

ных сбросных устройств для защиты закрытых оросительных система от гидравлического удара // Мелиорация и водное хозяйство. – 1995. – № 1. – С. 55–57.

Материал поступил в редакцию 14.04.11.

**Бегляров Давид Суренович, доктор**

*технических наук, профессор кафедры «Насосы и насосные станции»*

*Тел. 8 (499) 976-11-85,8 (495) 976-11-85*

**Переверзев Сергей Юрьевич, аспирант**

*Тел. 8-916-775-16-36*

*E-mail: persei87@gmail.com*

УДК 502/504:556.18

**Л. Д. РАТКОВИЧ, Ю. А. РОМАНОВА**

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

## **СХЕМА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО АНАЛИЗА ВЕРХНЕГО И СРЕДНЕГО ИРТЫША**

*Река Иртыш характеризуется сложной водохозяйственной обстановкой. Сделана попытка объективной оценки изменения водного режима китайской части Иртыша (Черный Иртыш) вследствие планируемых мероприятий по использованию водных ресурсов, в том числе изъятию воды Иртыша для переброски в осваиваемые районы. Подобные оценки не проводились со времени разработки схемы комплексного использования водных ресурсов Оби и Иртыша (1981).*

*Главное внимание уделено описанию водохозяйственного комплекса Черного Иртыша и масштабам роста водозабора в КНР на период до 2030 год.*

*Естественный сток, гидрологические характеристики, водохозяйственное районирование, регулирование стока, санитарные выпуски, водохозяйственный комплекс, Хельсинкская конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер.*

*The Irtysh river is characterized by a complicated water economic situation. The authors attempt to objectively assess the change of the water regime of the Chinese part of Irtysh (Black Irtysh) owing to the planned actions on using water resources including withdrawal of the Irtysh water for its transferring to the areas under development. Similar assessments have not been fulfilled since the time of the scheme development of the multiple uses of the Ob and Irtysh water resources (1981).*

*The focus is on description of the Black Irtysh water economic complex and scales of water intake growth in PRC for a period up to 2030.*

*Natural flow, hydrological characteristics, water economic division into districts, flow regulation, sanitary discharge, a water economic complex, the Helsinki convention on protection and use of transboundary waterways and international lakes.*

Река Иртыш – главный приток Оби, который берет начало из ледников на юго-западных склонах Монгольского Алтая в Китайской Народной Республике. Это единственная река Синьцзян-Уйгурского автономного района, имеющая сток в океан, которая до впадения в озеро Зайсан течет под названием Черный Иртыш, сохраняя черты горной реки. Правый берег Черного Иртыша достаточно крутой и обрывистый, левый – мягко обрамляет песчаные пляжи. Пойма

реки густо засажена тополями и кустарниками, а в непосредственной близости от границы с Республикой Казахстан обширные заболоченные участки [1]. Длина Черного Иртыша до границы с Казахстаном составляет 610 км, площадь бассейна 55 210 км<sup>2</sup>.

Для большинства бассейнов горных рек характерен континентальный климат, отличающийся существенными сезонными колебаниями температуры и недостаточным увлажнением. Бассейн Черного Иртыша не

исключение. Здесь жаркое, сухое лето сменяется холодной зимой, нередко с сильными морозами. Средняя температура в январе  $-15,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; в июле  $+28,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Годовое количество осадков на равнинах почти повсеместно составляет менее 250 мм, на западе – около 50 мм [2]. Питание Черного Иртыша смешанное: снеговое, ледниковое, грунтовое и меньше дождевое. Правые притоки Иртыша, начинающиеся со склонов Южного Алтая, многоводные (реки – Караирты, Курты, Голубой Иртыш, Кран, Бурчун, Каба и др.), левые притоки малочисленные, менее многоводны и в период межени пересыхают.

Сток Черного Иртыша измеряется на территории Республики Казахстан у населенного пункта Буран, расположенного в 23 км от границы с Китайской Народной Республикой. В 40–50 годы XX века естественный сток оценивали в объеме  $9,8\text{ км}^3$  в год, средний приток на территорию Казахстана составлял  $7,8\text{ км}^3$  в год (по официальным данным, забор иртышской воды Китаем не должен превышать  $1...1,5\text{ км}^3$  в год). Характер водного режима Иртыша весьма разнообразен. Весенне-летнее половодье формируется за счет таяния снега и ледников в горах. В верхнем течении подъем уровня воды начинается в апреле, к середине – концу мая формируется волна половодья, спад длится до октября, сток реки зарегулирован. Ближе к границам Республики Казахстан подъем уровня воды начинается в конце мая, к середине июня уровень воды достигает

максимального значения, спад длится до сентября. Зимняя межень устойчивая, средняя продолжительность 130...150 дней. Режим реки в зимний период зависит от режима сброса воды гидроузлов в верхнем течении Черного Иртыша [3].

Данные по стоку Черного Иртыша за последние 60 лет свидетельствуют о том, что водные запасы реки неуклонно сокращаются. Наиболее интенсивно это происходит в последние два десятилетия. Если в 90-е годы прошлого века Китай отбирал на собственные нужды менее одного кубокилометра иртышской воды, то сегодня такие объемы могут превысить три кубических километра в год. Прежде всего, это связано с бурным развитием экономики на севере Китайской Народной Республики: растущее население, которое необходимо обеспечивать водой; освоение новых пахотных земель. Кроме того, в Синьцзян-Уйгурском автономном районе ведется активная добыча нефти и газа (месторождение Карамай), что требует дополнительных и немалых расходов воды [4].

Для выполнения последующего водохозяйственного прогноза по отбору воды Китаем авторы дали оценку основным гидрологическим характеристикам реки в окрестностях трансграничного створа. С этой целью на участке реки от истока до границы с Казахстаном намечено 10 расчетных створов в соответствии со схемой локального водохозяйственного районирования (рис. 1). Учтено

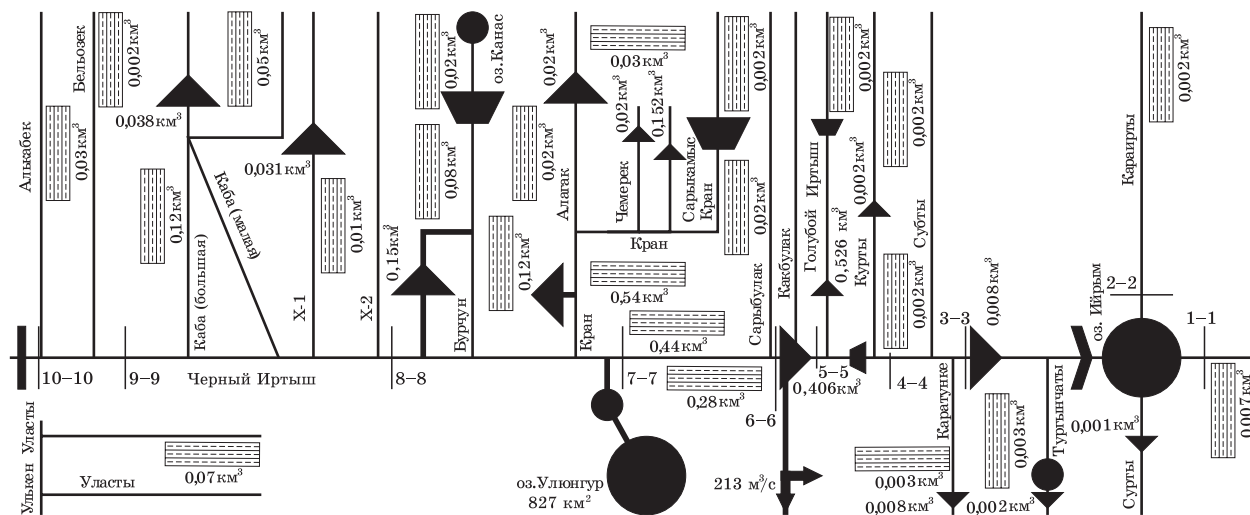


Рис. 1. Водохозяйственный комплекс реки Черный Иртыш: — – реки; ● – озера; ▲ – водохранилища;  $0,15\text{ км}^3$  – объем водохранилища; ▨ – орошаемые земли;  $0,01\text{ км}^3$  – объем воды, забираемый на орошение; — – каналы; р. Черный Иртыш – название рек, озер; ◀ – строящиеся гидроузлы, каналы; | – граница между Китаем и Казахстаном; ) – плотина; |<sub>9-9</sub> – створ и номер створа

размещение водопотребителей по территории бассейна, устья крупных притоков, точки сосредоточения водозаборов и сбросов, створы изъятия стока для переброски или принимающие дотацию извне, существующие и проектирующие гидроузлы. Очевидно, параметры притока к пограничному створу обусловлены непростой схемой водопользования, которая обеспечивается большим количеством локальных водохранилищ ирригационного и хозяйственно-питьевого назначения.

При оценке параметров стока в расчетных створах принято допущение о син-

хронности притока к расчетным створам и неизменности модуля стока по длине реки, коэффициенты вариации определены с использованием формулы К. П. Воскресенского:

$$C_{vi} = \frac{A}{q^{0,4} (F_i + 1000)^{0,1}},$$

где  $C_{vi}$  – коэффициент вариации;  $A$  – региональный коэффициент;  $q$  – модульный коэффициент л/км<sup>2</sup>;  $F_i$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>.

По данным табл. 1 построены аналитические кривые обеспеченности годового стока для расчетных створов (рис. 2) [5].

Таблица 1

Основные расчетные гидрологические характеристики

№ створа	$F$ водосбора, км <sup>2</sup>	$L$ , км	$I$ , ‰	Параметры годового стока			Обеспеченные объемы стока $S_p$ , млн м <sup>3</sup>					
				$q$ , л/с·км <sup>2</sup>	$\bar{S}_i$ , млн. м <sup>3</sup>	$C_{vi}$	10 %	25 %	50 %	75 %	90 %	95 %
1	2087	98,0	27,1	5,56	370	0,35	543,9	445,8	354,8	276,0	216,8	187,6
2	2891	85,0	20,6	5,56	510	0,34	742,6	612,0	490,1	384,5	304,5	264,2
3	5948	136,0	6,2	5,56	1040	0,32	1485,0	1238,0	998,4	799,8	642,7	563,7
4	7351	151,0	4,9	5,56	1290	0,31	1824,0	1529,0	1249,0	1001,0	811,4	713,4
5	14765	203,0	5,2	5,56	2590	0,29	3589,0	3043,0	2517,0	2049,0	1686,0	1497,0
6	15989	242,0	1,7	5,56	2800	0,29	3880,0	3290,0	2722,0	2215,0	1823,0	1618,0
7	23739	339,0	1,8	5,56	4160	0,28	5708,0	4867,0	4048,0	3324,0	2758,0	2459,0
8	40352	477,0	1,9	5,56	7070	0,27	9601,0	8236,0	6893,0	5698,0	4765,0	4270,0
9	51892	564,0	1,7	5,56	9100	0,26	12230,0	10556,0	8882,0	7407,0	6243,0	5615,0
10	55210	610,0	1,3	5,56	9680	0,26	13010,0	11229,0	9448,0	7880,0	6640,0	5972,0
Село Буран	55900	643,3		5,56	9800	0,26						

Примечание:  $L$  – длина, км;  $I$  – уклон реки, ‰;  $\bar{S}_i$  – сток, формирующийся на  $i$ -м участке, млн м<sup>3</sup>.

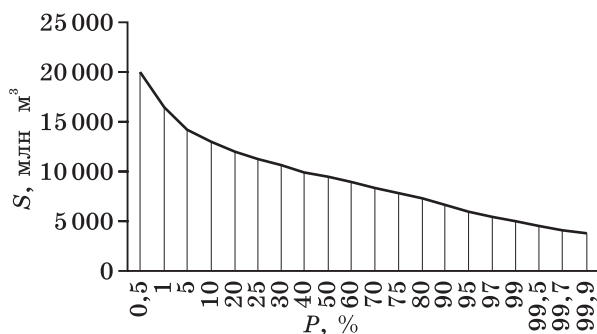


Рис. 2. Кривая обеспеченности естественного стока (створ 10)

Для учета хозяйственной деятельности было определено суммарное водопотребление на водохозяйственных участках между створами в прогнозируемой перспективе по усредненному сценарию развития ситуации (табл. 2).

Как видно из табл. 2, водопотребление по длине Черного Иртыша распределено неравномерно, некоторые участки сильно загружены. Водохранилища локальных водохозяйственных систем осуществляют сезонное регулирование стока, гарантируя нормальную работу водозаборных сооружений. Таким образом, в современном состоянии Иртыш приносит свои воды на территорию Республики Казахстан в объеме 6,34 км<sup>3</sup> в год, теряя выше границы треть стока.

Планы КНР на ближайшую и отдаленную перспективу можно прогнозировать по факту реализации проектов территориального перераспределения стока. Строительство каналов по переброске стока Черного Иртыша в Карамай и Урумчи

Оценка изменения стока с учетом водопотребления

№ створа	$\bar{S}_r$ , млн. м <sup>3</sup>	$\Sigma W$ , млн м <sup>3*</sup>	S, млн м <sup>3**</sup>	Обеспеченные объемы стока $S_p$ , млн м <sup>3</sup>					
				10 %	25 %	50 %	75 %	90 %	95 %
1	370	35	335	492,40	403,7	321,3	249,9	196,3	169,8
2	510	43	467	680,00	560,4	448,8	352,1	278,8	241,9
3	1040	74	966	1379,00	1150,0	927,4	742,8	597,0	523,6
4	1290	481	809	1144,00	958,7	783,1	627,8	508,9	447,4
5	2590	485	2105	2918,00	2473,0	2046,0	1665,0	1371,0	1216,7
6	2800	1895	905	1254,00	1063,0	879,7	715,9	589,2	523,1
7	4160	2807	1353	1856,00	1583,0	1316,0	1081,0	897,0	799,6
8	7070	3055	4015	5452,37	4677,0	3915,0	3236,0	2706,0	2425,1
9	9100	3309	5791	7783,10	6718,0	5652,0	4714,0	3973,0	3573,1
10	9680	3343	6337	8516,93	7351,0	6185,0	5158,0	4347,0	3909,9

Примечание:  $\Sigma W$  – суммарное водопотребление; S – сток с учетом водопотребления.

завершено. В районе Урумчи подготовлены площади орошения на два миллиона гектаров земли. Технические возможности построенных каналов при максимальной загрузке способны обеспечить переброску воды в объеме 4,24 км<sup>3</sup> [6].

Строительство крупных гидроузлов на Черном Иртыше и на его притоках создает критическую ситуацию с точки зрения поступления стока на территорию Казахстана. Чтобы забрать воду и осуществить компенсационное регулирование в Казахстане, требуется многолетнее регулирование стока в Китае – только такие действия помогут как-то компенсировать столь масштабное воздействие. Что в такой обстановке остается делать России –

вопрос открытый.

Кроме того, значительный рост водопотребления стоит ожидать в коммунальном хозяйстве из-за роста численности населения, изменения бытовых условий и, как следствие, увеличения норм водопотребления на душу населения. Ожидается и развитие водопотребления в промышленности КНР. Базой для развития этого направления является строительство гидроэлектростанций как на самом Иртыше, так и на его притоках.

Учитывая нарастающие водозаборы, авторами дана оценка водохозяйственному использованию на современном уровне развития и в прогнозируемой перспективе на 2030 год (рис. 3, 4).

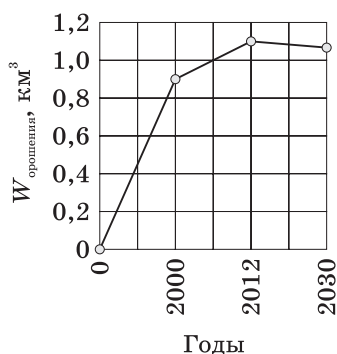


Рис. 3. Диаграмма роста водопотребления на орошение

Диаграмма роста водопотребления на орошение свидетельствует о том, что потребление на орошение стабилизировалось и в дальнейшем, возможно, будет сокращаться за счет применения прогрессивных способов полива с использованием насосного оборудования. Основным потре-

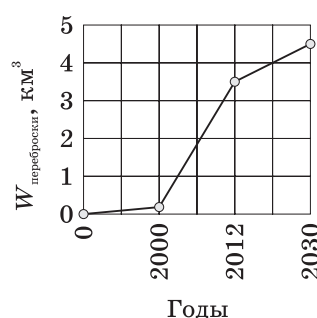


Рис. 4. Диаграмма роста водопотребления на переброску

бителем стока Черного Иртыша на данный момент является, как уже отмечено, переброска стока реки в южные районы Синьцзян-Уйгурского автономного округа, которая может достигать 4,24 км<sup>3</sup> в год, что полностью противоречит Хельсинскому соглашению, устанавливающему



максимальный отбор в объеме 12 %. В настоящее время Китай обладает свободным ресурсом воды в объеме 4,54 км<sup>3</sup> [7]. В перспективе Китай способен забрать из Черного Иртыша почти весь среднемноголетний сток, оставив только санитарные попуски, что неминуемо приведет к серьезным экологическим проблемам, к которым Казахстан и Россия должны быть технически подготовлены, ориентируясь на наиболее неблагоприятный сценарий.

#### Выводы

Выполненные к настоящему моменту расчеты позволяют получить картину многолетней последовательности притока к створу Бухтарминского гидроузла. Дальнейшие исследования связаны с разработкой имитационной модели среднего Иртыша от створа Бухтарминской ГЭС до Омска. Водохозяйственная обстановка на этом участке реки определяется режимом работы каскада водохранилищ – Бухтарминского и Шульбинского [8]. За гидроузлами закреплена функция покрытия требований крупного водохозяйственного комплекса. Достаточно перечислить основных водопользователей: транспортно-энергетические попуски (16,6...17,0 км<sup>3</sup>), обводнительные пойменные и рыбохозяйственные попуски (4,5 км<sup>3</sup>), канал Иртыш – Караганда (1,5...2,0 км<sup>3</sup>), транспортирующий часть стока в безводные области Ишимского бассейна. Затраты стока, с учетом отраслевых требований (2...4 км<sup>3</sup>), уровня освоения ирригационного фонда в Казахстане и потерь воды из водохранилищ Шульбинско-Бухтарминского каскада (2 км<sup>3</sup>), составляют 27...29 км<sup>3</sup>. Такой объем воды практически равен среднемноголетнему стоку Иртыша в трансграничном створе России и Казахстана. Сложности компенсированного многолетнего регулирования стока обостряются в связи с неопределенностью притока из КНР и развитием водопотребления в Казахстане.

1. Сапожников В. В. По русскому и монгольскому Алтаю. – М.: Государственное издательство географической литературы, 1949. – 722 с.

2. Данные по осадкам, фактическим суточным суммам осадков за последний 365 дней: Центр прогнозирования клима-

та Китая / [Электронный ресурс]. – URL: [http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/global\\_monitoring/](http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/global_monitoring/) (дата обращения: 14.03.12.).

3. Гидрологический ежегодник 1948–1980 годов: Бассейн Карского моря (западная часть). – Вып. 4–9. – Т. 6. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1950–1885.

4. Мы можем потерять Иртыш навсегда // Altaynews.kz: интернет-издание. – URL: <http://altaynews.kz/2573-poteryat-irtysh.html> (дата обращения: 25.04.12.).

5. Определение расчетных гидрологических характеристик: СНиП 2.01.14–83. – М.: Стройиздат, 1985. – 46 с.

6. Река Иртыш / Энциклопедия воды: водоемы России: информационно-аналитическое ежедневное интернет-издание о чистой питьевой воде; зарег. 03.08.2005. – URL: <http://www.aquaexpert.ru/enc/reservoir/irtish> (дата обращения: 05.04.12.).

7. Раткович Л. Д., Романова Ю. А. Влияние переброски стока в Китайской Народной Республике на состояние водохозяйственного комплекса реки Иртыш // Природообустройство. – 2011. – № 5. – С. 71–75.

8. Раткович Л. Д., Козлов Д. В. Водохозяйственные аспекты трансграничного водodelения и совместного управления водными ресурсами: Управление трансграничными водными ресурсами: материалы Второй международной конференции. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2010 – С. 165–176.

Материал поступил в редакцию 18.06.12.

*Раткович Лев Данилович, кандидат технических наук, профессор, зав. кафедрой «Комплексное использование водных ресурсов»*

*Тел. 8 (499) 976-21-56*

*E-mail: levkivr@mail.ru*

*Романова Юлия Анатольевна, аспирантка*

*E-mail: r.yu.a@yandex.ru*