

УДК 556.18.004.14

Канд. техн. наук      С.П. Шиварева \*  
Канд. геогр. наук    В.П. Попова \*  
                                 Л.Н. Никифорова \*  
                                 А.О. Домран \*

**РУСЛОВОЙ ВОДНЫЙ БАЛАНС Р. СЫРДАРЬИ ОТ НИЖНЕГО  
БЬЕФА ШАРДАРИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ДО ВПАДЕНИЯ  
В СЕВЕРНОЕ АРАЛЬСКОЕ МОРЕ**

*РУСЛОВОЙ БАЛАНС, РАСХОД ВОДЫ, ПОТЕРИ СТОКА,  
НЕВЯЗКА РУСЛОВОГО ВОДНОГО БАЛАНСА, УЧАСТОК РЕКИ,  
ВРЕМЯ ДОБЕГАНИЯ*

*Приведены результаты расчёта руслового баланса р. Сырдарья за 2009 и 2010 годы в пределах Республики Казахстан по 6 участкам. Время добегания стока от Шардары до границы Южно-Казахстанской и Кызылординской областей (уч. Коктюбе) – 6 суток, от границы Кызылординской области до г. Кызылорда (пгт. Тасбугет) – 6 суток; от г. Кызылорды до г. Казалинска – 7 суток, от Шардары до Казалинска – 19...20 суток. Установлено, что на р. Сырдарье происходит уменьшение стока по длине реки. Наибольшие потери наблюдаются на участке от ж.-д. ст. Тюмень-Арык до г. Казалинска и составляют от 191 до 258 м<sup>3</sup>/с. Наименьшие потери стока выявлены на участке от г. Казалинска до с. Каратерень, их величины изменяются от 23,7 до 70,5 м<sup>3</sup>/с. С увеличением водности потери по длине реки увеличиваются. Максимальные потери стока для всех участков наблюдаются, в основном, в третьем, иногда во втором кварталах.*

Сырдарья – это крупная река большой протяженности, благодаря чему по мере удаления от истоков водный режим её претерпевает существенные изменения. В пределах Республики Казахстан река протекает по равнине, где ее воды разбираются оросительными каналами, многочисленными водозаборами и расходуются на инфильтрацию в почву. Изучаемая территория находится в зоне рассеивания стока, и река здесь стано-

---

\* Казгидромет, г. Алматы

вится транзитной. Кроме того, при выходе из поймы имеются большие потери стока. Особенно велики потери во время прохождения высоких паводковых вод, в результате которых происходит затопление больших площадей приречной низменности, в частности, затапливаются многочисленные пойменные озера и старицы. В связи с этим, при продвижении вниз по реке сток постепенно уменьшается.

В пределах Республики Казахстан до р. Сырдарьи доносит свои воды только р. Арысь с притоками Жебаглысу, Аксу, Боролдай и Бадам. Остальные реки, ввиду значительных потерь и разбора на орошение, большей частью теряются в озерах Шошкаккольской впадины.

Ниже г. Кызылорда русло реки разделяется на множество рукавов и протоков. Наиболее значительная протока Караозек, длиной 168 км, отделяет множество мелких протоков и, затем снова впадает в р. Сырдарью у с. Джусалы. В устьевой области протоки Караозек вода часто застаивается и до р. Сырдарьи не доходит. Река на этом участке пересекает наиболее низменный район, занятый озерами, болотами и тростниковыми зарослями. Здесь наблюдаются наибольшие разливы реки, причем они отмечаются и зимой при ледовых явлениях, таких как: заторы, зажоры, из-за которых вода уходит, по старым каналам, теряясь в степи.

***Русловой водный баланс р. Сырдарьи по участкам.*** Под русловым водным балансом (РВБ) понимается водный баланс участка реки, включающего русло и пойму. Основными элементами руслового водного баланса являются: приток и отток воды по рекам; отвод в оросительные системы и другие формы водопотребления; приток воды в русла по сбросным и дренажным коллекторам; водообмен между поверхностным и грунтовым потоками, а также между поверхностью и атмосферой – осадки, испарение с суши и водной поверхности; накопление и расходование запасов воды – поверхностных и подземных.

Составление русловых водных балансов является одним из методов изучения и количественной оценки водных ресурсов. Русловые водные балансы составляются для однородных по природным условиям и хозяйственному использованию участков рек. Вид уравнения РВБ определяется типом участка реки, для которого производится расчет.

Ранее исследованиями и расчетами годового руслового водного и водохозяйственного балансов р. Сырдарьи занимались в Институте водных проблем АН СССР, в Государственном гидрологическом институте (ГГИ, Санкт-Петербург, Россия) и в Гидрометслужбе Казахской ССР. Специалисты

Института водных проблем пришли к выводу о возможности расчета балансов лишь в первом приближении для отдельных участков. Гидрологи ГГИ провели расчеты за период 1966...1970 гг. с использованием данных об измеренных расходах воды в верхнем и нижнем створах участка реки и величинах водозаборов [1]. За период 1978...1983 гг. характеристики руслового водного баланса были рассчитаны и опубликованы в ежегодных изданиях РГП «Казгидромет», в которых, помимо перечисленных выше данных, использовались рассчитанные объемы осадков и испарения [2].

Вклад испарения с поверхности воды в русле и осадков, в русловом баланс отдельных участков р. Сырдарья не превышает 2 % по отношению к поступлению воды в верхний створ участка. В дальнейшем при оценке РВБ реки эти величины включены в невязку баланса как «потери». Для оценки РВБ были использованы основные характеристики, такие как: расходы воды в верхнем и нижнем створах, боковой приток, водозаборы, при помощи которых можно рассчитать приближенно русловой водный баланс участка реки. Уравнение для расчета руслового водного баланса имеет следующий вид:

$$Q_0 = Q_B + Q_{БП} - Q_{ВЗ} - Q_H, \quad (1)$$

где  $Q_B$  – расход воды в верхнем створе, м<sup>3</sup>/с,  $Q_{БП}$  – боковой приток,  $Q_{ВЗ}$  – водозабор,  $Q_H$  – расход воды в нижнем створе,  $Q_0$  – невязка баланса, м<sup>3</sup>/с.

В данных исследованиях РВБ был рассчитан ежемесячно за 2009 и 2010 гг. Расчёты выполнены для следующих участков:

1. От нижнего бьефа Шардаринского вдхр до уч. Коктюбе;
2. От уч. Коктюбе до ж.-д. ст. Тюмень-Арык;
3. От ж.-д. ст. Тюмень-Арык до раз. Кергельмес;
4. От раз. Кергельмес до пгт Тасбугет (г. Кызылорда);
5. От пгт Тасбугет (г. Кызылорда) до г. Казалинска;
6. От г. Казалинска до с. Каратерень.

Расчет руслового баланса р. Сырдарья в пределах республики Казахстан проводился по данным о среднемесечных расходах воды на гидрологических постах, сведения по которым приведены в табл. 1, а также по данным о водозаборах.

На участке от нижнего бьефа Шардаринского вдхр до уч. Коктюбе р. Сырдарья принимает единственный приток р. Арысь, сбрасывающий остатки воды после ее разбора на орошение. Другие участки бесприточны.

На первом участке сток р. Сырдарьи у нижнего бьефа Шардаринского вдхр. и сток р. Арысь отнесен к приходной части баланса, а суммарный водозабор на участке и сток р. Сырдарья – уч. Коктюбе – к расходной. Далее по течению реки сток вышерасположенного створа составлял приходную часть руслового водного баланса, а сток нижерасположенного створа и суммарные величины водозаборов на участке реки – расходную часть баланса.

Таблица 1

Сведения о гидропостах на р. Сырдарье

Гидропост	Расстояние, км	
	от устья реки	между постами
Нижний бьеф Шардаринского вдхр.	1633	
уч. Коктюбе	1281	352
ж.-д. ст. Тюмень-Арык	996	285
раз. Кергельмес	804	192
пгт. Тасбугет	720	84
г. Казалинск	181	549
с. Каратерень	(50)	(140)

На всем протяжении рассматриваемых участков действует система водоотводящих каналов. Кроме того, существует ряд озерных систем: при высоких уровнях воды в Сырдарье они заполняются, а при спаде водности и понижении уровней воды в реке идет обратный процесс – из озерных систем вода поступает в русло Сырдарьи.

Гидропост Каратерень, расположенный в дельте реки, где русло разбивается на рукава, учитывает не весь сток Сырдарьи. Кроме того, к расходной части баланса отнесены потери воды из русла и поймы, принимаемые условно равными положительным значениям  $Q_0$ , а к приходной – возврат ранее накопленных в русле и пойме запасов воды за расчетный период (отрицательные значения  $Q_0$ ). Невязка баланса включает погрешности измерений отдельных его элементов, неучтенный сброс воды с орошаемых полей в р. Сырдарью, потери речной воды на заполнение русла и поймы (в частности, многочисленных озер и стариц) и возврат аккумулярованных на пойме и в русле запасов воды.

Расчет баланса производился по уравнению (1). Результаты расчета приведены в таблицах (2 а и 2 б).

Таблица 2а

Русловой водный баланс р. Сырдарьи в пределах Республики Казахстан за 2009 г.

Элемент водного баланса	Среднегодовой расход, м <sup>3</sup> /с	Годовой объем, км <sup>3</sup>
Сток в верхнем створе	470	14,82
Боковой приток	21,6	0,68
Водозаборы	179,6	5,66
Потери воды	149,5	4,71
Сток в нижнем створе	163	5,13

Таблица 2б

Русловой водный баланс р. Сырдарьи в пределах Республики Казахстан за 2010 г.

Элемент водного баланса	Среднегодовой расход, м <sup>3</sup> /с	Годовой объем, км <sup>3</sup>
Сток в верхнем створе	845	26,67
Боковой приток	37,8	1,19
Водозаборы	197	6,22
Потери воды	402	12,69
Сток в нижнем створе	285	8,99

Невязки баланса за отдельные месяцы имеют, как правило, положительный знак, но в отдельные месяцы они бывают отрицательными. Это объясняется тем, что применительно к коротким интервалам времени значения  $Q_0$  в большей степени отражают регулирование стока руслом и поймой. На подъемах паводков, когда происходит заполнение русла и поймы, величины  $Q_0$  положительные (т.е. в створе уч. Коктюбе сток меньше, чем в створе нижний бьеф Шардаринского вдхр с учетом притока по р. Арысь), а на спадах паводков, когда происходит сработка ранее накопленных в русле и пойме запасов воды – отрицательные.

Потери, связанные с трансформацией стока в русле и пойме реки, в значительной мере являются возвратными, если рассматривать не короткий интервал времени, а большой период, в течение которого задержанная на участке вода может стечь через нижний замыкающий створ. Наряду с такого рода потерями, на рассматриваемом участке имеются и безвозвратные потери воды на заполнение многочисленных пойменных озер и стариц, не сообщающихся с рекой, инфильтрацию в почву в пойме и испарение.

По данным И.М. Мальковского [3], после перехода Токтогульского водохранилища на энергетический режим аккумуляция воды в озерных

системах Сырдарьи происходит в осенне-зимний период (август-февраль). Интенсивная сработка озерных систем происходит в апреле-июле. Максимальный годовой уровень воды в озерах отмечен в марте, минимальный – в августе-сентябре. Это подтверждается данными табл. 3: невязка месячного руслового водного баланса в 2009 г. на участке Казалинск – Каратерень в периоды январь-февраль и ноябрь-декабрь имеет положительный знак (аккумуляция в озерных системах), с апреля по октябрь – отрицательный (отдача из озерных систем).

Таблица 3

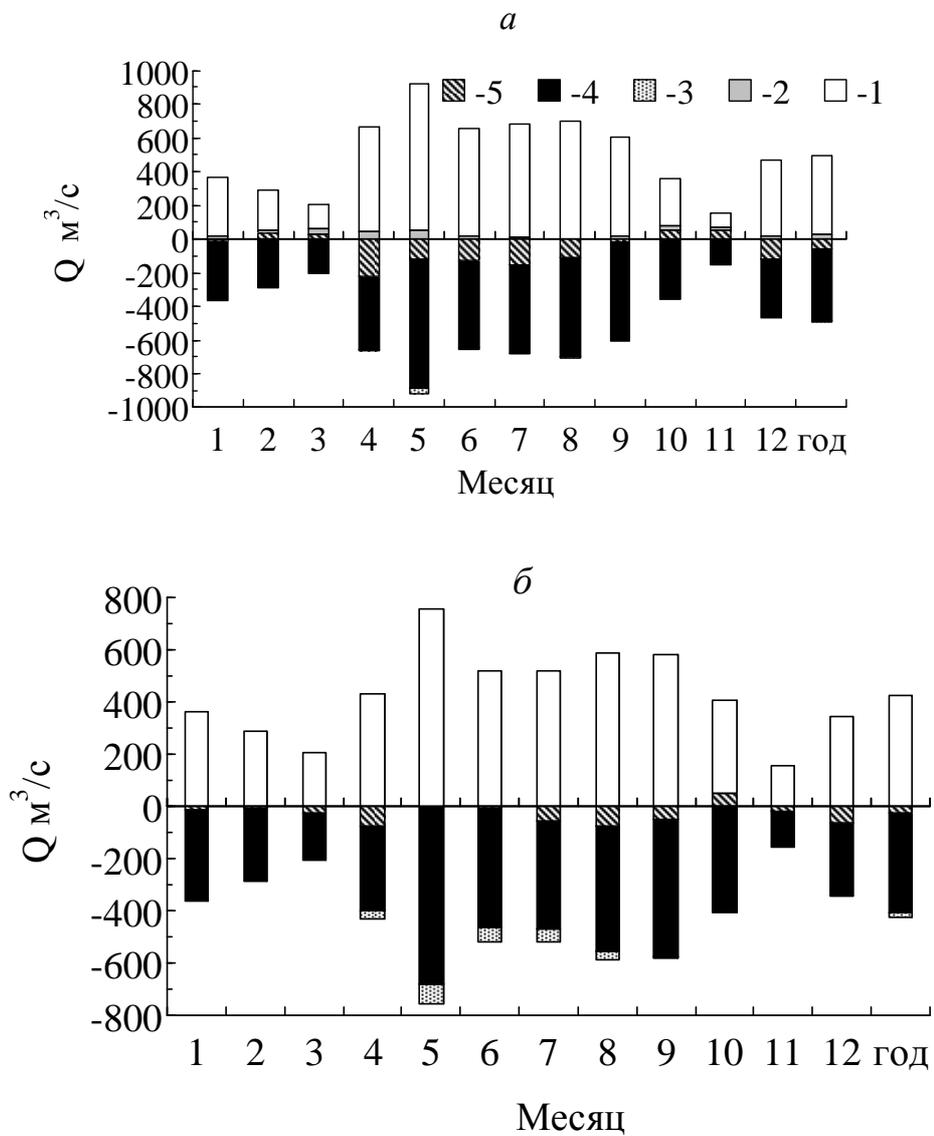
Русловой водный баланс р. Сырдарьи в дельте за 2009 и 2010 годы

Месяц	2009 г.				2010 г.			
	Казалинск, м <sup>3</sup> /с	Каратерень м <sup>3</sup> /с	Потери		Казалинск, м <sup>3</sup> /с	Каратерень м <sup>3</sup> /с	Потери	
			м <sup>3</sup> /с	млн. м <sup>3</sup>			м <sup>3</sup> /с	млн. м <sup>3</sup>
1	266	156	110	294,6	297	196	101	270,5
2	295	199	96	232,2	292	241	51	123,4
3	197	197	0	0,0	391	300	91	243,7
4	113	131	-18	-46,7	311	335	-24	-62,2
5	107	160	-53	-142,0	302	301	1	2,7
6	78,6	113	-34,4	-89,2	326	281	45	116,6
7	46,8	59	-12,2	-32,7	313	307	6	16,1
8	49,2	95,9	-46,7	-125,1	235	198	37	99,1
9	277	326	-49	-127,0	271	267	4	10,4
10	282	294	-12	-32,1	397	306	91	243,7
11	127	114	13	33,7	444	319	125	324,0
12	117	106	11	29,5	427	365	62	166,1
Год	163	163		-4,7	333,8	284,7		1554,1

В 2009 году суммарные потери в дельте за 6 осенне-зимних месяцев (январь-март и октябрь-декабрь) равны 557,9 млн. м<sup>3</sup>. За 6 весенне-летних месяцев (апрель-сентябрь) потери равны минус 562,5 млн. м<sup>3</sup>. 2010 год был более многоводным, чем 2009 г., и, за счет повышенного стока в вершине дельты, обводнение озерных систем происходило и в летние месяцы. Суммарные потери за 6 осенне-зимних месяцев (январь-март и октябрь-декабрь) равны 1371,4 млн. м<sup>3</sup>. За 6 весенне-летних месяцев (апрель-сентябрь) потери равны 182,6 млн. м<sup>3</sup>. За год водопотребление дельты составило 1,6 км<sup>3</sup>.

Невязка месячного руслового водного баланса в 2009 г. составила в среднем по всем участкам 24,1 м<sup>3</sup>/с или 5,5 % от расхода воды в верхнем

створе, а в 2010 г. соответственно 66,9 м<sup>3</sup>/с или 11,5 %, т.е. невязка зависит от водности года. На рис. 1 и 2 приведены русловые водные балансы р. Сырдарьи по 6 участкам ежемесячно за 2009 и 2010 гг. При расчете баланса по участкам к приходной (положительной части) отнесен сток верхнего створа, боковая приточность и дополнительное поступление воды с полей, к расходной – водозабор и потери воды на участке.



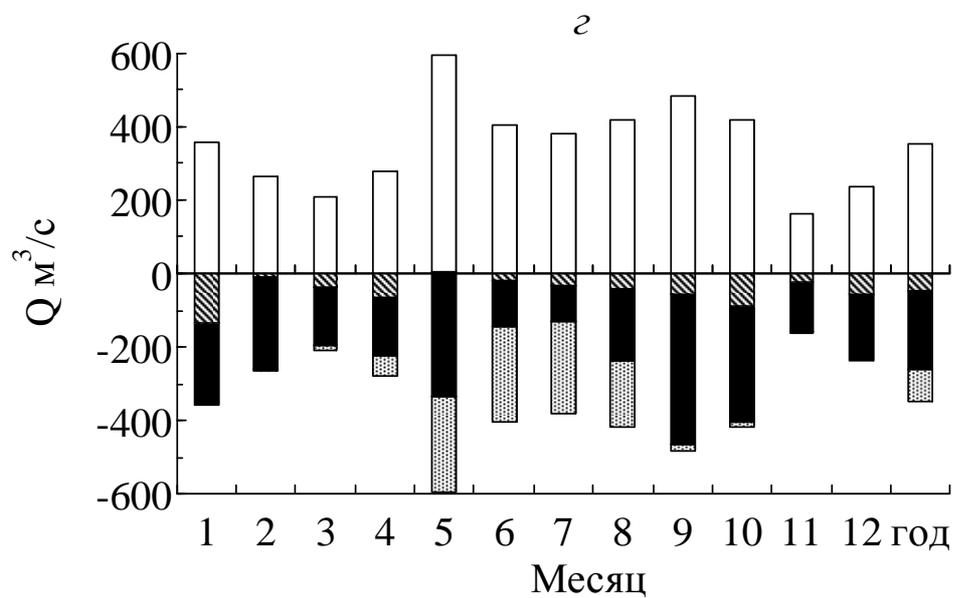
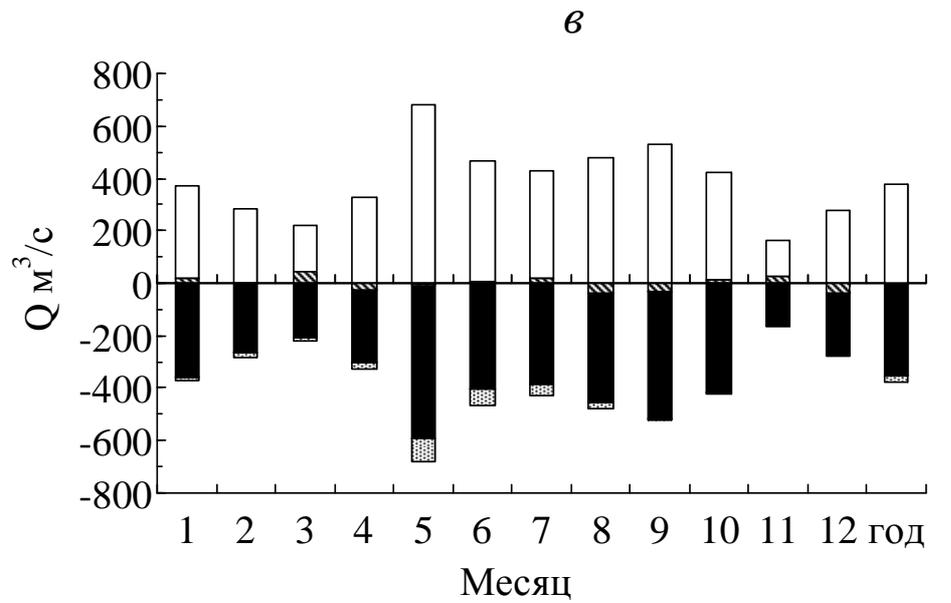
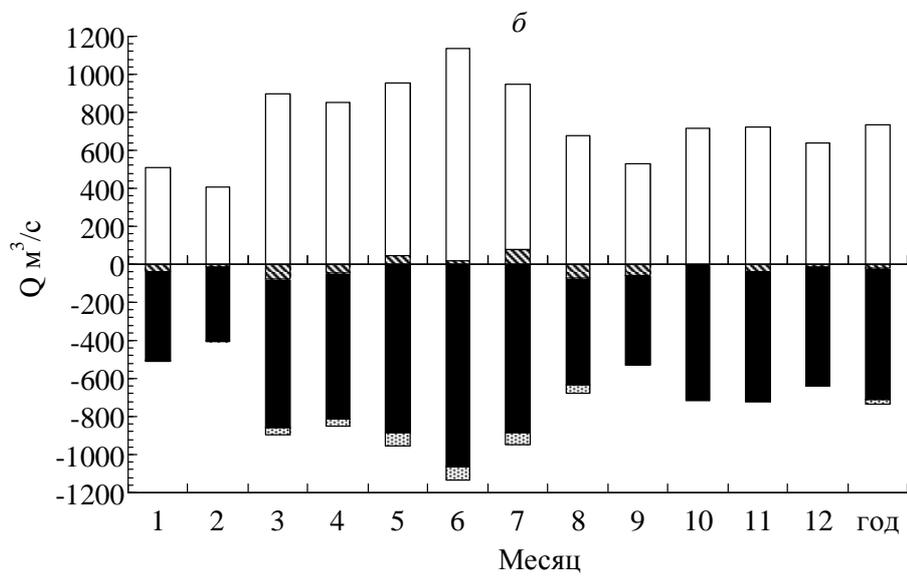
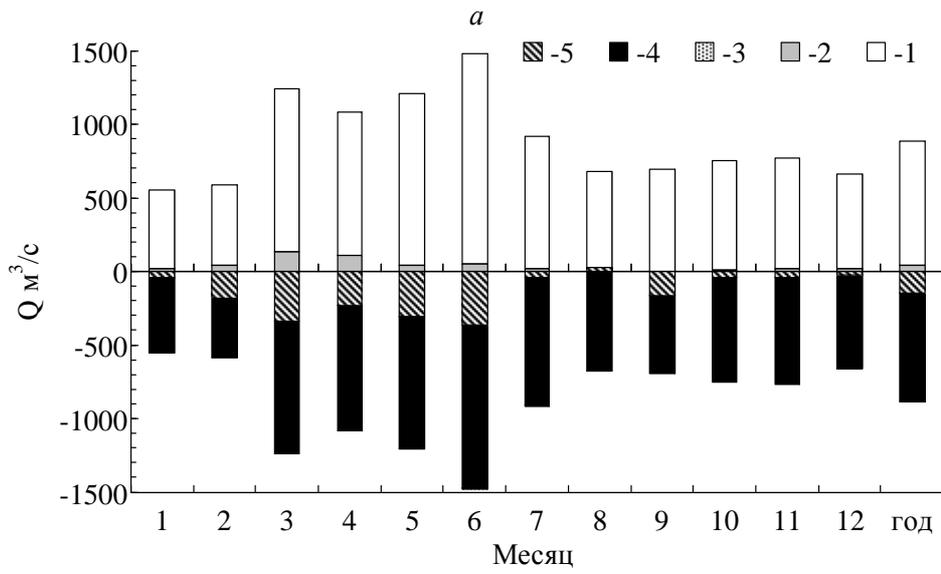


Рис. 1. Русловой водный баланс р. Сырдарья по участкам за 2009 г.  
 а – участок от нижнего бьефа Шардарьинского вдхр. до уч. Коктюбе;  
 б – от уч. Коктюбе до ж.-д. ст. Тюмень-Арык; в – от ж.-д. ст. Тюмень-Арык до раз. Кергельмес; г – от раз. Кергельмес до пгт. Тасбугет.  
 1 – сток в верхнем створе, 2 – боковой приток, 3 – водозабор, 4 – сток в нижнем створе, 5 – потери или дополнительное поступление.



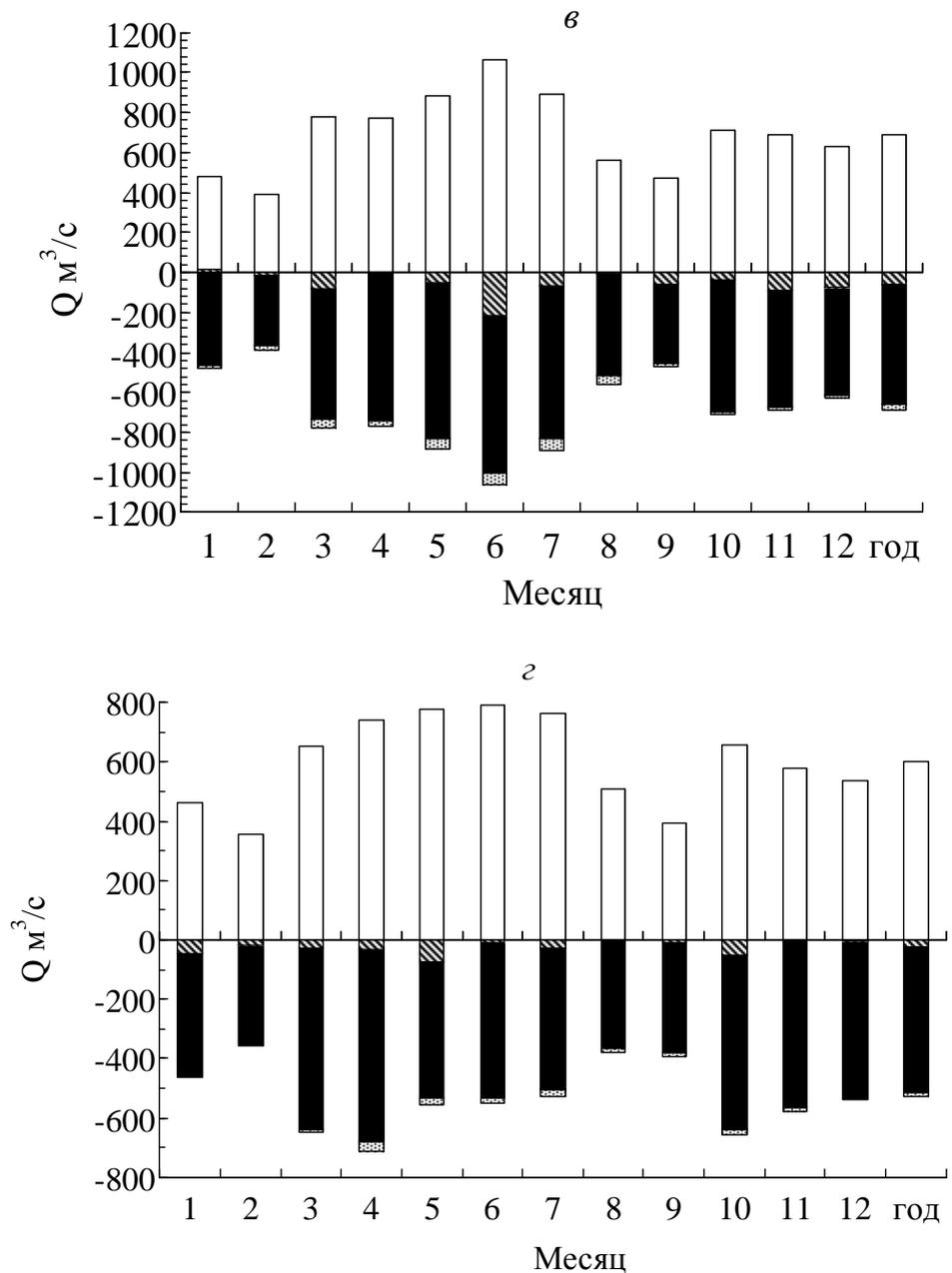


Рис. 2. Русловой водный баланс р. Сырдарья по участкам за 2010 г.  
 а – участок от нижнего бьефа Шардарьинского вдхр. до уч. Коктюбе;  
 б – от уч. Коктюбе до ж.-д. ст. Тюмень-Арык; в – от ж.-д. ст. Тюмень-Арык до раз. Кергельмес; г – от раз. Кергельмес до пгт. Тасбугет.  
 1 – сток в верхнем створе, 2 – боковой приток, 3 – водозабор, 4 – сток в нижнем створе, 5 – потери или дополнительное поступление.

Таким образом, при сопоставлении величин потерь с величинами поступления воды в верхней части реки, можно сделать вывод, что с увеличением поступления воды в верхней части реки, потери на транзитном участке в пределах Республики Казахстан увеличиваются.

Если сравнить потери воды р. Сырдарьи на отдельных участках, то очевидно, что наибольшие потери происходят в Южно-Казахстанской области (ЮКО), т.е. на участке от Шардаринского водохранилища до уч. Коктобе. В 2009 г. из суммарных потерь по всей длине (4,71 км<sup>3</sup>) на долю ЮКО приходится 2,6 км<sup>3</sup>. В 2010 г. из суммарных потерь (12,7 км<sup>3</sup>) на долю ЮКО приходится 4,6 км<sup>3</sup> воды. Частично потери 2010 г. на этом участке объясняются заполнением Коксарайского контррегулятора.

Для оценки времени распространения волны пониженных (повышенных) попусков из Шардаринского водохранилища вниз по руслу р. Сырдарьи необходимо выбрать период с резким изменением режима работы Шардаринской ГЭС. В расчетах использован период с октября по декабрь 2009 г., когда в связи со строительством Коксарайского контррегулятора сбросы воды из Шардаринского водохранилища были сначала сокращены с 850 до 150 м<sup>3</sup>/с, а затем вновь увеличены до 600...650 м<sup>3</sup>/с.

На рис. 3 приведены расходы воды р. Сырдарье в различных створах.

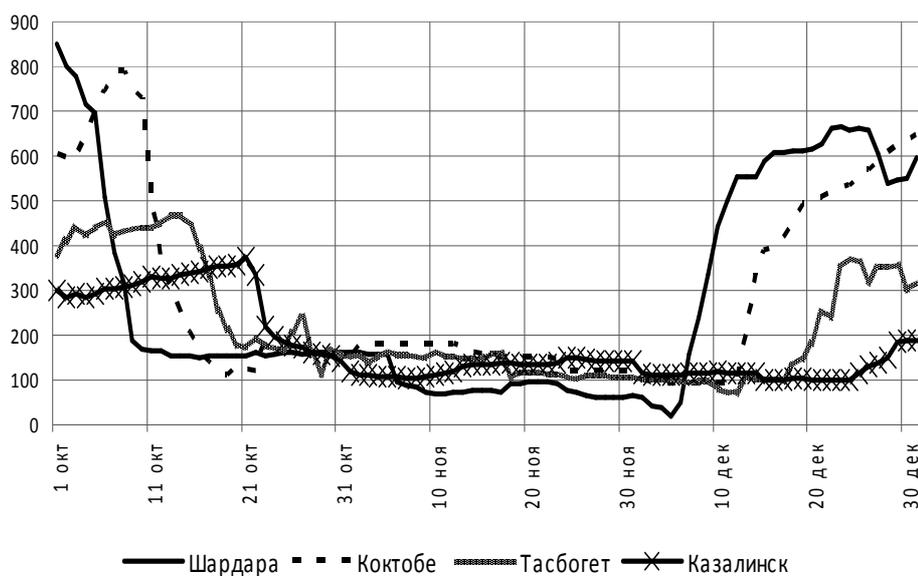


Рис. 3. Гидрограф стока р. Сырдарьи в различных гидростворах за октябрь – декабрь 2009 г.

Анализируя рис. 3 видим, что время добега составляет: от Шардары до границы Южно-Казахстанской и Кызылординской областей

(уч. Коктюбе) – 6 суток, от границы Кызылординской области до г. Кызылорда (пгт. Тасбугет) – 6 суток; от г. Кызылорды до г. Казалинска – 7 суток. От Шардары до Казалинска – 19...20 суток.

Можно сделать вывод, что на территории Южно-Казахстанской области существуют неучтенные водозаборы объемом 2...3 км<sup>3</sup> в год.

Коксарайский контррегулятор был построен для регулирования стока р. Сырдарьи на территории Казахстана; в 2010 г. он был сдан в эксплуатацию. Контррегулятор позволяет аккумулировать часть стока Сырдарьи зимой и возвращать его в русло в период вегетации.

В период с 10 февраля по 30 марта 2010 г. осуществлялось наполнение Коксарайского контррегулятора. Величина заборов воды из р. Сырдарьи в контррегулятор была в пределах 100...200 м<sup>3</sup>/с, суммарный объем воды составил 0,9 км<sup>3</sup>.

Влияние Коксарайского контррегулятора на русловой водный баланс р. Сырдарьи еще не изучено. В 2009 г. в период февраль-март потерь стока в пределах ЮКО не было. В 2010 г. суммарные потери на этом участке в период наполнения контррегулятора составили 1,35 км<sup>3</sup>. Из них 0,9 км<sup>3</sup> пошло на заполнение контррегулятора. В дальнейшем сбросы воды из контррегулятора в русло р. Сырдарьи на водном балансе этого участка не отразились, т.е. не наблюдалось превышения стока на посту Коктюбе относительно стока на гидropосту Шардара. Но, поскольку 2010 г. – первый год эксплуатации Коксарайского контррегулятора (к тому же этот год не характерный, а экстремально многоводный), делать какие-либо выводы рано.

Для того чтобы оценить влияние Коксарайского контррегулятора на русловой водный баланс р. Сырдарьи, необходимы сведения о его работе в течение еще нескольких лет.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследования ресурсов поверхностных вод и элементов водного баланса в районах орошаемого земледелия Южного Казахстана: Отчет о НИР/ГГИ ГУГМС СМ СССР. – Л.: 1972 – С. 734-809.
2. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши с 2000 по 2009 гг. – Ч. 1. – Вып. 5. Бассейн р. Сырдарьи. – Алматы. – 2001...2010 гг.
3. Мальковский И.М. Географические основы водообеспечения природно-хозяйственных систем Казахстана. – Алматы. 2008. – 203 с.

Поступила 29.03.2012

Техн. ғылым.канд. С.П. Шиварева  
Геогр. ғылым.канд. В.П. Попова  
Л.Н. Никифорова  
А.О. Домран

## **ШАРДАРА СУ ҚОЙМАСЫНЫҢ ТӨМЕНГІ БЬЕФІНЕН БАСТАП СОЛТҮСТІК АРАЛ ТЕНІЗІНЕ ДЕЙІНГІ СЫРДАРЬЯ ӨЗЕНІНІҢ АРНАЛЫҚ СУ БАЛАНСЫ**

*Сырдарья өзенінің Қазақстан Республикасы аумағындағы 6 участка бойынша 2009 және 2010 жылдар арналық балансын есептеу нәтижелері келтірілген. Ағынның жету уақыты Оңтүстік Қазақстандағы мен Шардарадан Қызылорда облысының шекарасына дейін (Көктөбе уч.) – 6 тәулік, Қызылорда облысы шекарасынан Қызылорда қаласына дейін (Тасбөгет пгт.)-6 тәулік, Қызылорда қаласынан Қазалы қаласына дейін – 7 тәулік, Шардарадан Қазалыға дейін – 19...20 тәулік. Сырдарья өзенінде өзен ұзындығымен ағынның азаюы байқалатыны дәлелденген. Шығынның көбі Төмен-Арық темір жол станцасынан Қазалы қаласына дейінгі учаскеде 191-ден 258 м<sup>3</sup>/с құрайды. Ағынның аз шығындалатын учаскесі Казалы қаласынан Қаратерен ауылына дейін 23,7-ден 70,5 м<sup>3</sup>/с құрайды. Сулылықтың көбейуімен өзен ұзындығы бойынша шығынның артуы да байқалады. Барлық учаскелер үшін максималды ағын шығыны үшінші, кейде екінші тоқсанда байқалады.*