

сдвиге на 12, 24 и 36 ч) равны соответственно 0,91; 0,78 и 0,67.

Таким образом, причина отсутствия связи на рис. 4 не ясна. Возможно, изменение руслового рельефа влияет на вид турбулентности потока, в частности на величину вертикальной составляющей скорости, которая не учитывается стандартной методикой вертушечных измерений.

Подведем итоги.

1. Видимо, на реках с легко деформируемым руслом пользоваться общепринятыми зависимостями $Q=f(H)$ не следует, значительно более надежные результаты дают связи $Q=f(\bar{h})$.

2. Любопытно, что при наличии достаточно большого числа измерений, достаточного для построения зависимости, аналогичной рис. 1, можно значительно сократить в дальнейшем количество измерений скорости и пользоваться полученной кривой, где в качестве аргумента выступает $\bar{h}$.

3. Безусловно, необходимо продолжить исследования, направленные на усовершенствование методики измерений стока на подобных реках и выявление источников ошибок этих измерений. С учетом полученных нами результатов, в первую очередь, следует организовать: тщательные наблюдения за уклоном водной поверхности для оценки его влияния на скорость течения и деформацию русла; исследовать зависимость вида эпюр скорости от рельефа дна, обратив особое внимание на вертикальную составляющую скорости; выявить оптимальный период осреднения — время выдержки вертушки в каждой точке.

4. Ценнейший материал могут дать детальные съемки рельефа дна, его изменений и расчет баланса наносов, формирующих русло.

А. С. НИКУЛИН

КОНТРОЛЬ ОПЕРАТИВНОГО И РЕЖИМНОГО СТОКА НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ р. АМУДАРЬЯ НА ОСНОВЕ РУСЛОВОГО ВОДНОГО БАЛАНСА

Учет речного стока осуществляется в режимном и оперативном вариантах. Режимный учет стока выполняется по окончании годового цикла наблюдений на основе всех имеющихся измерений за данный период, а оперативный — за текущий день на основе предыдущих измерений. Вычисленные по обоим вариантам величины стока отличаются иногда на 30 — 50% [1].

Контроль качества режимного и оперативного учета стока можно осуществить методом руслового водного баланса, условия корректного применения которого сформулированы в [2]. В дан-

ной статье рассмотрена возможность решения этого вопроса для района острого дефицита водных ресурсов, к которым относится нижнее течение Амударьи.

Полное уравнение руслового водного баланса (РВБ) представляется в следующем виде [1]:

$$Q_{\text{в}} - Q_{\text{н}} + Q_{\text{б.п}} - Q_{\text{в.з}} + Q_{\text{с}} - Q_{\text{и.т}} + Q_{\text{ос}} \pm Q_{\text{л}} \pm Q_{\text{с.р}} \pm Q_{\text{р.р}} \pm Q_{\text{б.р}} \pm Q_{\text{ф}} \pm Q_{\text{о}} = 0, \quad (1)$$

где $Q_{\text{в}}$ и $Q_{\text{н}}$ — расходы воды в верхнем и нижнем створах; $Q_{\text{б.п}}$ — расходы воды боковых притоков; $Q_{\text{в.з}}$ и $Q_{\text{с}}$ — расходы водозаборов и сбросных вод; $Q_{\text{и.т}}$ — испарение и транспирация воды растительностью; $Q_{\text{ос}}$ — поступление воды от осадков; $Q_{\text{л}}$ — потери воды на ледообразование или ее поступление от таяния льда; $Q_{\text{с.р}}$ — поступление воды от таяния снегозапасов в русле; $Q_{\text{р.р}}$ — расходы руслового регулирования; $Q_{\text{б.р}}$ — расходы берегового регулирования; $Q_{\text{ф}}$ — расходы фильтрационного оттока или притока подземных вод в русло; $Q_{\text{о}}$ — остаточный член.

В рассматриваемом случае многие члены полного уравнения либо отсутствуют, либо столь незначительны, что ими можно пренебречь. Тогда уравнение приобретает следующий вид:

$$Q_{\text{в}} - Q_{\text{н}} - Q_{\text{в.з}} - Q_{\text{и}} \pm Q_{\text{р.р}} \pm Q_{\text{ф}} \pm Q_{\text{о}} = 0. \quad (2)$$

Все элементы РВБ, за исключением испарения $Q_{\text{и}}$ и фильтрации $Q_{\text{ф}}$ определяются гидрометрически или по русловым съемкам.

Русловой водный баланс составлялся на участке (далее РВБ) Тюямуюн — Кипчак, где Амударья проходит в аллювиальных наносах древней дельты, выполненных преимущественно песками, покрытыми на равнине суглинками. На рассматриваемом участке русло реки подвержено исключительно сильным деформациям. Река блуждает в пределах своей поймы, размывая то левый, то правый берег, что создает значительные затруднения для орошения, постоянно нарушая нормальный водозабор в оросительные каналы и создавая угрозу затопления культурных земель вследствие прорыва защитных дамб [4].

При составлении РВБ использовались данные Государственного водного кадастра (ГВК) и оперативные данные за 1983 г. На основе космфотоснимков и русловых съемок получены регулирующие объемы русла Амударьи на участке Тюямуюн — Кипчак. Величины испарения вычислены с русловой части реки по уточненной формуле Государственного гидрологического института (ГГИ). Оценены фильтрационные потери по длине реки и величины неучтенного водозабора наносными установками.

Расчетный период выбирался в зависимости от имеющихся данных. Составление РВБ по режимным данным возможно только за месяц и более длительные периоды, поскольку из Министерства мелиорации и водного хозяйства (ММВХ) в УГКС для Гидрологического ежегодника присылаются только средние месячные сведения о водозаборе по форме 2ТП-водхоз (табл. 1).

Таблица 1

Среднемесячный русловой водный баланс ($\text{м}^3/\text{с}$) р. Амударья за 1983 г.
на участке Тюямуюн — Кипчак по данным ГВК

Месяц	Расход воды в створе		Русловое регулирование $Q_{\text{р.р}}$	Водозабор $Q_{\text{в.з}}$	Фильтрационный приток $Q_{\text{ф}}$	Испарение $Q_{\text{и}}$	Невязка РВБ	
	Тюямуюн $Q_{\text{в}}$	Кипчак $Q_{\text{и}}$					рассчитанная	допустимая
Март	269	111	0	124	9,5	4	39,5	11
Апрель	634	265	—11	238	9,5	9	120	25
Май	1100	626	—15	397	9,5	17	54	45
Июнь	1360	626	—4	491	9,5	20	228	53
Июль	1930	1020	—21	659	9,5	27	212	78
Август	1610	789	—14	672	9,5	35	109	67
Сентябрь	832	638	—15	44,5	9,5	19	124	32
Октябрь	580	519	—7	6,33	9,5	14	59	24
Ноябрь	612	410	—2	100	9,5	6	119	23

Оперативный баланс в принципе можно составить за суточные интервалы времени. Однако среднесуточные расходы воды в ограничивающих участках реки створах могут отличаться до 20%, а величина водозабора до 30—35% от фактических [2]. При такой точности оценки элементов баланса составление оперативного РВБ за суточный интервал времени нецелесообразно. Вместе с тем декадный и месячный РВБ также не удастся составить с допустимой погрешностью при существующей точности учета его элементов (табл. 2).

Рассмотрим удельный вес величин, составляющих РВБ. На участке Тюямуюн — Кипчак расход воды во входном створе по данным ГВК в среднем за июль 1983 г. составил $1930 \text{ м}^3/\text{с}$, а в замыкающем створе — $1020 \text{ м}^3/\text{с}$. Водозабор на участке равен $659 \text{ м}^3/\text{с}$, русловое регулирование — $21 \text{ м}^3/\text{с}$, а подземный приток — $1,5 \text{ м}^3/\text{с}$. Относительно притока через створ Тюямуюн перечисленные элементы баланса равны соответственно 53; 34; 1,4 и менее 1%. Таким образом, значимыми расходными элементами баланса являются сток с участка баланса и водозаборы. Невязка баланса (потери) составила $212 \text{ м}^3/\text{с}$ при допустимой невязке баланса $78 \text{ м}^3/\text{с}$. В остальные месяцы соотношение элементов РВБ сохраняется примерно таким же, а невязка баланса существенно превышает допустимую погрешность РВБ. Главной причиной невязки баланса, по нашему мнению, является некорректный учет водозабора.

Надежная связь Минводхоза со всеми узлами водodelения и водозаборов, казалось бы, исключает возможность подачи неверной информации, особенно на постах, оборудованных дистанционными датчиками уровня воды. Однако объективной информации получить подчас не удастся. Так, в 1983 г. оперативные сведения

Русловой водный баланс р. Амударья ($\text{м}^3/\text{с}$) за 1983 г.
на участке Тюямуюн — Кипчак по оперативным данным

Месяц	Декада	Тюямуюн Q_n	Русловое регулирование $Q_{p.p}$	Испарение Q_n	Кипчак Q_n	Водозабор $Q_{n.з}$	Невязки РВБ Q_o	Допустимая погрешность РВБ
Март	I	303	0	8	84	116	95	12
	II	221	-4,5	8	100	31	78	8
	III	272	7	4	127	15	119	11
	Среднее	265	0	7	104	54	100	11
Апрель	I	394	20	8	202	78,1	86	24
	II	570	25	9	286	156	91	32
	III	984	20	10	289	299	383	40
	Среднее	639	11	9	259	178	182	23
Май	I	1190	45	16	595	331	203	45
	II	1197	17	17	715	303	145	46
	III	896	-33	17	617	232	58	39
	Среднее	1090	15	17	642	291	125	45
Июнь	I	1150	8	19	411	311	417	41
	II	1440	68	21	779	412	160	65
	III	1520	8	21	743	338	380	55
	Среднее	1370	4	20	644	354	294	45
Июль	I	1780	45	27	899	561	248	70
	II	1910	14	27	985	572	312	73
	III	1960	20	28	1070	607	235	76
	Среднее	1880	21	27	985	578	270	73
Август	I	2020	19	37	1010	610	344	77
	II	1670	-35	36	933	549	187	68
	III	1076	-88	33	511	426	193	59
	Среднее	1595	-14	35	818	523	233	63
Сентябрь	I	958	-3	19	646	120	176	36
	II	636	-22	18	615	сх.	25	31
	III	883	23	19	703	сх.	138	37
	Среднее	826	-15	19	655	40	187	34
Октябрь	I	664	-28	14	568	сх.	54	32
	II	526	-18	13	481	сх.	50	28
	III	549	1	13	462	сх.	77	21
	Среднее	580	-7	14	504	сх.	69	24
Ноябрь	I	542	-6	6	397	3,70	129	20
	II	580	2	6	409	37,9	125	21
	III	717	11	6	422	59,6	218	28
	Среднее	613	2	6	409	33,8	166	22

о водозаборе на участке Тюямуюн — Кипчак существенно отличались от данных, полученных в конце года по форме 2ТП—водхоз (табл. 3).

Таблица 3

Водозабор ($\text{м}^3/\text{с}$) из р. Амударья на участке Тюямуюн—Кипчак в 1983 г. по данным оперативного и режимного учета

Вариант учета стока	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
Оперативный	54	178	291	354	578	523	40	прсх	34
Режимный	—	238	397	491	659	672	44	6,3	100
(2ТП—водхоз)	—	60	106	137	81	149	4	6,3	66
Разница	100	182	125	294	270	233	187	69	166
Невязка РВБ									

По данным, полученным непосредственно в областном управлении оросительных систем, летом 1983 г. на этом участке забиралось в июне $435 \text{ м}^3/\text{с}$ и в июле — $860 \text{ м}^3/\text{с}$. Особенно велика разница в сведениях о величине водозабора за июль: оперативная — $578 \text{ м}^3/\text{с}$, режимная 2ТП—водхоз — $659 \text{ м}^3/\text{с}$, данные ОблУОСа — $860 \text{ м}^3/\text{с}$. Какие из этих величин наиболее правильно отражают картину фактического водозабора, сказать трудно. Кроме этого, в сведениях о водозаборе отсутствуют величины водозабора насосными установками. В ходе аэровизуальных обследований было установлено, что в конце июня 1984 г. действующих насосов оказалось: типа Алтай — 9 шт., НАП — 8 шт., Чехия — 15 шт., общий забор воды составил $40 \text{ м}^3/\text{с}$.

Фактический забор или сброс воды при современной постановке гидрометрических работ в системе ММиВХ оценить очень трудно. В головах каналов нет самописцев уровней воды (СУВ), поэтому судить о качестве учета забора воды не представляется возможным. В рассмотренных РВБ знак «ошибок» в величинах водозабора, как правило, один. При достаточном количестве воды, когда лимит покрывается с излишком, иногда показывается «истинный» забор воды в каналах, при недостатке, когда лимиты уменьшены, воды забирается больше установленной величины. Достаточно убедителен пример декадных РВБ за 1983 г. (табл. 2). Кроме ошибок, связанных с оперативным учетом стока во входном и выходном створах, обнаруживаются постоянные невязки баланса, показывающие систематические потери стока. Предположить систематические ошибки в ограничивающих створах или непрерывный отток в $200\text{—}400 \text{ м}^3/\text{с}$ сложно, так как прилегающая пойма реки и орошаемая зона расположены низко, водозабор осуществляется самотеком по каналам, уровень грунтовых вод находится очень высоко, на 1—2 м от поверхности земли и чутко реагирует на поливы — повышаясь в вегетационный период в отдельные годы до 0,5 м. Столь высокий горизонт грунтовых вод

создает напор, препятствующий движению воды из русла реки. По исследованиям С. Ш. Мирзаева и Л. П. Бакушевой [4] грунтовые воды в размере $9,5 \text{ м}^3/\text{с}$ поступают в русло р. Амударья в пределах ее нижнего течения. Следовательно, причины невязки кроются не в недоучете фильтрационных потерь стока, а, как указывалось выше, в некорректном учете стока водозаборов. Факт перебора воды каналами очевиден, но конкретизировать величину фактического водозабора пока не удастся. Таким образом, метод РВБ как контроль оперативного и режимного учета стока в низовьях Амударьи в настоящее время неприемлем ввиду больших систематических погрешностей одного из составляющих элементов РВБ — водозабора.

Выводы

1. Материалы полевых исследований САНИИ показали, что величина потерь воды на участке Тюямуюн — Кипчак соизмерима с точностью учета стока на постах ММиВХ.

2. Никакие меры по повышению точности учета стока на постах Госкомгидромета не повысят точности составления РВБ до тех пор, пока будет оставаться современный тенденциозный учет водозабора на постах ММиВХ.

3. При подаче менее $1000 \text{ м}^3/\text{с}$ из Тюямуюнского водохранилища невязки РВБ составляют более $330 \text{ м}^3/\text{с}$, а с увеличением до $1800\text{—}2000 \text{ м}^3/\text{с}$ последние оцениваются несколькими десятками кубометров в секунду, и, следовательно, метод РВБ становится некорректным для оценки величины потерь стока.

4. Учет стока на постах в головах крупных каналов необходимо вести при помощи лимниграфов, на что указано еще экспедицией ГГИ 1972 г. С тех пор положение только усугубилось, так как возрос водозабор из-за роста посевных площадей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карасев И. Ф. Речная гидрометрия и учет водных ресурсов. — Л.: Гидрометеиздат, 1980. — 310 с.
2. Карасев И. Ф. Методы и оценка точности гидрометрического учета стока. — Труды ГГИ, вып. 234, 1976, с. 52—71.
3. Мирзаев С. Ш., Бакушева Л. П. Оценка влияния водохозяйственных мероприятий на запасы подземных вод. — Ташкент: Фан, 1979. — 120 с.
4. Шульц В. Л. Реки Средней Азии. — Л.: Гидрометеиздат, 1965. — 691 с.

Ф. Э. РУБИНОВА, С. И. ДОРОНИНА,
О. С. ТАКТАЕВА

ВОДНЫЙ БАЛАНС ОРОШАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ БАССЕЙНА р. КАШКАДАРЬЯ

По источникам орошения бассейн р. Кашкадарья делится на две зоны. Верхняя зона — Кашкадарьинский ирригационный район орошается из р. Кашкадарья и ее притоков, а нижняя — Кар-