

**Министерство сельского и водного хозяйства
Республики Узбекистан**

**Научно-информационный центр Межгосударственной координационной
Водохозяйственной Комиссии Центральной Азии**

**Рекомендации
по эффективному управлению водными ресурсами
реки Амударьи в различные по водности годы**

Ташкент – 2006

Рекомендации составлены в результате выполненных работ по Д-1.2006 «Разработать концепцию использования водных ресурсов Республики Узбекистан и эксплуатации ирригационных систем на ближайшую и отдаленную перспективу в увязке с концепцией реформирования сельского хозяйства и создания фермерских хозяйств с учетом интегрированного управления водными ресурсами»

Составитель А.Г.Сорокин

Введение

Чтобы избежать ухудшения окружающей среды в бассейне Амударьи и возможных экономических потерь, связанных с возрастающим дефицитом водных ресурсов, необходимо заранее просчитывать водохозяйственную ситуацию на математических моделях [4] и принимать меры, снижающие риски негативных последствий возросших в последнее время колебаний стока и возможных ошибок управления.

Данную работу можно рассматривать как исследования, направленные, в конечном счете, на разработку правил управления стоком реки Амударья. Результаты работы могут быть использованы в эксплуатационной деятельности БВО “Амударья” для решения некоторых задач управления водными ресурсами реки Амударьи (оценка располагаемых к использованию водных ресурсов, включая потери стока, расчет трансформации и распределения стока, рациональные режимы работы водохранилищ, оценка экологических требований и др.).

1. Вододеление и трансформация стока реки Амударья

Вододеление в бассейне между государствами осуществляется исходя из прогнозной и складывающейся водохозяйственной обстановки на заседаниях МКВК. В период нормальной водности и выше вододеление проводится согласно утвержденным лимитам водозаборов без их сокращения. В периоды маловодия лимиты на водозаборы государств подлежат пропорциональному сокращению по всему бассейну реки по решению МКВК. Установлен предел переборов лимитов водозаборов БВО - не более 10 % за отдельные периоды. Основанием введения БВО “Амударья” данного сокращения является созданный дефицит водных ресурсов в определенный период времени. При этом возникает вопрос: правильно ли рассчитан дефицит и связанные с ним располагаемые к использованию водные ресурсы?

В балансе речных вод Амударьи существенную роль играет русловое регулирование – накопление воды в русле и на пойме, а также в водохранилищах при подъёме уровня и отдача её при спаде. Учет данного фактора только в среднем течении реки в половодье позволяет внести коррективы в балансовые расчеты порядка на 2-3 км³ воды/сезон, и тем самым, снизить на эту величину ошибку расчета притока к Тюямуонскому гидроузлу. Учет же в балансовых расчетах времени “добегания” позволяет заблаговременно (за несколько дней, неделю) отреагировать на возникающий катастрофический паводок в верхнем течении или резкое снижение расходов воды.

Сложности при расчете и контроле вододеления в маловодные годы вносят режимы наполнения и сработки внутрисистемных водохранилищ, сбросы возвратного стока (по которым часто отсутствуют данные), а также ограничения при отборе воды крупными безплотинными водозаборами (КМК, АБМК и др), возникающие при малых уровнях воды в реке. Все это усугубляется неустойчивым состоянием самого русла реки (размывы русла, берегов, отложение наносов и др.).

Неравномерность распределения оросительной воды в низовьях Амударьи частично вызвана техническими ограничениями. Подача воды в ирригационные каналы с водозабором из реки ограничена в большей степени (по уровню воды и пропускной способности), чем в каналы с водозабором из руслового водохранилища Тюямуонского гидроузла. Это приводит к неравномерности распределения оросительной воды между северными и южными районами нижнего течения.

Эффективность управления водными ресурсами в низовьях Амударьи во многом зависит от согласованных действий БВО “Амударья”, Нижнеамударьинского

бассейнового управления ирригационных систем (Узбекистан), Минводхоза Туркменистана и Управления эксплуатацией Тюямуюнского гидроузла. Это касается контроля за объектами межгосударственного пользования на границах областей, за водозаборами из ствола реки, а также санитарными и экологическими попусками в дельту, осуществляемых посредством составления русловых балансов и расчета потерь стока.

1.1 Оценка располагаемых к использованию водных ресурсов

Трудности оценки располагаемых к использованию ресурсов в бассейне вызваны, в основном, неоднозначностью оценки русловых потерь стока и отсутствием за последние годы измерений стока реки Пяндж.

Наиболее достоверным следует считать расход воды в створе г. Керки, основываясь на котором уже расчетным балансовым методом можно оценивать располагаемые к использованию водные ресурсы реки. В последние годы для региона это единственно возможная точка по оценке водных ресурсов реки Амударья, так как по отдельным рекам бассейнов Пянджа, Вахша и Кафирнигана по ряду причин не ведётся учёт стока в реках.

Оценку водности по реке Амударья принято проводить по приведенному стоку в условном створе Керки выше Гарагумдарьи (сток в створе Керки плюс водозаборы в Каршинский канал, в Гарагумдарью и выше до границы с Сурхандарьинской областью, плюс наполнение минус сработка Нурекского водохранилища). Данный сток распределяется между Туркменистаном и Узбекистаном.

Ресурсы малого бассейна Амударьи – МБА (реки Амударья, Вахш, Пяндж, Кафирниган, Сурхандарья, Шерабад и Кундуз, непосредственно формирующие сток Амударьи), или иначе – естественные ресурсы Амударьи, отличаются от стока Амударьи по условному створу Керки, и могут быть определены двумя способами: (1) суммированием естественного стока рек (учтенный поверхностный сток), (2) прибавлением к стоку Амударьи в условном створе Керки безвозвратного водопотребления из рек выше этого створа. Ресурсы МБА, уменьшенные на потери стока, плюс возвратный сток в реки составляют располагаемые к использованию водные ресурсы МБА. Именно этот сток должен распределяться между Киргизстаном, Таджикистаном, Афганистаном, Туркменистаном, Узбекистаном, и из него должны выделяться квота на экологические попуски в Южное Приаралье, Водность МБА по этому показателю должна быть закреплена в будущем многостороннем соглашении по бассейну (а не водность Амударьи по условному створу Керки).

По расчетам НИЦ МКВК среднемноголетний сток рек МБА оценивается в 67 км^3 . Суммарный сток рек МБА по 20-леткам за 1914...2004 годы (по среднегодовому значению за 20 лет) изменяется от 64.68 до 69.30 куб.км/год, то есть на 4.62 куб.км/год, что составляет около 7 % от среднемноголетнего стока.

Периоды в 10 и 20 лет (таблица 1) интересны с точки зрения прогнозирования будущих сценариев водохозяйственного развития, принятых проводить по 5-ти леткам. Поскольку существует вероятность снижения (или повышения) стока рек МБА при переходе с многоводной на маловодную 20-ти летку (или наоборот), при моделировании гидрологической ситуации на будущее можно рассмотреть эти два гидрологических сценария, вписывающихся в рамки водохозяйственных сценариев развития – маловодная и многоводная 20-ти летки, и тем самым, очертить некую область вероятности.

Таблица 1
Объемы стока рек МБА по 10-ти и 20-ти леткам

Годы	Период	Водность	Обеспеченность, %	Средний сток за период, км ³ /год
1972-1991	20-ти летка	маловодная	97	64.68
1952-1971	20-ти летка	многоводная	5	69.30
Разница				4.62
1974-1983	10-ти летка	маловодная	95	61.8
1987-1996	10-ти летка	многоводная	5	73.1
Разница				11.3

Расчеты на моделях по оценке потерь стока показывают [6], что после 1992 года наибольшие невязки стока по Амударье наблюдались на участке Дарганата – Саманбай, которые нельзя полностью списывать только на потери стока. Только в периоды особого маловодья, повторяющегося более одного года, относительные потери в низовьях Амударьи могут достигать 23 %. Это явление, исследуемое на данных 2000-2001 годов, носит временный характер и связано с некоторым увеличением фильтрационной составляющей, вызванной падением уровня грунтовых вод в предрусловой зоне. Относительные потери в низовьях в средние по водности годы, как показывают расчеты, не превышают 3...7 % (нижний предел – при не осветленном потоке, формируемом работой Руслового водохранилища на пониженных отметках).

В таблице 2 приводятся данные по относительным потерям из реки Амударьи (в % от расхода реки в начале расчетного участка) для различных сезонов и участков реки, в зависимости от проходящих по реке расходов. Данные получены по результатам численных расчетов для лет и сезонов различной водности, носят укрупненный характер и показывают ожидаемый диапазон расчетных величин. Прослеживается некоторое увеличение относительных потерь при минимальных и максимальных расходах.

Таблица 2.
Потери воды из реки Амударьи (в % от расхода воды) по участкам и сезонам (по результатам численных экспериментов)

Расходы воды / в реке, куб.м/сек	Потери воды %			
	Среднее течение		Нижнее течение	
	Вегетация	Межвегетация	Вегетация	Межвегетация
< 500	7...9	5...8	12...23	8...10
500-1000	3...7	0...5	8...10	0...8
1000-2500	0...5	-	3...7	-
> 2500	3...9	-	8...12	-

1.2 Динамическая модель

Динамическая модель Амударьи может представлять из себя схематизацию процессов движения речного потока с учетом времени добегания и использования эмпирических частных закономерностей формирования и трансформации потока. За основу динамических расчетов трансформации стока реки Амударья по ее руслу (шаг расчета – сутки, часы) рекомендуется принимать концептуальный подход, позволяющий при относительно небольшом объеме исходной информации получать приемлемые для практики результаты. В качестве характерного течения можно принять уравнение кинематической волны [3].

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + 1,2 * V \frac{\partial Q}{\partial S} = 1/2 * V * q$$

Здесь q – боковой приток (на единицу длины) включает в себя также: водозабор, потери (с обратным знаком), КДС и фильтрационный русловой приток в реку.

Время “добегания” может быть определено по моментам наступления экстремальных значений среднесуточных уровней на постах или расчетным путем.

$$\tau_{\text{рас}} = L / 1,2 \cdot V$$

где: $\tau_{\text{рас}}$ - расчетное значение времени “добегания”, сек; L - длина расчетного участка, м; V - скорость потока, м/с.

1.3 Механизмы управления

Современный лимит (с 1.10.2002 г. по 1.10.2003 г.) на водозабор из Амударьи и ее притоков составляет $53,6 \text{ км}^3$. Кроме того, предусматривается подача воды в Приаралье в размере 5 км^3 , а также санитарные попуски в ирригационные системы нижнего течения – $0,8 \text{ км}^3$. Простое сравнение лимитов с объемом располагаемых ресурсов показывает, что в маловодные годы должна предусматриваться урезка лимитов (10-15%), а в годы выше среднего по водности можно подавать воду в Приаралье и свыше 5 км^3 .

МКВК ввело линию на уменьшение затрат стока - ежегодное снижение водозабора на 1-1,5 %. К сожалению планируемое МКВК снижение водозабора не выполняется, в тоже время, как показывает анализ назначения и использования лимитов, имеется возможность их снижения.

Одним из важных механизмов учета трансформации стока реки Амударья является взаиморасчет - передача и прием данных по стоку на граничных постах БВО “Амударья”. Если наладить такую передачу на всех ключевых створах русла реки (Термез, Келиф, Керки, Туркменабад, Ильчик, Бир-Ата, Тюямуюн, Кипчак, Саманбай, Кызылджар), то это несомненно повысило бы эффективность контроля за самим вододелением (водозабором).

При фактической водности ниже расчетной водозаборы подлежат пропорциональному сокращению, при этом процент вододеления по государствам устанавливается ежедекадно нарастающим итогом по остатку от установленного лимита. При установлении процента вододеления по стволу (течению) реки рассчитывается водный баланс реки, учитываются ограничения по санитарным попускам по руслу и (при необходимости) вносятся поправки, учитывающие потери стока.

При переборе лимитов водозаборов (не более 10%) последующий (по времени) водозабор уменьшается на эту величину. При превышении допущенного перебора по водозаборам свыше 10 % корректировка лимита может быть проведена в следующие 2...3 декады, но таким образом, чтобы лимит не урезался в экстремальные периоды (фазы) для растений, когда даже незначительная подсушка может привести к необратимым последствиям (потеря продуктивности, гибель растений).

Снижение дефицита воды в низовьях Амударьи может быть достигнуто прежде всего благодаря:

- Жесткому контролю за соблюдением лимитов на водозаборы,
- Выдерживанию рационального режима работы ТМГУ, минимизирующего потери воды в водохранилищах и в нижнем бьефе - в реке,
- Рациональному распределению регулирующих функций между русловыми, наливными и внутрисистемными водохранилищами, что предполагает – создание оптимальных запасов воды к началу вегетации, многолетнее регулирование Нурекского водохранилища.

Контроль за распределением достигается благодаря тому, что водобалансовые расчеты выполняются последовательно сверху вниз по течению от верхнего водозабора к следующему за ним и для каждого такого участка по уравнению водного баланса определяются невязки стока. По величине невязок стока можно определить возможные переборы и недоборы воды в ирригационные системы.

Уравнение руслового водного баланса (РВБ) расчетного участка реки за данный интервал времени Δt (сутки, декады, месяц) должно иметь вид (млн. м³) :

$$W_1 + W_2 - V_1 - V_2 - P - W = \Delta W$$

Где W_1 - поступление водных ресурсов на участок; W_2 - приток КДС.; V_1 - попуск в замыкающий створ; V_2 - водозабор на участке; P - потери стока на участке; W - объем руслового регулирования, т. е. аккумуляирования в реке (+) и притока на участок (-) за счет изменения руслового объема; ΔW - невязка баланса.

Русловые потери стока определяются по формуле (млн. м³):

$$P = P_{\text{исп.}} - P_o + P_{\text{ф.п.}} - P_{\text{ф.пр.}}$$

Где $P_{\text{исп}}$ - потери на испарение; P_o - поступление воды за счет осадков; $P_{\text{ф.п}}$ - фильтрационные потери; $P_{\text{ф.пр}}$ - фильтрационный приток на участок.

Основными видами водообмена между рекой и водоносными пластами, учитываемыми в уравнениях РВБ, являются приток подземных вод в реку, подземные потери русловых вод и подруслового стока. Необходимость введения в уравнение РВБ той или иной составляющей определяется типом взаимосвязи речных и подземных вод на рассматриваемом участке реки. По условиям формирования фильтрационных русловых потоков в среднем и нижнем течении реки Амударья рекомендуется выделять три характерных участка: Керки-Ильчик, Ильчик-Дарганата, Тюямуюн-Саманбай. Между вторым и третьим участками расположен ТМГУ. Исследования показали, что на первом участке основной формой фильтрации является её формирование в виде подруслового потока. Второй участок представляет собой зону выклинивания подруслового потока в реку, чему способствует заглубленность узкой долины реки, врезанной в малопроницаемые коренные породы. На третьем участке наблюдаются фильтрационные потери. Для каждого характерного участка реки Амударья в НИЦ МКВК разработана своя гипотеза формирования фильтрации, которая была проверена на моделях РВБ. При этом были учтены два важных фактора, которые во многом определяют водно-насосный режим реки: морфометрия русла и мутность потока [2]. При расчете объема руслового регулирования и потерь стока для определения морфометрических характеристик русла рекомендуются зависимости Х.Исмогилова [1], в которых глубина и ширина определялись как функции расхода.

В периоды острого дефицита водных ресурсов в бассейне реки Амударья, остро встает вопрос, что делать, если какое-либо государство допустит перебор по итогам межвегетации или вегетации?

Величина перебора за межвегетационный период должна учитываться при формировании лимитов водозаборов на вегетацию, т.е. от лимита водозаборов гидрологического года должен отниматься факт межвегетации с учетом перебора, тогда остаток лимита водозабора (вегетационный лимит, уменьшенный на величину перебора допущенную в межвегетацию) становится планом на вегетационный период. Переборы, осуществляемые по отдельным районам и оросительным системам одного государства должны регулироваться самим государством в пределах выделенного лимита водозабора из трансграничных рек. В этом случае видимо можно допустить некоторую неравномерность водообеспеченности по длине русла Амударьи.

В целях предотвращения аварийных ситуаций в низовьях и на территории Приаралья при пропуске повышенных расходов в русле реки, связанной с ожидаемым увеличением приточности, в целях разгрузки русла необходимы меры по постепенному увеличению водозаборов выше Тахиаташского г/у, исходя из технических возможностей каналов, а в зимнее время - постепенное наращивание выпуска в реку для разработки русла и сработки толщины льда. В случае резкого потепления в зоне формирования стока и возникновения в этот период в низовьях реки ледостава, необходимо проводить разгрузку реки непосредственно водозаборами Сурхандарьинской области и среднего течения (КМК, АБМК, Гарагумдарья, Лебаб), в целях срезки части пика повышенных расходов в реке и уменьшения приточности к ТМГУ.

Один из главных факторов, который следует учитывать при распределении воды и управлении орошением в бассейне Амударьи в ближайшем в будущем - продуктивность водно-земельных ресурсов. Очевидно, что водопотребители, имеющие более продуктивные земли (Хорезм), в случае дефицита воды несут больший ущерб, чем водопотребители с менее продуктивными землями (Каракалпакистан) при равной урезке лимита. В худшем положении при ограниченных водных ресурсах оказываются водопотребители, получающие высокоминерализованную оросительную воду (Каракалпакистан), поскольку нормы орошения для такой воды выше, чем для воды с

низкой минерализацией. Учет данных обстоятельств при распределении воды возможен только тогда, когда возмещение ущерба в зонах низкой продуктивности станет государственной политикой. В противном случае, возникающие при непропорциональном распределении воды, социально-экономические потери, связанные с потерями в людских ресурсах и производстве, перекроют возможные выгоды от использования более продуктивных земель.

Улучшить показатели качества речной воды в низовьях Амударьи можно:

- Частично ограничивая сбросы возвратного стока в среднем течении реки; данное мероприятие наиболее эффективно в случае отсутствия дефицита (снижение возвратного стока на 20..30 % может привести к снижению минерализации в реке на 10..15 %),
- Выдерживая рациональные режимы работы водохранилищ, главным образом ТМГУ, обеспечивающие санитарные попуски по всей длине реки (расход в зависимости от водности может меняться от 50 до 100 м³/сек).

Оценку последствий маловодья и/или нерационального распределения водных ресурсов в бассейне можно проводить по ущербу в орошаемой земледелии водохозяйственных зон, как недополучение продукции, происходящее вследствие (а) гибели культур и (б) снижения урожайности. Соответственно можно выделить площади, на которых погибли культуры и площади с пониженной водообеспеченностью, на которых был собран урожай, но в меньшем объеме, чем это возможно при полном обеспечении водой. Ущерб можно рассчитывать или по потерянному чистому доходу, или по стоимости недополученной продукции, включающей произведенные затраты.

Оценка последствий управления в орошаемой земледелии для условий маловодья и повторения серии маловодных лет может быть выполнена по потере продуктивности (продукции), включая отрасли переработки сырья, зависящей от текущего дефицита, а также водности предыдущего года. Анализ показывает, что после серии маловодных лет (2000-2001 годы) восстановление продуктивности не происходит мгновенно, а требует времени (2002, 2003 годы). Данная особенность может быть учтена вводом в алгоритм расчета продукции специальных коэффициентов “восстановления”.

2. Регулирование стока

Благодаря построенным водохранилищам степень зарегулированности стока составляет по Амударье - 0,78, т.е. имеются резервы дальнейшего регулирования. Реальные технические возможности к ирригационному регулированию стока Амударьи в настоящее время определяются по реке объемами водохранилищ Нурекского и Тюямуянского гидроузлов. С учетом заиления емкостей Нурекского и Руслового водохранилищ и использования водохранилища Капарас в интересах водоснабжения, суммарная емкость регулирования водохранилищ оценивается в 7.5 км³, что с учетом внутрисистемных водохранилищ с объемом 7 км³, достаточно для зарегулирования стока Амударьи в объеме около 52 км³ в год [7].

Анализ работы Нурекского водохранилища в маловодные годы (2000-2001гг) показал, что при природном дефиците гидроэнергетический режим водохранилища приводит к снижению водообеспеченности орошаемых земель Туркменистана и Узбекистана в маловодные годы. Объем заиления Нурекского водохранилища на конец 2005 года составляет около 2 куб.км. Недостаточность полезного объема Нурекского водохранилища за счет заиления ограничивает его возможности не только как ирригационного, но и энергетического регулятора.

Главная задача ТМГУ сегодня - упорядочить систему управления бассейном Амударьи в низовьях и тем самым: (1) обеспечить гарантированное водоснабжение населения питьевой водой, (2) снизить до минимума негативные последствия экстремальной водности (маловодье, паводки) и создать благоприятные условия для поддержания равномерной водоподачи на трансграничном уровне, включая подачу в Приаралье, (3) усилить возможности национального уровня в части гарантированного водопотребления, снижения потерь и устойчивой водоподачи.

Особенностью режима эксплуатации ТМГУ является наличие двух тактов работы водохранилища: (1) промывные поливы (октябрь - апрель), (2) вегетационные поливы (май - сентябрь). В маловодные годы во втором такте работы Руслового водохранилища создаются условия смыва отложившихся наносов и подачи в нижний бьеф мутной воды.

В настоящее время Русловое водохранилище ТМГУ заилено на 1.1 км^3 , в том числе в пределах мёртвого объёма (ниже отметки 120 м) - $0,2 \text{ км}^3$. Объем заиления меняется из года в год, и в периоды промывки уменьшается, то есть существует некоторая возможность управления процессами заиления и транспортом наносов гидроузла.

Режим работ водохранилищ ТМГУ должен обеспечивать по возможности минимальные потери и заиление русловой емкости. Основной принцип перераспределения стока между водохранилищами ТМГУ заключается в преимущественной сработке Руслового водохранилища (в сравнении с наливными) и одновременном наполнении всех емкостей (в случае если такое наполнение возможно). Данный принцип позволяет значительно уменьшить потери стока, как в Русловом водохранилище, так и в низовьях реки Амударья. Подача мутной воды по руслу реки и в каналы низовий в состоянии снизить потери воды на фильтрацию в 1.2...1.4 раза.

Многолетняя практика эксплуатации ТМГУ выработала ряд ограничений, которые необходимо соблюдать:

- запрещается срабатывать водохранилища с интенсивностью больше, чем один метр в сутки по условиям устойчивости сооружений ;
- интенсивность изменения расходов выпуска воды из ТМГУ должна быть в пределах допустимой, особенно в период установления ледостава;
- при сработке наливных водохранилищ не рекомендуется доходить до отметки 126 м, так как нарушение этого правила приводит к активному перемешиванию водных масс и подъему соленых вод в верхние горизонты.

Потерю части регулирующей емкости в водохранилищах Нурекского и Тюнмунского гидроузлов можно компенсировать регулированием стока Амударьи в внутрисистемных водохранилищах. Регулирование стока в внутрисистемных водохранилищах имеет свою специфику в маловодные и многоводные годы (сезоны). В случае наступления маловодных лет работа внутрисистемных водохранилищ направляется в первую очередь на снижение вегетационного дефицита, который покрывается за счет максимально возможного водозабора из реки Амударья в межвегетационный период и создания запасов воды в водохранилищах к началу вегетации. В многоводные годы работа внутрисистемных водохранилищ (и соответствующих каналов) направляется на максимально возможную срезку пиков паводка, проходящего по реке Амударья.

Для повышения гарантированности водоотдачи в бассейне необходимо осуществление многолетнего регулирования. Только таким образом после введения в эксплуатацию Рогунского гидроузла и работы его в ирригационно-энергетическом режиме в увязке с другими водохранилищами может быть достигнут максимальный эффект от эксплуатации водохранилищ. Особое внимание должно быть уделено проектированию и строительству Даштиджумского гидроузла, учитывая его возможность

влияния на естественный режим Пянджа, который полностью соответствует требованиям орошаемого земледелия среднего и нижнего течения Амударьи.

Даштиджумский гидроузел с водохранилищем многолетнего регулирования (полезная емкость 10.2 км³) и ГЭС, рассматривается как первоочередной объект Пянджского каскада, который должен сохранить природный или энерго-ирригационном режим, зависящий от принятых схем распределения регулирующих функций между ним, Рогунским и Нурекским водохранилищами. При намеченном проектном сроке строительства в 11 лет, реальный ввод гидроузла следует ожидать после 2020 года.

Может ли в будущем ситуация осложниться в связи с вводом Рогунского гидроузла? Расчеты показывают - да, если Рогун и Нурек будут работать в тандеме исключительно для нужд энергетики Таджикистана. Работа этих водохранилищ в энергетическом режиме может привести к фактическому переносу летнего паводка на зиму и созданию искусственного маловодья летом в среднем и нижнем течениях Амударьи, пересыханию русла летом, когда река теряет свою естественную функцию водоотводящего тракта (природной дрены), что ведет в жаркое время года к кризисной эпидемиологической обстановке.

Для каскада из трех водохранилищ (Рогунское, Нурекское, Тюямуюнское) единственно приемлемым следует признать энерго-ирригационный режим, когда Рогунский гидроузел работает в энергетическом режиме, а Нурекский и Тюямуюнский – в компенсационных режимах, не допускающих дефициты в ирригации в маловодные годы и снижения экологических попусков в Южное Приаралье ниже установленного минимума. Перерегулирование Вахша осуществляется Нуреком из условий удовлетворения требований ирригации в верхнем и среднем течении (до ТМГУ) в компенсирующем по отношению к Пянджу режиме. Если необходимо, то удовлетворяются требования ирригации и нижнего течения, в этом случае ёмкость Нурекского водохранилища является и компенсатором ТМГУ. Функционирование каскада зависит от: характеристик боковой приточности на участке между вторым и третьим водохранилищами (гидрограф Пянджа), компенсирующих попусков из двух первых ёмкостей, а также объёма располагаемых ресурсов и свободной ёмкости третьего водохранилища. Схема предполагает заинтересованность всех государств бассейна в достижении общего для региона эффекта.

В будущем Афганистан может потребовать увеличения своей доли воды для социально - экономического развития в северной части страны. Это несколько изменит режим стока р. Пяндж и самой Амударьи. В качестве основного на будущее можно рассмотреть вариант предусмотренный “Схемой развития орошения северных районов Афганистана”, с дополнительной подачей из реки 3.6 км³/год. Данный вариант не предусматривает строительство гидроузла на реке Амударья, но по нему намечен ряд мероприятий, требующих инвестиций и времени на реализацию (строительство плотинных водозаборов и каналов на реках Кокча и Кундуз, реконструкция канала Шарван на Пяндже, создание оросительных систем с бесплотинным водозабором на реке Амударья).

Для оценочных расчетов по совместному регулированию стока рек водохранилищными гидроузлами и ГЭС Вахско-Амударьинского (Рогун, Нурек, Тюямуюн и др.) и Пянджского (Даштиджум и др.) каскадов, в рассматриваемых схемах распределения регулирующих функций между ними важно установить гарантированные попуски в осеннее-зимний и весеннее-летний периоды. Данными действия мы ограничиваем поиск рационального решения, уменьшая время поиска компромисса между энергетикой, ирригацией, и экологией.

3 Экологические попуски

В условиях нестабильности гидрологических режимов важно соблюдать экологические требования к водотокам. В бассейне Амударьи выделены требования к трем попускам: санитарным по реке, экологическим в Южное Приаралье, санитарно-экологическим по каналам в ирригационную сеть [5].

Санитарные попуски по руслу реки должны обеспечивать поддержание самой реки в качестве водного объекта, имеющего природную (экологическую) и социальную ценность и служить важным социально-экологическим ориентиром и ограничением при управлении водными ресурсами. Выдерживать данные ограничения важно и для того, чтобы “сгладить” возможные негативные последствия изменения проектных режимов водохранилищных гидроузлов комплексного (гидроэнергетика, ирригация и др.) назначения.

Санитарные попуски по руслу рек рекомендуется назначать исходя из 10 % расхода естественного стока (подход применяемый в странах Европейского Союза). Считается, что данный расход в состоянии поддерживать процессы самоочищения (самоочищение вод – это совокупность всех природных процессов в загрязненных водах, ведущих к восстановлению первоначальных свойств и состава воды).

Санитарные попуски по руслу реки Амударьи необходимы, главным образом, в нижнем течении реки в отдельные месяцы средних и малых по водности лет. В тот период времени, когда значение расхода воды по реке составляет ниже санитарной нормы, по реке должен подаваться дополнительно расход (но не за счет лимита на водозабор), составляющий разницу между нормой и фактически наблюдаемым расходом.

Санитарно-экологические попуски в ирригационные каналы сегодня входят в лимиты на водозабор и должны быть величиной постоянной, которая корректировке в зависимости от водности года не подлежит. Попуски распределены по странам, ЗП и оросительным системам.

Экологические попуски, подаваемые в Приаралье для поддержания экосистем (водохранилища, озера и др.) могут быть приняты на основе модельных исследований НИЦ МКВК по дельте Амударьи. В НИЦ МКВК выполнено имитационное моделирование нескольких вариантов размещения водоемов Южного Приаралья и подачи воды в Большое Аральское море при различных сценариях поступления водных ресурсов и различных параметрах водотоков и водоемов.

Удовлетворение требований Приаралья, то есть поддержание системы озер дельты Амударьи, в полной мере возможно в годы средней и выше водности, когда годовой приток к створу Саманбай оценивается не ниже 8 км^3 . В годы меньшей водности сток в Саманбае не должен быть меньше $3\text{-}5 \text{ км}^3$ в год.

Исходя из технических ограничений существующего комплекса сооружений, главным образом Междуреченского водохранилища, приток к дельту не должен иметь резких колебаний внутри года, иначе могут возникнуть вынужденные холостые сбросы в Аральское море минуя систему озер. Выравнивания расходов можно достичь выдерживая рациональный режим работы ТМГУ, предусматривающий постепенный рост или снижение попусков в реку.

Санитарно-экологические попуски, подаваемые в ирригационную сеть, используются для поддержания минимального объема воды в каналах, которые используются для питьевых и хозяйственных нужд населения.

Выводы

1. Для обеспечения согласованных и взаимовыгодных действий всех участников водохозяйственного комплекса бассейна Амударьи сегодня существует необходимость в единых для бассейна правилах управления водными ресурсами. Главная цель - упорядочить систему управления бассейном Амударьи и создать стабильную, устойчивую и справедливую организацию водоподачи.

2. Одним из основных негативных факторов, отрицательно влияющих на обеспеченность водой Туркменистана и Узбекистана в бассейне Амударьи, является антропогенная изменчивость стока, непосредственно связанная с водохозяйственной политикой независимых государств бассейна и во многом определяемая работой крупных водохранилищ (сегодня Нурек, завтра - Рогун, водохранилища Пянджа). В тоже время, в существующих сегодня соглашениях между странами бассейна по водохозяйственным вопросам нет определения условий, при которых были бы сведены к минимуму риски от негативного влияния крупных водохранилищных гидроузлов с ГЭС, а также возможны выгоды от рационального регулирования стока, как для орошаемого земледелия, так и гидроэнергетики.

Можно говорить об очень хорошем соответствии естественного (не зарегулированного водохранилищами) стока основных притоков Амударьи - рек Пяндж и Вахш к требованиям орошаемого земледелия. Для районов среднего и нижнего течений Амударьи работа Нурека (а в будущем и Рогуна) может принести пользу только в маловодные годы. И то, если эти водохранилища будут "помогать" орошению, сбрасывая из своих многолетних запасов дополнительно к естественному стоку.

3. Несмотря на предпринимаемые усилия по распределению водных ресурсов между потребителями даже в рамках одной страны не удаётся полностью избежать диспропорций водопотребления, особенно между средним и нижним течением реки. Это требует разработки и согласования единых методов оценки располагаемых к использованию водных ресурсов, механизмов планирования и контроля распределения водных ресурсов, основанных на русловом водном балансе (РВБ).

Систематические ошибки в расчетах РВБ Амударьи обусловлены тем, что не правильно учитываются русловые потери, а на некоторых участках – фильтрационный приток в русло реки, не учитывается "русловое регулирование", то есть накопление воды в русле в паводок и отдача её в межень и другие факторы. Включение данных составляющих в расчетные статьи РВБ позволяет повысить точность прогнозирования трансформации стока реки по территории и времени и, тем самым, повысить эффективность управления водными ресурсами, в том числе контроля за распределением воды.

4. В маловодные годы в бассейне складывается достаточно сложная ситуация, которая требует принятия определенных решений по усилению совместного сотрудничества, в первую очередь дополнительными организационными и юридическими мерами (расширение зоны действия БВО, усиление его правового статуса). Необходимо подготавливать основу для достижения будущего соглашения по водоразделу с Афганистаном, по нормированию русловых потерь и др. Существующие соглашения не охватывают все вопросы совместного управления трансграничными водами в регионе. Приток воды в Аральское море не гарантируется. Остаются открытыми вопросы по региональному и межотраслевому обмену информацией, охране водотоков международного значения, стандартам качества водных ресурсов, по процедурам совместного водочета и действий на трансграничных реках, разрешения споров и др.

Литература

1. Х.Исмогилов. Сел ва ундан сакланиш. 'Мехнат', Ташкент, 1988.
2. А.Сорокин, Л.Аверина. Современный русловой водный баланс Амударьи. Сельское хозяйство Узбекистана. № 5-6, Ташкент, 1998.
3. А. Г.Сорокин А.Г, О.А.Каюмов. Динамическая модель трансформации стока в среднем течении реки Амударьи. Материалы научно-практической конференции МКВК. Алматы, 2002.
4. А.Г.Сорокин. Моделирование процессов управления водными ресурсами трансграничных рек бассейнов Сырдарьи и Амударьи. Мелиорация и водное хозяйство. 1. Москва, 2002.
5. А.Г.Сорокин, А.С.Никулин. Экологические требования к стоку рек Сырдарья и Амударья: современное состояние и перспектива, влияние климатических изменений. Материалы центральноазиатской международной научно-практической конференции. Алматы, 2003.
6. А.Г.Сорокин. Проблемы управления стоком реки Амударья. Материалы центральноазиатской международной научно-практической конференции. Алматы, 2005.
7. А.Г. Сорокин. Управление водным и наносным режимами водохранилищ бассейна Амударьи: инструменты и оценка. Экстремальные гидрологические события в Арало-Каспийском регионе. Труды международной научной конференции, Москва. 2006.