
УДК 504.45(556.18)

Ж.Ж. Смагулов¹
А.А. Сапарова¹
А.Р. Загидуллина¹
Г.Р. Баспакова¹

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА СЦЕНАРИЕВ РАЗВИТИЯ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ В ТРАНСГРАНИЧНОМ БАССЕЙНЕ РЕКИ ЕРТИС (КАЗАХСТАНСКАЯ ЧАСТЬ)

Ключевые слова: водные ресурсы, водный баланс, водопотребление, водохозяйственный расчет, уравнение баланса, водохозяйственный участок, сценарий, вододефицит

В статье рассмотрены, как общие, так и отдельные вопросы исследования элементов водохозяйственного баланса. Произведен расчет водохозяйственного баланса Ертысского бассейна в пределах Казахстана. Проведено районирование бассейна р. Ертыс (на 4 узловых участках) для решения конкретных водохозяйственных задач. Составлены ретроспективный (1980...1989, 1990...1999, 2000...2010 и 2010...2015 гг.) и прогнозный (сценарии А и В) водохозяйственные балансы.

Река Ертыс является крупнейшей водной артерией республики Казахстан и в будущем, возможно, выступит донором других вододефицитных районов Казахстана. Согласно SWOT-анализу, в Государственной программе развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2017...2021 гг. [9] определено, что одной из возможностей развития является увеличение площади орошаемых земель и повышение их эффективности, а угрозами являются неблагоприятные изменения природно-климатических условий и дефицит водных ресурсов.

Климатическим изменениям мы пока мало что можем противопоставить, а вот для устранения дефицита воды есть два пути: снижение нагрузки на водные ресурсы и увеличение ресурсов пресной воды. Первая группа предусматривает реализацию мероприятий по уменьшению темпов

¹Институт географии, г. Алматы, Казахстан;

развития основных водопотребителей и использованию современных технологий для сокращения потребления пресной воды в промышленности, сельском и коммунальном хозяйстве. Вторая группа предполагает увеличение располагаемых для использования водных ресурсов за счет: регулирования речного стока; использования запасов подземных пресных вод; опреснения соленых и солоноватых вод; территориального перераспределения водных ресурсов. Безусловно, сочетание обоих путей решения проблемы даст наибольший эффект.

Но, прежде всего, необходимо оценить имеющиеся ресурсы поверхностных вод. Расчет водохозяйственного баланса дает наиболее наглядное представление имеющейся общей картины водохозяйственной обстановки.

Водный баланс в водохозяйственном отношении хорошо демонстрирует развитость и общее состояние природно-хозяйственной системы в целом, показывая доступность к использованию водных ресурсов (объемы поверхностных и подземных вод, доступных для многолетнего гарантированного использования при существующем и проектируемом составе водохозяйственного комплекса) или их дефицит, а также позволяет прогнозировать на будущее.

Расчет водохозяйственного баланса позволяет подтверждать возможность удовлетворения намечаемого развития хозяйства или указывает на исчерпание (дефицит) водных ресурсов; устанавливает принципиальный состав водохозяйственных мероприятий по покрытию дефицитов воды при различных вариантах размещения водоемких потребителей (регулирование стока водохранилищами, привлечение вод из других бассейнов и др.); определяет в некоторых случаях свободный объем воды, оставшийся в реке для использования его за пределами рассматриваемой территории.

Постановка проблемы. Водохозяйственный баланс – это количественное соотношение между водными ресурсами и потребностями в пределах какого-либо экономического района или физико-географического региона за определенный период с учетом хозяйств и деятельности человека.

В общем плане водохозяйственные вопросы, а именно проблема взаимодействия водохранилищ с окружающей природной средой и вопросы их водообмена, рассмотрены в работах А.Б. Авакяна [1], Б.Б. Богословского [3], С.Л. Вендрова и К.Л. Дьяконова [5] и др.

Наибольшие успехи достигнуты в изучении основных элементов водного баланса крупных водохранилищ: притока, осадков, стока и испарения для конкретных водохранилищ. На основании использования непосредственных данных наблюдений за стоком и осадками, а также различных расчетных методик при определении испарения и ряда других элементов, рассчитаны водные балансы отдельных крупных водохранилищ СССР, как за многолетний период, так и за конкретные годы. Следует отметить, что органы Госкомгидромета СССР более 30 лет составляли текущие водные балансы крупных озер и водохранилищ СССР за декаду, месяц и год. К началу 1988 г. такие расчеты выполнены для многих водохранилищ СССР. Результаты научных проработок по водохозяйственному балансу отдельных водохранилищ приведены также в справочниках-монографиях серии «Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ», а также в трудах В.Г. Булата [4], Р.И. Геты [8] и др. Более поздние работы по расчету водохозяйственного баланса проводились В.Д. Красовым [10], Л.К. Левит-Гуревичем [13].

Вопросы оценок водных ресурсов по территории Казахстана, в том числе частично водохозяйственных балансов с учетом современных изменений климата и антропогенных нагрузок, отражены в исследованиях, проведенных Институтом географии РК, в частности ведущими отечественными гидрологами, такими как Р.И. Гальперин, С.К. Давлетгалиев, Ж.Д. Достай, М.М. Молдахметов, С.К. Алимкулов и др. [6, 7, 2]. Непосредственно по Ертисскому бассейну можно отметить работу [15].

Так как гидротехнические сооружения вступали в строй неодновременно, то и накопленные к настоящему времени ряды воднобалансовых данных имеют различную продолжительность. Более полные данные об элементах водного баланса получены по тем водохранилищам, которые относятся к сети Казгидромета. Тем не менее, состояние знаний об основных составляющих водного баланса далеко неравнозначно. Наиболее надежно можно определить только два элемента водного баланса крупных водохранилищ – сток через подпорное сооружение и осадки (погрешность подсчета стока в большинстве случаев не выходит за пределы $\pm 5\%$). Это обеспечивает достаточную надежность получаемых данных по сравнению с другими элементами баланса.

Следует отметить, что на современном этапе воднобалансовые исследования и водохозяйственные расчеты составляют основу для разработки государственных программ развития как отдельного региона,

так и целой страны.

Материалы и методы. При составлении водохозяйственных балансов использованы научные и проектные материалы, публикации, находящиеся в открытом доступе, а также данные РГП «Казгидромет», отчеты бассейновой инспекции (БИ) за 2010...2015 гг., Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов. Применены методы гидрологических и водохозяйственных расчетов, методы компьютерной обработки информации и системный анализ.

Результаты и обсуждения. Учитывая особенности рельефа территории, подстилающую поверхность, режим атмосферных осадков, условия формирования стока, наличие гидротехнических сооружений, водозабор и т.д., территория бассейна р. Ертис (в пределах Казахстана) районирована на узловые составные участки:

1 участок – от государственной границы РК с КНР до нижнего бьефа Буктырминского водохранилища;

2 участок – от нижнего бьефа Буктырминского водохранилища до нижнего бьефа Шульбинского водохранилища;

3 участок – от нижнего бьефа Шульбинского водохранилища до границы Восточно-Казахстанской и Павлодарской областей;

4 участок – от границы Восточно-Казахстанской и Павлодарской областей до государственной границы РК с РФ (рис. 1).

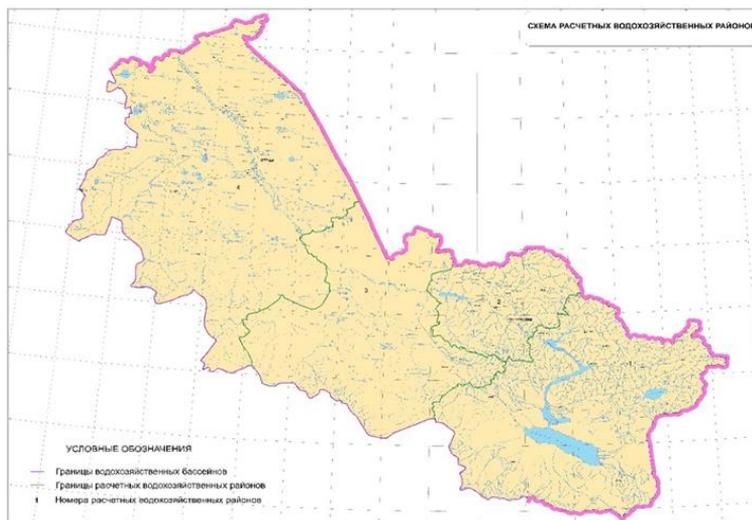


Рис. 1. Схема водохозяйственного районирования Ертисского бассейна по узловым участкам.

В водохозяйственных расчетах использовано следующее основное

уравнение баланса [14]:

$$B = W_{ex} + W_{бок} + W_{пзв} + W_{вв} + W_{дот} \pm \Delta V \pm W_{л} - W_{исп} - W_{ф} - W_{у} - W_{пер} - W_{вдп} - W_{кп},$$

где W_{ex} – объем стока за расчетный период, поступающий с выше-лежащих участков рассматриваемого водного объекта, млн.м³;

$W_{бок}$ – объем воды за расчетный период, формирующийся на расчетном водохозяйственном участке (боковая приточность);

$W_{пзв}$ – объем водозабора из подземных водных объектов, осуществляемый в порядке, установленном законодательством;

$W_{вв}$ – возвратные воды на водохозяйственном участке (подземные и поверхностные воды, стекающие с орошаемых территорий, сточные и (или) дренажные воды, отводимые в водные объекты). Фактически учитывается объем воды, попадающий на расчетный водохозяйственный участок со стороны действующей системы водоотведения, которая определяет суммарное количество всех видов сточных вод (в том числе коллекторно-дренажных), отводимых в водоемы, подземные горизонты и бессточные понижения, а также подаваемых на очистные сооружения;

$W_{дот}$ – дотационный объем воды, поступающий на водохозяйственный участок из систем территориального перераспределения стока (межбассейновые и внутрибассейновые переброски);

$\pm \Delta V$ – сработка или наполнение прудов и водохранилищ на расчетном водохозяйственном участке;

$\pm W_{л}$ – потери воды при оседании льда на берега при зимней сработке водохранилища и/или возврат воды в результате таяния льда весной;

$W_{исп}$ – потери на испарение с акватории водоемов;

$W_{ф}$ – фильтрационные потери из водохранилищ, каналов, других поверхностных водных объектов в пределах расчетного водохозяйственного участка;

$W_{у}$ – уменьшение речного стока, вызванное водозабором из подземных водных объектов, имеющих гидравлическую связь с рекой;

$W_{пер}$ – переброска части стока (объема воды) за пределы расчетного водохозяйственного участка;

$W_{вдп}$ – суммарные требования всех водопользователей данного расчетного водохозяйственного участка;

$W_{кп}$ – требуемая величина стока в замыкающем створе расчетного водохозяйственного участка (транзитный сток или комплексный попуск, в

котором суммированы санитарно-экологические и хозяйственные попуски);

B – результирующая составляющая (избыток или дефицит водных ресурсов) водохозяйственного участка.

Колебания стока внутри года и сезонная неравномерность водопользования обуславливает необходимость составления балансов по интервалам времени, в пределах которых этими изменениями можно пренебречь. Для сохранения в расчетах реальных соотношений водности в различных частях бассейна балансы составлены для годового и десятилетнего стока в замыкающем створе. Такой подход позволяет автоматически учесть распределение стока между реками и участками рек бассейна с различным внутригодовым и внутрибассейновым распределением стока и выбрать наиболее неблагоприятные (с наибольшими дефицитами воды). Чтобы не допустить занижения доступных к использованию водных ресурсов, сток рек за характерные годы, принятый в качестве расчетного, следует приводить к естественным условиям, увеличивая его на объем безвозвратного водопотребления выше рассматриваемого створа, имевшего место в этот год.

Для расчетного уровня водохозяйственного баланса выделены следующие особые случаи:

– положительный баланс, когда для всех расчетных интервалов времени объем приходной части баланса больше расходной части, и дополнительных водохозяйственных мероприятий на данном расчетном уровне не требуется. При этом, складывающийся избыток водных ресурсов в регионе, позволяет осваивать новые виды водопользования, не ущемляя существующие;

– увязанный баланс, при котором наблюдается динамическое равновесие между приходной и расходной частями баланса. В этом случае для развития водозабора необходимо проведение специальных водохозяйственных мероприятий по изысканию дополнительных водных ресурсов внутри региона или осуществление переброски вод извне;

– отрицательный баланс, когда имеющиеся водные ресурсы региона недостаточны для удовлетворения потребности в воде с необходимой степенью обеспеченности, включая требования к расходам воды ниже створа разработки баланса.

Водохозяйственный баланс Ертисского бассейна составлялся для средних значений за десятилетия и последнего пятилетнего периода:

1980...1989, 1990...1999, 2000...2009, 2010...2015 гг. Прогнозный водохозяйственный баланс составлен для четырех сценариев: А1 – инерционное водопотребление в КНР и РК; А2 – интенсивное потребление в КНР и инерционное водопотребление в РК; В1 – интенсивное потребление в РК и инерционное водопотребление в КНР; В2 – интенсивное потребление в РК и КНР.

В приходной части баланса каждого участка учитываются:

1) местные ресурсы, формирующиеся на территории данного участка;

2) приток к участку со стороны верхнего участка (для 1-го участка – это сток с территории КНР по данным г/п р. Ертис – с. Боран, для 2-го участка – сток по данным г/п р. Ертис – Буктарминская ГЭС, для 3-го участка – сток по данным г/п р. Ертис–с. Шульба, для 4-го участка – сток по данным г/п р. Ертис–с. Семиярка);

3) боковая приточность в р. Ертис и/или водохранилище с учетом естественных и хозяйственных потерь;

4) атмосферные осадки, выпадающие на поверхность р. Ертис и водохранилища (атмосферные осадки, выпадающие на поверхность участка, учитываются стоком рек, впадающих в р. Ертис и/или водохранилище);

4) подземный приток в русло р. Ертис.

В расходной части баланса каждого участка учитываются:

1) отток с участка к нижнему участку (для 1-го участка – сток по данным г/п р. Ертис – Буктарминская ГЭС, для 2-го участка – сток по данным г/п р. Ертис–с. Шульба, для 3-го участка – сток по данным г/п р. Ертис – с. Семиярка, для 4-го участка – сток по данным г/п р. Ертис–с. Прииртышское). Для определения величины прогнозного оттока, согласно диспетчерскому правилу регулирования Буктырминского водохранилища, использовано значение при работе с гарантийной отдачей обеспеченностью $P=50\%$, для 2-го участка, согласно диспетчерскому правилу регулирования Шульбинского водохранилища, с гарантийной отдачей обеспеченностью – $P=50\%$. Отток с верхнего участка является притоком нижнего участка;

2) испарение с поверхности р. Ертис и/или водохранилища;

3) водозабор на участке, включая водозабор на реках-притоках и с самой р. Ертис и/или водохранилища (Буктырминское, Шульбинское, Усть-Каменогорское). Необходимо отметить, что в период 1980...1989 гг. данных по водозабору было недостаточно или имелись пробелы;

4) подземный отток из русла реки Ертис;

5) русловые потери, потери стока с гидрографической сети бассейна

(кроме русла р. Ертис, где эти потери более подробно освещены).

Большая часть расходной составляющей формируется специальными попусками (расходами) воды ниже створа разработки баланса. Значения этих расходов воды устанавливаются в соответствии с выявленными требованиями различных водопользователей к водным ресурсам реки ниже расчетного створа.

В настоящее время достаточно четкие требования к расходам попусков установлены только для судоходства и сельского хозяйства. В то же время каких-либо однозначных приемов установления экологических (природоохранных) попусков пока нет.

Результаты расчетов водохозяйственного баланса по каждому конкретному участку представлены в табл. 1.

Для первого участка, в результате вычисления за прошедшие десятилетия с 1990 г. и с 2000 г., баланс близок к нулю, т.е. к так называемому «увязанному» балансу. В пятилетие с 2010 г. баланс переходит к положительному, т.е. в Буктырминском водохранилище шло аккумулятивное стока, что можно объяснить относительно многоводной пятилеткой. По всем сценариям А и В на первом участке мы видим стабильный отрицательный баланс с существенным увеличением дефицита в сценарии интенсивного водопотребления в КНР и РК более чем в 7 км^3 . Но мы должны учитывать, что данные балансы составлены с учетом сохранения текущего объема Буктырминского водохранилища, и в пределах зоны гарантированной отдачи работы водохранилища мы можем компенсировать дефицит баланса на первом участке.

Для второго участка за десятилетия с 1990 и 2000 годов мы имеем отрицательный баланс, возрастающий от $0,63...1,28 \text{ км}^3$ до $1,71 \text{ км}^3$ и являющийся следствием того, что примерно с 1982...1984 по 2008...2012 гг., наблюдался очень длительный период, в течении которого сток рек имел наименьшую вариацию и находился около нормы, также внутри периода имеются небольшие 2-3-х, 5-6-летние маловодные периоды. В пятилетке с 2010 г. баланс опять же переходит к равновесному, близкому к нулю, что также можно отнести к относительно многоводному периоду последних лет. В прогнозных сценариях баланс отрицательный и колеблется от минус $1,5$ до $2,1 \text{ км}^3$ при сценарии А1 (инерционное потребление в КНР) и увеличивается до минус $2...2,1 \text{ км}^3$ при сценарном варианте В (интенсивное потребление в РК и КНР). В сценариях А и В мы видим дефицит водных ресурсов.

Для третьего участка в ретроспективный период мы имеем увязанный баланс более близкий к положительному, а с 2010 г мы имеем дефицит до 1,7 км³.

Для четвертого участка за десятилетия с 1980 г. и с 2000 г. мы имеем положительный баланс и отрицательный баланс в 1990-ые годы и в пятилетие 2010...2015 гг. В прогнозных сценариях отток с участка вычислен, как 50 % от формирующегося на территории РК за вычетом русловых потерь (согласно международным соглашениям по делению трансграничных вод [11, 12, 16].), соответственно, балансы для четвертого участка непоказательны.

Заключение. В условиях глобального изменения климата и сокращения речного стока, как местного, так и трансграничного, на фоне увеличения водопотребления, как показывают водохозяйственные расчеты на четырех расчетных створах по бассейну р. Ертис, дефицит водных ресурсов неизбежно отразится на всех отраслях экономики и на природных комплексах. Эти воздействия в большей или меньшей степени могут негативно повлиять на устойчивое развитие страны в целом.

Результаты водохозяйственных расчетов показывают, что в 2030...2040 гг. в бассейне р. Ертис вододефицит начнут испытывать отдельные водопользователи в пределах Казахстана, ожидается также сокращение стока в Российскую Федерацию. В последующие годы усиление темпов интенсивного развития водопотребления в зоне формирования стока (Китай) и в среднем течении (Казахстан) является наихудшим сценарием развития, когда дефицит водных ресурсов будет обостряться к 2050 г.

Учитывая вышесказанное, проблемы вододефицита в краткосрочной перспективе могут быть решены глубоким многолетним регулированием управляющим каскадом Буктырминского водохранилища, а также коренным пересмотром подходов к водопотреблению отраслями экономики с использованием новых водосберегающих методов. Однозначно, необходимо усовершенствовать систему управления водными ресурсами всего трансграничного бассейна реки Ертис с внедрением современных и иных адаптивных технологий.

Данное исследование выполнено в рамках проекта «Оценка и прогноз водообеспеченности природно-хозяйственной системы Ертисского бассейна с учетом перспектив сельскохозяйственного освоения территории и межбассейнового перераспределения водных ресурсов» по договору Комитета по водным ресурсам МСХ РК с ТОО «Институт Географии» МОН РК.

Таблица 1

Водохозяйственный баланс по участкам Ертисского бассейна в пределах РК, в км³

№ п/п	Составляющие баланса	Ретроспектива				Сценарий А в случае инерционного водо- потребления в РК						Сценарий В в случае интенсивного водо- потребления в РК					
		1980... 1989	1990... 1999	2000... 2010	2010... 2015	Прогноз по сцена- рию А1			Прогноз по сцена- рию А2			Прогноз по сцена- рию В1			Прогноз по сцена- рию В2		
						2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050
1 участок – от гос. границы РК с КНР до НБ Буктырминского вдхр.																	
Приходная часть																	
1	Местные ресурсы (естественный)	13,5	14,6	15,2	20,0	13,5	13,3	13,0	13,5	13,3	13,0	13,5	13,3	13,0	13,5	13,3	13,0
2	Приток на уча- сток (фактиче- ский)	8,39	9,44	8,07	8,11	5,95	5,42	4,39	2,03	2,02	2,00	5,95	5,42	4,39	2,03	2,02	2,00
3	Осадки суммар- ные	0,79	0,98	0,96	1,04	0,956	0,975	0,987	0,956	0,975	0,987	0,956	0,975	0,987	0,956	0,975	0,987
4	Подземный при- ток	0,108	0,108	0,108	0,108	0,108	0,108	0,108	0,108	0,108	0,108	0,108	0,108	0,108	0,108	0,108	0,108
5	Сработка вдхр.	0,00	0,00	0,63	0,00												
	Итого:	22,8	25,1	25,0	29,2	20,5	19,8	18,5	16,6	16,4	16,1	20,5	19,8	18,5	16,6	16,4	16,1
Расходная часть																	
1	Отток с участка	15,9	17,7	16,9	15,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8
2	Испарение сум- марное	3,13	4,04	4,11	3,96	4,52	4,67	4,83	4,52	4,67	4,83	4,52	4,67	4,83	4,52	4,67	4,83
3	Водозабор		0,54	0,18	0,21	0,623	0,626	0,629	0,623	0,626	0,629	0,856	1,091	1,094	0,856	1,091	1,094
4	Подземный отток	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054
		0,68	0,24	0,00	2,99												
5	Русловые потери	3,19	3,45	3,60	4,73	3,20	3,15	3,08	3,20	3,15	3,08	3,20	3,15	3,08	3,20	3,15	3,08

№ п/п	Составляющие баланса	Ретроспектива				Сценарий А в случае инерционного водопотребления в РК						Сценарий В в случае интенсивного водопотребления в РК					
		1980... 1989	1990... 1999	2000... 2010	2010... 2015	Прогноз по сценарию А1			Прогноз по сценарию А2			Прогноз по сценарию В1			Прогноз по сценарию В2		
						2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050
	Итого:	22,9	26,0	24,8	27,8	23,1	23,2	23,3	23,1	23,2	23,3	23,4	23,7	23,8	23,4	23,7	23,8
		Баланс															
		-0,17	-0,91	0,16	1,5	-2,6	-3,4	-4,9	-6,5	-6,8	-7,2	-2,9	-3,9	-5,3	-6,8	-7,3	-7,7
		2 участок – от НБ Буктырминского вдхр. до НБ Шульбинского вдхр.															
		Приходная часть															
1	Местные ресурсы	8,59	9,00	8,41	9,74	8,12	7,94	7,71	8,12	7,94	7,71	8,12	7,94	7,71	8,12	7,94	7,71
2	Приток на участок	15,9	17,7	16,9	15,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8
3	Осадки суммарные	0,044	0,095	0,103	0,099	0,078	0,080	0,081	0,078	0,080	0,081	0,078	0,080	0,081	0,078	0,080	0,081
4	Подземный приток	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29
	Итого:	25,8	28,1	26,7	26,9	24,2	24,1	23,8	24,2	24,1	23,8	24,2	24,1	23,8	24,2	24,1	23,8
		Расходная часть															
1	Отток с участка	25,7	28,2	27,3	25,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6
2	Испарение суммарное	0,069	0,19	0,19	0,18	0,182	0,186	0,190	0,182	0,186	0,190	0,182	0,186	0,190	0,182	0,186	0,190
3	Водозабор		0,21	0,17	0,28	0,357	0,355	0,353	0,357	0,355	0,353	0,430	0,502	0,499	0,430	0,502	0,499
4	Подземный отток	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Руслевые потери	0,70	0,77	0,74	0,70	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
	Итого:	26,4	29,4	28,4	26,8	25,8	25,8	25,8	25,8	25,8	25,8	25,9	25,9	25,9	25,9	25,9	25,9
		Баланс															
		-0,63	-1,28	-1,71	0,1	-1,5	-1,7	-2,0	-1,5	-1,7	-2,0	-1,6	-1,9	-2,1	-1,6	-1,9	-2,1

№ п/п	Составляющие баланса	Ретроспектива				Сценарий А в случае инерционного водопотребления в РК						Сценарий В в случае интенсивного водопотребления в РК					
		1980... 1989	1990... 1999	2000... 2010	2010... 2015	Прогноз по сценарию А1			Прогноз по сценарию А2			Прогноз по сценарию В1			Прогноз по сценарию В2		
						2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050
3 участок – от НБ Шульбинского вдхр. до границы ВКО и Павлодарской обл.																	
Приходная часть																	
1	Местные ресурсы	0,54	0,57	0,58	0,84	0,577	0,582	0,583	0,577	0,582	0,583	0,577	0,582	0,583	0,577	0,582	0,583
2	Приток на участок	25,7	28,2	27,3	25,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6
3	Осадки	0,027	0,030	0,031	0,029	0,030	0,031	0,031	0,030	0,031	0,031	0,030	0,031	0,031	0,030	0,031	0,031
4	Подземный приток	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044
	Итого:	26,3	28,8	27,9	26,6	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2
Расходная часть																	
1	Отток с участка	25,3	27,0	26,5	27,5	26,77	26,77	26,77	26,77	26,77	26,77	26,77	26,77	26,77	26,77	26,77	26,77
2	Испарение	0,071	0,075	0,073	0,070	0,079	0,080	0,082	0,079	0,080	0,082	0,079	0,080	0,082	0,079	0,080	0,082
3	Водозабор		0,173	0,112	0,292	0,083	0,086	0,089	0,083	0,086	0,089	0,155	0,182	0,191	0,155	0,182	0,191
4	Подземный отток		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Русловые потери	0,26	0,28	0,29	0,41	0,28	0,28	0,29	0,28	0,28	0,29	0,28	0,28	0,29	0,28	0,28	0,29
	Итого:	25,7	27,6	27,0	28,3	27,2	27,2	27,2	27,2	27,2	27,2	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3
Баланс																	
		0,60	1,28	0,98	-1,7	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1
4 участок – границы ВКО и Павлодарской обл. до гос. границы РК с РФ																	
Приходная часть																	

№ п/п	Составляющие баланса	Ретроспектива				Сценарий А в случае инерционного водопотребления в РК						Сценарий В в случае интенсивного водопотребления в РК					
		1980... 1989	1990... 1999	2000... 2010	2010... 2015	Прогноз по сценарию А1			Прогноз по сценарию А2			Прогноз по сценарию В1			Прогноз по сценарию В2		
						2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050
1	Местные ресурсы	0,36	0,38	0,39	0,56	0,388	0,391	0,393	0,388	0,391	0,393	0,388	0,391	0,393	0,388	0,391	0,393
2	Приток на участок	25,3	27,0	26,5	27,5	26,77	26,77	26,77	26,77	26,77	26,77	26,77	26,77	26,77	26,77	26,77	26,77
3	Осадки	0,074	0,082	0,087	0,13	0,086 6	0,088 5	0,089 5	0,086 6	0,088 5	0,089 5	0,086 6	0,088 5	0,089 5	0,086 6	0,088 5	0,089 5
4	Подземный приток	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Итого:	25,8	27,5	27,0	28,2	27,2	27,3	27,3	27,2	27,3	27,3	27,2	27,3	27,3	27,2	27,3	27,3
		Расходная часть															
1	Отток с участка	23,0	24,9	21,9	26,1	12,0	11,6	10,8	10,0	9,9	9,6	12,0	11,6	10,8	10,0	9,9	9,6
2	Испарение	0,18	0,19	0,19	0,19	0,206	0,210	0,215	0,206	0,210	0,215	0,206	0,210	0,215	0,206	0,210	0,215
3	Водозабор		2,98	2,52	2,88	3,19	3,48	3,77	3,19	3,48	3,77	3,61	4,31	4,60	3,61	4,31	4,60
4	Подземный отток	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426	0,426
5	Русловые потери	0,36	0,38	0,39	0,56	0,388	0,391	0,393	0,388	0,391	0,393	0,388	0,391	0,393	0,388	0,391	0,393
6	Потери на пойме	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655
	Итого:	24,7	29,6	26,1	30,8	16,2	16,1	15,6	14,2	14,4	14,4	16,6	16,9	16,5	14,7	15,2	15,3
		Баланс															
		1,13	-2,06	0,89	-2,6	11,0	11,2	11,6	13,0	12,9	12,8	10,6	10,3	10,8	12,6	12,0	12,0

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авакян А.Б. Водохранилища и окружающая среда (Народнохозяйственное значение водохранилищ и их воздействие на окружающую среду). – М.: Знание, 1982. – 47 с.
2. Әлімқұлов С.Қ. Алақөл алабы өзендерінің гидрологиялық зерттелуі// География және табиғат. – Алматы, 2008. - № 1(31). 15-17 с.
3. Боголовкий Б. Б. Водный баланс и термика озер и водохранилищ. Учебное пособие. – Л.: ЛПИ им. М. И. Калинина, 1979. –71 с.
4. Булат В. Г. Исследование стока Днепра и элементов режима Каховского водохранилища применительно к расчетам его водного баланса: Автореф. дис. канд. геогр. наук / Украинский ин-т инженеров водного хозяйства. – Ровно, 1975. –25 с.
5. Вендров С. Л., Дьяконов К. Л. Водохранилища и окружающая среда. – М.: Наука, 1976. – С. 134-136.
6. Гальперин Р.И. Проблема оценки водных ресурсов / Р.И. Гальперин, М.М. Молдахметов // Актуальные проблемы геосистем аридных территорий. – Алматы: КазНУ, 2003. –С. 41-46.
7. Гальперин Р.И. Вопросы совершенствования гидрологических расчетов и прогнозов для управления водными ресурсами / Р.И. Гальперин, Ж.Д. Достай // Матер. междунар. научно-практ. конф. «Географические проблемы устойчивого развития: Теория и практика, посв. 70-летию Института географии». – Алматы, 2008. – С. 214-225.
8. Гета Р. И. Водный баланс Братского водохранилища. – Новосибирск: Наука, 1978. – 134 с.
9. Государственная программа развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2017...2021 гг. Постановление Правительства Республики Казахстан от 13 марта 2017 года № 113. [Электрон. ресурс]. – 2019. – URL: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/P1800000423> (дата обращения: 04.05.2019).
10. Красов В. Д. Методические аспекты построения водохозяйственных балансов // Вестник ВГУ. – Серия: География. Геоэкология. – 2007. – № 2. – С. 18-23.
11. Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер ЕЭК ООН (Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes) 1992 г.

- Электрон. ресурс]. – 2019. – URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/watercourses_lakes.shtml (дата обращения: 18.04.2019).
12. Конвенция о праве несудоходных видов использования международных водотоков ООН (Convention on the Law of the Non-navigational Uses of International Watercourses) 1997 г. Электрон. ресурс]. – 2019. – URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/watercrs.shtml (дата обращения: 08.05.2019).
 13. Левит-Гуревич Л. К. Рациональное управление водными ресурсами водохранилищ на примере Волжско-Камского каскада // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14. – №1(9). – С. 23 43.
 14. Методика расчета водохозяйственных балансов водных объектов. [Электрон. ресурс]. – 2019. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902078439> (дата обращения: 06.04.2019).
 15. Раткович Л.Д., Романова Ю.А. Водохозяйственный баланс реки Иртыш в пределах Республики Казахстан с учетом проектных мероприятий в Китайской Народной Республике // Природообустройство. – 2014. – № 2. –С. 75 85.
 16. Хельсинкские правила использования вод международных рек (ILA Helsinki Rules on the Uses of the Waters of International Rivers) 1966 г. Электрон. ресурс]. – 2019. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1900698> (дата обращения: 29.04.2019)
- Поступила 31.05.2019

Ж.Ж. Смагулов
А.А. Сапарова
А.Р. Загидуллина
Г.Р. Баспакова

**ЕРТІС ӨЗЕНІНІҢ ТРАНСШЕКАРАЛЫҚ АЛАБЫНДА СУ
ТҰТЫНУДЫ ДАМУ ТУРАСЫ СЦЕНАРИЙЛЕРІН ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ СУ
ШАРУАШЫЛЫҒЫ ЗЕРТТЕУЛЕРІ (ҚАЗАҚСТАН БӨЛІГІ)**

Түйін сөздер: су ресурстары, су теңдестігі, су тұтыну, су шаруашылығы есебі, баланс теңдеуі, су шаруашылығы телімі, сценарий, су тапшылығы.

Мақалада асу шаруашылығы теңдестігінің элементтерін зерттеудің жалпы және жеке мәселелері қарастырылған, Қазақстан шегінде Ертіс алабының су шаруашылығы теңдестігінің есебі жүргізілді, Нақты су шаруашылығы міндеттерін шешу үшін Ертіс өзені бассейнін (4 топтық телімдерге) аудандастыру жүргізілді, Ретроспективті (1980...1989, 1990...1999, 2000...2010 және 2010...2015 жж.) және болжамды (А және В сценарийі) Су шаруашылығы теңдестігі жасалды.

J.J. Smagulov, A.A. Saparova, A.R. Zagidullina, G.R. Baspakova

**WATER MANAGEMENT STUDIES AND WORKING-OUT OF
SCENARIOS FOR THE DEVELOPMENT OF WATER CONSUMPTION
IN THE TRANSBOUNDARY ERTIS RIVER BASIN (KAZAKHSTAN
PART)**

Key words: water resources, water balance, water consumption, water-management design, balance equation, water management area, scenario, water deficit

The article deals with both General and individual issues of the study of the elements of water balance. The calculation of the water balance of the Ertis River Basin within Kazakhstan was made. Zoning of the Ertis River Basin (on 4 key areas) for the solution of specific water management problems was carried out. The retrospective (1980...1989, 1990...1999, 2000...2010 and 2010...2015) and forecast (scenarios A and B) water balances were compiled.