

УДК 556.01+504.4.062.2(574)

**ОЦЕНКА БАСЕЙНОВЫХ ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ
СИСТЕМ КАЗАХСТАНА ПО КРИТЕРИЯМ
ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ**

Доктор геогр. наук И.М. Мальковский

Л.С. Толеубаева

Оценка бассейновых природно-хозяйственных систем (ПХС) Казахстана по критериям устойчивости водообеспечения, картограмма водообеспеченности ПХС Казахстана.

Актуальность проблемы устойчивого водообеспечения Казахстана определяется ограниченностью располагаемых водных ресурсов, высокой степенью их загрязнения, неравномерностью распределения по территории, значительной изменчивостью во времени. При этом исходя из приоритета средообразующих функций водных ресурсов проблему водообеспечения страны целесообразно формулировать как проблему водообеспечения целостных природно-хозяйственных систем (ПХС) в границах бассейновых гидрологических циклов [6].

Оценка бассейновых ПХС по критериям водообеспеченности представляется необходимой как принципиальная основа для разработки национальных и региональных программ водосбережения, а также схем территориально-временного перераспределения водных ресурсов в условиях ожидаемого климатически и антропогенно обусловленного сокращения ресурсов речного стока.

В аспекте решения проблем водообеспечения страны на территории республики вычленяются восемь бассейновых природно-хозяйственных систем: Арало-Сырдарьинская, Балхаш-Алакольская, Иртышская, Ишимская, Нура-Сарысуйская, Тобол-Тургайская, Урало-Каспийская, Шу-Таласская [6]. Пять из них представляют бессточные бассейны Каспийского и Аральского морей, озер Балхаш и Тенгиз. Семь ПХС находятся на территории трансграничных бассейнов, где сопредельными с Казахстаном государствами являются Китай, Кыргызстан, Узбекистан, Россия (Рис. 1). При этом в четырех трансграничных бассейнах Казахстан занимает территорию низовьев рек, в двух – среднее течение, в одном – верховья рек. Острота проблем водообеспечения ПХС бессточных бассей-

нов республики в значительной степени определяется наличием на их территории крупных водопотребителей – конечных водоемов, а в ПХС трансграничных бассейнов – ограничениями на водные ресурсы в связи с хозяйственной деятельностью в сопредельных государствах.



Рис. 1. Бассейновые природно-хозяйственные системы Казахстана.

Общепринятыми показателями водообеспеченности государств (регионов) принято считать удельные объемы стока, приходящиеся на единицу территории и одного жителя. В табл. 1 приведена оценка бассейновых ПХС по критерию удельной водообеспеченности на одного жителя и на единицу территории.

Обращают на себя внимание в целом низкие значения показателя, приходящегося на одного жителя, в сравнении с сопредельными государствами (Кыргызстан – 13,9; Узбекистан – 7,9; Россия – 30,8). По критерию удельной водообеспеченности центральные и северные ПХС Казахстана находятся в одном ряду с наиболее дефицитными по воде странами мира (Египет – 1,2, Судан – 1,1, Израиль и Сирия – 0,45).

Всемирной Метеорологической Организацией (ВМО) при оценке мировых ресурсов пресных вод предложен критерий водного стресса, определяемый как доля ежегодно используемых запасов воды в стране на общественные нужды от количества возобновляемых водных ресурсов.

Таблица 1

Удельная водообеспеченность бассейновых ПХС Казахстана

Бассейновые ПХС	Средний многолетний сток, км ³ /год	Площадь тыс. км ²	Население, тыс. чел.	Удельная водообеспеченность	
				тыс. м ³ /чел.	тыс. м ³ /км ²
Арало-Сырдарьинская	17,9	302	2527	7,1	59,3
Балхаш-Алакольская	27,8	386	3010	9,2	72,0
Иртышская	33,5	333	2161	15,5	100,6
Ишимская	2,6	248	1874	1,4	10,5
Нура-Сарысуйская	1,3	288	1268	1,0	4,5
Тобол-Тургайская	2,0	370	1127	1,8	5,4
Урало-Каспийская	11,2	620	1962	5,7	18,1
Шу-Таласская	4,2	168	1024	4,1	25,0
Всего по РК	100,5	2715	14953	6,7	37,0

В соответствии с нормативами ВМО выделяются четыре уровня водного стресса [1]:

1. Низкий водный стресс – использование менее 10 % имеющихся запасов воды. В целом хозяйственная деятельность не оказывает негативных воздействий на водные ресурсы.

2. Умеренный водный стресс – использование от 10 до 20 % имеющихся водных ресурсов. Вода становится фактором, ограничивающим развитие. Необходимы меры по сокращению спроса, и требуются инвестиции для улучшения ситуации.

3. Средний-высокий водный стресс – водопользование от 20 до 40 %. Необходимо тщательное управление для обеспечения того, чтобы использование водных ресурсов оставалось устойчивым. Должны быть решены вопросы водосбережения в водоемких отраслях экономики, обращая внимание на обеспечение того, чтобы сток был достаточным для водных экосистем.

4. Высокий водный стресс – использование более 40 % имеющихся ресурсов указывает на положение нехватки, и вода часто используется с интенсивностью, превышающей естественное восполнение. Должны разрабатываться альтернативные источники, например подземные воды и опресненные минерализованные воды. Необходимо срочно обратить внимание на интенсивное управление ресурсами и спросом на них. Такой характер использования, по всей вероятности, не является устойчивым, и нехватка воды становится ограничивающим фактором для экономического роста.

В табл. 2 приведена оценка бассейновых ПХС Казахстана по критерию водного стресса. По нормативам ВМО 5 природно-хозяйственных систем республики попадают в эту категорию высокого водного стресса, 2 – средне-высокого и 1 ПХС – умеренного водного стресса. Очевидно, предложенная ВМО градация не вполне отвечает условиям Казахстана и требует доработки и привязки к местным условиям, в частности учета специфики водопользования в бессточных и трансграничных бассейнах.

Таблица 2

Оценка бассейновых природно-хозяйственных систем Казахстана по критерию водного стресса

Бассейновые ПХС	Ресурсы стока, км ³ /год	Хозяйственная водопотребность, км ³ /год	Водный стресс	Уровень водного стресса
Арало-Сырдарьинская	17,9	10,8	0,60	4
Балхаш-Алакольская	27,8	6,9	0,25	3
Иртышская	33,5	7,8	0,23	3
Ишимская	2,6	1,6	0,62	4
Нура-Сарысуйская	1,3	1,3	1,00	4
Тобол-Тургайская	2,0	0,9	0,45	4
Урало-Каспийская	11,2	2,1	0,19	2
Шу-Таласская	4,2	4,1	0,98	4
Всего по РК	100,5	35,5	0,35	3

Как показано в работах [5, 7] бассейновым системам водообеспечения присуще фундаментальное свойство неопределенности, обусловленное вероятностным характером гидрометеорологических явлений и изменчивостью во времени требований к используемому водоисточнику. Для учета указанного свойства в системах водообеспечения используется двухпараметрический критерий устойчивости, описываемый надежностью (P) и уязвимостью (U). Надежность характеризует вероятность безотказного водообеспечения ПХС (по числу бесперебойных лет), уязвимость – экстремальные значения отказов (максимальную величину относительного дефицита водных ресурсов в ПХС в периоды критического маловодья).

Интегральным показателем устойчивости водообеспечения ПХС может стать критерий риска (R), определяемый как относительное значение математического ожидания дефицитов водных ресурсов в ПХС:

$$R = \frac{1}{Q} \int_P^1 D(p) dp = \frac{1}{Q} M(D), \quad (1)$$

где D – дефицит ресурсов речного стока, км³/год; Q – суммарный спрос ПХС на гарантированную водоподачу, км³/год; P – надежность водообеспечения ПХС; $M(D)$ – математическое ожидание дефицитов воды в ПХС.

Основой для определения критериев устойчивости водообеспечения служит обобщенная водохозяйственная характеристика, представляющая собой функцию распределения вероятностей годовых объемов располагаемых ресурсов речного стока в ПХС (рис. 2). Методам построения данных характеристик, основанным на графо-аналитических приемах, численном решении интегральных уравнений и динамико-стохастическом моделировании, посвящена обширная литература [2, 3, 4].

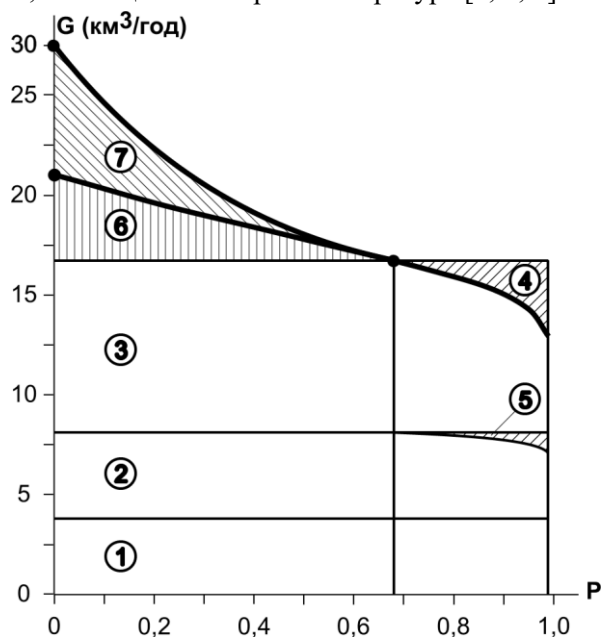


Рис. 2. Обобщенная водохозяйственная характеристика Арало-Сырдарьинской ПХС: 1 – непроизводительные потери в русле и водохранилище и регулярный сброс в Арнасай; 2 – гарантированный приток в дельту и море; 3 – хозяйственное водопотребление; 4 – суммарный дефицит водных ресурсов ПХС; 5 – дефицит водных ресурсов для дельты и моря; 6 – незарегулированный приток в дельту и море; 7 – незарегулированные сбросы в Арнасай.

На рис. 2 приведена обобщенная водохозяйственная характеристика Арало-Сырдарьинской ПХС, полученная на основе обработки фактических данных за последнее десятилетие. Располагаемые водные ресурсы данной ПХС (G) слагаются из зарегулированного стока Сырдарьи в створе Шарда-

ринского водохранилища, боковой приточности реки Арысь и возвратного стока в реку коллекторно-дренажных вод. При средней величине ресурсов речного стока в ПХС за десятилетие $20,3 \text{ км}^3/\text{год}$ суммарный спрос на гарантированную водоподачу (Q) составил $16,7 \text{ км}^3/\text{год}$, включая непроизводительные потери стока ($3,7 \text{ км}^3/\text{год}$), приток в дельту Сырдарьи и Аральское море ($4,4 \text{ км}^3/\text{год}$), хозяйственное водопотребление ($8,6 \text{ км}^3/\text{год}$). В периоды критического маловодья суммарный дефицит водных ресурсов в ПХС достигал $3,8 \text{ км}^3/\text{год}$, в том числе дефицит в дельте и море – $0,9 \text{ км}^3/\text{год}$. Незарегулированный сток в ПХС частично сбрасывался в систему Арнасайских озер (в объеме до $9 \text{ км}^3/\text{год}$) и частично поступал в дельту и море (в объеме до $4,3 \text{ км}^3/\text{год}$). Надежность водообеспечения ПХС по числу бесперебойных лет (P) составила $0,68$, уязвимость в долях суммарного водопотребления $U = 0,25$, степень риска водообеспечения ПХС $R = 0,04$.

Изложенный методический подход использован для оценки устойчивости всех бассейновых природно-хозяйственных систем республики по критериям надежности, уязвимости и риска (рис. 3). На картограмме выделены 4 ПХС с умеренным риском водообеспечения ($R < 0,1$), одна ПХС – со средневысоким риском ($0,1 \leq R \leq 0,2$) и три ПХС с высоким риском ($R > 0,2$). В категорию умеренного риска попали ПХС с глубокой зарегулированностью речного стока крупными водохранилищами: Бухтарминским, Капшагайским, Токтогульским, Тащуткульским. Высокий риск водообеспечения ПХС центрального и северного Казахстана обусловлен значительной межгодовой изменчивостью стока местных рек, имеющих так называемый «казахстанский тип питания».

В настоящее время в Казахстане нет общегосударственных норм, регламентирующих назначение нормативов надежности, уязвимости и риска водообеспечения природно-хозяйственных систем различной структуры. На практике указанные нормативы назначаются на основании общих соображений о значимости того или иного вида водопользования в ПХС. К категории водопользователей, требующих практически бесперебойной водоподачи, в частности, рекомендовано отнести компоненты, выполняющие средообразующие и жизнеобеспечивающие функции в природно-хозяйственных системах. Для производственных компонентов ПХС, в принципе, степень риска водообеспечения должна в каждом конкретном случае определяться на основании сопоставления ущербов от перебоев с затратами на сокращения их повторяемости и глубины. Надежность водо-

обеспечения обычно принимается: для ирригации в диапазоне 0,75...0,90, для энергетики порядка 0,95, для водного транспорта 0,75...0,95 [8].



Рис. 3. Оценка бассейновых природно-хозяйственных систем Казахстана по критериям устойчивости водообеспечения.

Однако методические подходы обоснования нормативов риска водообеспечения производственных компонентов в составе природно-хозяйственных систем в настоящее время еще не выработаны и решения принимаются в каждом отдельном случае в значительной мере произвольно. Таким образом, вопрос о нормативах риска водообеспечения природно-хозяйственных систем – одного из ключевых звеньев современной методологии управления водными ресурсами – требует специального исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вода всего мира: достаточно ли ее? – ВМО ЮНЕСКО. 1997 г. – 22 с.
2. Воропаев Г.В., Исмайылов Г.Х., Федоров В.М. Моделирование водохозяйственных систем аридной зоны СССР. – М.: Наука, 1984. – 312 с.
3. Киктенко В.А., Баишев Б.Б. Аналитический метод расчета регулирования речного стока. – Алма-Ата: «Наука КазССР», 1980. – 200 с.
4. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Водохозяйственные расчеты. – Л: Гидрометеиздат, 1952. – С. 83-177.

5. Мальковский И.М. Критерии риска в задачах водообеспечения природно-хозяйственных систем // Мат. международной научно-практической конференции «Проблемы гидрометеорологии и экологии». – Алматы, 2001. – С. 119-122.
6. Мальковский И.М., Сорокина Т.Е., Толеубаева Л.С. Проблемы устойчивого водообеспечения в Казахстане // Проблемы освоения пустынь. – Ашхабад, 2001. – № 2. – С. 30-35.
7. Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Геоэкологические критерии устойчивости систем водообеспечения // Доклады к международной научно-практической конференции «Современные проблемы гидроэкологии внутриконтинентальных бессточных бассейнов Центральной Азии». – Алматы, 2003. – С. 214-219.
8. Раткович Д.Я. Гидрологические основы водообеспечения. – М.: Наука, 1993. – С. 162-173.

Институт географии

**ҚАЗАҚСТАННЫҢ АЛАПТЫ ТАБИҒИ-ШАРУАШЫЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІН
СУМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ БЕЛГІЛЕРІ БОЙЫНША БАҒАЛАУ**

Геогр. ғылымд. докторы И.М. Мальковский
Л.С. Толеубаева

*Сумен қамтамасыз ету белгілерімен Қазақстан ТШЖ
алапты бағалау, Қазақстанның ТШЖ сумен қамтамасыз ету
картограммасы.*