

УДК 502/504:556.18

Л. Д. РАТКОВИЧ, Ю. А. РОМАНОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Московский государственный университет природообустройства»

## ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ БАЛАНС РЕКИ ИРТЫШ В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН С УЧЕТОМ ПРОЕКТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКЕ

*Трансграничное вододелиение и совместное управление водными ресурсами трансграничных речных бассейнов – одна из актуальных проблем современности. Рассматривается часть бассейна Иртыша в пределах Республики Казахстан, где осуществляется многолетнее каскадное регулирование стока Бухтарминским и Шульбинским водохранилищами. Баланс покрытия водопотребления на рассматриваемой территории обусловлен водохозяйственной обстановкой в Китайской Народной Республике. Вариантность притока обоснована предшествующими исследованиями. Разработана расчетная схема водохозяйственного районирования, положенная в основу имитационной водохозяйственной модели. Даны рекомендации о совместном водопользовании в бассейне Иртыша.*

*Трансграничные створы и бассейны, водохозяйственное районирование, имитационная модель, пуски на обводнение поймы, транспортно-энергетические пуски.*

*Transboundary water apportionment and joint management of water resources of cross-border river pools is one of the present actual problems. In the article there is considered a part of the Irtysh basin within the Republic of Kazakhstan where long-term cascade flow regulation by the Bukhtarminsky and Shulbinsky reservoirs is carried out. The balance of meeting water consumption in the considered territory depends on the water management situation in the People's Republic of China. The inflow variance is substantiated by previous researches. The rated scheme of water management zoning which is assumed as a basis of the simulation water management model is developed. There are given recommendations on water use sharing in the Irtysh basin.*

*Transboundary lines and pools, water management zoning, simulation model, releases on bottomlands flooding, transport and power releases.*

Республика Казахстан – одно из наиболее динамично и успешно развивающихся государств. Одной из главных задач страны стала активная ее модернизация. Однако дальнейшее развитие республики без эффективного решения задачи водного дефицита представляется затруднительным. Остается нерешенной задача рационального использования трансграничных рек, так как существуют противоречия между странами верхнего и нижнего течения [1]. Наиболее показательна в этом отношении ситуация, которая возникла в бассейне реки Иртыш. На фоне бурного развития экономического потенциала Китайской Народной Республики появилась необходимость в проведении подробного анализа сложившейся водохозяйственной обстановки в Республике Казахстан.

Правительство Китая большое внима-

ние уделяет развитию экономики Синьцзян-Уйгурского автономного района. Анализ бассейна реки Черный Иртыш от истока до трансграничного створа показал, что на современном этапе суммарное водопотребление участниками водохозяйственного комплекса составило 4,2 км<sup>3</sup> в год, тогда как в 2005 году, согласно схеме комплексного использования водных ресурсов реки Иртыш на территории Республики Казахстан, водопотребление в Китае составляло не более 1,6 км<sup>3</sup> в год. По прогнозной оценке перспективного развития Китайской Народной Республики, к 2030 году суммарное водопотребление района может достигнуть 4,5 км<sup>3</sup> за счет увеличения населения на 15 %, развития промышленного комплекса и повышения нормы водопотребления [2].

Были выполнены расчеты по оценке

притока к трансграничному створу (границе Китая с Казахстаном) для трех вариантов развития с использованием разработанной воднобалансовой модели:

Вариант 1 – описан в СКИОВР бассейна Иртыша на территории Республики Казахстан (уровень развития 2005 года) – вариант «минимум»;

Вариант 2 – вариант развития событий на современном уровне (уровень развития 2010–2015 годов) – вариант «условно-современный уровень – вероятный»;

Вариант 3 – вариант развития событий на отдаленную перспективу (за 2030 годом) – вариант «максимум».

Результаты расчета по оценке притока к трансграничному створу иллюстрируются кривыми обеспеченности стока в этом створе при различных вариантах водопотребления (рис. 1).

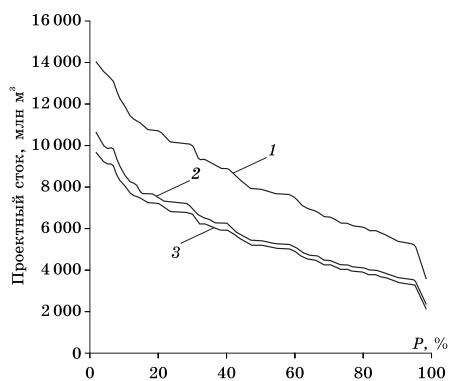


Рис. 1 Совмещенные кривые обеспеченности притока к трансграничному створу: 1 – вариант «минимум»; 2 – вариант «современный уровень»; 3 – вариант «максимум»

Как следует из рисунка, вариант, рассмотренный в СКИОВР Иртыша (ва-

риант «минимум»), существенно «отстает» от условно-современного, причем разница составляет от 2 до 4 км<sup>3</sup> в год в зависимости от значений обеспеченности.

За последние 20 лет в Казахстане сформировался крупный водохозяйственный комплекс, включающий в себя орошение, промышленность, коммунально-бытовое хозяйство, теплоэнергетику, обводнение пастбищ, водный транспорт. Кроме того, в качестве самостоятельного водопотребителя выступает канал «Иртыш – Караганда» (уходящий за пределы бассейна реки Иртыш).

Схема водохозяйственного комплекса бассейна реки Иртыш на территории Казахстана представлена на рис. 2.

Сток реки Иртыш на территории Республики Казахстан полностью зарегулирован тремя водохранилищами: Бухтарминским (многолетнего регулирования), Усть-Каменогорским (контр-бьеф) и Шульбинским (сезонного регулирования).

В качестве исходных данных для проведения водохозяйственного анализа в пределах Казахстана были использованы гидрологические характеристики стока, кривые зависимости расходов в створах сооружений, сведения о режиме работы Бухтарминской и Шульбинской гидроэлектростанций, требования водопотребителей и правила использования водных ресурсов. Гидрологической основой для водохозяйственных расчетов послужили следующие сведения, предоставленные ОАО «Институт Гидропроект»: о стоке реки Иртыш – притоке с вышележащего участка бассейна реки Иртыш к Бух-

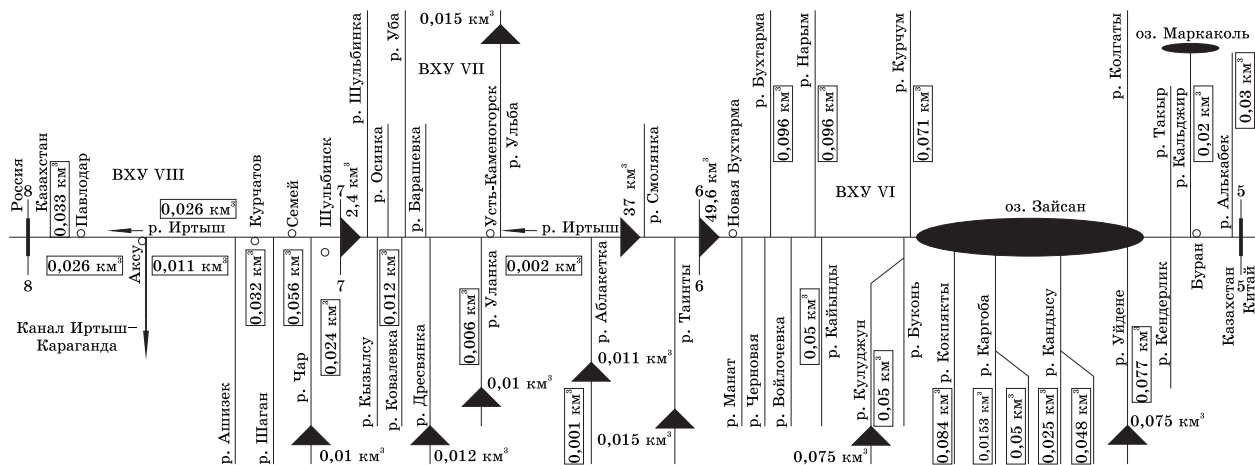


Рис. 2. Схема водохозяйственного комплекса бассейна реки Иртыш на территории Казахстана: — реки; ● озера; ► водохранилища; □ орошаемые земли; — каналы; — государственная граница; — расчетные створы; ○ крупные города

тарминскому водохранилищу; о боковой приточности на участке Бухтарминская ГЭС – Шульбинская ГЭС.

Участок реки Иртыш от границы Республики Казахстан с Китайской Народной Республикой до границы с Российской Федерацией был разделен на три расчетных водохозяйственных участка:

участок 6 (от границы с Китаем до створа БГЭС), 7 (от створа БГЭС до створа ШГЭС) и 8 (от створа ШГЭС до границы с Россией) (см. рис. 2).

Расчетные гидрологические характеристики казахстанской части реки Иртыш по участкам представлены в таблице.

**Расчетные гидрологические характеристики реки Иртыш на территории Казахстана**

Номер створа	F, тыс.км <sup>2</sup>	L, км	I, ‰	Параметры годового стока			
				$\bar{S}$ , млн м <sup>3</sup>	C <sub>v</sub>	r <sub>a</sub>	q, л/с·км <sup>2</sup>
6-6	142	1055	0,20	18774	0,23	0	5,8
7-7	254	1289	0,50	29069	0,22	0	5,8
8-8	578	2168	0,14	27900	0,20	0	5,8

На основе полученных данных были построены кривые обеспеченности годового стока в расчетных створах реки Иртыш (рис. 3).

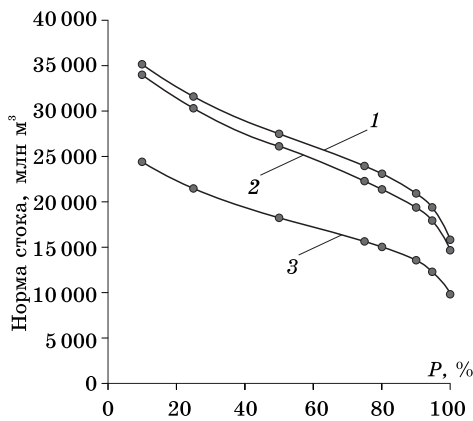


Рис. 3. Кривые обеспеченности годового стока Иртыша: 1 – створ 6-6; 2 – створ 7-7; 3 – створ 8-8

Основу водохозяйственного комплекса на данном участке реки представляют водный транспорт и энергетика. Соответственно суммарные требования формируются из транспортно-энергетических попусков, отраслевого водопотребления и расходов для обводнения поймы. Комплексные попуски в соответствии с правилами управления водными ресурсами в Бухтарминском (430 м<sup>3</sup>/с) и Шульбинском (650 м<sup>3</sup>/с) водохранилищах должны гарантировать транзитное судоходство через границу Республики Казахстан до створа города Омска с мая по октябрь в режиме многолетнего регулирования стока. Зимние энергетические попуски осуществляются в период с ноября по март. Минимальный расход каскада 320 м<sup>3</sup>/с

необходим для поддержания нормальной работы водозаборных сооружений города Омска.

Рассматривались три варианта развития, при которых суммарное водопотребление водных ресурсов Иртыша Казахстаном составило:

вариант 1 – вариант «минимум» – 2,9 км<sup>3</sup>, из них забор в канал «Иртыш – Караганда» – 0,63 км<sup>3</sup>;

вариант 2 – вариант «современный уровень» – 2,2 км<sup>3</sup>, из них КИК – 1,2 км<sup>3</sup>;

вариант 3 – вариант «максимум» – 3,5 км<sup>3</sup>, из них КИК – 2,35 км<sup>3</sup>.

Совокупный режим требований, предъявляемых к водным ресурсам в трансграничном створе (граница Республики Казахстан и Российской Федерации), характеризуется гидрографом (рис. 4).

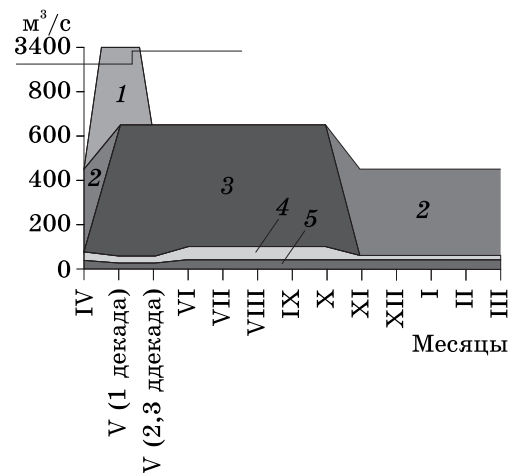


Рис. 4. Гидрограф суммарного водопотребления на территории Республики Казахстан: 1 – обводнение почвы; 2 – энергетика; 3 – водный транспорт; 4 – канал «Иртыш – Караганда»; 5 – отраслевое водопотребление

Обводнение поймы – 3400...3500 м<sup>3</sup>/с – 4,5 км<sup>3</sup>; энергетика – 450 м<sup>3</sup>/с – 7,04 км<sup>3</sup>; транспортные попуски – 650 м<sup>3</sup>/с – 10,34 км<sup>3</sup>; КИК – 76 м<sup>3</sup>/с – 1,2-2,5 км<sup>3</sup>; КПБ + отраслевое водопотребление + КИК – 32,4 м<sup>3</sup>/с – 1 км<sup>3</sup>.

Современный режим работы Бухтарминского и Шульбинского водохранилищ существенно отличается от режима, установленного «Правилами использования водных ресурсов Верхне-Иртышского каскада водохранилищ», утвержденными Комитетом по водным ресурсам Республики Казахстан в 2002 году. Современные условия требуют существенной переработки этого документа.

Основная сложность режима заключается в том, что неконтролируемая приточность реки до контрольного граничного створа оценивается примерно в 10 км<sup>3</sup>/год. В частности, один из основных водопользователей – обводнительный попуск на пойму не осуществлялся в оптимальном режиме вследствие неудовлетворительного наложения половодных расходов рек Убы и Ульбы на попуски Бухтарминской ГЭС.

В связи с изложенным было принято решение о внедрении конкретной модели функционирования каскада, алгоритм которой основывается на уравнениях водохозяйственного баланса. В качестве гидрологической информации использовали многолетний расчетный гидрологический естественный ряд продолжительностью 59 лет в трансграничном створе (створ 5-5) и в створе БГЭС (створ 6-6), который определялся обстановкой в верхнем бассейне.

В основу алгоритма легли следующие балансовые уравнения и ограничения:

$$VXB_{BX} = S_B \pm \Delta V_B - W_B - \Delta W_{III} - L_B;$$

$$VXB_{ШВ} = S_{III} \pm \Delta V_{III} - W_{III} - S_{III} - L_{III};$$

$$V_{i,B} = V_{i-1,B} \pm \Delta V_{i,B}; 0 \leq V_{i,B} \leq V_{БУХ};$$

$$V_{i,III} = V_{i-1,III} \pm \Delta V_{i,III}; 0 \leq V_{i,III} \leq V_{ШУЛ};$$

$$V_{0,III} = V_{n,III}; V_{0,B} = V_{n,B} - \text{условие}$$

замыкания ряда,

где  $S_B, S_{III}$  – объемы стока за расчетный интервал;  $\pm \Delta V$  – сработка, наполнение водохранилища в расчетном интервале;  $W_B, W_{III}$  – водопотребление, отнесенное к расчетным створам;  $V_{i,B}$  – текущее наполнение полезного объема Бухтарминского водохранилища на конец расчетного интервала времени;  $V_{i,III}$  – текущее наполнение полезного объема Шульбинского водохранилища на конец расчетного интервала времени;  $\Delta W_{III}$  – дополнительный запрос к Бухтарминскому водохранилищу снизу;  $L_B, L_{III}$  – потери из водохранилищ;  $V_{БУХ}, V_{ШУЛ}$  – полезный объем Бухтарминского и Шульбинского водохранилища.

Расчеты с использованием модели производили для отмеченных вариантов развития ситуации, прежде всего в КНР, а затем в Казахстане.

Далее для каждого сценария оценивали максимальную гарантированную отдачу каскада. Определяющими показателями состояния водохозяйственного комплекса на территории Казахстана выступали транспортно-энергетические и комплексный попуски, точнее, уровни их поддержания в каждом из вариантов. Другие отраслевые требования в силу их значительно меньших объемов и высокого приоритета выдерживались бесперебойно. Суммарную гарантированную отдачу каскада при этом определяли регулирующей способностью водохранилищ и объемом притока из КНР.

На рисунке 5 приведены гидрографы попусков Бухтарминской и Шубинской ГЭС, которые реально гарантируются при объемах водопотребления, указанных выше.

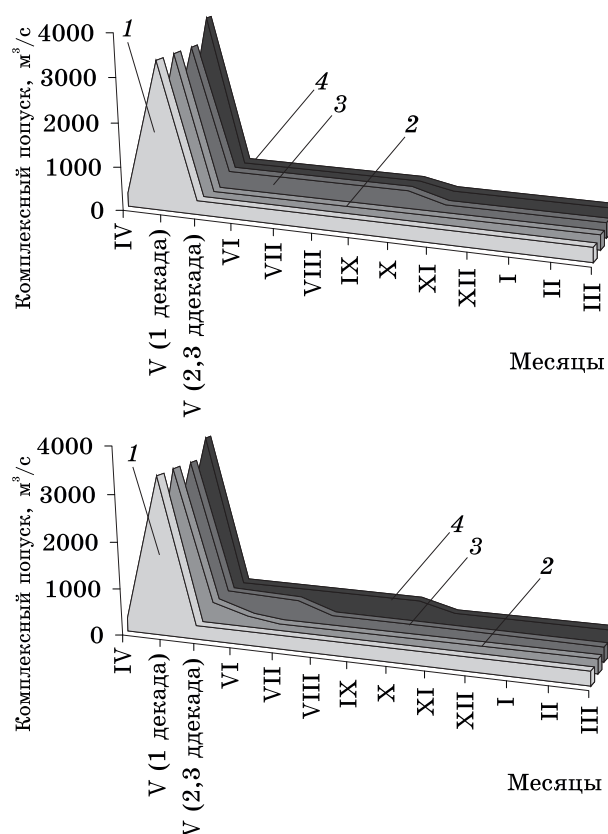


Рис. 5. Совмещенный график обеспечаемых комплексных попусков по вариантам развития водохозяйственной обстановки для створов Бухтарминской и Шубинской ГЭС: соответственно 1 – максимальный; 2 – вероятностный; 3 – минимальный; 4 – проектный



Варианты просчитывались на модели при условии обязательного обеспечения обводнительного попуска на пойму Иртыша в объеме 2,94 км<sup>3</sup> в год, который осуществляется расходом 3400 м<sup>3</sup>/с в течение 10 сут. К сожалению, сохранение проектного (имеется в виду СКИОВР Оби и Иртыша 1981 года) объема попуска 4,5 км<sup>3</sup>, производимого за период 15 сут, практически невозможно вследствие сложившихся реалий.

Значения транспортно-энергетических попусков подобраны с учетом следующих критериев удовлетворения водопотребления: обеспеченность обводнительного пойменного попуска – 75 % по числу бесперебойных лет; энерго-транспортных – 80...90 %; минимальных попусков (320 м<sup>3</sup>/с) для нормальной работы водозаборов Омска – 95 % [1].

#### Заключение

Реализация проектов территориально-перераспределения стока в КНР сопровождается уменьшением притока в Казахстан на 1,6...4,5 км<sup>3</sup> год. Для современного варианта развития события поддержание даже сокращенных навигационных расходов 600 м<sup>3</sup>/с возможно только в течение одного месяца при минимально урезанном режиме пойменного попуска. Что касается зимних попусков, то они не выдерживаются. Суммарная гарантированная отдача каскада оценена в диапазоне 17,8...22,6 км<sup>3</sup>,

что соответствует сокращению проектной водоотдачи на 3,35...8,18 км<sup>3</sup>.

После уточнения и согласования режима регулирования стока в регионе необходимо разработать надежные правила управления водными ресурсами Иртыша от створа Бухтарминской ГЭС до Омска. Также необходимы более активные действия со стороны России, так как минимальные попуски к Омску не гарантированы.

1. Козлов Д. В., Раткович Л. Д. Водохозяйственные аспекты трансграничного вододелия и совместного управления водными ресурсами: Управление трансграничными водными ресурсами: материалы Второй международной конференции (3–4 июня 2010 года). – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2010. – С. 165–169.

2. Раткович Л. Д., Романова Ю. А. Схема водохозяйственного анализа верхнего и среднего Иртыша // Природообустройство. – 2012. – № 4. – С. 57–61.

Материал поступил в редакцию 16.06.14.

*Раткович Лев Данилович, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Комплексное использование водных ресурсов и гидравлика»*

*Тел. 8 (495)-976-21-56*

*E-mail: levkivr@mail.ru*

*Романова Юлия Анатольевна, аспирантка*

УДК 502/504:627.81

**Д. А. АЛИЕВ, О. Е. КУЛЕШОВА**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРАВИЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАЛЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА (НА ПРИМЕРЕ НЕРЮНГРИНСКОЙ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ)**

*Разработка «Правил использования водохранилищ» – одна из первоочередных задач, стоящих перед водным хозяйством России. Обобщен круг задач реального проектирования, возникающих при разработке таких правил, на примере небольших водохранилищ Дальнего Востока.*

*Правила использования водохранилищ, водохранилища Якутии, Нерюнгринское водохранилище.*

*Development of “Rules of water reservoirs use” is one of the paramount tasks facing the water economy of Russia. There is summarized the range of tasks of real designing arising when working out such rules by an example of small water storages in the Far East.*

*Rules of water reservoirs use, reservoirs of Yakutia, the Neryungri water reservoir.*