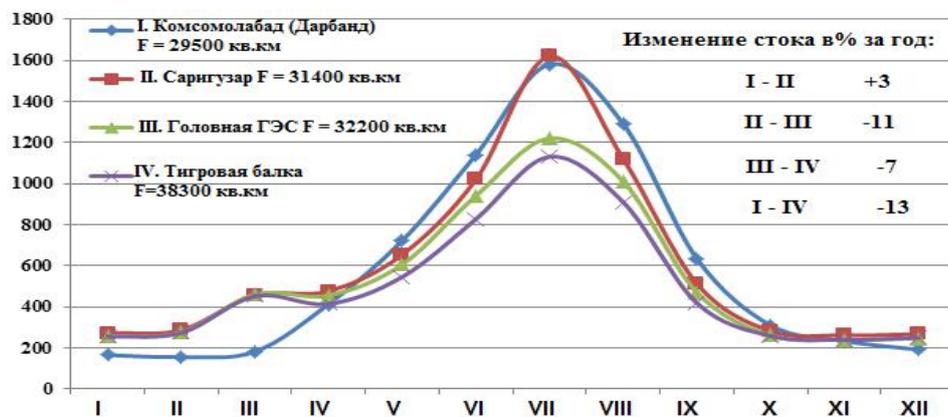


Рис. 4. Изменение среднемесячных расходов воды (м³/с) р. Вахш по длине реки в период заполнения Нурекского водохранилища (1972-1983 гг.).

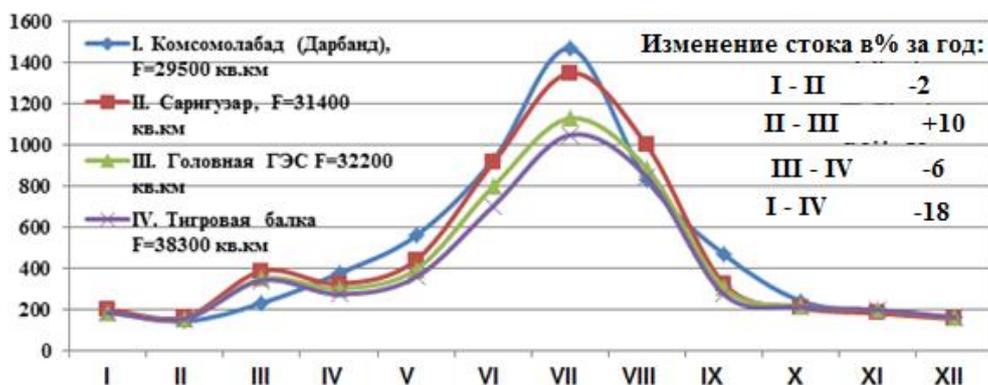


Рис. 5. Изменение среднемесячных расходов воды (м³/с) р. Вахш по длине реки в маловодный 1974 г.

Таблица 2

Водохозяйственная деятельность на участке Саригузар – Тигровая балка за многолетний период.

Характеристика	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	год	Период вегетации
Суммарный забор, из р. Вахш, м ³ /с	118	120	139	143	174	209	227	221	184	149	134	124	162	193
Суммарный сброс, в р. Вахш, м ³ /с	47,3	49,2	57,4	59,9	68,5	72,5	77,3	78,6	71,4	63,0	57,2	51,4	65,0	73,3
Сброс в % от забора	40	41	41	42	39	35	34	36	39	42	43	41	40	38
Средний расход забора после сброса, м ³ /с	70,7	70,8	81,6	83,1	106	136	150	142	113	86,0	76,8	72,6	97,0	120
% забора от ср. расхода Саригузар	23	22	18	16	15	13	11	12	19	26	26	24	20	14
% забора от ср. расхода Головной ГЭС	29	27	20	18	16	13	11	12	19	29	30	30	21	15

Таблица 3

Уменьшение стока (в %) р. Вахш на участках от Саригузара и Головной ГЭС до Тигровой балки

Характеристика	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	год	Период вегетации
Участок Саригузар – Тигровая балка														
С учетом водозабора	23	22	18	16	15	13	11	12	19	26	26	24	18.75	14
По данным гидропостов	5	1	6	13	18	20	18	19	21	12	4	1	11.5	18
Участок Головная ГЭС – Тигровая балка														
С учетом водозабора	29	17	20	18	16	13	11	12	19	29	30	30	20.3	15
По данным гидропостов	1	1	2	9	10	12	7	10	11	1	0	-1	5.25	10

Следует отметить, что наблюдения на гидрологическом посту Тигровая балка начались лишь с июля 1983 г. Восстановление данных за расчетный период осуществлено по процентному соотношению расходов воды в р. Вахш за период совместных наблюдений в створах гидрологических постов Тигровая балка и Головная ГЭС.

3. Период стабильной работы Нурекского водохранилища.

Рассмотрен период с 1984 по 1990 гг.– период стабильной работы Нурекской ГЭС. Изменение расходов воды (m^3/c) р. Вахш по её длине за период стабильной работы Нурекского водохранилища приведено на рисунке 6,7.

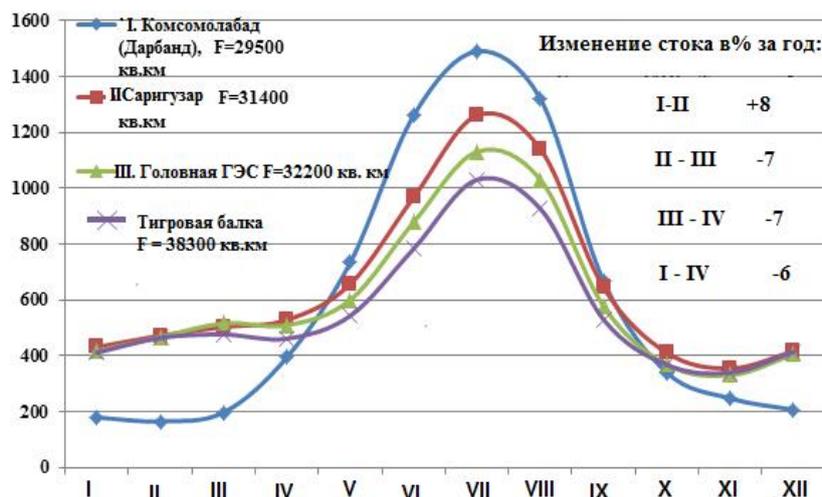


Рис. 6. Среднеголетние расходы воды (m^3/c) р. Вахш за период стабильной работы Нурекского вдхр (1984-90 гг.).

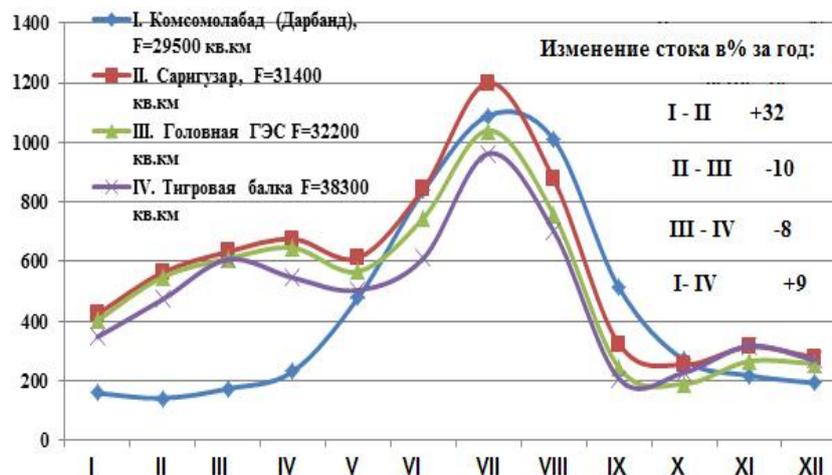


Рис. 7. Расходы воды (m^3/c) р. Вахш по длине реки в маловодный 1987 г.

С целью более детального анализа изменения расходов воды проведен анализ и сравнение расходов воды ($\text{м}^3/\text{с}$) р. Вахш за характерные периоды, по гидрологическим постам Комсомолабад (Дарбанд) (рис. 8) и Тигровая балка (рис. 9)

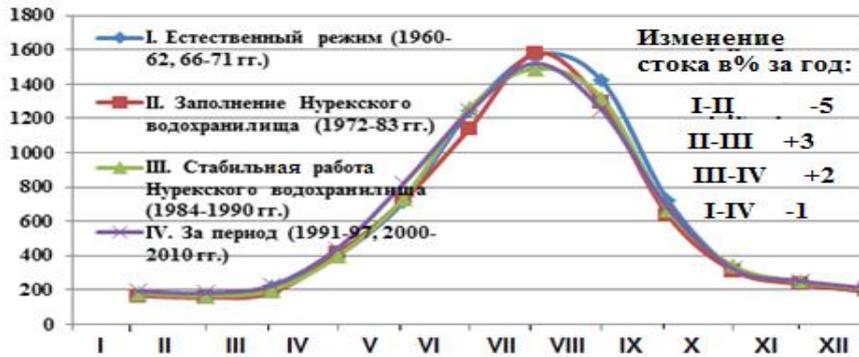


Рис. 8. Изменение среднемесячных расходов воды ($\text{м}^3/\text{с}$) р. Вахш у Комсомолабада за характерные периоды.

Наглядное представление о влиянии водохранилища на изменение водного режима в низовье показано на рисунке 9.

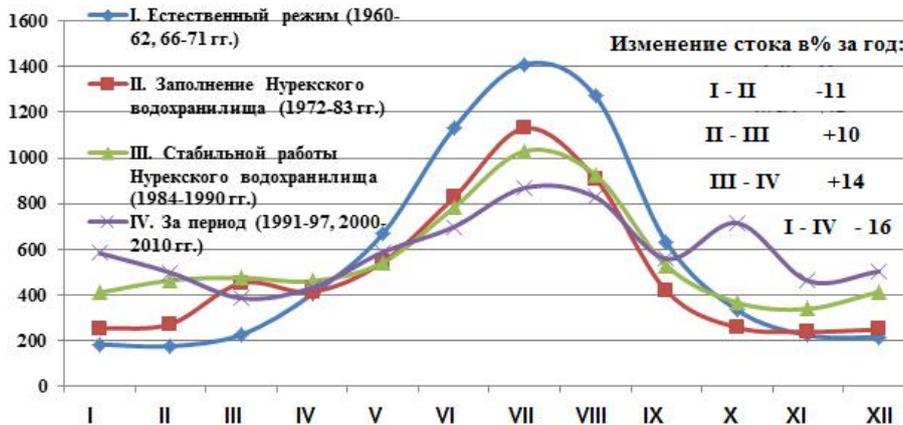


Рис. 9. Изменение среднемесячных расходов воды ($\text{м}^3/\text{с}$) р. Вахш у Тигровой балки за характерные периоды в многолетнем разрезе.

На основании проведенных исследований и анализа данных ниже представлены результаты работ по сравнению изменения расходов воды по длине реки за характерные периоды в процентном отношении для отдельных участков реки Вахш: Комсомолабад (Дарбанд) - Саригузар (рис. 10); Саригузар - Головная ГЭС (рис. 11); Головная ГЭС - Тигровая балка (рис. 12).

Если в естественных условиях средний годовой сток в низовье р. Вахш уменьшился в среднем на 7%, то в период заполнения Нурекского водохранилища – на 13%, в период его стабильной работы – на 6%.



Рис. 10. Сравнение (в процентном отношении) изменения среднемесячных расходов р. Вахш за характерные периоды на участке Комсомолабад (Дарбанд) – Саригузар.

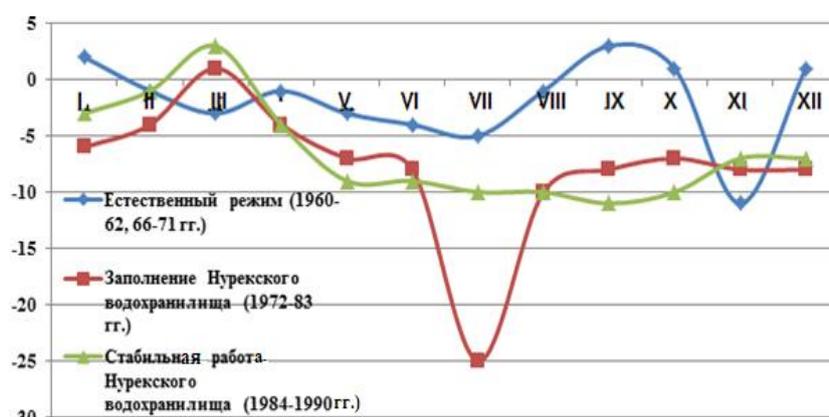


Рис. 11. Сравнение (в процентном отношении) изменения среднемесячных расходов за характерные периоды на участке Саригузгар-Головная ГЭС.

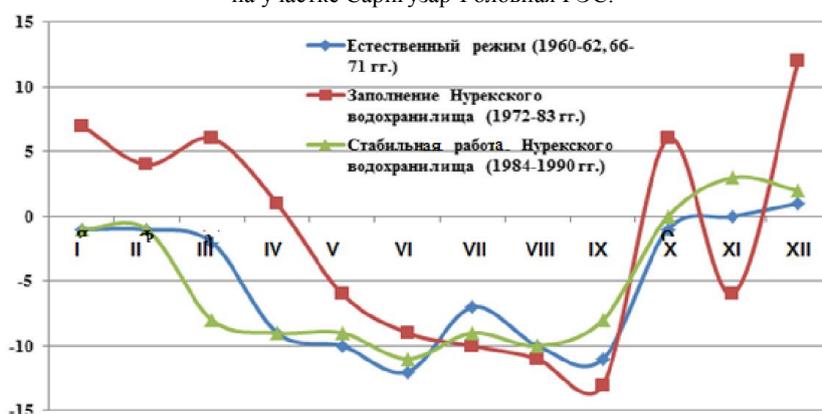


Рис. 12. Сравнение (в процентном отношении) изменения среднемесячных расходов на участке «Головная ГЭС - Тигровая балка».

Проведенный анализ и оценка, позволяет сделать следующие выводы:

1. В естественных (не зарегулированных водохранилищем) условиях протекания р. Вахш:

- в горной части бассейна до выхода на равнину происходило увеличение стока в пределах 2-12% в зависимости от сезона (в период вегетации на 4%);
- на равнинной территории сток реки искажён водохозяйственной деятельностью;

- в низовье р. Вахш в зависимости от расположения водозабора и времени года среднемесячный сток уменьшался на 12-21%. Наибольшее снижение приходится на вегетационный период.

2. Работа Нурекского вдхр существенно влияет на динамику водного режима реки. Основное снижение расходов воды в низовье приходится на период наполнения водохранилища и, как следствие, на вегетационный период. В этот период в естественных условиях средний годовой сток в среднем уменьшался на 15%.

В заключение необходимо отметить, что из-за нестабильной работы гидрологических постов учет влияния водохранилищ на водный режим рек горно-предгорной зоны требует совершенствования систем мониторинга путем реабилитации и совершенствования существующей системы гидрологической

наблюдательной сети, а также её расширения. Немаловажное значение имеет также использование современных систем информационного обеспечения.

Таким образом, для дальнейшего изучения воздействия водохранилищ на водный режим рек горно-предгорной зоны необходимо проведение дополнительных комплексных исследований.

Литература:

1. СО 34.21.308-2005. Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения. -С-Пб.: Изд. ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», 2005. -С.12.
2. Нурекская ГЭС имени Турсуна Ульджабаева / http://www.energyprojects.tj/index.php?option=com_content&view=article&id=535:nurekskaya-ges-imeni-tursuna-uldzhabaeva.
3. Муртазаев У.И. Водохранилища Таджикистана и их влияние на прилегающие ландшафты / У.И. Муртазаев. - Душанбе: Ирфон, 2005. - С.65-66.
4. Маматканов Д.М. Фазылов А.Р. Влияние водохранилищ на режим твердого стока рек горно-предгорной зоны Таджикистана//Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. – Б. КРСУ, 2014. –Т.14. -№7. –С.180.
5. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Части I и II / В.Л. Шульц. -Л.: Гидрометеиздат, 1965. -С.371.
6. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах вод суши. Том XII. Таджикская ССР. -Л.: Гидрометеиздат, 1987. - С.142.

Рецензент: д.т.н., профессор Кобулиев З.В.