

УДК 556.01+504.4.062.2(574)

**ОЦЕНКА ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ КОМПОНЕНТОВ  
ПРИАРАЛЬСКОЙ ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ**

Л.С. Толеубаева

*Дана оценка современного состояния водообеспеченности озерных систем дельты Сырдарии по критериям надежности, уязвимости и риска.*

В «Основных положениях концепции улучшения социально-экономического и экологического состояния в Приаралье», утвержденных главами пяти государств Центральной Азии, подчеркивались невозможность восстановления Аральского моря в его первоначальном состоянии и необходимость осуществления комплекса мероприятий, направленных на создание новой устойчивой природно-хозяйственной системы Приаралья путем обводнения, лесомелиорации и других работ [1]. Концепция возрождения Казахстанского Приаралья получила развитие в программе создания на его территории трех экологически устойчивых зон (локальных природно-хозяйственных систем – ПХС): дельты Сырдарии, части осушенного дна моря, акватории Малого (Северного) Аральского моря. Реабилитация выделенных по бассейновому принципу ПХС предполагает проведение комплекса водно-экологических мероприятий, нацеленных на восстановление естественных озер в дельте, создание искусственных водоемов на осушенном дне моря, стабилизацию уровня и опреснение вод Северного Аральского моря. Приоритетными в проектах водохозяйственной реконструкции определены две озерные системы Дельтовой ПХС – Камыслыбасская и Акшатауская и две Приморской ПХС – Правобережная и Левобережная (рис. 1). Каждая из озерных систем (ОС) представляет собой совокупность отдельных озер и болот, связанных сложной сетью естественных протоков и искусственных каналов.

В настоящей работе дается оценка степени водообеспеченности компонентов ПХС Приаралья при различных схемах распределения речного притока в дельту Сырдарии. В качестве показателей водообеспеченности использованы критерии надежности, уязвимости и риска водообеспечения. Под надежностью здесь понимается вероятность безотказного удовлетворения спроса на воду компонента ПХС по относительному чис-

лу бесперебойных лет. Уязвимость и риск водообеспечения характеризуют соответственно максимальное и средневзвешенное значения недодачи воды компоненту в долях годового спроса на воду [2, 3, 4, 5]. Информационную базу расчетов составили данные научной системы гидроэкологического мониторинга Института географии в дельтовых районах Сырдарии [6, 7]. Экспериментальные работы автора включали наблюдения на водных объектах Приаралья и дешифровку данных дистанционного зондирования.

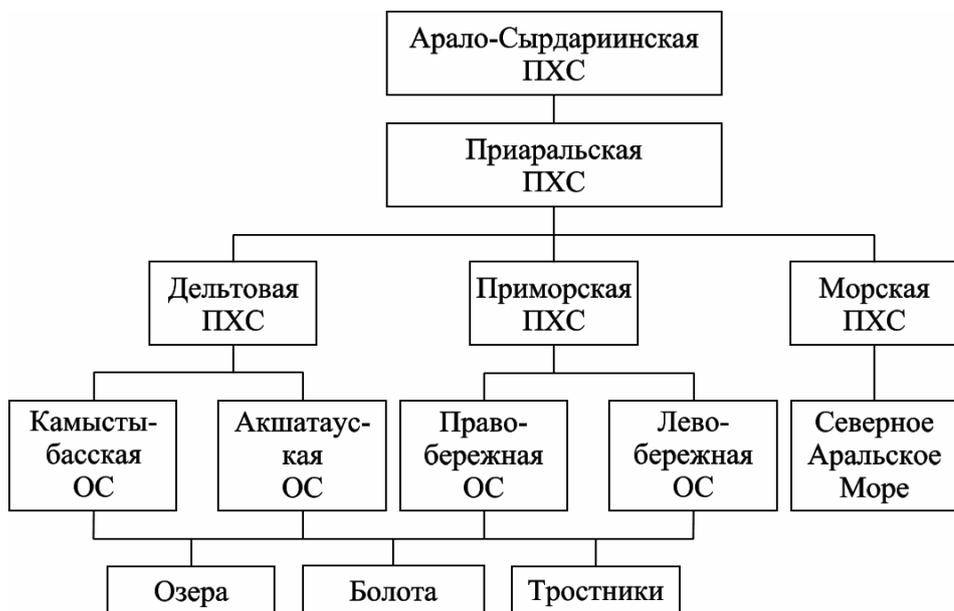


Рис. 1. Структура Приаральской ПХС.

В ноябре 2005 г. завершено строительство Кокаральского гидроузла по проекту института «Казгипроводхоз», а весной 2006 г. наполнение Северного Аральского моря достигло проектной отметки 42,0 м (рис. 2).

Реализованный проект Кокаральского гидроузла многими специалистами рассматривается как первая очередь программы восстановления Северного Аральского моря на отметках уровня, близких к естественному состоянию (53,0 м). Ретроспективный анализ водного баланса Северного Аральского моря показывает, что при наличии устойчивой плотины соответствующей высоты в условиях относительно многоводных последних 15 лет уровень моря мог быть восстановлен до отметок 46,0...47,0 м. Расчет-

ное водопотребление Морской ПХС в настоящей работе оценено для двух вариантов сохранения Северного Аральского моря – соответственное на уровнях 42,0 и 47,0 м (табл. 1).

а)



б)



*Рис. 2. Гидроузел Кокарал (водосбросное сооружение).  
а) – верхний бьеф; б) – нижний бьеф.*

Таблица 1

Расчетное водопотребление Морской ПХС (Северного Аральского моря)

Показатели	Ед. изм.	Этапы реконструкции	
		1-я очередь	2-я очередь
Отметка уровня	м	42,0	47,0
Площадь водной поверхности	тыс. км <sup>3</sup>	3,55	4,60
Объем водной массы	км <sup>3</sup>	29,3	49,2
Видимое испарение с водной поверхности	км <sup>3</sup> /год	3,02	3,91
проточность (сброс в Большой Арал)	км <sup>3</sup> /год	0,60	0,78
Водопотребление Северного Аральского моря	км <sup>3</sup> /год	3,62	4,69

Озерные системы и водно-болотные угодья дельты Сырдарии являются основой устойчивого существования водных и околоводных экосистем Казахстанского Приаралья, базой ведения рыбного промысла и кормопроизводства, необходимым условием жизнедеятельности населения Казалинского и Аральского районов Кызылординской области. В зоне влияния озерных систем расположено около 20 населенных пунктов, а также главные рыбохозяйственные объекты, основные площади сенокосных угодий и пастбищных территорий (рис. 3).



Рис. 3. Водные объекты Приаральской ПХС.

Анализ материалов экспедиционных обследований и данных дистанционного зондирования выявил значительную межгодовую и сезонную изменчивость площади обводнения озерных систем дельты, обусловленную как колебанием водности отдельных лет и внутригодовым режимом притока, так и несовершенством водохозяйственной инфраструктуры.

В связи с изменением режима эксплуатации Сырдаринского каскада водохранилищ в последние годы максимальный речной приток в дельту наблюдается в зимнее время, минимальные расходы воды – летом. Диапазон колебаний уровня воды в русле реки при этом составил около 3 м. Аналогичный уровенный режим наблюдался на озерных системах с меньшей сезонной амплитудой. Вследствие высокой водности последних лет и повышенной проточности озерных систем минерализация озерных вод находилась на низком уровне – в среднем до 5,0 г/л.

Сложившийся зимний режим обводнения озерных систем дельты является вынужденным, обусловленным противоестественным водным режимом реки Сырдария. Такой режим противопоказан, в частности, обводнению территорий, занятых лесами и кустарниками, неприемлем для ондатроводческих водоемов и недостаточно эффективен для рыбохозяйственных объектов.

Площадь затопления озерных систем дельты Сырдарии в 2005 г. по данным дистанционного зондирования составила 62,9 тыс. га весной и 42,2 тыс. га осенью. Весеннее затопление озерных систем в 2000 и 2001 гг. составило соответственно 84,1 и 76,2 тыс. га. Площадь озер ( $F$ ) в указанные годы составила 47,0, 54,1 и 64,6 тыс. га (рис. 4).

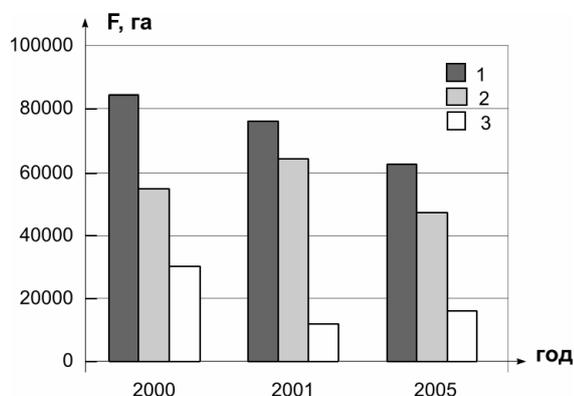


Рис. 4. Межгодовая и сезонная динамика площади озер и болот Приаральской ПХС. 1 – всего, 2 – озера, 3 – болота.

Таблица 2

## Проектные площади компонентов Приаральской ПХС

Название	Площадь, км <sup>2</sup>			
	озера	тростники	болота	всего
Дельтовая ПХС	479,1	119,8	237,2	836,1
в т.ч. Камыстыбасская ОС	232,6	58,2	109,5	400,3
Акшатауская ОС	246,5	61,6	127,7	435,8
Приморская ПХС	139,3	34,8	97,0	271,1
в т.ч. Левобережная ОС	83,7	20,9	58,6	163,2
Правобережная ОС	55,6	13,9	38,4	107,9
Всего	618,4	154,6	334,2	1107,2

На основе укрупненных нормативов затрат воды на единицу площади различных типов вводно-болотных угодий [8] дана оценка расчетному водопотреблению Дельтовой и Приморской ПХС (табл. 3).

Таблица 3

## Водопотребление компонентов Приаральской ПХС

Название	Водопотребление, км <sup>3</sup> /год			
	озера	тростники	болота	всего
Дельтовая ПХС	0,574	0,240	0,206	1,020
в т.ч. Камыстыбасская ОС	0,279	0,116	0,095	0,490
Акшатауская ОС	0,295	0,124	0,111	0,530
Приморская ПХС	0,167	0,070	0,084	0,321
в т.ч. Левобережная ОС	0,100	0,042	0,051	0,193
Правобережная ОС	0,067	0,028	0,033	0,128
Всего	0,741	0,310	0,290	1,341

Устойчивость функционирования и развития водных объектов ПХС Приаралья в решающей степени определяется гидрологическим фактором – речным притоком к вершине дельты Сырдарии. Варианты ожидаемого притока в дельту могут быть оценены фактическими или искусственно построенными рядами, учитывающими климатические и хозяйственные факторы формирования притока.

В настоящей работе в качестве расчетного притока приняты данные измеренных расходов воды в вершине дельты Сырдарии за последние 15 лет. В результате обработки наблюдаемых данных построена кривая водообеспеченности годовых объемов притока воды в дельту. Для удоб-

ства последующих вычислений произведена аппроксимация построенной кривой кусочно-гладкой функции (рис. 5).

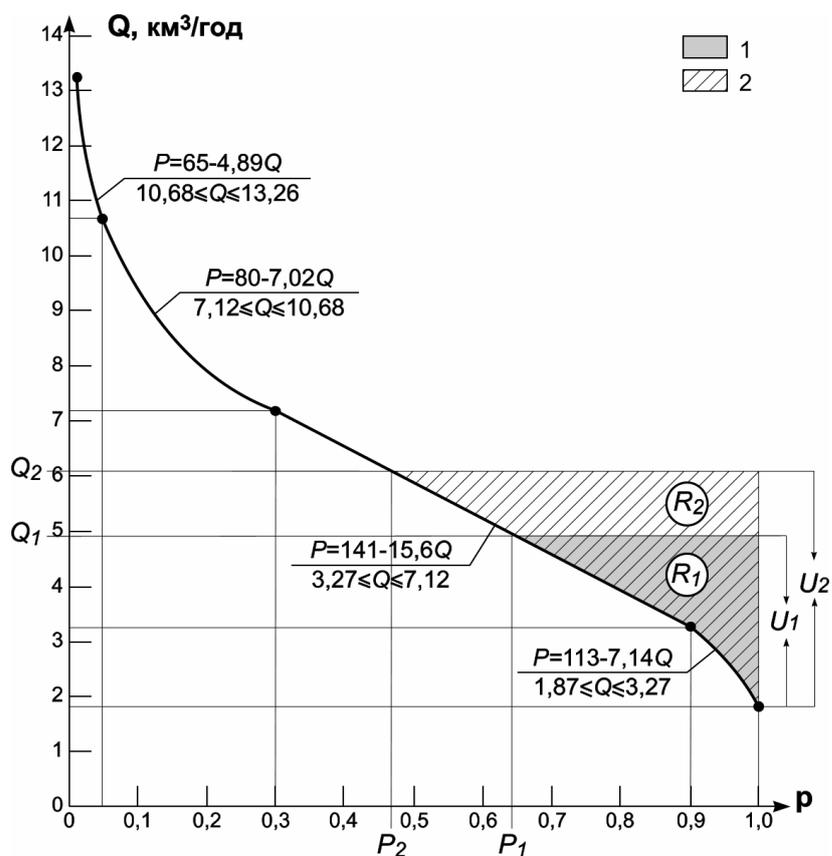


Рис. 5. Функция распределения вероятностей годового притока в дельту Сырдарьи. 1 – первый этап реконструкции, 2 – второй этап реконструкции.

На рис. 5 приняты следующие обозначения:  $Q_1$  и  $Q_2$  – расчетное водопотребление Приаральской ПХС на 1 и 2 этапы реконструкции,  $P_1$  и  $P_2$  – соответственно надежность водообеспечения ПХС,  $U_1$  и  $U_2$  – уязвимость,  $R_1$  и  $R_2$  – риск водообеспечения ПХС.

Степень водообеспеченности отдельных компонентов ПХС определяется правилами межкомпонентного распределения стока в условиях дефицита водных ресурсов различной глубины.

Схема безусловного приоритета предусматривает водоограничение только менее ответственного компонента вплоть до его полного отключения при глубоких дефицитах речного стока [9]. На рис. 6 приведена схема,

где безусловный приоритет предоставлен Северному Аральскому морю, а наименее ответственным компонентом определена Дельтовая ПХС. Результаты оценок степени водообеспеченности ПХС приведены в табл. 4.

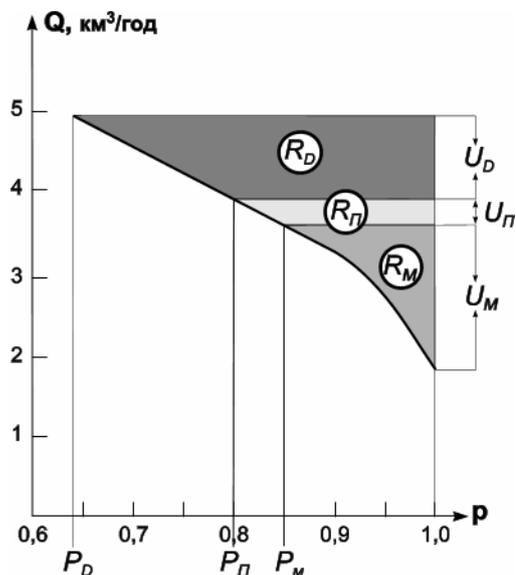


Рис. 6. Оценка компонентов Приаральской ПХС по критериям водообеспеченности (1 вариант водораспределения).

На рис. 6 приняты следующие обозначения:  $U_D$ ,  $R_D$ ,  $P_D$  – уязвимость, риск и надежность водообеспечения Дельтовой ПХС;  $U_П$ ,  $R_П$ ,  $P_П$  – уязвимость, риск и надежность водообеспечения Приморской ПХС;  $U_M$ ,  $R_M$ ,  $P_M$  – уязвимость, риск и надежность водообеспечения Морской ПХС.

Таблица 4

Оценка водообеспеченности компонентов Приаральской ПХС (1 вариант водораспределения)

Показатель	Дельтовая ПХС	Приморская ПХС	Морская ПХС
Расчетное водопотребление, км <sup>3</sup>	1,02	0,32	3,62
Надежность водообеспечения	0,64	0,85	0,80
Уязвимость водообеспечения	1,0	1,0	0,48
Риск водообеспечения	0,280	0,175	0,036

Возможна и другая интерпретация схемы, когда в силу своего более выгодного положения, безусловным приоритетом пользуется Дельтовая ПХС. Результаты оценок гидроэкологической ситуации в случае реализации второго варианта водораспределения приведены на рис. 7 и в табл. 5.

Таблица 5  
Оценка водообеспеченности компонентов Приаральской ПХС  
(2 вариант водораспределения)

Показатель	Дельтовая ПХС	Приморская ПХС	Морская ПХС
Расчетное водопотребление, км <sup>3</sup>	1,02	0,32	3,62
Надежность водообеспечения	1,00	1,00	0,64
Уязвимость водообеспечения	0	0	0,85
Риск водообеспечения	0	0	0,153

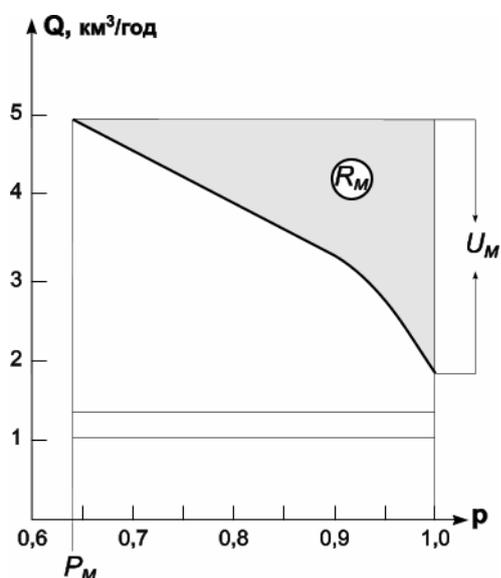


Рис.7. Оценка компонентов Приаральской ПХС по критериям водообеспеченности (2 вариант водораспределения).

Схема равномерного компромисса предусматривает распределение водных ресурсов, обеспечивающее равенство относительных объемов недодачи воды всем компонентам при любой глубине дефицита (рис. 8, табл. 6).

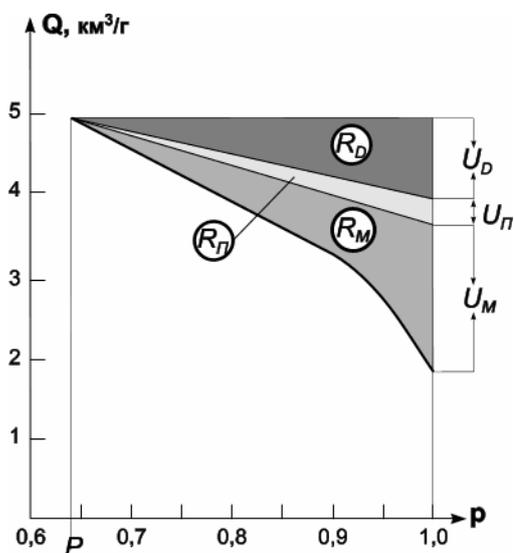


Рис. 8. Оценка компонентов Приаральской ПХС по критериям водообеспеченности (3 вариант водораспределения).

Таблица 6

Оценка водообеспеченности компонентов Приаральской ПХС  
(3 вариант водораспределения)

Показатель	Дельтовая ПХС	Приморская ПХС	Морская ПХС
Расчетное водопотребление, км <sup>3</sup>	1,02	0,32	3,62
Надежность водообеспечения	0,64	0,64	0,64
Уязвимость водообеспечения	0,62	0,62	0,62
Риск водообеспечения	0,112	0,112	0,112

Схема оптимального компромисса предусматривает распределение водных ресурсов, обеспечивающее минимальный суммарный ущерб в Приаральской ПХС в целом при любой глубине дефицита. Данная схема предполагает использование водных ресурсов в случае их дефицита тем компонентом, который получает наибольший эффект (минимальный ущерб) при водопользовании. При этом приоритетный компонент компенсирует потери других компонентов в размерах, обеспечивающих выравнивание их относительных ущербов.

Результаты выполненных оценок свидетельствуют, что сохранение сложившегося режима водопритока в дельту обеспечивает спрос на воду

Приаральской ПХС в среднегодовом значении на 89 % и 82 % соответственно для 1 и 2 этапа водохозяйственной реконструкции. Надежность водообеспечения составляет соответственно 64 и 47 %. Следствием отсутствия нормативов водообеспеченности для природных компонентов в настоящее время представляется затруднительным оценить приемлемость сложившегося режима водопритока для обеспечения устойчивого функционирования Приаральской ПХС. Решение данных вопросов является задачей будущих исследований.

Рекомендуется восстановить естественный весенне-летний режим обводнения озерных систем дельты взамен существующего зимнего режима, что может быть обеспечено контррегулируванием речного стока в Казахстанской части бассейна Сырдарии. Контррегулирование речного стока предоставит возможность более эффективного затопления лиманов и сенокосных угодий, сохранения и восстановления лесостепной растительности, развития рыбохозяйственного производства, восстановления ондатроводства. Весенне-летний режим обводнения позволит существенно снизить инвестиции в реконструкцию водохозяйственной инфраструктуры дельты и облегчить условия эксплуатации гидротехнических сооружений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Южное Приаралье – новые перспективы. Под ред. проф. В.А. Духовного и инж. Ю. де Шуттера. – Ташкент, 2003. – С. 17-21
2. Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Методика оценки водообеспеченности природно-хозяйственной системы бассейна Сырдарьи / Сб. «Географическая наука в Казахстане. Результаты и пути развития». – Алматы: Гылым, 2001. – С. 161-168.
3. Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Геоэкологические критерии устойчивости систем водообеспечения / Сб. «Современные проблемы гидроэкологии внутриконтинентальных бессточных бассейнов Центральной Азии». – Алматы, 2003. – С. 215-220.
4. Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Оценка бассейновых природно-хозяйственных систем Казахстана по критериям водообеспеченности // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2004. – № 1. – С. 52-59.
5. Мальковский И.М., Толеубаева Л.С., Сорокина Т.Е. Географические основы водообеспечения природно-хозяйственных систем республики и предложения по оптимизации водохозяйственного комплекса

- трансграничного бассейна реки Сырдарьи. / Сб. «Географические проблемы устойчивого использования природно-ресурсного потенциала Республики Казахстан». – Алматы, 2005. – С. 83-105.
6. Malkovsky I.M., Sokolov S.B., Sorokina T.E., Tolebajeva L.S. Condition and forecast for hydrological system of the Syrdaria delta. / Ecological research and monitoring of the Aral sea deltas. – Book 2. – Unesco, 2001. – P. 37-49.
  7. Мальковский И.М., Соколов С.Б., Сорокина Т.Е., Төлеубаева Л.С., Аскараров А.Г. Гидрологические основы реконструкции водохозяйственной системы дельты Сырдарьи / Сб. «Географическая наука в Казахстане. Результаты и пути развития». – Алматы: Гылым, 2001. – С. 161-168.
  8. Экологическая оценка локальных и совместных мер по сокращению социально-экономического ущерба в зоне Приаралья. – Проект INTAS – АРАЛ – 2000 - 1059. – Вена-Амстердам-Москва-Алматы-Ташкент, 2004. – С. 90-94.
  9. Мальковский И.М., Сорокина Т.Е., Төлеубаева Л.С. Принципы разрешения конфликтных ситуаций в использовании речного стока (на примере бассейна Сырдарьи) / Сб. «Географическая наука в Казахстане. Результаты и пути развития». – Алматы: Гылым, 2001. – С. 151-161.

Институт географии МОН РК

## **АРАЛМАҢЫ ТАБИҒИ-ШАРУАШЫЛЫҚ ЖҮЙЕСІНІҢ ҚҰРАМ БӨЛІКТЕРІНІҢ СУМЕН ҚАМТЫЛУЫН БАҒАЛАУ**

Л.С. Төлеубаева

*Сырдария атырауының көлдер жүйесінің сумен қамтылуының қазіргі жағдайына сенімділік, әлсіздік және қатер критерийлері бойынша баға берілген.*