

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 556.16

М.А. Бейсембаева, Л.И. Дубровская

ОЦЕНКА МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ВОДНОГО СТОКА ВЕРХНЕГО ИРТЫША В ЦЕЛЯХ УСТОЙЧИВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Приведены результаты оценки изменений природного и антропогенного происхождения для среднего годового и среднего месячного стока рр. Черный Иртыш и Иртыш в пределах Республики Казахстан за период 1903–2010 гг. в условиях интенсификации водопользования и современных климатических изменений. Показано, что регулирование стока воды Верхне-Иртышским каскадом водохранилищ, а также изъятие стока в верховьях на территории КНР привели к существенному изменению общей водности и гидрологического режима Верхнего Иртыша.

Ключевые слова: трансграничная река; водный сток; зарегулированность; каскад водохранилищ; средний годовой сток; средний месячный сток; внутригодовое перераспределение стока; пойменные земли.

Состояние природной среды и обеспеченность водными ресурсами на территории бассейна р. Иртыш затрагивают государственные и экономические интересы трех сопредельных стран – Китайской Народной Республики, Республики Казахстан и Российской Федерации.

В пределах казахстанской части бассейна р. Иртыш с площадью водосбора более 300 тыс. км² расположены Павлодарская и Восточно-Казахстанская области Республики Казахстан. Промышленность, сельское хозяйство, гидроэнергетика, коммунально-хозяйственное водоснабжение, водный транспорт и другие объекты названных областей являются основными водопотребителями и водопользователями, а также прямыми источниками загрязнения одной из важнейших трансграничных водных артерий Казахстана, имеющей социальное-экономическое, экологическое и геополитическое значение.

Проблеме управления водными ресурсами были посвящены труды многих исследователей: А.Б. Авакяна, О.Ф. Васильева, С.Л. Вендрова, А.М. Черняева, И.С. Шахова, Н.Б. Прохоровой, Л.М. Корытного и др. [1–8]. В Казахстане изучением гидроэкологических проблем занимаются Ж.Д. Достай, А.А. Турсунов, М.Ж. Бурлибаев, разрабатывающие, в частности, проблемы вододеления в Арало-Сырдарьинском бассейне [9, 10].

На территории Республики Казахстан сток р. Иртыш зарегулирован Верхне-Иртышским каскадом водохранилищ: Бухтарминским (заполнение и пуск произведены в 1960–1966 гг.); Усть-Каменогорским (заполнение в 1952–1954 гг., выход на полную мощность в 1966 г.); Шульбинским (начало строительства в 1976 г., введен в эксплуатацию в 1987–1994 гг.). Названные водохранилища последовательно осуществляют многолетнее, сезонное, недельное регулирования стока и в соответствии со своим назначением изменяют гидрологический режим Иртыша с момента их заполнения и начала эксплуатации. Канал Иртыш – Караганда, строительство которого велось в 1968–1975 гг., производит забор воды из Иртыша для переброски части стока в Карагандинскую и Акмолинскую области, а также для водообеспечения столицы Республики Казахстан – Астаны [11].

Изменение гидрологического режима Иртыша в результате регулирования стока существующим каскадом

гидроэлектростанций, повышенного водопотребления и освоения пойменных земель привело к снижению природного потенциала экосистемы самой реки и ее пойменных массивов со значительными изменениями по качественным и количественным показателям речного стока. На современном этапе водохозяйственный баланс Северо-Восточного региона Казахстана считается напряженным.

Данная работа посвящена исследованию изменений природного и антропогенного происхождения в режиме водного стока рр. Черный Иртыш и Иртыш в пределах Республики Казахстан за период 1903–2010 гг. и оценке его современного состояния в условиях интенсификации водопользования и современных климатических изменений.

Объект исследования. Река Иртыш, левый приток Оби, берет начало в Китае на западных склонах Монгольского Алтая и до впадения в оз. Зайсан носит название Черный Иртыш. В пределы Казахстана Иртыш входит уже судоходной рекой со средним многолетним годовым расходом воды, равным 286 м³/с (по данным 1938–2010 гг.), и впадает в оз. Зайсан. Основной объем стока Верхнего Иртыша формируется в его верховьях и ориентировочно составляет: на территории КНР – 25%, на территории Казахстана – 75% (из них 40% составляет сток малых рек, непосредственно впадающих в Иртыш от границы с КНР до устья р. Бухтарма, и 35% приходится на рр. Ульба и Уба и другие малые притоки ниже г. Усть-Каменогорск.

На верхнем участке, до впадения в оз. Зайсан, река принимает ряд притоков: рр. Окурт, Камер, Кран, Бурчум и многоводный Кальджир, вытекающий из оз. Маркаколь. Ниже устья р. Бухтармы, где Иртыш входит в узкое горное ущелье, располагается Бухтарминское водохранилище. В результате образовавшегося подпора Бухтарминское водохранилище вобрало в себя оз. Зайсан. В водохранилище впадает ряд крупных притоков – Курчум, Нарым, Бухтарма, Бол. Буконь, Таинты. Ниже второй плотины – Усть-Каменогорской ГЭС – на выходе реки из гор в нее впадает еще два крупных правобережных притока – рр. Ульба и Уба. Левобережные притоки Иртыша менее значительны – Ковалевка, Кызылсу, Чар, Мукур, Ащису. Самыми крупными притоками Иртыша являются Бухтарма и Уба.

Ниже г. Семипалатинска Иртыш на протяжении более 1 200 км (до г. Омска) не принимает ни одного значительного притока, за исключением р. Шаган, которая является проточной только в многоводные годы, поскольку протекает по полупустынной и сухостепной территории Казахстана.

Вследствие большой протяженности территории для различных ее частей характерны разные природно-климатические условия и уровень хозяйственной деятельности человека. Бассейн Верхнего Иртыша по характеру рельефа разделяется на две части: горную и равнинную. Казахстанский Алтай, являясь частью Алтайской горной страны, в орографическом отношении состоит из трех обособленных районов: Южного Алтая, западной части Центрального Алтая и Калбинского хребта. Восточная окраина Южного Алтая отличается

особенно высокогорными формами рельефа с постепенным понижением на запад. Высота отдельных хребтов колеблется от 2 500 до 3 800 м [12].

Характер гидрографической сети находится в тесной связи с орографическими и климатическими условиями. Для рек Восточного Казахстана характерно смешанное питание с преобладанием снегового. Дождевое питание имеет подчиненное значение и не превышает 15–20%, ледниковое является существенным лишь для створов, расположенных у ледников.

Исходные данные и методика исследования. Для изучения характера воздействия Верхне-Иртышского каскада водохранилищ на гидрологический режим р. Иртыш в пределах Республики Казахстан использовались гидрометрические данные по стоку в пяти гидростворах (табл. 1).

Таблица 1

Гидрографические и гидрологические характеристики водосборов р. Иртыш

Пост	F, км ²	L ₁ , км	L ₂ , км	H, м	Q _{ср} , м ³ /с	ε _Q , %	C _v	ε _{C_v} , %	Период наблюдений, гг.	N
с. Буран	55900	3688	560	1290	286	3,21	0,27	8,58	1938–2010	73
г. Усть-Каменогорск	147000	3076	1172	1070	588	1,97	0,20	6,95	1903–2010	108
с. Шульба	179000	2922	1326	991	893	2,11	0,20	7,52	1903–1994	92
с. Семиярское	229000	2643	1605		897	1,87	0,19	6,96	1903–1997, 1999–2010	107
г. Павлодар	240000	2396	1852		854	2,30	0,22	7,44	1903–1995, 2009–2010	95

Примечание. F – площадь водосбора, км²; L₁ – расстояние от устья, L₂ – расстояние от истока, км; H – средняя высота водосбора, м; Q_{ср} – средний многолетний годовой расход воды за период наблюдений, м³/с; ε_Q – относительная погрешность выборочного среднего расхода воды за весь период наблюдений, %; C_v – коэффициент вариации годового стока; ε_{C_v} – относительная погрешность коэффициента вариации годового стока, %; N – количество наблюдений.

Совместный анализ рядов годового стока производился для периода наблюдений 1938–1994 гг., репрезентативный для всех постов, приведенных в табл. 1. Оценка репрезентативности осуществлялась по разностной интегральной кривой среднегодовых расходов воды и среднеквадратической ошибке нормы стока в соответствии с [13].

Статистический анализ гидрологических данных включал в себя проверку рядов годовых расходов на случайность и однородность по среднему и дисперсии по критериям Стьюдента и Фишера, нулевых гипотез о соответствии рядов наблюдений и их частей с нормальным законом распределения по критериям Колмогорова–Смирнова, Лилиефорса и Шапиро–Уилкса в пакете «Statistica». Анализ динамики рядов на наличие значимых тенденций проводился по двум критериям: непараметрическому, основанному на подсчете числа инверсий, и параметрическому критерию Аббе [14].

Результаты. Установлено, что естественный режим стока р. Иртыш в гидростворах г. Усть-Каменогорск, с. Шульба, с. Семиярское и г. Павлодар (1960–1966 гг.) сменился на искусственно регулируемый.

Средний годовой сток. В 1960 г. были завершены наполнение и пуск Бухтарминского водохранилища, это привело к уменьшению среднегодовых расходов и размаха его колебаний на нижележащих створах, что четко просматривается на кривых многолетних расходов у г. Усть-Каменогорск и с. Семиярское, для которых имеются более чем 100-летние ряды наблюдений (рис. 1).

Для исследования был использован следующий прием, применяемый в практике водохозяйственного проектирования. Из длительного ряда наблюдений за стоком в створе гидроузла выбирались два периода: до строительства гидроузла – бытовой (далее период естественного режима), и после строительства гидроузла – эксплуатационный (далее период измененного режима), с близкими по величине параметрами годового стока, причем годы первоначального наполнения водохранилищ исключались.

Поскольку Бухтарминское водохранилище по объему значительно превосходит Усть-Каменогорское и на полную мощность они были выведены в 1966 г., то расчетный период естественного режима в данной работе принят с 1903 по 1959 г. включительно, а период измененного режима, соответствующий совместной работе всех водохранилищ, принят с 1967 по 1994 г. либо 1967–2010 гг. в зависимости от наличия данных для конкретного створа.

Если за 50 лет (1910–1960 гг.) естественного режима Иртыша у с. Семиярское через каждые 2, 3, 4 года наблюдался расход, превышающий 1 000 м³/с (19 раз), то за последующие полвека он был зафиксирован всего 9 раз, причем с большими перерывами длительностью до 16 лет (1974–1989 гг.) (рис. 1).

Однако средний многолетний расход измененного режима уменьшился незначительно, за исключением створа у г. Усть-Каменогорск: у с. Семиярское на ≈ 5%, у г. Павлодар – на 2% (табл. 2). Причина этого достаточно проста. Общеизвестно, что результатами

регулирования стока водохранилищами гидротехнических установок являются снижение максимальных естественных расходов (уровней) воды в период половодья и резкое увеличение меженных расходов воды, особенно в зимний период. Действительно, например, в створе с. Семиярское минимальные среднегодовые расходы после 1960 г. ни разу не опускались ниже 600 м³/с (рис. 1). Таким образом, произошло смещение

границ максимальных и минимальных средних годовых расходов: максимальные расходы уменьшились, минимальные – увеличились, в результате средний многолетний расход за нарушенный период изменился незначительно. В связи с этим средние многолетние расходы рассматриваемых двух периодов на равнинной части бассейна Иртыша не отражают трансформацию стока.

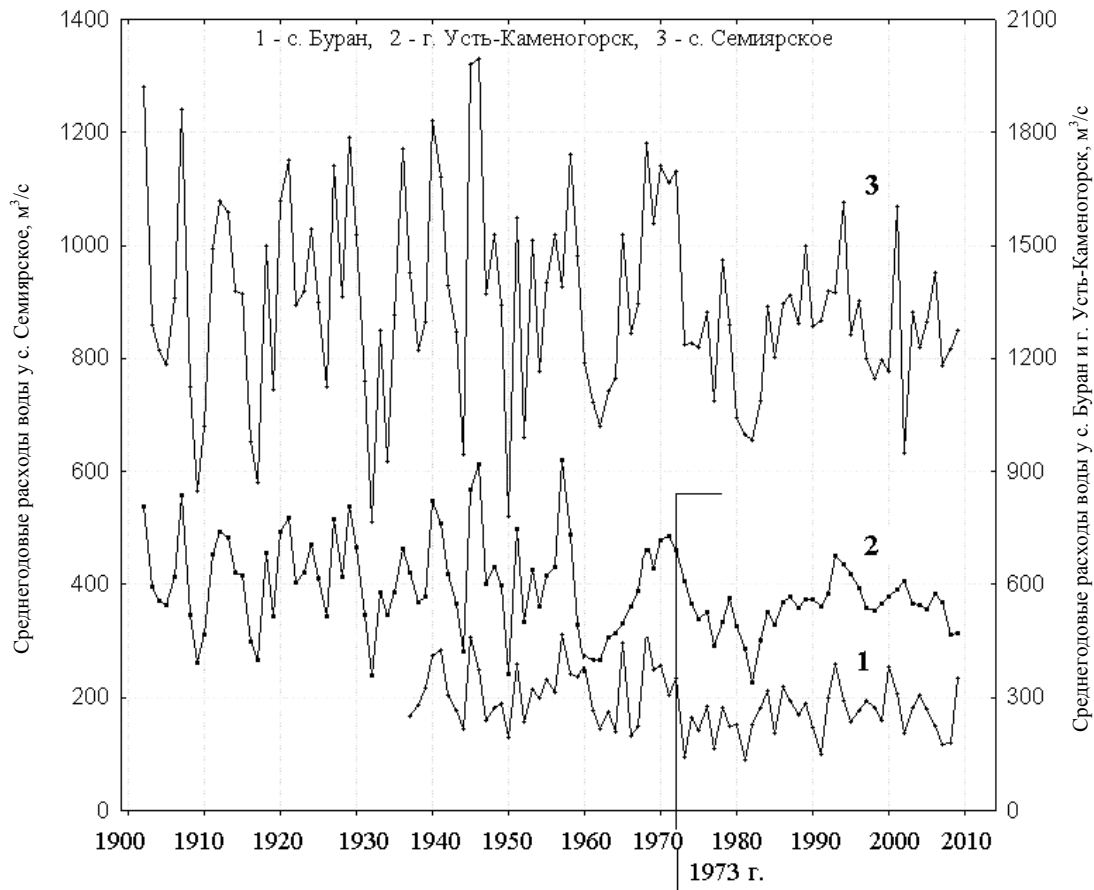


Рис. 1. Многолетние колебания годового стока рр. Черный Иртыш и Иртыш

Таблица 2

Статистические характеристики водного стока естественного (I) и нарушенного (II) режимов р. Верхний Иртыш

Пост	Q _{ср} , м ³ /с		ε _Q , %		C _v		ε _{св} , %		ΔQ _{ср} , %	N	
	I	II	I	II	I	II	I	II		I	II
г. Усть-Каменогорск	628	559	2,8	2,1	0,21	0,14	9,57	10,8	- 10,9	57	44
с. Шульба	909	894	3,0	2,5	0,23	0,13	9,61	13,5	- 1,7	57	28
с. Семиярское	921	876	2,9	2,2	0,22	0,15	9,59	10,8	- 4,7	57	44
г. Павлодар	885*	867	2,8	2,8	0,21	0,15	9,57	13,5	- 2,0	57	28

Примечание. Q_{ср} – средний годовой расход воды за период наблюдений; ε_Q – относительная погрешность выборочного среднего расхода; C_v – коэффициент вариации; ε_{св} – относительная погрешность коэффициента вариации; ΔQ_{ср} – изменение среднего многолетнего расхода, рассчитанное по формуле (Q_{II}-Q_I)/Q_I · 100%; N – число наблюдений; I – период естественного режима (1903–1959 гг.); II – период измененного режима (1967–2010 гг. – для створов у г. Усть-Каменогорск и с. Семиярское, 1967–1994 гг. – для с. Шульба и г. Павлодар).

* У г. Павлодара расходы за 1930 и 1983 гг. восстановлены по створу Семиярское.

Значительное уменьшение стока (на 11%) произошло в створе у г. Усть-Каменогорска, расположенного на участке каскада водохранилищ. Неоднородность по среднему в стоковых рядах зафиксирована у него значительно раньше, чем в других створах, – с 1946 г., т.е. с начала строительства водохранилища. По расчетам разных авторов, только испарение с зеркала Бухтарминского водохранилища составляет от 1,5 [15] до

1,79 км³/год [16]. Значительное уменьшение среднего многолетнего расхода у этого створа носит комплексный характер, связанный также с интенсивным развитием промышленности и размещением в этом районе крупных водоемких промышленных предприятий.

О возросшей зарегулированности стока свидетельствует также снижение коэффициента вариации, быв-

шего невысоким и в период естественного режима (табл. 2).

Средние многолетние годовые расходы, приведенные в табл. 2, рассчитаны по репрезентативным выборкам, относительная погрешность среднего расхода не превышает допустимой ($\epsilon_Q < 3\%$).

Особый интерес представляет водный сток у гидроствора с. Буран, расположенного выше каскада водохранилищ и таким образом сохраняющего естественный режим, что важно для проведения сравнительного анализа с другими постами.

Однако в многолетнем ряду среднегодовых расходов в створе с. Буран с 1973 г. (на фоне чрезвычайно засушливых 1973–1974 гг.) наблюдается резкое уменьшение годового стока, в дальнейшем не восстановившегося, что подтверждается значимым нарушением однородности по среднему с 1973 г. Обращает на себя внимание вид разностной интегральной кривой среднегодовых расходов в створе с. Буран (рис. 2). Кривая представляет собой один полный цикл водности с точкой перелома в 1973 г., причем 1938–1973 гг. соответствует многоводный, а 1974–2010 гг. – маловодный период.

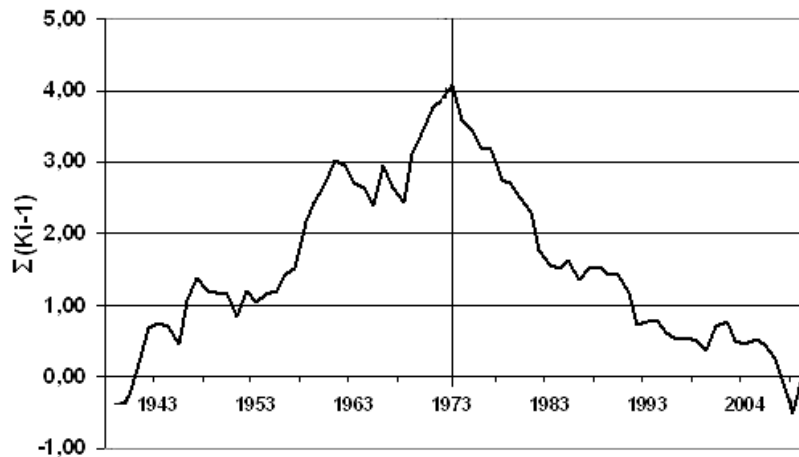


Рис. 2. Разностная интегральная кривая годового стока р. Черный Иртыш – с. Буран (1938–2010 гг.)

Уменьшение среднего многолетнего расхода в створе с. Буран на 19%, оцененное по выборкам за 1938–1972 и 1973–1994 гг. (распределены по нормальному закону, однородны по дисперсии на уровне значимости 0,05), может быть связано, на наш взгляд, с двумя факторами. Во-первых, уменьшение стока произошло на маловодной ветви долгопериодического цикла колебаний водности Черного Иртыша, т.е. связано с изменением климатических условий формирования стока и, во-вторых, с возможным забором воды на производственные нужды из р. Черный Иртыш на территории Китая. В связи с этим водный режим Черного Иртыша на современном этапе правильнее характеризовать как условно-естественный.

Нарушение естественного водного режима р. Иртыш ниже каскада водохранилищ в створах с. Семиярское и г. Павлодар можно косвенно проследить

также по изменению значений их парных коэффициентов корреляции со стоком в створе с. Буран (табл. 3). Так как наблюдения за стоковым режимом Черного Иртыша в створе с. Буран начались с 1938 г., то для анализа изменений корреляции стока с нижележащими по течению створами период измененного режима был уменьшен (см. табл. 3).

Следует отметить, что и в период естественного режима (до ввода в эксплуатацию водохранилищ) между годовым стоком в створах, приведенных в табл. 1, имелись значимые корреляции, что объясняется их компактным расположением на транзитном участке р. Иртыш.

Наибольшие изменения коэффициентов парной корреляции произошли на участке каскада, в створах г. Усть-Каменогорск и с. Шульба, что является следствием влияния одноименных водохранилищ на сток Иртыша на этом участке.

Таблица 3

Коэффициенты корреляции (r) годового стока на нарушенном участке р. Иртыш со стоком в створе р. Черный Иртыш – с. Буран

Пост	Период			Расположение створа
	естественного режима (1938–1959 гг.)	измененного режима		
		r	r	
г. Усть-Каменогорск	0,89	0,54	1967–2010	На участке каскада водохранилищ
с. Шульба	0,89	0,61	1967–1994	--/--
с. Семиярское	0,76	0,64	1967–2010	Ниже каскада водохранилищ
г. Павлодар	0,77	0,75	1967–1994	--/--

Между стоком в створе с. Семиярское и расположенным ниже по течению створом в г. Павлодар и после ввода в строй всех трех водохранилищ сохранилась высокая значимая корреляция ($r = 0,98$), т.е. колебания средних годовых расходов этих двух постов практически синхронны.

Характерной особенностью водного режима Верхнего Иртыша на равнинной части бассейна является падение расходов воды вниз по течению на участке с. Семиярское – г. Павлодар – с. Черлак при увеличении площади водосбора на 9,6%. Считается, что это

уменьшение вызвано аккумуляцией значительных объемов воды в пойме и повышенными потерями на испарение с заливных лугов. Уменьшение стока на этом участке имеет критическое значение для сельскохозяйственного комплекса Павлодарской области. На кривой многолетних колебаний разности среднегодовых расходов воды между с. Семиарское и г. Павлодар, рассчитанной по формуле

$\Delta Q = (Q_{\text{Павл}} - Q_{\text{Сем}}) / Q_{\text{Сем}} \times 100\%$, есть два продолжительных периода 1903–1933 и 1956–1975 гг., в которые на пути до Павлодара стабильно терялось около 4% стока, что соответствует 40–45 м³/с (рис. 3). Однако эта многолетняя закономерность стала нарушаться примерно с 1934 г., т.е. еще до начала строительства водохранилищ, возможно, из-за недоучета объемов воды на пойме в предшествующий период.

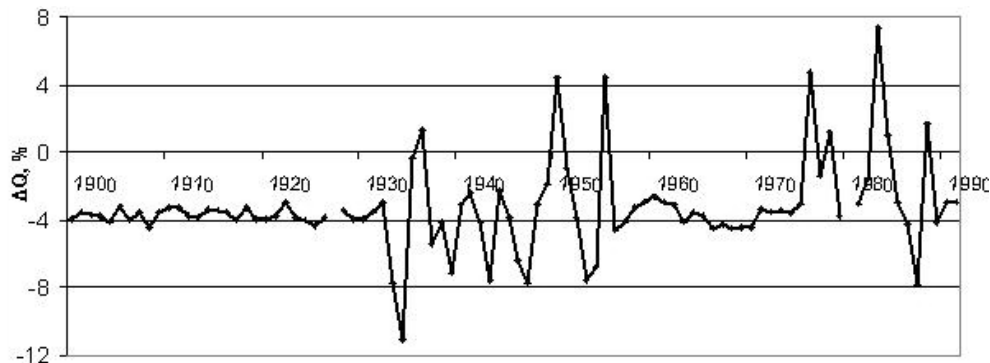


Рис. 3. Многолетние колебания разности среднегодовых расходов воды между г. Павлодаром и с. Семиарское

Наиболее интенсивное снижение расходов отмечается на участке г. Павлодар – с. Черлак. Последний расположен в Омской области на границе с Республикой Казахстан ниже канала Иртыш – Караганда. Средний многолетний расход воды за период 1975–2010 гг., после ввода в эксплуатацию канала, сократился на 10% по сравнению с нормой стока, определенной по ряду с 1903 по 1973 г.

В гидрологическом отношении 1973 г. является особым для всех стокowych рядов в равнинной части бассейна Верхнего Иртыша, так как с этого года нарушается однородность стокowych рядов по среднему, что связано, возможно, с проявлением маловодья (с 1973 г.) в бассейне Черного Иртыша. Исключением является гидропост у с. Шульба, стокowe ряды которого для всего периода наблюдений остаются однородными по среднему.

Примечательно, что до начала строительства каскада водохранилищ в стокowych рядах всех рассматриваемых створов отсутствуют значимые тенденции (табл. 4). Наличие статистически достоверных тенденций (убывающих), совпавших по двум критериям, обнаружено только в створах с. Буран и г. Усть-Каменогорск в рядах среднегодовых расходов за весь период наблюдений.

Естественный режим стока любой реки имеет отпечаток определенной зарегулированности, оцениваемый коэффициентом ϕ , численно равным отношению базовой площади кривой продолжительности среднемесячных расходов воды к площади за год. За счет перераспределения стока водохранилищами из половодья на межень степень зарегулированности должна повышаться. У с. Семиарское коэффициент зарегулированности повысился с 0,69 (естественный режим) до 0,81 (измененный режим).

Таблица 4

Тенденции в стокowych рядах Черного и Верхнего Иртыша

Пост	Естественный режим				Измененный режим				Весь период наблюдений			
	Годы	γ	$\gamma \text{ min}$	Наличие тренда	Годы	γ	$\gamma \text{ min}$	Наличие тренда	Годы	γ	$\gamma \text{ min}$	Наличие тренда
с. Буран	1938–1959	0,92	0,66	*Нет/нет	1967–2010	0,78	0,75	Нет/нет	1938–2010	0,81	1,22	Есть/есть
г. Усть-Каменогорск	1903–1959	0,82	0,78	Нет/нет	1967–2010	0,25	0,75	Есть/нет	1903–2010	0,59	1,18	Есть/есть
с. Шульба	1903–1959	0,83	0,78	Нет/нет	1967–1994	0,38	0,69	Есть/нет	1903–1994	0,74	1,20	Есть/нет
с. Семиарское	1903–1959	0,84	0,78	Нет/нет	1967–2010	0,63	0,75	Есть/нет	1903–2010	0,77	1,18	Есть/нет
г. Павлодар	1903–1959	0,83	0,78	Нет/нет	1967–1994	0,46	0,69	Есть/нет	1903–1994	0,75	1,20	Есть/нет

Примечание. γ – статистика критерия Аббе; $\gamma \text{ min}$ – критическое значение статистики Аббе; * – в числителе приведен результат испытания по критерию Аббе, в знаменателе – по методу показателя трендовых изменений.

Среднемесячные расходы. В отличие от годового стока, нарушения в среднемесячных расходах проявились сразу после ввода в эксплуатацию соответствующего гидроузла из каскада, например в створе г. Усть-Каменогорск – с 1960–1961 гг., в с. Семиарское – с 1964–1965 гг., что хорошо видно на хронологических графиках

средних месячных расходов (рис. 4) и подтверждается проверкой статистических гипотез об однородности рядов по среднему и дисперсии. Внутри года перераспределение стока подчиняется следующей закономерности: в фазу половодья, летней и частично осенней межени сток уменьшается, в зимнюю межень – увеличивается.

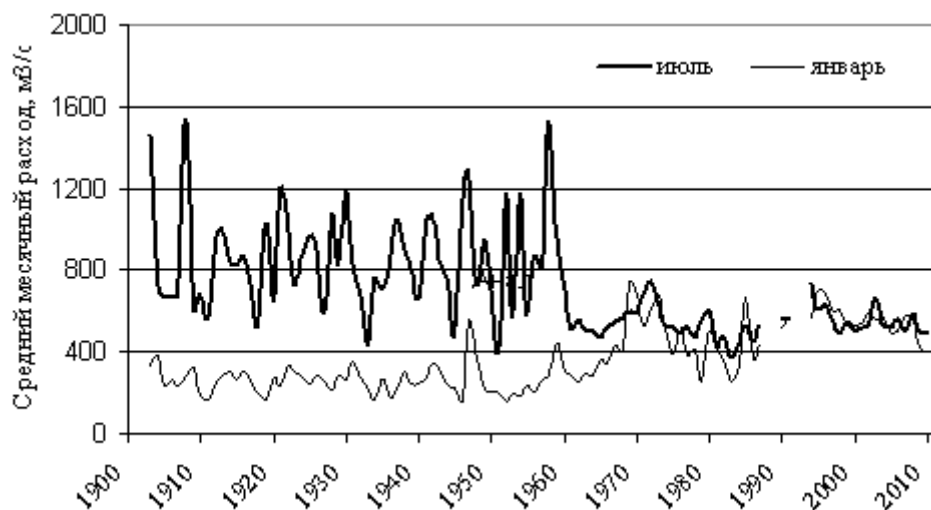


Рис. 4. Многолетние колебания среднего месячного стока июля и января в створе г. Усть-Каменогорска

Изменения в режиме месячного стока произошли значительные. Например, в створе г. Усть-Каменогорск наибольшее увеличение месячного стока измененного режима зафиксировано с декабря по февраль и составляет соответственно 105, 95 и 98% естественного за эти же месяцы (или в абсолютном выражении 283, 249 и 241 м³/с).

Средний месячный сток измененного режима уменьшился в мае–октябре соответственно на 53, 58, 37, 22, 10 и 1% от естественного за эти же месяцы. Максимальным 58% в июне соответствует уменьшение стока на 715 м³/с.

В равнинной части бассейна Верхнего Иртыша изменения в месячном стоке выражены несколько меньше и, например, в створе с. Семиярское характеризуются следующими величинами: сток в мае–сентябре уменьшился соответственно на 27, 48, 36, 19, 12% по сравнению со стоком естественного режима. Уменьшение расхода на 48% в июне эквивалентно потере 987 м³/с. Для остальных месяцев года характерно увеличение стока: минимальное – в октябре (8%), максимальное – в марте (97%).

В створе с. Буран, начиная с 1959 г., в месячном стоке с июля по октябрь также наблюдается статистически значимая неоднородность, что предположительно вызвано изъятием стока Черного Иртыша в пределах территории Китая.

Выводы. Регулирование стока воды р. Иртыш Верхне-Иртышским каскадом водохранилищ, а также изъятие воды в верховьях реки на территории КНР привели к существенному изменению общей водности и гидрологического режима реки:

1. Существенное изменение в величинах годового стока началось с 1973 г. в створе с. Буран, расположенного выше каскада водохранилищ. Уменьшение среднего многолетнего расхода воды в этом створе составило 19% (1973–2010 гг.) по сравнению со значением годового стока за предшествующий период наблюдений (1938–1972 гг.).

2. В створах, расположенных ниже каскада водохранилищ, средние многолетние значения годового стока измененного режима (1967–2010 гг.) уменьшились незначительно.

3. Для створа у с. Семиярское уменьшение среднего годового стока в современный период (1992–2010 гг.) составило 7% в сравнении с естественным режимом.

4. Изъятие части стока из реки Иртыш каналом Иртыш – Караганда привело к уменьшению на 10% (за 1975–2010 гг.) среднего многолетнего расхода в створе р. Иртыш – с. Черлак, расположенном в Омской области у границы с Республикой Казахстан.

5. Наиболее значительные изменения произошли в распределении стока по месяцам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воропаев Г.В. Проблема управления ресурсами вод суши // Теория и методы управления ресурсами вод суши. М., 1982. С. 6–16.
2. Вендров С.Л. О некоторых аспектах управления формированием, использованием и охраной водных ресурсов // Теория и методы управления ресурсами вод суши. М., 1982. С. 18–20.
3. Нежиховский Р.А. Гидролого-экологические основы водного хозяйства. М., 1990. 232 с.
4. Корытный Л.М. Проблемное водно-ресурсное районирование Сибири // География и природные ресурсы. 1994. № 1. С. 32–41.
5. Шахов И.С., Черняк В.Я. Экологические критерии пределов водопользования в бассейне реки // Бассейновый принцип в оптимизации водопользования и водоохранных мероприятий: тез. докл. науч.-практ. конф. Уфа, 1994. С. 11–15.
6. Черняев А.М., Дальков М.П., Прохорова Н.Б., Шахов И.С. Бассейн. Эколого-водохозяйственные проблемы, рациональное использование. Екатеринбург, 1995. 480 с.
7. Черняев А.М., Дальков М.П., Прохорова Н.Б., Шахов И.С. Бассейн. Стратегия управления устойчивым водопользованием. Екатеринбург, 1997. 237 с.
8. Прохорова Н.Б. Эколого-экономический механизм управления водохозяйственной деятельностью в бассейне реки в период перехода к устойчивому водопользованию: автореф. дис. ... д-ра экон. наук. Екатеринбург, 1997. 51 с.
9. Достай Ж.Д. Научные основы управления гидроэкологическим состоянием бессточных бассейнов Центральной Азии (на примере бассейна оз. Балхаш): автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. Алматы, 1999. 48 с.
10. Бурлибаев М.Ж., Достай Ж.Д., Турсунов А.А. Арало-Сырдарьинский бассейн (Гидроэкологические проблемы, вопросы вододелия). Алматы, 2001. 180 с.

11. Кошелева Е.Д., Зиновьев А.Т. Влияние трансграничных факторов на водный режим Иртыша // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии : труды Всерос. науч. конф. с междунар. участием (20–24 августа 2012 г., г. Барнаул). Барнаул, 2012. Т. 3. С. 212–262.
12. *Естественно-исторические* предпосылки для разработки гидрологической модели Иртыша / А.И. Кузьмин, В.Н. Русаков, И.В. Карнацевич, Ж.А. Тусупбеков и др. // Проблемы управления и рационального использования водных ресурсов бассейна реки Иртыш : материалы междунар. науч.-практ. конф. Омск, 2003. С. 120–122.
13. СП 33-101-2003. Свод правил по проектированию и строительству. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. М. : Госстрой России, 2004. 72 с.
14. Айвазян С.А. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных : справ. изд. / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. М. : Финансы и статистика, 1983. 471 с.
15. Михайлов В.Н., Добровольский А.Д. Общая гидрология. М. : Высшая школа, 1991. 364 с.
16. *Логоновская А.Н.* Изменчивость и антропогенная трансформация стока р. Бухтармы (Юго-Западный Алтай) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Барнаул, 2001. 25 с.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 12 мая 2013 г.

DOI: 10.17223/15617793/379/33

Beysenbaeva Manira A. Pavlodar State Pedagogical University (Pavlodar, Republic of Kazakhstan). E-mail: manira_ter@mail.ru

Dubrovskaya Larisa I. Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: dubrli@sibmail.com

ESTIMATION OF WATER RUNOFF PERENNIAL CHANGE OF THE UPPER IRTYSH RIVER FOR WATER RESOURCE STABILITY.

Key words: water runoff; trans-border river; water reservoir cascade; average annual runoff; average monthly runoff.

The condition of the natural environment and water supply in the basin of the Irtysh River affects the state and economic interests of three neighbouring countries – China, the Republic of Kazakhstan and the Russian Federation, which have their own interests in using its runoff. On the territory of the Republic of Kazakhstan the flow of the Irtysh is regulated by the Upper Irtysh cascade of water reservoirs: the Bukhtarma Reservoir (filled and started in 1960–1966); the Ust-Kamenogorsk Reservoir (filled in 1952–1954, started in full capacity in 1966), the Shulbinsky Reservoir (the construction began in 1976, started in 1987–1994). The reservoirs consistently carry out long-term, weekly, seasonal flow regulation and in accordance with their function change the hydrological regime of the Irtysh from their filling and start of operation. The Irtysh-Karaganda Canal constructed in 1968–1975 withdraws some water from the Irtysh for Karaganda and Akmola Regions, as well as for the capital of the Republic of Kazakhstan, Astana. Modification of the hydrological regime of the Irtysh River as a result of its flow regulation by the existing cascade of hydroelectric power stations, high water consumption and development of the flood lands led to a reduction in the natural capacity of the ecosystem of the river and its floodplain arrays with significant changes in the qualitative and quantitative indicators of the river flow. At the present stage the water balance in the North-Eastern region of Kazakhstan is considered to be tense. In this work changes in the water flow of the Black Irtysh and the Irtysh within the Republic of Kazakhstan for the period of 1903–2010 are studied. The assessment of its current state in the conditions of intensification of water use and modern climatic changes is made. Results of natural and anthropogenic changes estimation are given for the average annual and monthly runoff of the Black Irtysh and the Irtysh within the Republic of Kazakhstan during 1903–2010. It is shown that the regulation of water runoff by the Upper Irtysh water reservoirs, as well as water withdrawal in the headstream on the territory of China, led to an essential change in the general water content and hydrological mode of the Upper Irtysh: reduction of the average long-term discharge of water in the cross section of the Black Irtysh and Buran village was 19% (1973–2010) in comparison with the annual runoff for the previous period of observation (1938–1972); reduction of the average annual runoff in the modern period (1992–2010) in the cross section at Semiyarskoye village was 7 % in comparison with the natural mode; withdrawal of part of the runoff from the Irtysh River by the Irtysh-Karaganda Canal reduced the average long-term runoff by 10 % in the cross section of the Irtysh River and Cherlak village (1975–2010) located in Omsk Region at the border with the Republic of Kazakhstan; the most considerable changes happened in the monthly distribution of the runoff.

REFERENCES

1. *Voropaev G.V.* Problema upravleniya resursami vod sushi // Teoriya i metody upravleniya resursami vod sushi. M., 1982. S. 6–16.
2. *Vendrov C.II.* O nekotorykh aspektakh upravleniya formirovaniem, ispol'zovaniem i okhranoy vodnykh resursov // Teoriya i metody upravleniya resursami vod sushi. M., 1982. S. 18–20.
3. *Nezhikhovskiy R.A.* Gidrologo-ekologicheskie osnovy vodnogo khozyaystva. M., 1990. 232 s.
4. *Korytnyy I.I.M.* Problemnoe vodno-resursnoe rayonirovanie Sibiri // Geografiya i prirodnye resursy. 1994. № 1. S. 32–41.
5. *Shakhov I.S., Chernyak V.Ya.* Ekologicheskie kriterii predelov vodopol'zovaniya v bassejne reki // Basseynovyy printsip v optimizatsii vodopol'zovaniya i vodookhrannykh meropriyatiy : tez. dokl. nauch.-prakt. konf. Ufa, 1994. S. 11–15.
6. *Chernyaev A.M., Dal'kov M.P., Prokhorova N.B., Shakhov I.S.* Basseyn. Ekologo-vodokhozyaystvennyye problemy, ratsional'noe ispol'zovanie. Ekaterinburg, 1995. 480 s.
7. *Chernyaev A.M., Dal'kov M.P., Prokhorova N.B., Shakhov I.S.* Basseyn. Strategiya upravleniya ustoychivym vodopol'zovaniem. Ekaterinburg, 1997. 237 s.
8. *Prokhorova N.B.* Ekologo-ekonomicheskii mekhanizm upravleniya vodokhozyaystvennoy deyatel'nost'yu v bassejne reki v period perekhoda k ustoychivomu vodopol'zovaniyu : avtoref. dis. ... d-ra ekon. nauk. Ekaterinburg, 1997. 51 s.
9. *Dostay Zh.D.* Nauchnye osnovy upravleniya gidroekologicheskim sostoyaniem besstochnykh basseynov Tsentral'noy Azii (na primere basseyna oz. Balkhash) : avtoref. dis. ... d-ra geogr. nauk. Almaty, 1999. 48 s.
10. *Burlibaev M.Zh., Dostay Zh.D., Tursunov A.A.* Aralo-Syrdar'inskiy basseyn (Gidroekologicheskie problemy, voprosy vododeleniya). Almaty, 2001. 180 s.
11. *Kosheleva E.D., Zinov'ev A.T.* Vliyaniye transgranichnykh faktorov na vodnyy rezhim Irtysha // Vodnye i ekologicheskie problemy Sibiri i Tsentral'noy Azii : trudy Vseros. nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem (20–24 avgusta 2012 g., g. Barnaul). Barnaul, 2012. T. 3. S. 212–262.
12. *Estestvenno-istoricheskie* predposylki dlya razrabotki gidrologicheskoy modeli Irtysha / A.I. Kuz'min, V.N. Rusakov, I.V. Karnatsevich, Zh.A. Tusupbekov i dr. // Problemy upravleniya i ratsional'nogo ispol'zovaniya vodnykh resursov basseyna reki Irtysh : materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Omsk, 2003. S. 120–122.
13. *SP 33-101-2003.* Svod pravil po proektirovaniyu i stroitel'stvu. Opredelenie osnovnykh raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik. M. : Gosstroy Rossii, 2004. 72 s.
14. *Ayvazyan S.A.* Prikladnaya statistika: Osnovy modelirovaniya i pervichnaya obrabotka dannykh : sprav. izd. / S.A. Ayvazyan, I.S. Enyukov, L.D. Meshalkin. M. : Finansy i statistika, 1983. 471 s.
15. *Mikhaylov V.N., Dobrovol'skiy A.D.* Obshchaya gidrologiya. M. : Vysshaya shkola, 1991. 364 s.
16. *Loginovskaya A.N.* Izmenchivost' i antropogennaya transformatsiya stoka r. Bukhtarmy (Yugo-Zapadnyy Altay) : avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. Barnaul, 2001. 25 s.