



Оценка водных ресурсов и руслового баланса р. Сырдарьи в пределах Республики Казахстан

**Проект «Региональная информационная база
водного сектора Центральной Азии» 'CAREWIB'**

**Оценка водных ресурсов
и руслового баланса р. Сырдарья
в пределах Республики Казахстан**

Ташкент - Алматы 2011

Подготовлено к печати Научно-информационным центром МКВК

**Издается при финансовой поддержке
Швейцарского управления по развитию и сотрудничеству**

**Данная публикация никак не отражает точку зрения
Правительства Швейцарии**

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Средний многолетний сток и водные ресурсы реки Сырдарья,.....	5
формирующиеся в пределах Республики Казахстан	5
1.1 Общая гидрографическая характеристика региона	5
1.2 Средний многолетний сток	5
1.3 Ресурсы поверхностных вод	11
2 Руслевой водный баланс р. Сырдарья от нижнего бьефа Шардаринского водохранилища до впадения в Северное Аральское море.....	13
2.1 Руслевой водный баланс р. Сырдарья по участкам	14
2.2 Расчет времени добегания на р. Сырдарья от Шардаринского водохранилища до г. Казалинск	24
3 Изменение годового стока по длине р. Сырдарья.....	25
Заключение	38
Список использованных источников	40
Список исполнителей	41
Приложение А. Перечень сокращений	42
Приложение Б. Расчет руслового водного баланса	43
Приложение В. Ежедневные расходы воды р. Сырдарья	49

Введение

Река Сырдарья является основным источником питания Северного Аральского моря. Бассейн реки Сырдарья расположен на территории 4-х государств: Кыргызстана, Узбекистана, Таджикистана и Казахстана. Водные ресурсы р. Сырдарьи формируются, в основном, за пределами Казахстана: свыше 74 % приходится на Кыргызстан (р. Нарын); около 14 % - на Узбекистан, около 3 % - на Таджикистан; на долю Казахстана приходится 9 % (реки Арысь и Келес). Под водными ресурсами р.Сырдарья принят сток рек её бассейна в зоне его формирования. Оказалось, что за период устойчивого водопотребления по сравнению с периодом условно-естественного режима произошло уменьшение стока всего на 30 %. Однако в результате его интенсивного использования наблюдается явный дефицит воды в нижней части бассейна, что привело к ещё большему сокращению площади Северного Аральского моря.

Цель исследований – изучение гидрологического режима р. Сырдарья в пределах Республики Казахстан и расчёт руслового баланса по длине реки. Для чего необходимо было решить следующие задачи:

- оценить многолетние водные ресурсы р. Сырдарья, формирующиеся в пределах Республики Казахстана;
- рассчитать русловой водный баланс участка рек от границы с Узбекис-таном до впадения в Северное Аральское море;
- определить изменения стока реки Сырдарьи от Шардаринского водохранилища до впадения в Малый Арал.

В качестве исходных данных были использованы многолетние ряды дан-ных наблюдений, имеющих в НГМС региона, а также данные Комитета по водным ресурсам РК о водозаборах.

1 Средний многолетний сток и водные ресурсы реки Сырдарья, формирующиеся в пределах Республики Казахстан

1.1 Общая гидрографическая характеристика региона

Речная система реки Сырдарья складывается из многих водотоков. Основными реками, впадающими в реку Сырдарья в пределах Республики Казахстан, являются Арысь, Келес и Бугунь. Каждая из этих рек, в свою очередь, имеет развитую речную систему с крупными и мелкими притоками. Река Арысь берет начало из родников хребтов Таласский Алатау и Каратау. Она имеет длину 378 км и площадь водосбора 14900 км². Основные притоки: реки Бадам, Аксу, Боралдай, Жабуглысу. Река Келес берет свое начало из родников на склонах гор Каржантау и Казыгурт. Питание реки снеговое, грунтовое, дождевое. Она имеет длину 241 км, а площадь водосбора 3310 км². Река Бугунь образуется при слиянии рек Каттабугунь и Балабугунь и, не доходя до реки Сырдарья, впадает в небольшое озеро Кумколь. Питание реки снеговое и грунтовое. Ее длина составляет 164 км, а площадь водосбора 4680 км². Основные притоки: реки Шаян, Сасык. В средней части реки Бугунь построено Бугуньское водохранилище [1].

1.2 Средний многолетний сток

Первое представление о величине и распределении среднего годового стока рек бассейна реки Сырдарья, расположенных в пределах Республики Казахстан, приведено в монографии «Ресурсы Поверхностных Вод» том 14, выпуск 1 [1]. В ней были обобщены данные наблюдений о стоке в бассейнах рек Келес, Арысь, Бугунь и других мелких водотоков до 1962 года. Также, некоторые уточненные сведения по ресурсам указанных рек были приведены в монографии «Водные ресурсы и водный баланс территории Советского Союза» [2].

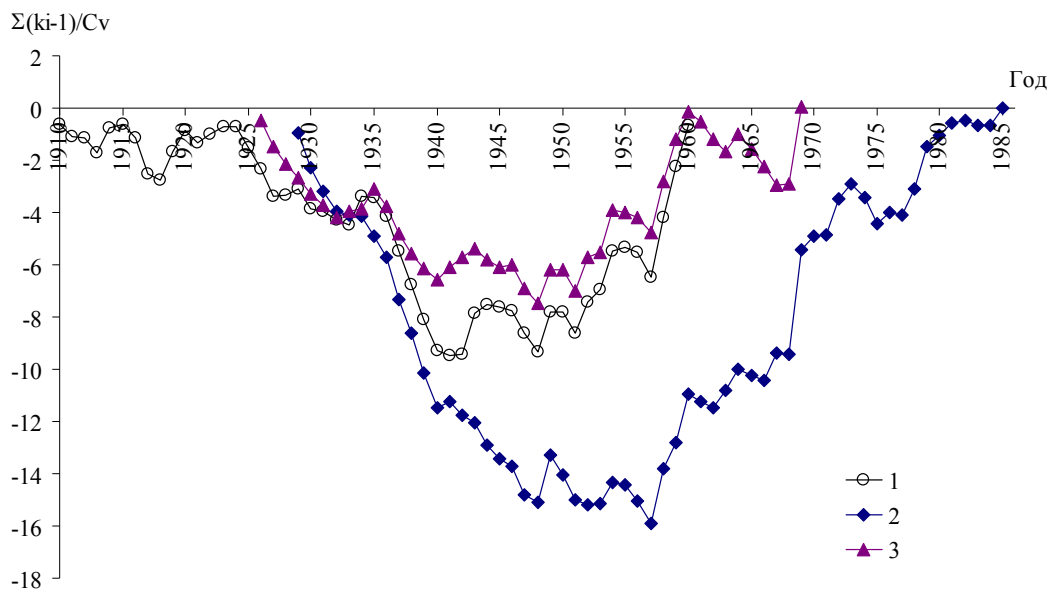
В настоящее время возникла необходимость уточнения полученных ранее характеристик о среднем годовом стоке рассматриваемых рек, с использованием данных гидрометрических наблюдений до 2008 года. Уточнение характеристик среднего многолетнего стока производилось путем использования более длительных наблюдений за величинами условно-естественного стока рассматриваемых рек.

В верхней части бассейна реки Сырдарья наблюдения за стоком начались во второй половине 19-го века, а в бассейнах рассматриваемых рек эти наблюдения начались значительно позже, только в первой половине 20-го века. Наблюдения за стоком реки Арысь начались в 1910 году, за стоком реки Келес – с 1929 года, а за стоком реки Бугунь – с 1926 года.

Начиная с 60-х годов 20-го века уровень использования водных ресурсов начал значительно увеличиваться в связи с освоением новых орошаемых сельскохозяйственных территорий.

Сток рек, измеренный до начала указанного периода, можно считать условно-естественным. Анализ данных наблюдений показал, что в бассейне реки Арысь условно-естественным можно считать сток, измеренный до начала 60-х годов, в бассейне реки Бугунь – до начала 70-х годов, а в бассейне реки Келес – до начала второй половины 80-х годов 20-го века.

На рисунке (1.1) показаны совмещенные разностные интегральные кривые стока рек Арысь – ж.-д.ст.Арысь, Келес – п. Горный и Бугунь – п. Красный Мост.



1 – р. Арысь – ж.-д.ст.Арысь, 2 – р. Келес – п. Горный, 3 – р. Бугунь – п. Красный Мост

Рис. 1.1 – Совмещенные разностные интегральные кривые рек Арысь, Келес, Бугунь

На этом графике, отражающем изменение стока указанных рек, видно, что по реке Арысь условно-естественный сток может быть принят за период 1910-1960 гг., по реке Бугунь - с 1926 по 1969 гг., а по реке Келес – с 1929 по 1985 гг. Средний многолетний сток, за указанные периоды, может быть использован в качестве оценки возобновляемых ресурсов поверхностных вод рассматриваемого района.

Анализ данных наблюдений за стоком рек Южного и Юго-Восточного Казахстана показал, что, начиная со второй половины 80-х годов 20-го века, сток рек начал существенно меняться под влиянием естественных и антропогенных изменений климата. На рисунке (1.2) приведена разностная интегральная кривая реки Келес – п. Горный. На приведенной интегральной кривой видно, что, начиная со второй половины 80-х годов 20-го века, сток существенно увеличивается. Аналогичное увеличение стока наблюдается и на реках Юго-Восточного Казахстана.

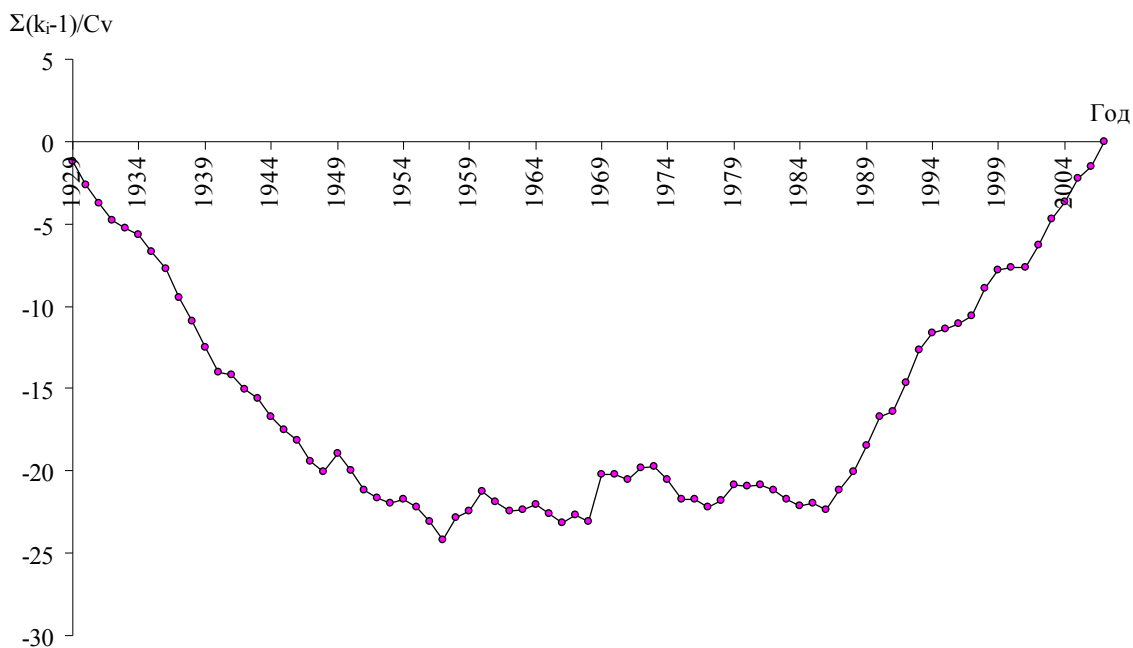


Рис. 1.2 – Разностная интегральная кривая р. Келес – п. Горный за 1929-2007 гг.

Из общего количества 76 пунктов, расположенных в пределах рассматриваемых речных бассейнов, для приведения нормы стока использовано 59 постов.

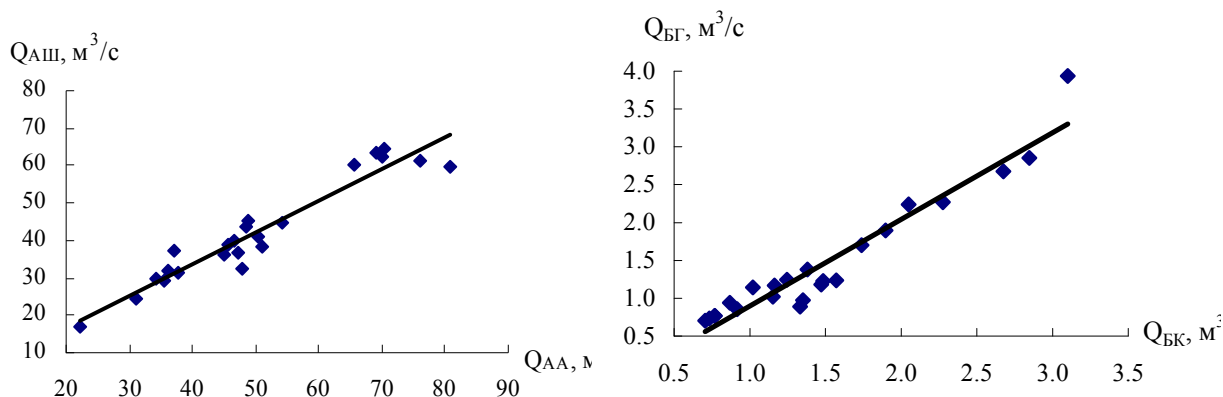
Основные трудности при определении среднего многолетнего стока в рассматриваемых створах заключались в кратковременности, прерывистости наблюдений за стоком и искажении водного режима рек под влиянием заборов воды.

Как известно, для расчета нормы годового стока необходимо выбрать длительный ряд наблюдений за стоком, который включает в себя равное число циклов маловодных и многоводных лет. Для приведения к норме стока реки Келес в качестве расчетного был использован период с 1929 г. по 1985 г., для реки Бугунь с 1926 г. по 1969 г., а для реки Арысь с 1916 г. по 1960 г. Использование данных наблюдений за более поздние годы, за пределами указанных периодов, оказалось нецелесообразным в связи с искажением данных наблюдений вследствие заборов воды. Ярким примером увеличения использования стока в рассматриваемых бассейнах является образование Арысь-Туркестанской оросительной системы. Эта система расположена на территории Бугуньского и Туркестанского районов Южно-Казахстанской области и бассейна р. Арысь. Забор воды осуществляется в 2 км от пос. Караспан. Арысь-Туркестанская оросительная система действует с 1967 г., состоит из магистральных каналов (Арысского, с максимальным расходом воды $45 \text{ м}^3/\text{с}$, протяженностью 60 км; Туркестанского, с максимальным расходом $45 \text{ м}^3/\text{с}$, протяженностью 142 км) и Бугуньского водохранилища емкостью 370 млн. м^3 . Из Бугуньского водохранилища забирается в среднем около $11,5 \text{ м}^3/\text{с}$. Общая протяженность оросительной и водосборно-сбросной сети 1527,5 км, из них с бетонным покрытием 134,5 км (1984 г.). Имеется 5706 регулирующих гидросооружений. Для понижения уровня грунтовых вод действуют 377 скважин вертикального дренажа и коллекторно-дренажная сеть общей протяженностью 1048,4 км. Обеспечивается подача воды на орошение посевов сельскохозяйственных культур (ведущая – хлопчатник) на площади 57 032 га.

Кроме того, со второй половины 80-х годов сток подвергся искажению под влиянием изменений климата.

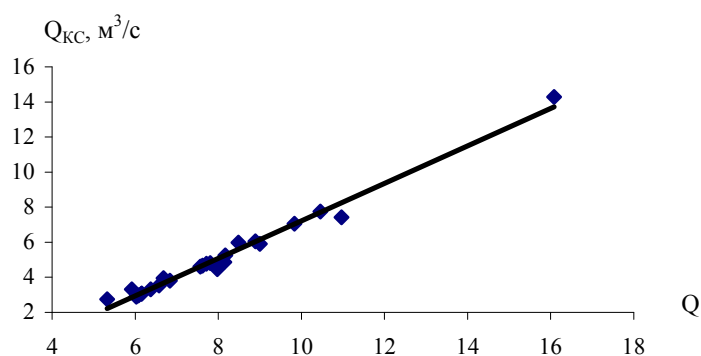
Основным опорным пунктом для приведения среднего многолетнего стока в бассейне реки Келес приняты данные стока реки Келес у поселка Горный за 1929-1985 гг. Для реки Арысь в качестве опорных пунктов по приведению

среднего многолетнего стока в этом бассейне были приняты данные по реке Арысь в створах ж.-д.ст. Арысь и с. Шаульдер за 1916-1960 гг. По реке Бугунь в створе р. Бугунь – с. Красный Мост и р. Арыстанды – сов. Алгабас №329. Для восстановления отдельных среднегодовых расходов воды использовались уравнения зависимости стока восстанавливаемых рек с реками-аналогами. На рисунке 1.3 (а, б, в) в качестве примера приведены такие связи в бассейнах рек Келес, Арысь и Бугунь.



а) р. Арысь-с. Шаульдер ($Q_{АШ}, \text{m}^3/\text{c}$) и р. Арысь - ж.-д.ст.Арысь ($Q_{АА}, \text{m}^3/\text{c}$)

б) р. Балабугунь – с. Глинково ($Q_{БГ}, \text{m}^3/\text{c}$) от стока р. Балабугунь – с. Китаевка ($Q_{БК}, \text{m}^3/\text{c}$) за 1941-43, 1946, 1948-53, 1955, 1958-68, 1970 гг.



в) р. Келес – с. Степное ($Q_{КС}, \text{m}^3/\text{c}$) от стока р. Келес – пос. Горный ($Q_{КГ}, \text{m}^3/\text{c}$) за 1959-66, 1969-74, 1976-85 гг.

Рисунок 1.3 – Зависимости, использованные для восстановления годового стока рек

При восстановлении расходов воды использовались зависимости с коэффициентом корреляции более 0,85. Коэффициенты вариации и коэффициенты асимметрии определялась по методу Алексева, путем построения связей равнообеспеченных расходов воды восстанавливаемых значений со значениями стока рек – аналогов. Эти коэффициенты определялись по пяти опорным ординатам: 5 %, 10 %, 50 %, 90 % 95 % обеспеченности.

Для оценки среднего многолетнего стока в бассейнах рек Келес, Арысь и Бугунь, впадающих в реку Сырдарья в пределах Республики Казахстан, были использованы данные, о стоке воды, приведенные в справочниках «Основные гидрологические характеристики» и в гидрологических ежегодниках [3–7].

Для рек бассейна Келес, Арысь и Бугунь и их основных притоков соотношение C_v к C_s в большинстве случаев не превышает 2,5.

Среднестатистические характеристики и расходы воды различной обеспеченности основных опорных пунктов рассматриваемых бассейнов приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Статистические характеристики стока и расходы воды различной обеспеченности основных пунктов рассматриваемого региона

Река - Пост	C_v	C_s	Q, м ³ /с	Расходы воды различной обеспеченности, м ³ /с						
				5 %	10 %	25 %	50 %	75 %	90 %	95 %
р. Арысь – ж.-д. ст. Арысь	0,3	0,75	47,9	74,2	67,2	59,1	46,2	37,6	30,9	27,8
р. Арысь - с. Шаульдер	0,3	0,75	40,4	62,6	56,6	47,4	39,0	31,7	26,1	23,4
р. Келес – п. Горный	0,58	1,89	10,0	21,5	17,6	12,3	8,33	5,82	4,65	4,29
р. Бугунь – п. Красный Мост	0,82	2,05	3,85	10,2	7,94	5,05	2,86	1,62	1,06	0,91

1.3 Ресурсы поверхностных вод

Правильная оценка ресурсов поверхностных вод имеет первостепенное значение, так как водопотребление покрывается в основном за счет поверхностного стока и в значительно меньшей степени за счет подземных вод. Ресурсы поверхностных вод Арало-Сырдарьинского бассейна складываются из ресурсов, поступающих по р. Сырдарья с сопредельной территории Республики Узбекистан и ресурсов, формирующихся непосредственно на территории РК.

Водные ресурсы определяются в основном стоком постоянно действующих рек.

Ресурсы поверхностных вод для бассейнов рек Келес, Арысь и Бугунь приведены в таблице 1.2, а их суммарные ресурсы в таблице 1.3.

Таблица 1.2

Ресурсы поверхностных вод рек Арысь, Келес и Бугунь и др.

Cv	Cs	W*	Расходы воды различной обеспеченности*						
			5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
бассейн р. Арысь									
0,3	0,75	$\frac{1,51}{47,9}$	$\frac{2,34}{74,1}$	$\frac{2,12}{67,2}$	$\frac{1,87}{59,3}$	$\frac{1,46}{46,3}$	$\frac{1,19}{37,7}$	$\frac{0,98}{31,1}$	$\frac{0,88}{27,9}$
Бассейн р. Келес									
0,58	1,89	$\frac{0,32}{10,1}$	$\frac{0,68}{21,6}$	$\frac{0,56}{17,7}$	$\frac{0,39}{12,4}$	$\frac{0,26}{8,24}$	$\frac{0,18}{5,70}$	$\frac{0,15}{4,75}$	$\frac{0,14}{4,44}$
Бассейны р. Бугунь и рек Шаян, Арыстанды, Икан-су, Коккия, Кантаг-Карачик, Ирмак, Узень									
0,54	1,89	$\frac{0,31}{9,82}$	$\frac{0,65}{20,6}$	$\frac{0,54}{17,1}$	$\frac{0,38}{12,0}$	$\frac{0,26}{8,24}$	$\frac{0,19}{6,02}$	$\frac{0,16}{5,07}$	$\frac{0,15}{4,75}$

* - в числителе приведены данные в км³, а в знаменателе в м³/с

Таблица 1.3

**Суммарные водные ресурсы бассейна р. Сырдарья, формирующиеся
в пределах Республики Казахстан**

Cv	Cs	W*	Расходы воды различной обеспеченности*						
			5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%
0,37	1,3	$\frac{2,14}{67,8}$	$\frac{3,66}{116}$	$\frac{3,19}{101}$	$\frac{2,54}{80,5}$	$\frac{1,97}{62,4}$	$\frac{1,55}{49,1}$	$\frac{1,30}{41,2}$	$\frac{1,19}{37,7}$

* - в числителе приведены данные в км³, а в знаменателе в м³/с

Приведенные в таблице 1.2 данные показывают, что водные ресурсы реки Арысь составляют 1,51 км³, реки Келес 0,32 км³, а суммарные водные ресурсы реки Бугунь, Чаян, Арыстанды, Икан-су, Коккия, Кантаг-Карачик, Ирмак, Узень 0,31 км³.

В таблице 1.3 приведены суммарные ресурсы поверхностных вод рассматриваемого региона. Они составляют в среднем 2,14 км³.

Водные ресурсы реки Арысь не полностью поступают в реку Сырдарья. Это происходит из-за увеличения потерь воды р. Арысь на участке от ж.-д.ст. Арысь до с. Шаульдер, которые в естественных условиях в среднем составляют 0,23 км³.

С середины 80-х годов прошлого века возобновляемые ресурсы поверхностных вод в рассматриваемых речных бассейнах начали изменяться в связи с происходящими и предстоящими изменениями глобального и регионального климата.

В таблице 1.4 приведены годовые ресурсы р. Сырдарья, формирующиеся в пределах Республики Казахстан, приток из Республики Узбекистан и общие водные ресурсы бассейна за период 2008-2010 гг.

За этот период наблюдалась различная водность, 2008 г. был маловодным, его ресурсы составляли 14,1 км³, а вероятность превышения - 67 %. Водность 2009 г. была средней, его ресурсы - 16,7 км³, а вероятность превышения - 49,8 %. В 2010 г. водность года составила 28,9 км³ с высокой вероятностью превышения 6,3 %.

Таблица 1.4

Ежегодные водные ресурсы р. Сырдарья, км³

Многолетние характеристики водных ресурсов		Годовые водные ресурсы						
среднее	при вероятности превышения		2008		2009		2010	
	5%	95%	значение	вероятность превышения, %	значение	вероятность превышения, %	значение	вероятность превышения, %
Водные ресурсы, формирующиеся в пределах Казахстана								
2,14	3,66	1,19	1,70	66,0	2,13	41,9	2,65	21,9
Приток								
15,3	25,9	7,17	12,4	66,2	14,5	50,3	26,2	6,3
Общие водные ресурсы								
17,5	29,8	8,42	14,1	66,6	16,7	49,8	28,9	6,3

2 Русловой водный баланс р. Сырдарья от нижнего бьефа Шардаринского водохранилища до впадения в Северное Аральское море

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.

Рассматриваемые нами участки от нижнего бьефа Шардаринского водохранилища до впадения в Северное Аральское море относятся к нижнему течению реки Сырдарья. Изучаемая территория находится в зоне рассеивания стока, и река здесь становится транзитной. На данном участке бассейна р. Сырдарья огромное влияние на режим стока оказывает хозяйственная деятельность чело-

века. Производится интенсивный забор воды на орошение, а также бытовые и промышленные нужды. Кроме того, на участке 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.

На этом участке до р. Сырдарья 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 Шошккольской 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. Сырдарья у с. Джусалы. В устьевой области протоки Караозек вода часто застаивается и до р. Сырдарья 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.

2.1 Русловой водный баланс р. Сырдарья 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. Сырдарья 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 [7]. 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. 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 [5, 7].

Вклад испарения с поверхности воды в русле и осадков в русловой баланс отдельных участков р. Сырдарья не превышает 2 % по отношению к поступлению воды в верхний створ участка. В дальнейшем при оценке РВБ р. 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:

$$Q_0 = Q_V + Q_{\text{БП}} - Q_{\text{ВЗ}} - Q_{\text{Н}}, \quad (2.1)$$

где Q_V – расход воды в верхнем створе, $\text{м}^3/\text{с}$, $Q_{\text{ПР}}$ – боковой приток, $Q_{\text{ВЗ}}$ – водозабор, $Q_{\text{Н}}$ – расход воды в нижнем створе, Q_0 – невязка баланса, $\text{м}^3/\text{с}$.

В данных исследованиях русловой водный баланс (РВБ) был рассчитан ежемесячно за 2009 и 2010 гг. Расчёты выполнены для следующих участков (рис. 2.1):

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. Казалинск;
6. От г. Казалинск до с. Каратерень.

Расчет руслового баланса р. Сырдарья в пределах республики Казахстан проводился по данным о среднемесячных расходах воды на гидрологических

постах, сведения по которым приведены в таблице 2.1, а также по данным о водозаборах.

Таблица 2.1

Сведения о гидрпостах на р. Сырдарья

Название	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 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.

Русловой водный баланс участков реки р. Сырдарья от н.б. Шардаринского вдхр до с. Каратерень рассмотрен для месячных интервалов времени. На первом участке сток р. Сырдарья у н.б. 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.

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.



— граница участка на реке

Рисунок 2 1 - Схема нижнего течения р. Сырдарья

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 в себя 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 аккумулированных на пойме и в русле запасов воды.

Расчет баланса производился по уравнению (2.1). Результаты расчета приведены в таблицах (2.2 а и б). Расчет руслового водного баланса по участкам реки приведен в Приложении Б.

Таблица 2.2 а

Русловой водный баланс р. Сырдарья в пределах РК за 2009 г.

Элемент водного баланса	Среднегодовой расход, м ³ /с	Годовой объем, км ³
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 2.2 б

Русловой водный баланс р. Сырдарья в пределах РК за 2010 г.

Элемент водного баланса	Среднегодовой расход, м ³ /с	Годовой объем, км ³
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 Шардарин-

ского водхр 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, после перехода Токтогульского водохранилища на энергетический режим аккумуляция воды в озерных системах Сырдарьи происходит в осеннее-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 таблиц в приложении Б и таблицы 2.3: 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).

В 2009 году суммарные потери в дельте за 6 осенне-зимних месяцев (январь-март и октябрь-декабрь) равны 557.9 млн. м³. За 6 весенне-летних месяцев (апрель-сентябрь) потери равны минус 562.5 млн.м³.

2010 год был значительно более многоводным, чем 2009, 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. м³. За 6 весенне-летних месяцев (апрель-сентябрь) потери равны 182.6 млн.м³. За год водопотребление дельты составило 1.6 куб. км.

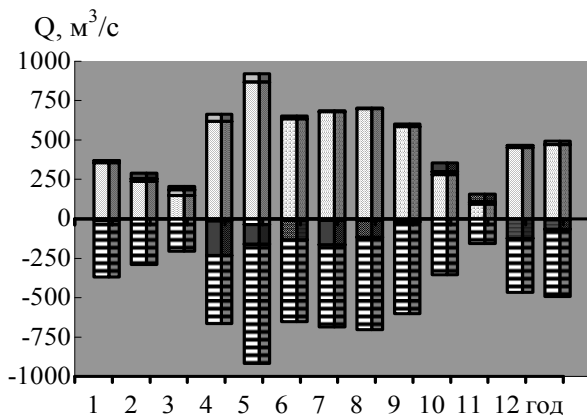
Таблица 2.3

Русловой водный баланс р. Сырдарья в дельте за 2009 и 2010 гг.

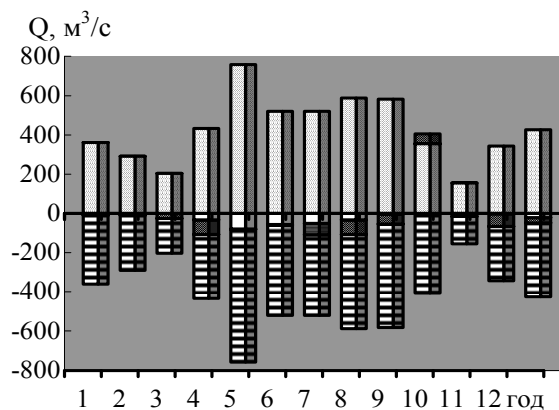
2009 г.					2010 г.			
	Каза- линск, м ³ /с	Кара- тер. м ³ /с	Потери м ³ /с	Потери млн. м ³	Каза- линск, м ³ /с	Каратер. м ³ /с	Поте- ри м ³ /с	Поте- ри млн. м ³
1	266	156	110	294,6	297	196	101	270,5
2	295	199	96	232,2	292	241	51	123,4
3	197	197	0	0,0	391	300	91	243,7
4	113	131	-18	-46,7	311	335	-24	-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			333,8	284,7		

Согласно данным таблиц, невязка месячного руслового водного баланса в 2009 г. составила в среднем по всем участкам 24,1 м³/с или 5,5 % от расхода воды в верхнем створе, в 2010 г. соответственно 66,9 м³/с или 11,5 %, т.е. невязка зависит от водности года. На рисунке 2.2 приведены русловые водные балансы р. Сырдарья в графическом виде помесечно за 2009 и 2010 гг. Как и при расчете баланса, к приходной (положительной части) отнесен сток верхнего створа, боковая приточность приточность и дополнительное поступление воды с полей, к расходной – водозабор и потери воды на участке.

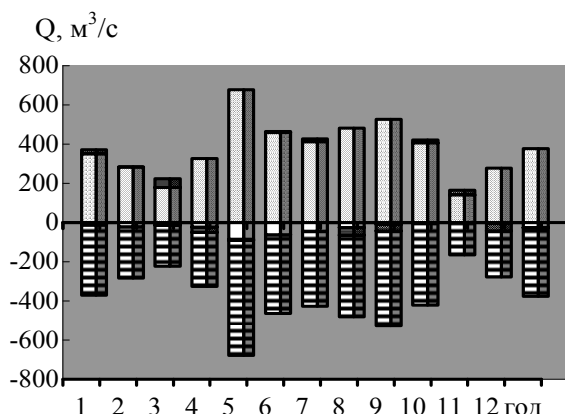
2009 год



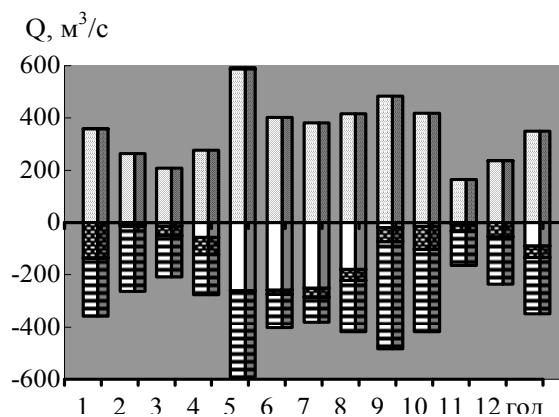
от нижнего бьефа Шардарьинского вдхр.
до уч. Коктюбе



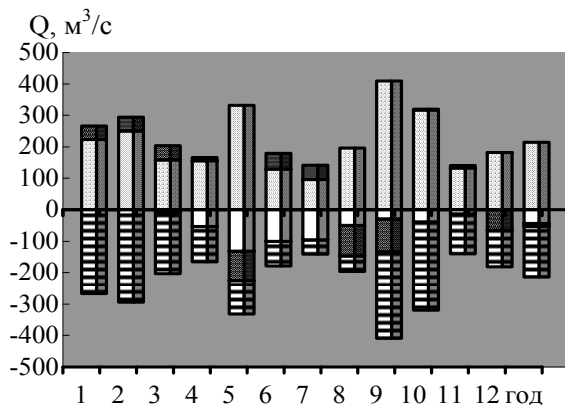
от уч. Коктюбе до ж-д ст. Тюмень-Арык



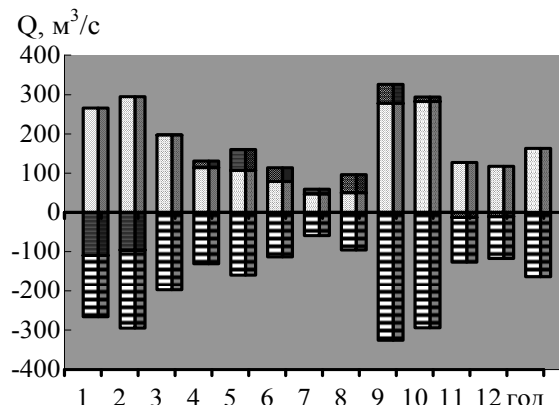
от ж-д ст. Тюмень-Арык до раз. Кергельмес



от раз. Кергельмес до пгт Тасбугет

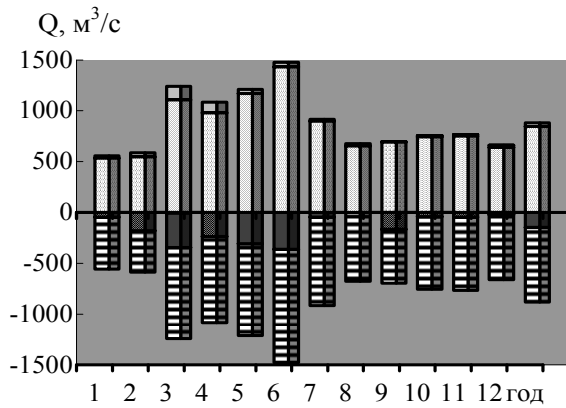


от пгт Тасбугет до г. Казалинск

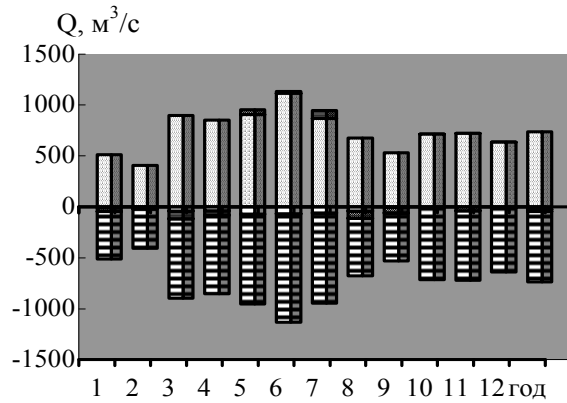


от г. Казалинск до с. Каратерень

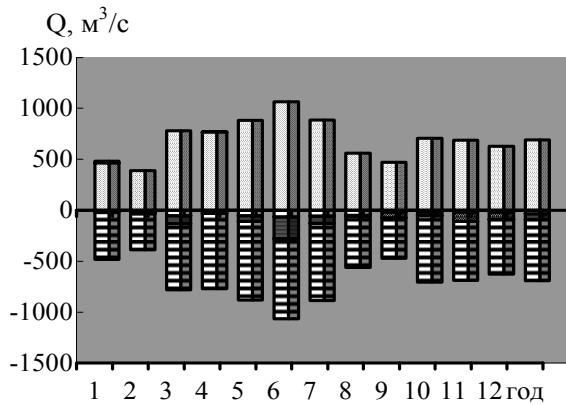
2010 год



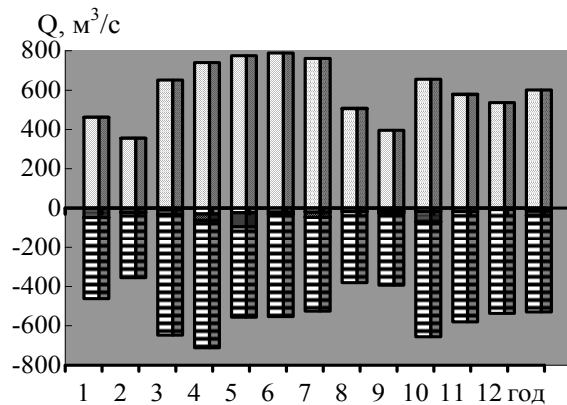
от нижнего бьефа Шардарьинского вдхр. до
уч. Коктюбе



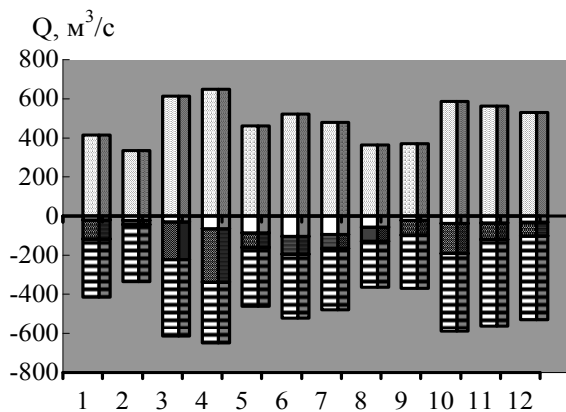
от уч. Коктюбе до ж-д ст. Тюмень-Арык



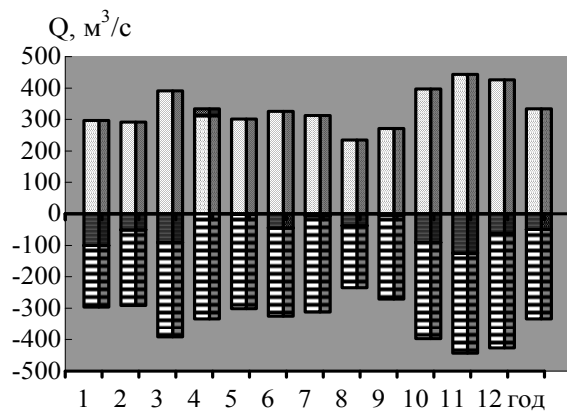
от ж-д ст. Тюмень-Арык до раз. Кергельмес



от раз. Кергельмес до пгт Тасбугет



от пгт Тасбугет до г. Казалинск



от г. Казалинск до с. Каратерень

- | | |
|-------------------------|---------------------------------------|
| □ Сток в верхнем створе | □ Боковой приток |
| □ Водозабор | ■ Потери или дополнительное поступлен |
| ≡ Сток в нижнем створе | |

Рис. 2.2 Русловой водный баланс р. Сырдарья по участкам за 2009-2010 гг.

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

Если сравнить потери воды р. Сырдарья на отдельных участках, то очевидно, что наибольшие потери происходят в Южно-Казахстанской области, т.е. на участке от Шардаринского водохранилища до уч.Коктюбе. В 2009 году из суммарных потерь по всей длине $4,71 \text{ км}^3$ на долю ЮКО приходится $2,6 \text{ км}^3$. В 2010 году из суммарных потерь $12,7 \text{ км}^3$ на долю ЮКО приходится $4,6 \text{ км}^3$ воды. Частично потери 2010 года на этом участке объясняются заполнением Коксарайского контррегулятора – это около 1 км^3 .

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

Коксарайский контррегулятор был построен для регулирования стока р. Сырдарья на территории Казахстана; в 2010 году 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. Сырдарья в контррегулятор была в пределах $100-200 \text{ м}^3/\text{с}$, суммарный объем воды составил $0,9 \text{ км}^3$.

Влияние Коксарайского контррегулятора на русловой водный баланс р. Сырдарья еще не изучено. В 2009 году в период февраль-март потерь стока в пределах ЮКО не было (Приложение Б). В 2010 году суммарные потери на этом участке в период наполнения контррегулятора составили $1,35 \text{ км}^3$. Из них $0,9 \text{ км}^3$ пошло на заполнение контррегулятора. В дальнейшем сбросы воды из контррегулятора в русло р. Сырдарья на водном балансе этого участка не отразились, т.е. не наблюдалось превышения стока на посту Коктюбе относительно стока на

гидропосту Шардара. Но, поскольку 2010 год - первый год эксплуатации Коксарайского контррегулятора (к тому же год не характерный, а экстремально многоводный), делать какие-либо выводы рано.

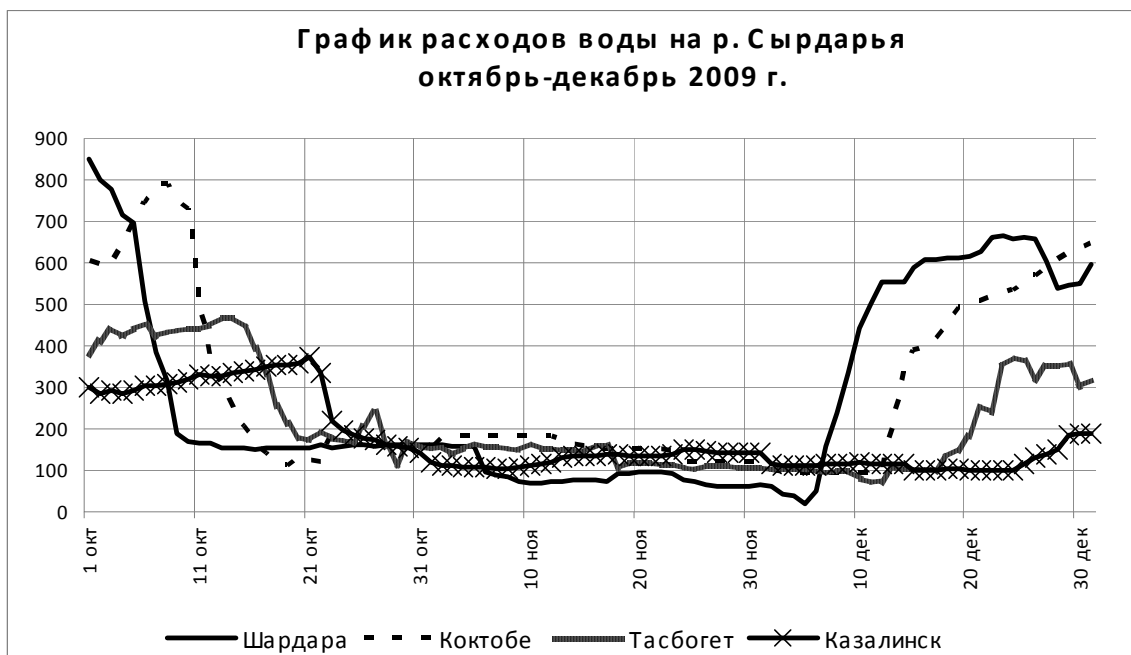
Для того, чтобы оценить влияние Коксарайского контррегулятора на русловой водный баланс р. Сырдарья, необходимы сведения о его работе в течение еще нескольких лет.

2.2 Расчет времени добегания на р. Сырдарья от Шардаринского водохранилища до г. Казалинск

Для оценки времени распространения волны пониженных (повышенных) попусков из Шардаринского водохранилища вниз по руслу р. Сырдарья необходимо выбрать период с резким изменением режима работы Шардаринской ГЭС. В расчетах использован период с октября по декабрь 2009 года, когда в связи со строительством Коксарайского контррегулятора сбросы воды из Шардаринского водохранилища были сначала сокращены с 850 до 150 м³/с, а затем вновь увеличены до 600-650 м³/с.

На рисунке 2.3 приведены расходы воды р. Сырдарья в различных створах.

Исходя из графика на рисунке 2.3 и данных ежедневных расходов воды (приложение В), время добегания 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.



**Рисунок 2.3 - Гидрограф стока р. Сырдарья в различных гидростворах
за октябрь-декабрь 2009 г**

3 Изменение годового стока по длине р. Сырдарья

Для анализа изменений стока по длине реки были использованы данные о годовом стоке р. Сырдарья по различным гидрологическим постам, расположенным в пределах Республики Казахстан [3-6].

Изменения годовых величин бытового стока реки от нижнего бьефа Шардаринского вдхр до г. Казалинск за годы с различной водностью показаны на рисунке 3.1. Во все годы прослеживается уменьшение стока по длине реки. В 1969 году, когда наблюдалась максимальная водность, потери стока составили $363 \text{ м}^3/\text{с}$, в 1967 г. – $171 \text{ м}^3/\text{с}$. При этом наиболее резкое уменьшение годового стока отмечалось на участке от ж.-д.ст. Тюмень–Арык до с. Джусалы, а наименьшее – от с. Джусалы до г. Казалинск. Резкое снижение стока на участке от ж.- д. ст. Тюмень–Арык до с. Джусалы в значительной мере обусловлено естест-

венными потерями воды из русла и поймы, которые здесь больше, чем на других участках р. Сырдарья.

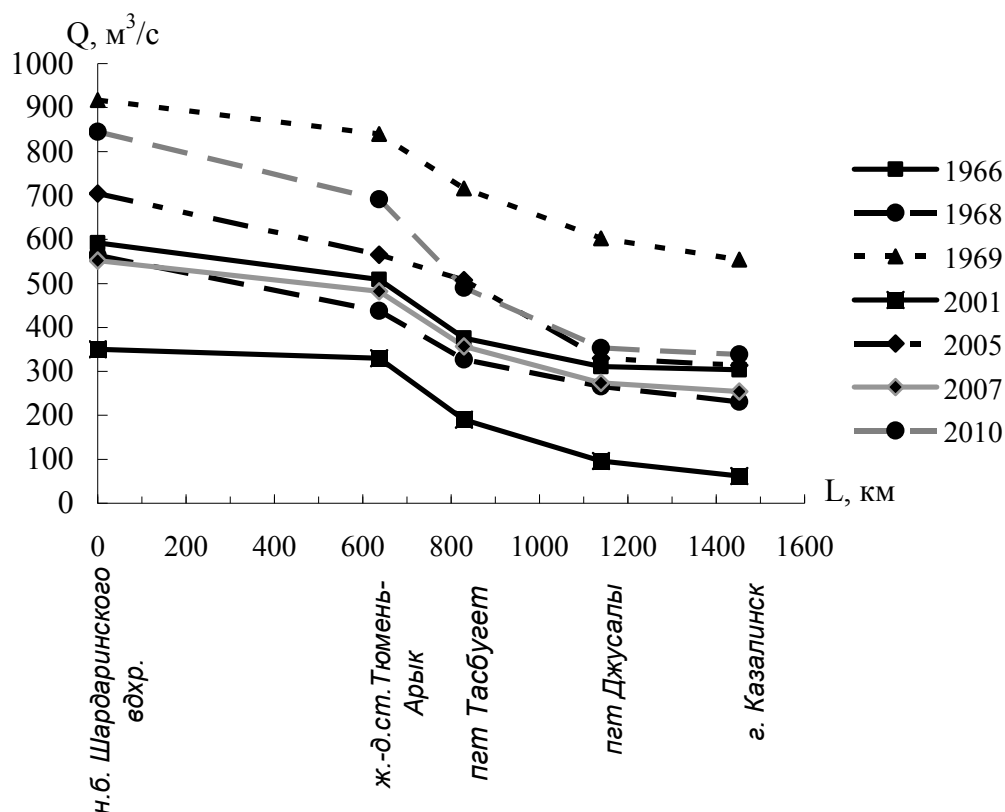


Рисунок 3.1 – Изменение стока р. Сырдарья по длине реки

Для определения потерь стока на р. Сырдарья ниже нижнего бьефа Шардаринского водохранилища до впадения в Северное Аральское море было выделено 5 участков:

- от нижнего бьефа Шардаринского вдхр до ж.-д. ст. Тюмень-Арык;
- от ж.-д. ст. Тюмень-Арык до г. Казалинск;
- от г. Казалинск до с. Каратерень;
- от нижнего бьефа Шардаринского вдхр до г. Казалинск;
- от нижнего бьефа Шардаринского вдхр до с. Каратерень.

Потери стока рассчитывались для трех периодов:

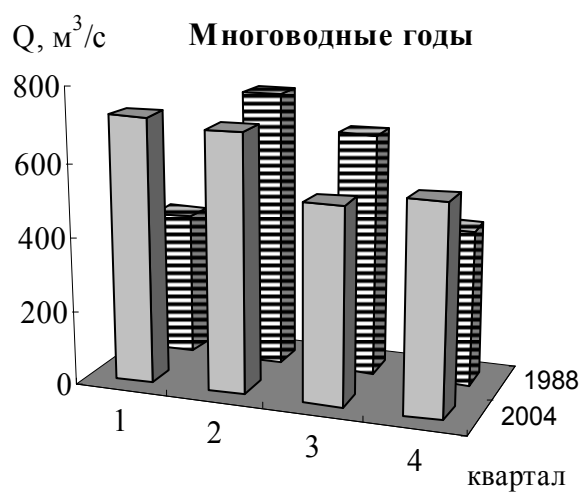
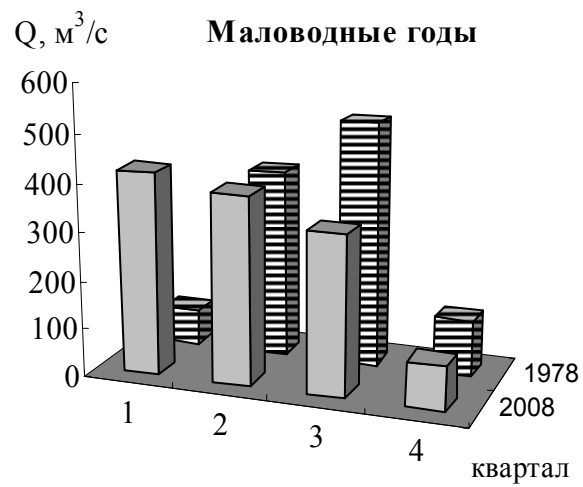
- условно-естественный (1959-1970 гг.);

- устойчивого водопотребления – ирригационный режим работы Токтогульской ГЭС (1976-1992 гг.);
- устойчивого водопотребления – энергетическим режим работы Токтогульской ГЭС (1993-2008 гг.).

Разделение периода устойчивого водопотребления на два связано с тем, что, начиная с 1993 г., режим работы Токтогульского водохранилища изменился. Ранее оно работало в ирригационном режиме. Сбросы из него проводились, в основном, в осенне-летний период и составляли около 75 % от общего стока [8]. В середине 90-х годов прошлого столетия режим попусков воды водохранилища резко изменился. В последние десятилетия для выработки необходимой для Кыргызстана электроэнергии основные попуски воды осуществляются в зимние месяцы, в течение которых сбрасывается около 60 % общего объема стока [9]. В результате резко изменилось внутригодовое распределение стока практически по всей длине р. Сырдарья. Вместо относительно низкого зимнего стока проходят значительные зимние паводки. На рисунках 3.2 – 3.4 представлено внутригодовое распределение стока по отдельным гидрологическим постам р. Сырдарья за годы с различной водностью. Вне зависимости от водности, внутригодовое распределение стока изменилось. Максимальные расходы наблюдаются в первом квартале по всем гидрологическим постам р. Сырдарья.

Особенно большие попуски из Токтогульского водохранилища осуществлялись в начале 2000-х годов. В связи с этим период с условно-естественным стоком был разбит на два периода с различными режимами работы Токтогульского водохранилища.

За период с 1959 по 2008 гг. потери стока рассчитывались по участкам реки в расходах воды и в процентном отношении от величины стока верхнего створа. Результаты расчетов приведены на рисунке 3.5. Потери стока различны как по годам, так и по участкам. Так в 1960 г., на участке от нижнего бьефа Шардаринского вдхр до ж.-д. ст. Тюмень-Арык, наблюдалось увеличение стока на 100 м³/с. Наибольшие потери были в 1969 г. на участке от нижнего бьефа Шардаринского вдхр до с. Каратерень и составили 500 м³/с.



**Рис. 3.2 – Внутригодовое распределение стока
р. Сырдарья – уч. Коктюбе**

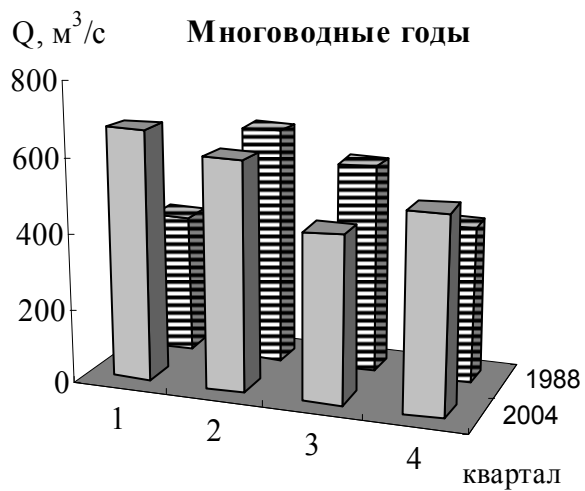
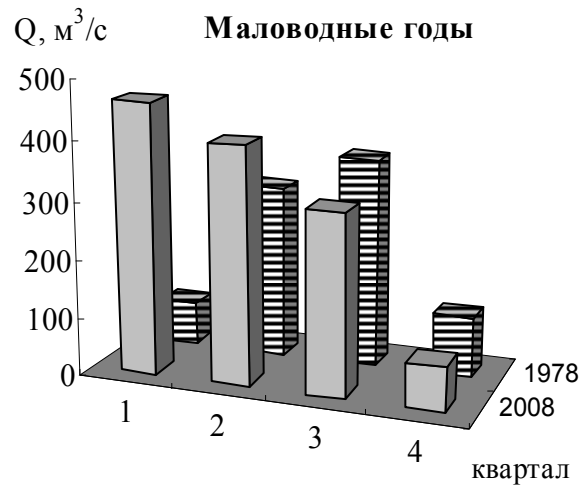
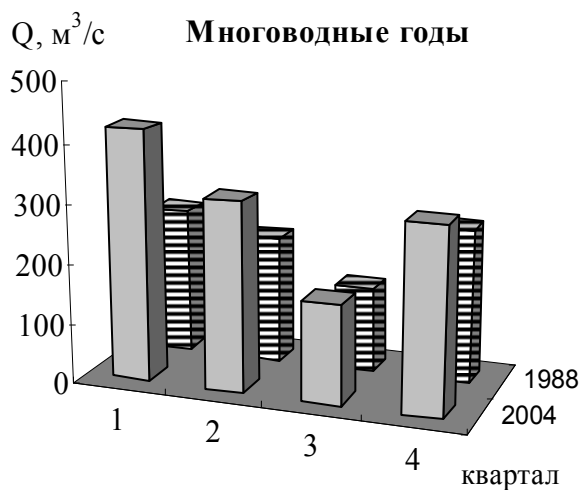
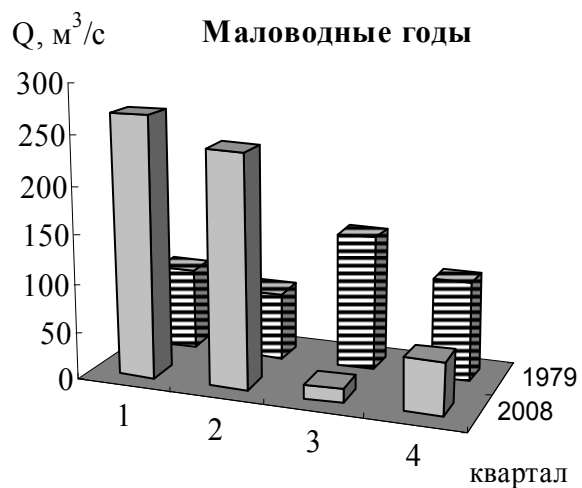
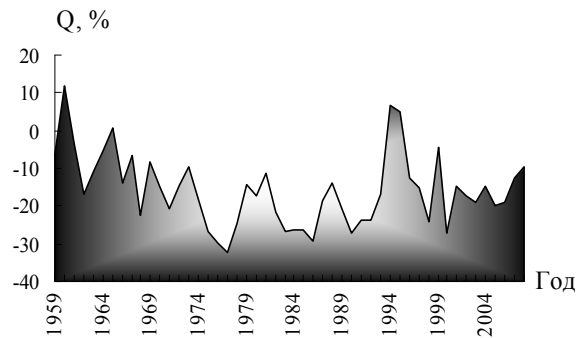
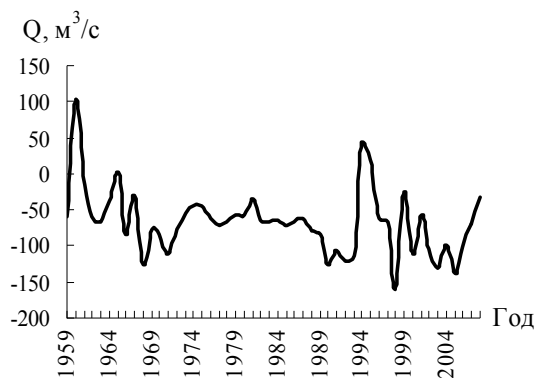


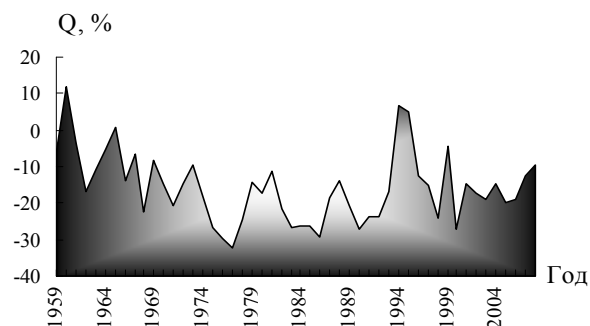
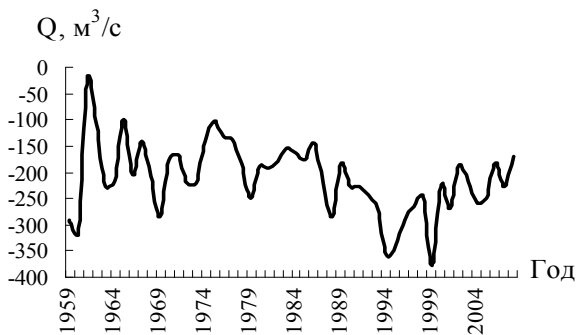
Рис. 3.3 – Внутригодовое распределение стока р. Сырдарья – ст. Тюмень-Арык



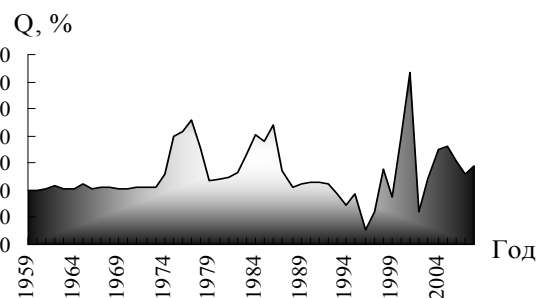
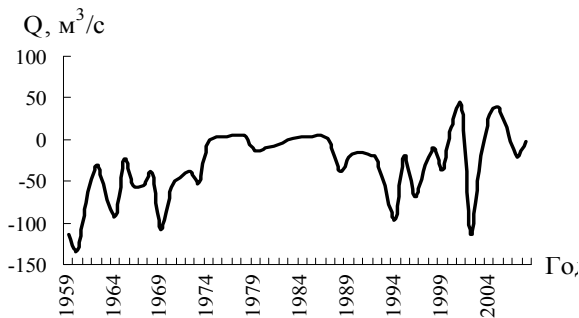
**Рис. 3.4 - Внутригодовое распределение стока
р. Сырдарья – г. Казалинск**



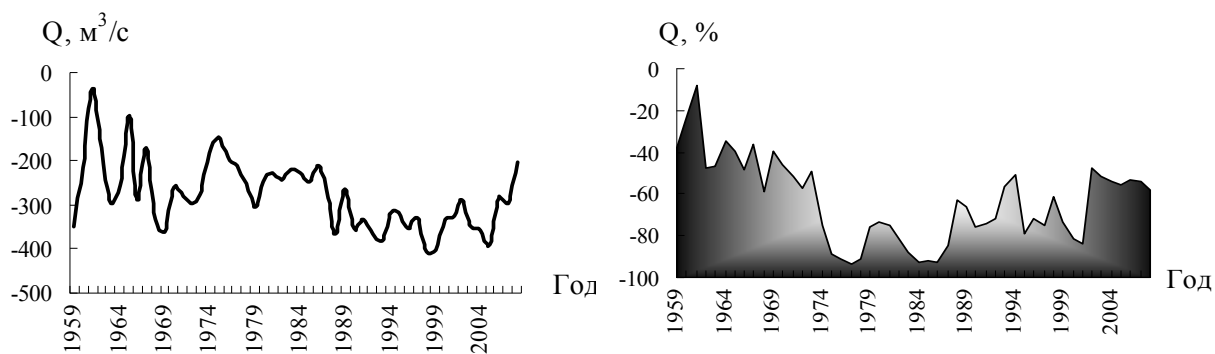
Потери стока на участке от нижнего бьефа Шардаринского водохранилища до ж.-д. ст. Тюмень-Арык



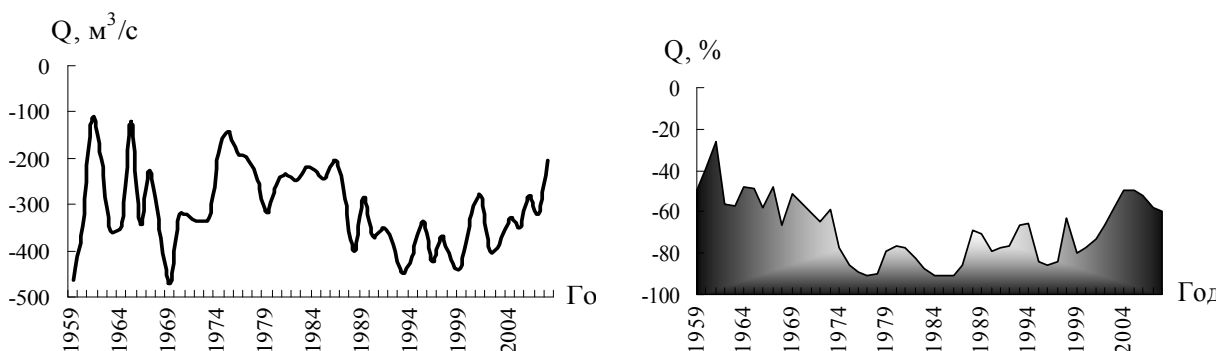
участок от ж.-д. ст. Тюмень-Арык до г. Казалинск



участок от г. Казалинска до с. Каратерень



участок от нижнего бьефа Шардаринского водохранилища до г. Казалинск



участок от нижнего бьефа Шардаринского водохранилища до с. Каратерень

Рис. 3.5 – Потери стока р. Сырдарья по участкам

Результаты осреднения потерь стока по периодам приведены в таблице 3.1. Практически на всех участках реки наблюдалось увеличение потерь стока от периода к периоду. Максимальные потери на всех участках приходятся на период 1993-2008 гг., когда режим работы Токтогульской ГЭС с ирригационного изменился на энергетический. Но в процентном отношении максимальные потери стока на всех участках отмечались с 1976 по 1993 гг. Это связано с тем, что в этот период на реке было сравнительно небольшое поступление воды к верхнему створу.

Максимальные потери стока происходят, как было отмечено ранее, на участке от ж.-д. ст. Тюмень-Арык до г. Казалинск и составляют 191 – 258 м³/с или 34,0 – 76,2 % от стока в верхнем створе.

Таблица 3.1

Потери стока р. Сырдарья по участкам

№	Участок	Период, годы	Потери стока	
			м ³ /с	%
1	Нижний бьеф Шардаринского вдхр - ж.-д.ст. Тюмень-Арык	1959 – 1970	44,6	8,0
		1976 – 1992	74,4	22,7
		1993 – 2008	75,7	13,5
2	ж.-д.ст. Тюмень-Арык – г. Казалинск	1959 – 1970	191	34,0
		1976 – 1992	193	76,2
		1993 – 2008	258	56,7
3	г. Казалинск – с. Каратерень	1959 – 1970	70,5	18,4
		1976 – 1992	7,41	- 0,8
		1993 – 2008	23,7	8,6
4	Нижний бьеф Шардаринского вдхр - г. Казалинск	1959 – 1970	236	39,1
		1976 – 1992	267	81,2
		1993 – 2008	334	62,9
5	Нижний бьеф Шардаринского вдхр - с. Каратерень	1959 – 1970	307	50,3
		1976 – 1992	275	82,6
		1993 – 2008	357	67,0

Наименьшие потери стока наблюдались на участке от г. Казалинск до с. Каратерень. Их величины составили от 7,41 до 23,7 м³/с или соответственно от минус 0,8 до плюс 8,6 %. На этом участке максимальные потери стока были в период 1959 – 1970 гг. и составили 70,5 м³/с или 18,4 %. За период с 1976 по 1992 гг. сток увеличился на 7,41 м³/с или 0,8 %, что можно объяснить выклиниванием стока и возвратными водами.

Рассмотрим потери стока в годы с различной водностью. За средний по водности год принят 1990 г., за многоводный – 1993 г., за маловодный – 2000 г. (таблица 3.2).

Таблица 3.2

Потери стока р. Сырдарья по участкам в годы с различной водностью

Участок	Потери стока					
	Средний по водности		Многоводный		Маловодный	
	в м ³ /с	в %	в м ³ /с	в %	в м ³ /с	в %
От нижнего бьефа Шардаринского водохранилища до ж.-д. ст. Тюмень-Арык	126	27,0	114	16,8	112	27,2
От ж.-д. ст. Тюмень-Арык до г. Казалинск	226	48,5	268	39,5	223	54,1
От г. Казалинск до с. Каратерень	10,0	2,1	67,0	9,9	-15,1	-3,7
От нижнего бьефа Шардаринского водохранилища до г. Казалинск	352	75,5	382	56,3	335	81,3
От нижнего бьефа Шардаринского водохранилища до с. Каратерень	362	77,7	449	66,2	320	77,6

На участке реки от нижнего бьефа Шардаринского водохранилища до ж.-д. ст. Тюмень-Арык потери стока практически не зависят от водности. Некоторое увеличение потерь в многоводный год наблюдалось на участках от ж.-д. ст. Тюмень-Арык до г. Казалинск и от г. Казалинск до с. Каратерень. Это связано с тем, что в многоводные годы при увеличении стока река выходит на пойму, заполняя старицы, старые русла, заброшенные каналы, при этом увеличивается испарение и происходит значительная фильтрация. Вместе с тем, потери, рассчитанные в процентах в этот год наименьшие. Это можно объяснить большими значениями расходов воды в верхнем створе, по отношению к которому определяются процентное соотношение.

Вне зависимости от водности года, наибольшие потери были, как было отмечено ранее, на участке от ж.-д. ст. Тюмень-Арык до г. Казалинск и составляли от 223 до 268 м³/с или соответственно 39,5 – 66,7 %. Наименьшие потери наблюдались на участке от г. Казалинск до с. Каратерень. Их величины составляли в многоводный год 67,0 м³/с. В маловодный год на данном участке потери стока отсутствовали, наблюдалось увеличение стока на 15,1 м³/с.

При рассмотрении участка реки от нижнего бьефа Шардаринского водохранилища до с. Каратерень, можно сделать вывод о том, что потери стока зависят от водности реки и с ее увеличением они возрастают от 320 м³/с до 449 м³/с.

Рассмотрим внутригодовое распределение потерь стока по длине реки. В связи с отсутствием данных о месячных расходах воды по отдельным гидрологическим постам, расчет проведен для трех участков реки по двум периодам. Результаты расчетов представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Потери стока по длине р. Сырдарья по кварталам, м³/с

Участок	Период, годы	Квартал				Год
		1	2	3	4	
От нижнего бьефа Шардаринского водохранилища до ж.-д. ст. Тюмень-Арык	с 1976 по 1992	4,10	-167	-139	4,44	-74,4
	с 1993 по 2008	20,9	-96	-154	-17,0	-61,5
От ж.-д. ст. Тюмень-Арык до г. Казалинск	с 1976 по 1992	-57,8	-292	-351	-68,4	-192
	с 1993 по 2008	-160	-303	-405	-165	-258
От нижнего бьефа Шардаринского водохранилища до г. Казалинск	с 1976 по 1992	-53,7	-459	-490	-64,0	-267
	с 1993 по 2008	-139	-399	-559	-182	-320

В период с 1976 по 1992 гг. максимальные потери стока для всех участков наблюдались, в основном, в третьем, иногда во втором кварталах. В первом и четвертом кварталах потери практически равны.

В период с 1993 по 2008 гг. тенденции сохранились, максимальные потери наблюдались в третьем квартале, минимальные – в первом и четвертом. Следует отметить, что за последние годы увеличение потерь наблюдалось в первом и четвертом кварталах.

Для предотвращения наводнений в нижнем течении реки в зимний период в 2008 г. началось строительство Коксарайского контррегулирующего водохранилища. Его назначение – аккумуляирование части повышенного стока р. Сырдарья с целью разгрузки русла реки в пределах Южно-Казахстанской и Кызылординской областей в период ледовых явлений и компенсация дефицита воды в низовья реки в летний период. Контррегулятор позволит сократить или полностью прекратить ежегодный сброс воды в Арнасайскую систему озер. Также

планируется перебрасывать часть стока из Шардаринского водохранилища в Коксарайский контррегулятор, который расположен в 165 км ниже по течению. Контррегулятор запроектирован как наливное водохранилище, в котором заполнение и сброс осуществляется самотеком. Общая емкость его составляет 3 км³, полезная – 2,5 км³, этого вполне достаточно для того, чтобы принять часть избыточных сбросов воды из Шардаринского водохранилища в реку зимой. Контррегулятор позволит восстановить ирригационный фонд в низовьях реки до 300 тыс. га и улучшить условия пропуска воды р. Сырдарья в зимний период, а также снизить риски образования заторов и зажоров и, как следствие, затопление прилегающих к реке территорий населенных пунктов. Наличие контррегулятора позволит увеличить зимнюю выработку электроэнергии Шардаринской ГЭС и улучшит управление водными ресурсами в низовьях реки.

Проведенные исследования по русловому водному балансу и изменению бытового стока по длине реки Сырдарья позволили сделать следующие выводы.

После строительства каскада водохранилищ в верхнем и среднем течении р. Сырдарья гидрологический режим в пределах Казахстана был существенно нарушен. В связи с этим, расчет проводился для двух периодов:

- условно-естественного – до 1970 г.;
- устойчивого водопотребления с 1976 по 2007 гг.

Для двух периодов рассчитаны среднемноголетние характеристики бытового стока, их статистические характеристики и расходы воды различной обеспеченности. Среднегодовые величины бытового стока в период устойчивого водопотребления уменьшились от 40 % (р. Сырдарья - нижний бьеф Шардаринского вдхр) до 70 % (р. Сырдарья - г. Казалинск) по отношению к стоку за условно-естественный период. Если ранее, в Аральское море поступало 366 м³/с или 11,6 км³ в год, то в период устойчивого водопотребления эта величина уменьшилась до 129 м³/с или 4,07 км³ в год.

Изменение внутригодового распределение стока р. Сырдарья произошло практически по всей длине реки. Вместо относительно низкого зимнего стока проходят значительные зимние паводки. Если доля стока второго – третьего кварталов для р. Сырдарья – нижний бьеф Шардаринского водохранилища ранее составляла 80 %, то после 1992 г. его величина равна 60 %. Соответственно, доля стока первого и четвертого кварталов – 20 % и 40 %.

Вниз по течению реки тенденции изменения сохранились, величины стока в зимний период (1 и 4 кварталы) увеличились и составили: для ж.-д. ст. Тюмень-Арык 26 % и 43 %, для стока в летний период (2 и 3 квартал) – 74 % и 56 %. Внутригодовое распределение стока р. Сырдарья у г. Казалинск практически не изменилось, если раньше соотношение объема зимнего стока к стоку в летний период составляло 38 % и 68 %, то в последние годы оно стало 56 % и 38 %.

Река Сырдарья на территории Республики Казахстан является транзитной и находится в зоне рассеивания стока. Величина бокового притока (р. Арысь) составляет лишь 0,1 – 2,0 % от стока в верхнем створе. Воды р. Сырдарья издавна использовались для орошения. Оценка водозаборов в различные периоды проведена при составлении русловых водных балансов. Их величины составили от 58 % (в период 1978-1983 гг.) до 30 % (в период 2005-2007 гг.) от стока в верхнем створе.

На р. Сырдарья происходит уменьшение стока по длине реки. Наибольшие потери наблюдаются на участке от ж.-д. ст. Тюмень-Арык до г. Казалинск и составляют от 191 до 258 м³/с. Наименьшие потери стока выявлены на участке от г. Казалинск до с. Каратерень, их величины изменяются от 23,7 до 70,5 м³/с.

С увеличением водности, потери по длине реки увеличиваются. Максимальные потери стока для всех участков наблюдаются, в основном, в третьем, иногда во втором кварталах. В первом и четвертом кварталах потери практически равны.

Заключение

В результате проведенных исследований проведена оценка водных ресурсов р. Сырдарья в пределах Республики Казахстан. Они составляют в среднем $2,14 \text{ км}^3$. Также рассчитаны водные ресурсы различной обеспеченности. Определены обеспеченности водных ресурсов последних лет 2008-2010 гг. Установлено, что водные ресурсы реки Арысь не полностью поступают в реку Сырдарья. Это происходит из-за увеличения потерь воды р. Арысь на участке от ж.-д.ст. Арысь до с. Шаульдер, которые в естественных условиях в среднем составляют $0,23 \text{ км}^3$.

Рассчитаны русловые балансы по 6 участкам р.Сырдарья, к приходной (положительной части) отнесен сток верхнего створа, боковая приточность и сработка ранее накопленных в русле и пойме запасов воды, к расходной – водозабор и потери воды на участке. С увеличением поступления воды в верхний участок реки, потери на транзитном участке в пределах Республики Казахстан увеличиваются.

Рассчитано время добегания стока. Оно 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.

Установлено, что на р. Сырдарья происходит уменьшение стока по длине реки. Наибольшие потери наблюдаются на участке от ж.-д. ст. Тюмень-Арык до г. Казалинск и составляют от 191 до $258 \text{ м}^3/\text{с}$. Наименьшие потери стока выявлены на участке от г. Казалинск до с. Каратерень, их величины изменяются от 23,7 до $70,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

С увеличением водности потери по длине реки увеличиваются. Максимальные потери стока для всех участков наблюдаются, в основном, в третьем, иногда во втором кварталах. В первом и четвертом кварталах потери практически равны.

Установлено, что с переходом работы Токтагульской ГЭС на энергетический режим изменилось внутригодовое распределение стока, максимальны расходы воды наблюдаются в первом квартале года, что создает трудности в продвижении воды по руслу. Результат – зимние наводнения в низовьях реки. Для устранения излишков воды зимой построен и в 2010 году сдан в эксплуатацию

Коксарайский контррегулятор, позволяющий аккумулировать часть стока зимой и отдавать его в период вегетации. Влияние Коксарайского контррегулятора на русловой водный баланс р. Сырдарья еще не изучен.

Список использованных источников

1. Ресурсы поверхностных вод СССР, том 14 Средняя Азия. – Вып. 1, Бассейн реки Сырдарья. Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 439 с.
2. Водные ресурсы и водный баланс территории Советского Союза. Л.: Гидрометеиздат, 1967 – 199 с.
3. Государственный Водный Кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. – Т.5. – Вып.3. Казахская ССР. Л.: Гидрометеиздат, 1987 – 232 с.
4. Государственный Водный Кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. – Ч.1 и 2. – Вып.3. Бассейны р. Сырдарья, Чу и Талас. - Алматы, 2002 – 210 с.; 2005. – 145 с.
5. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши с 2000 по 2009 гг. – Ч.1. – Вып.5. Бассейн р. Сырдарья. – Алматы с 2001 по 2010 гг.
6. Ресурсы поверхностных вод. Основные гидрологические характеристики. – Т.14. – Вып.1. Средняя Азия. Бассейн р. Сырдарья – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 478 с; 1974 – 532 с.; 1978 – 430 с.
7. Исследования ресурсов поверхностных вод и элементов водного баланса в районах орошаемого земледелия Южного Казахстана: Отчет о НИР/ГГИ ГУГМС СМ СССР. – Ленинград, 1972 – С. 734-809.
8. Кудеков Т.К., Никифорова Л.Н., Ли В.И., Попова В.П. Анализ гидрологической ситуации, сложившейся в бассейне реки Сырдарья, и предложения по ее нормализации // Гидрометеорология и экология. – 2005. – №2. – С.73-75.
9. Турсунов А.А., Жиенбаева Р.К. Зимние паводки на реке Сырдарья и проблемы защиты города Кызылорда // Гидрометеорология и экология. – 2004. – №1. – С.42-51

Список исполнителей

Исполнительный директор
РЦГ ИК МФСА,
канд. техн. наук, эксперт
проекта

С.П. Шиварёва

Эксперт проекта,
канд. геогр. наук

В.П. Попова

Эксперт проекта

Л.Н. Никифорова

Инженер

А.О. Домран

Инженер

А.В. Линейцева

Приложение А. Перечень сокращений

АН	- Академия наук
бас.	- бассейн
вдхр.	- водохранилище
г.	- город, год
гг.	- годы
ГГИ	- Государственный гидрологический институт
ГЭС	- гидроэлектростанция
ГП	- гидрологический пост
ж.-д. ст.	- железнодорожная станция
кв.	- квартал
н.б.	- нижний бьеф
п.	- поселок
пгт	- поселок городского типа
р.	- река
раз.	- разъезд
РВБ	- русловой водный баланс
РГП	- Республиканское государственное предприятие
с.	- село

Условные обозначения

C_s	- коэффициент асимметрии
C_v	- коэффициент вариации
Q	- расход воды
W	- объем стока

Единицы измерения

га	- гектар
км ²	- квадратный километр
км ³	- кубический километр
млн.м ³	- миллион метров кубических
м ³ /с	- метр кубический в секунду
мм	- миллиметр
%	- процент

Приложение Б. Расчет руслового водного баланса

Таблица Б1

**Расчет руслового водного баланса р. Сырдарья на участке
от нижнего бьефа Шардаринского вдхр. до уч. Коктюбе за 2009 г.**

Месяц	р. Сырдарья – н. б. Шарда- ринского вдхр. м ³ /с	р. Арысь– с. Шаульдер, м ³ /с	Водозабор, м ³ /с	р. Сырдарья– уч. Коктюбе , м ³ /с	Q ₀ , м ³ /с	Q ₀ , %
1	355	13,2	0	360	8,2	2,3
2	237	17,4	0	290	-35,6	-15,0
3	148	34,3	0	204	-21,7	-14,7
4	618	45,8	11,7	433	219,2	35,5
5	867	51,4	36,1	759	123	14,2
6	632	19,9	8,9	519	124	19,6
7	677	7,53	7,2	520	157	23,2
8	698	3,91	7,2	587	108	15,4
9	583	18,5	0,2	581	20,0	3,5
10	281	18,4	0	354	-54,6	-19,4
11	92	14,9	0	156	-49,1	-53,4
12	452	14,1	0	343	123,1	27,2
Год	470	21,6	5,93	426	60,2	12,8

Таблица Б2

**Расчет руслового водного баланса р. Сырдарья на участке
от уч. Коктюбе до ж.-д. ст. Тюмень-Арык за 2009 г.**

Месяц	р. Сырдарья– уч. Коктюбе, м ³ /с	Водозабор, м ³ /с	р. Сырдарья– ж.-д. ст. Тюмень Арык, м ³ /с	Q ₀ , м ³ /с	Q ₀ , %
1	360	0	350	10,0	2,8
2	290	0	281	9,0	3,1
3	204	0	179	25,0	12,3
4	433	33,6	327	72,4	16,7
5	759	78,8	678	2,2	0,3
6	519	56,6	459	3,4	0,7
7	520	49,8	411	59,2	11,4
8	587	32,5	481	73,5	12,5
9	581	4,7	526	50,3	8,7
10	354	0,0	406	-52,0	-14,7
11	156	0,0	140	16,0	10,3
12	343	1,7	278	63,3	18,5
Год	426	21,5	376	27,7	6,5

Таблица Б3

**Расчет руслового водного баланса р. Сырдарья на участке
от ж.-д. ст. Тюмень-Арык до раз. Кергельмес за 2009 г.**

Месяц	р. Сырдарья– ж.-д. ст. Тюмень Арык, м ³ /с	Водозабор, м ³ /с	р. Сырдарья– раз. Кергельмес, м ³ /с	Q ₀ , м ³ /с	Q ₀ , %
1	350	12,6	358	-20,6	-5,9
2	281	20,7	263	-2,7	-1,0
3	179	14,5	208	-43,5	-24,3
4	327	23,3	277	26,7	8,2
5	678	84,8	587	6,2	0,9
6	459	62,7	402	-5,7	-1,2
7	411	45,6	382	-16,6	-4,0
8	481	24,9	417	39,1	8,1
9	526	8,8	483	34,2	6,5
10	406	2,8	418	-14,8	-3,7
11	140	0,2	164	-24,2	-17,3
12	278	3,8	236	38,2	13,7
Год	376	25,4	350	1,4	0,4

Таблица Б4

**Расчет руслового водного баланса р. Сырдарья на участке
от раз. Кергельмес до пгт. Тасбугет за 2009 г.**

Месяц	р. Сырдарья– раз. Кергельмес, м ³ /с	Водозабор, м ³ /с	р. Сырдарья– пгт. Тасбугет, м ³ /с	Q ₀ , м ³ /с	Q ₀ , %
1	358	0	223	135	37,7
2	263	5,2	250	7,8	3,0
3	208	13,6	158	36,4	17,5
4	277	56,4	155	65,6	23,7
5	587	261	332	-5,9	-1,0
6	402	258	128	16,3	4,0
7	382	251	96,2	34,7	9,1
8	417	179	196	42,4	10,2
9	483	18,3	410	54,7	11,3
10	418	14,8	316	87,2	20,9
11	164	7,1	132	24,9	15,2
12	236	0	182	54	22,9
Год	350	88,6	215	46,1	13,2

Таблица Б5

**Расчет руслового водного баланса р. Сырдарья на участке
от пгт. Тасбугет до г. Казалинск за 2009 г.**

Месяц	р. Сырдарья– пгт. Тасбугет, м ³ /с	Водозабор, м ³ /с	р. Сырдарья– г. Казалинск, м ³ /с	Q ₀ , м ³ /с	Q ₀ , %
1	223	0	266	-43	-0,2
2	250	0	295	-45	-0,2
3	158	7,0	197	-46,0	-0,3
4	155	53,4	113	-11,4	-0,1
5	332	132	107	93,0	0,3
6	128	101	78,6	-51,2	-0,4
7	96,2	95,5	46,8	-46,1	-0,5
8	196	49,7	49,2	97,1	0,5
9	410	28,8	277	104	0,3
10	316	38,3	282	-4,3	0,0
11	132	13,3	127	-8,3	-0,1
12	182	0	117	65	0,4
Год	215	43,2	163	8,7	0,0

Таблица Б6

**Расчет руслового водного баланса р. Сырдарья на участке
от г. Казалинск до с. Каратерень за 2009 г.**

Месяц	р. Сырдарья– г. Казалинск, м ³ /с	р. Сырдарья–г. Каратерень м ³ /с	Q ₀ , м ³ /с	Q ₀ , %
1	266	156	110	41,4
2	295	199	96,0	32,5
3	197	197	0,0	0,0
4	113	131	-18,0	-15,9
5	107	160	-53,0	-49,5
6	78,6	113	-34,4	-43,8
7	46,8	59	-12,2	-26,1
8	49,2	95,9	-46,7	-94,9
9	277	326	-49,0	-17,7
10	282	294	-12,0	-4,3
11	127	114	13,0	10,2
12	117	106	11,0	9,4
Год	163	163	0,39	0,2

Таблица Б7

**Расчет руслового водного баланса р. Сырдарья на участке
от нижнего бьефа Шардаринского вдхр. до уч. Коктюбе за 2010 г.**

Месяц	р. Сырдарья – н. б. Шарда- ринского вдхр. м ³ /с	р. Арысь– с. Шаульдер, м ³ /с	Водозабор на участке м ³ /с	р. Сырда- рья– уч. Коктюбе , м ³ /с	Q ₀ , м ³ /с	Q ₀ %
1	536	19,5	0,3	511	44,2	8,2
2	544	42,9	0,1	407	180	33,1
3	1107	135	3	898	341	30,8
4	978	106	1,3	850	233	23,8
5	1170	40,2	1,6	905	304	25,9
6	1430	47	1,8	1115	360	25,2
7	898	15,5	1,6	868	43,9	4,9
8	652	0	0,6	675	-23,6	-3,6
9	692	3,87	0	532	164	23,7
10	744	9,7	0	714	39,7	5,3
11	751	15	0	722	44,0	5,9
12	640	19,5	0	637	22,5	3,5
Год	845	38	0,9	736	146	17,3

Таблица Б8

**Расчет руслового водного баланса р. Сырдарья на участке
от уч. Коктюбе до ж.-д. ст. Тюмень-Арык за 2010 г.**

Месяц	р. Сырдарья– уч. Коктюбе , м ³ /с	Водозабор, м ³ /с	р. Сырдарья– ж.-д. ст. Тюмень Арык, м ³ /с	Q ₀ , м ³ /с	Q ₀ %
1	511	6,8	465	39,2	7,7
2	407	4,1	388	14,9	3,7
3	898	39,7	781	77,3	8,6
4	850	37,2	767	45,8	5,4
5	905	71,4	882	-48,4	-5,3
6	1115	68,8	1065	-18,8	-1,7
7	868	59,3	887	-78,3	-9,0
8	675	39,9	562	73,1	10,8
9	532	2,3	471	58,7	11,0
10	714	0,0	707	7,0	1,0
11	722	0,0	686	36,0	5,0
12	637	0,0	627	10,0	1,6
Год	736	27,5	691	18,0	2,5

Таблица Б 9

**Расчет руслового водного баланса р. Сырдарья на участке
от ж.-д. ст. Тюмень-Арык до раз. Кергельмес за 2010 г.**

Месяц	р. Сырдарья– ж.-д. ст. Тю- мень Арык, , м ³ /с	Водоза- бор, м ³ /с	р. Сырдарья– раз. Кергельмес, м ³ /с	Q ₀ м ³ /с	Q ₀ , %
1	465	18,2	462	-15,2	-3,3
2	388	20,9	355	12,1	3,1
3	781	50,7	651	79,3	10,2
4	767	28,7	740	-1,7	-0,2
5	882	51,7	775	55,3	6,3
6	1065	62,2	789	214	20,1
7	887	56,5	761	69,5	7,8
8	562	48,3	507	6,7	1,2
9	471	14,5	395	61,5	13,1
10	707	13,8	656	37,2	5,3
11	686	15,3	578	92,7	13,5
12	627	16,5	537	73,5	11,7
Год	691	33,1	601	57,1	8,3

Таблица Б 10

**Расчет руслового водного баланса р. Сырдарья на участке
от раз. Кергельмес до пгт. Тасбугет за 2010 г.**

Месяц	р. Сырда- рья– раз. Кергельмес, м ³ /с	Водоза- боры м ³ /с	р. Сырдарья– пгт. Тасбугет, м ³ /с	Q ₀ , м ³ /с	Q ₀ , %
1	462	0	414	48	10,4
2	355	0	334	20,8	5,9
3	651	7	613	26,7	4,1
4	740	30	648	32,8	4,4
5	775	23	461	72,3	9,3
6	789	20	521	10,6	1,3
7	761	20	479	26,5	3,5
8	507	16,9	364	-0,9	-0,2
9	395	15,7	369	8,9	2,3
10	656	16,6	587	52,4	8,0
11	578	16,9	562	-0,9	-0,2
12	537	2	529	6,0	1,1
Год	601	14	490	25,3	4,2

Таблица Б 11

**Расчет руслового водного баланса р. Сырдарья на участке
от пгт. Тасбугет до г. Казалинск за 2010 г.**

Месяц	р. Сырдарья– пгт. Тасбугет, м ³ /с	Водозаборы м ³ /с	р. Сырдарья– г. Казалинск, м ³ /с	Q ₀ , м ³ /с	Q ₀ , %
1	414	19,0	297	98,0	23,7
2	334	21,3	292	20,7	6,2
3	613	29,9	391	192	31,3
4	648	64,6	311	272	42,0
5	461	86,5	302	72,5	15,7
6	521	104	326	91,3	17,5
7	479	93,9	313	72,1	15,1
8	364	57,3	235	71,7	19,7
9	369	20,9	271	77,1	20,9
10	587	37,3	397	153	26,0
11	562	34,3	444	83,7	14,9
12	529	31,4	427	70,6	13,4
Год	490	50,0	334	106	21,7

Таблица Б.12

**Расчет руслового водного баланса р. Сырдарья на участке
от г. Казалинск до с. Каратерень за 2010 г.**

Месяц	р. Сырдарья–г. Каза- линск, м ³ /с	р. Сырдарья– с. Каратерень, м ³ /с	Q ₀ , м ³ /с	Q ₀ , %
1	297	196	101	34,0
2	292	241	51	17,5
3	391	300	91	23,3
4	311	335	-24	-7,7
5	302	301	1	0,3
6	326	281	45	13,8
7	313	307	6	1,9
8	235	198	37	15,7
9	271	267	4	1,5
10	397	306	91	22,9
11	444	319	125	28,2
12	427	365	62	14,5
Год	334	285	49,2	14,7

Приложение В. Ежедневные расходы воды р. Сырдарья

Таблица В.1

**Ежедневные расходы воды реки Сырдарья в различных гидростворах
2009 г., м³/с**

Дата	Гидрологический створ			
	Шардара	уч. Коктобе	пгт. Тасбогет	г. Казалинск
01.10.	850	603	381	300
02.10.	800	597	412	284
03.10	777	598	438	294
04.10	717	648	421	283
05.10	697	701	438	292
06.10	507	748	449	302
07.10	385	788	424	305
08.10	315	787	430	309
09.10	188	753	435	312
10.10	170	732	437	319
11.10	167	500	439	332
12.10	167	362	446	327
13.10	153	308	466	328
14.10	153	251	466	333
15.10	153	207	444	337
16.10	150	165	394	341
17.10	153	142	329	349
18.10	153	125	252	354
19.10	154	113	210	355
20.10	155	133	178	358
21.10	155	124	170	375
22.10	163	118	193	335
23.10	155	189	175	220
24.10	158	179	171	196
25.10	160	167	167	186
26.10	160	161	204	178
27.10	157	159	238	175
28.10	163	159	156	162
29.10	163	159	112	156
30.10	163	157	164	152
31.10	163	156	152	144
01.11	160	156	150	120
02.11	163	181	152	113
03.11.	158	181	136	111
04.11.	158	181	150	109
05.11.	158	181	160	108
06.11.	96	181	155	107
07.11.	87	181	154	105

Дата	Гидрологический створ			
	Шардара	уч. Коктобе	пгт. Тасбогет	г. Казалинск
08.11.	86	181	150	104
09.11.	73	181	147	108
10.11.	70	181	160	110
11.11	70	179	149	115
12.11	73	179	149	120
13.11	74	171	147	129
14.11	77	161	147	133
15.11	77	157	143	134
16.11	75,2	153	157	135
17.11	75	151	159	137
18.11	94	151	104	137
19.11	93,8	151	116	134
20.11	95	151	115	134
21.11	96	150	114	134
22.11	95	150	110	135
23.11	93,8	148	110	137
24.11	77	121	104	150
25.11	73	121	101	149
26.11	64	121	107	145
27.11	61	121	108	143
28.11	60,5	120	106	144
29.11	63	121	105	144
30.11	63	121	104	142
01.12	64	121	104	141
02.12	60,5	99,5	100	116
03.12	41	95	100	110
04.12	37	94,8	100	110
05.12	17,5	94	100	112
06.12	50,5	93,9	97,4	113
07.12	157	93,8	92,9	115
08.12	240	93,4	95	116
09.12	335	93	98	117
10.12	443	92,9	77,4	118
11.12	501	91,8	70	116
12.12	553	95,4	73	116
13.12	553	200	103	116
14.12	553	336	100	116
15.12	587	388	100	100
16.12	609	396	100	100
17.12	609	420	100	100
18.12	611	455	130	105
19.12	611	493	150	102
20.12	615	502	180	100
21.12	626	509	250	100
22.12	660	518	240	100
23.12	665	523	350	101

Дата	Гидрологический створ			
	Шардара	уч. Коктобе	пгт. Тасбогет	г. Казалинск
24.12	657	535	370	101
25.12	660	555	360	115
26.12	657	568	320	130
27.12	605	585	350	140
28.12	540	609	350	150
29.12	545	623	355	185
30.12	550	633	300	190
31.12	595	646	315	190

Верстка - **Беглов И.Ф.**

Издание осуществлено при финансовой поддержке
Швейцарского управления по развитию и сотрудничеству
в рамках проекта CAREWIB

Подготовлено к печати и отпечатано
в Научно-информационном центре МКВК

Республика Узбекистан, 100 187, г. Ташкент, м-в Карасу-4, д. 11

info@icwc-aral.uz