

Моделирование русловых потерь реки Амударьи

Сорокин А.Г.

Оценка русловых потерь реки Амударьи выполнялась различными авторами, по различным методикам, на основании фактических (измеренных) составляющих руслового баланса (РБ). Можно выделить два основных подхода расчета потерь.

Первый подход – построение динамической модели руслового баланса, где в качестве отдельных элементов выделяются русловые потери (на испарение с водной поверхности, на фильтрацию); такая модель, как правило, рассчитывает изменение объемов воды в русле реки на расчетных участках (динамический фактор), поэтому, в расчетных значениях потерь динамический фактор не учитывается. Примерами таких моделей являются компьютерные модели, разработанные в НПО САНИИРИ [Сорокин А.Г., Каюмов О.А., 2002] и НИЦ МКВК [Сорокин А.Г. и др., 2014]. Модели используются для различных задач планирования распределения водных ресурсов Амударьи в качестве инструмента научных оценок, но официально не признаны как единый инструмент расчета потерь в регионе, и не получили должного распространения в странах бассейна.

Второй подход – оценка потерь методом РБ для участков реки, - в этом случае потери оцениваются суммарно, без выделения фильтрационной составляющей и потерь на испарение, как выявленная невязка РБ; при таком подходе, как правило, потери включают и динамический фактор (величины изменения объемов воды в русле); качество оценок потерь стока по РВБ зависит от схемы расчета – выделения характерных временных периодов (подъем, спад паводка, межень) и характерных участков реки, близких по условиям трансформации стока, а также достоверности данных (при недостоверных данных в потери могут быть включены неучтенные водозаборы или (со знаком минус) неучтенная боковая приточность).

Влияние динамического фактора (изменения объема воды в русле) на русловые потери можно показать на фактическом РБ июля 2015 года. Относительные потери воды на участке реки г/п Келиф – г/п Бирата (Дарганата), в % от стока реки в г/п Келиф, в 1 и 2 декады июля 2015 г. составили около 20 %, в третьей декаде они снизились до 3 %. Резкое снижение относительных потерь в третьей декаде можно объяснить следующим образом: в 1 и 2 декадах на участке происходил подъем уровней воды в реке, вызванный ростом расхода воды в г/п Келиф, и часть стока была аккумулирована в русле реки (что было отражено в потерях); в третьей декаде паводок стабилизировался, и расходы даже несколько уменьшились, - в потерях это отразилось некоторой их компенсацией за счет сработки воды, накопленной в русле в предыдущей декаде.

По методу РБ была выполнена оценка русловых потерь реки Амударья в рамках проекта Азиатского Банка Развития “RETA 6163 – Совершенствование управления совместными водными ресурсами в Центральной Азии”; были составлены подекадные русловые балансы с 1989 года по 2006 год по участкам Келиф-Дарганата, Тюямуюн-Кипчак, Кипчак-Саманбай. Потери выражены в % от стока (или расхода) в начале расчетного участка, даны в ожидаемом диапазоне (Max, Min) для маловодного, многоводного нормального по водности года, для двух временных периодов: апрель-сентябрь, октябрь-март. Оценку потерь по проекту RETA следует считать результатом совместной работы стран бассейна – в ней участвовали эксперты из Региональной и Национальных Рабочих Групп (www.cawater-info.net/reta/).

По методу РБ к заседанию МКВК (сентябрь 2015 г) для участков г/п Келиф - г/п Бирата (Дарганата), г/п Тюямуюн – г/п Кипчак, г/п Кипчак - г/п Саманбай получены расчетные зависимости русловых потерь реки Амударья (невязки РВБ) от расхода воды в начале участка, среднего за декаду; зависимости получены для каждого месяца.

В 60-х годах прошлого столетия В.Шульц [1965] оценил годовые потери воды из реки Амударьи в $7,6 \text{ км}^3$. В проектных проработках Среднеазиатского отделения Гидропроекта [1971] к Генеральной схеме комплексного использования водных ресурсов р.Амударьи потери из реки (для условий среднемноголетнего стока) были оценены в $7,8 \text{ км}^3$, в том числе на участке Керки–Чатлы в $6,6 \text{ км}^3$ (на испарение приходится $4,7 \text{ км}^3$). В начале 80-х годов при уточнении схемы комплексного использования Амударьи оценка потерь была снижена [Средазгипроводхлопок, 1984] – для маловодного года потери в реке приняты всего в $2,9 \text{ км}^3$, в том числе в низовьях $1,96 \text{ км}^3$ (или 7 % от стока реки в створе г/п Тюямуюн). В связи с вводом в эксплуатацию ТМГУ (водохранилище было заполнено в середине 80-х) и изменения режима реки в низовьях, встала задача пересмотра РБ реки и уточнения потерь. Такие исследования, имеющие мощную экспедиционную базу, проводились с середины 80-х до середины 90-х в САНИИРИ; исследования включали натурные измерения, их обработку и компьютерное моделирование процессов формирования потерь [Сорокин А.Г., Каюмов О.А., 2002]. Использование в моделях САНИИРИ фильтрационных зависимостей, морфометрических зависимостей позволили рассчитывать потери из реки для любого по водности года, сезона, месяца. Гипотеза о наличии фильтрационной составляющей потерь подтверждается многими исследованиями, в том числе Проскуряковым А.К. [1953], Светитским В.П. [1985], Альтшулем А.Х. [1989].

Модельные исследования РБ САНИИРИ были продолжены в НИЦ МКВК, было показано, что основной объем фильтрационных потерь наблюдается на участках Керки – Ильчик и Тюямуюн – Кипчак; на участке Ильчик – Бирата (Дарганата) выявлена постоянная фильтрационная приточность в русло реки. Расчеты, выполненные на моделях НИЦ МКВК показывают, что при расходах в среднем течении Амударьи менее 500 куб.м/с средние потери за месяц не превышают 2...6 %, в условиях прохождения расходов более 500 куб.м/с потери меняются в пределах 1...4 %. В нижнем течении расчетные потери выше: при

расходах менее 500 куб.м/с потери могут достигать 12...17 %, при расходах более 500 куб.м/с потери меняются в пределах 6...14 %.

По оценкам проекта RETA, для участка Тюямуюн-Саманбай при расчетах РБ и распределении водных ресурсов величину русловых потерь рекомендуется принимать: за период октябрь-март в пределах 16...20 %, за апрель-сентябрь – в пределах 14...17 %. Для участка Келиф–Дарганата рекомендуемые максимальные значения потерь определены в 1.5...2 %.

Методом РБ для модели распределения стока WAm комплекса ASBmm были определены коэффициенты для линейных зависимостей русловых потерь Амударьи от расхода воды в начале расчетного участка. Потери рассчитывались на участках г/п Келиф - г/п Бирата (Дарганата), г/п Тюямуюн – г/п Кипчак, г/п Кипчак - г/п Саманбай (смотрите таблицу 1). Потери, вычисленные таким образом включают динамический фактор и повышают точность расчета трансформации стока в ASBmm.

Расчеты русловых потерь производятся по линейным зависимостям

$$Y = A * X + B$$

где:

X – ордината, средние за декаду расходы воды в г/п (м³/с), расположенных в начале расчетного участка;

Y – русловые потери (% от расхода в начале участка),

A, B – расчетные коэффициенты.

Таблица 1

**Зависимости русловых потерь Амударьи Y (% от X)
от среднего за декаду расхода воды в реке X (м³/с) по участкам и месяцам:**
 $Y = A * X + B$

Месяцы	Келиф-Дарганата		Тюямуюн-Кипчак		Кипчак-Дарганата	
	A	B	A	B	A	B
Октябрь	0.0019	-3.8154	0.0083	4.2575	-0.031	23.892
Ноябрь	0.01	-10.47	0.0251	0.1383	-0.0198	19.458
Декабрь	0.0046	-1.9319	0.0081	9.5464	-0.0128	21.88
Январь	0.0073	-8.1789	-0.0144	16.769	-0.0363	34.526
Февраль	-0.0001	0.2933	-0.0092	24.035	-0.0274	32.243
Март	0.0002	3.0893	0.0237	-14.29	-0.0078	21.644
Апрель	0.0052	-1.5287	0.0124	4.2291	-0.0118	25.388

Месяцы	Келиф-Дарганата		Тюямуюн-Кипчак		Кипчак-Дарганата	
	А	В	А	В	А	В
Май	-0.001	7.2872	-0.0025	21.493	-0.0071	21.864
Июнь	-0.0009	6.7138	-0.003	23.494	-0.0046	17.05
Июль	-0.0016	6.3261	-0.0033	25.821	-0.0046	15.847
Август	-0.0047	17.2	-0.0057	26.126	-0.0109	21.239
Сентябрь	0.0035	6.48	-0.0032	13.758	-0.0132	19.22

Использованная литература

1. Сорокин А.Г., Каюмов О.А., 2002. Динамическая модель трансформации стока р.Амударьи в среднем течении. Водные ресурсы Центральной Азии (Материалы научно-практической конференции, посвященной 10-летию МКВК), Алматы, стр.154-158.
2. Сорокин А.Г. и др., 2014. Численное моделирование динамики стока реки Амударья. Сборник научных трудов НИЦ МКВК, вып. 14, Ташкент, стр.86-91.
3. САО Гидропроект, 1971. Генеральная схема комплексного использования водных ресурсов р.Амударьи, Ташкент.
4. Средазгипроводхлопок, 1984. Уточнение схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов р.Амударьи, Ташкент.
5. Проскуряков А.К., 1953. Водный баланс р.Амударьи на участке от г. Керки до г. Нукус. Гидрометеоиздат.
6. Светитский В.П., 1985. Провести исследования и составить современный и на перспективу до 2000 года ВХБ бассейна Аральского моря. Отчет о НИР, САНИИРИ, Ташкент.
7. Милькис Б.Е., Чолпанкулов Э.Д. и др., 1974. Потери стока р.Амударьи на испарение на участке Верхне-Амударьинский – Чатлы. Труды САНИИРИ, вып.132, Ташкент.
8. Альтшуль А.Х. и др., 1989. Русловой водный баланс низовьев р.Амударья. Водные ресурсы, № 6, стр. 27-33.
9. Шульц В.Л., 1965. Реки Средней Азии. Гидрометеоиздат.