

# 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 аккумулярована 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/](http://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 Проскураковым 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  $500 \text{ куб.м/с}$  средние потери за месяц не превышают 2...6 %, в условиях прохождения расходов более  $500 \text{ куб.м/с}$  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 (м<sup>3</sup>/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 (м<sup>3</sup>/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.Амударья 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.Амударья, Ташкент.
4. Средазгипроводхлопок, 1984. Уточнение схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов р.Амударья, Ташкент.
5. Проскуряков А.К., 1953. Водный баланс р.Амударья на участке от г. Керки до г. Нукус. Гидрометеиздат.
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.Амударья 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. Гидрометеиздат.