

УДК 556.18.004.14

Канд. техн. наук

С.П. Шиварева *

Канд. техн. наук

В.И. Ли *

**ОЦЕНКА УРОВНЯ СЕВЕРНОГО АРАЛЬСКОГО МОРЯ С УЧЁТОМ
ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И В УСЛОВИЯХ
ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА***УРОВЕНЬ, ИЗМЕНЕНИЕ, ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ХО-
ЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, КЛИМАТ*

В настоящее время уровень Северного Аральского моря достиг отметки 42 м. Для оценки возможного изменения уровня Северного Аральского моря проведена серия численных экспериментов. Моделирование проводилось с использованием водобалансовой модели и двух сценариев изменения климата А2 и В2. Сделан вывод, что для поддержания уровня Северного Аральского моря на современной отметке недостаточно будет тех водных ресурсов, которыми будет располагать Казахстан в перспективе при современной хозяйственной деятельности и предстоящих изменений климата.

Основным источником поступления воды в Северное Аральское море является р. Сырдарья. Створ Каратерень – самый нижний створ, и в основном он характеризует приток в Северное Аральское море. На разностно-интегральной кривой (рис. 1) можно выделить три периода: период маловодья (1976...1987 гг.), средний по водности период (1988...2001 гг.) и многоводный период после 2001 г. Последний период совпал с наполнением Северного Аральского моря, после строительства Кок-Аральской плотины, отделяющей Северный Арал от высыхающей южной части.

По данным измерений в настоящее время уровень Северного Аральского моря достиг 42 м, т.е. уровня, который предполагается поддерживать в перспективе.

Значения испарения с поверхности Аральского моря и осадков на его поверхность за период с 1961 по 1985 гг. приведены в монографии [1]. После образования Северного Арала достоверных данных по испарению с его поверхности нет. Поэтому была предпринята попытка оценить его среднюю величину в процессе моделирования. С этой целью за период

* Казгидромет, г. Алматы

осуществления наблюдений за уровнем (2002...2008 гг.) по притоку р. Сырдарья – п. Каратерень было произведено моделирование уровня Северного моря. В качестве среднего значения эффективного испарения была принята величина, равная 910 мм. Моделирование осуществлялось, используя уравнение водного баланса, при условии поддержания уровня на отметке 42 м. По результатам расчетов оценен сброс воды из Северного Арала в Большой Арал как остаточный член водного баланса. В результате получена его величина на конец 2008 г. равная 1,2 км³.

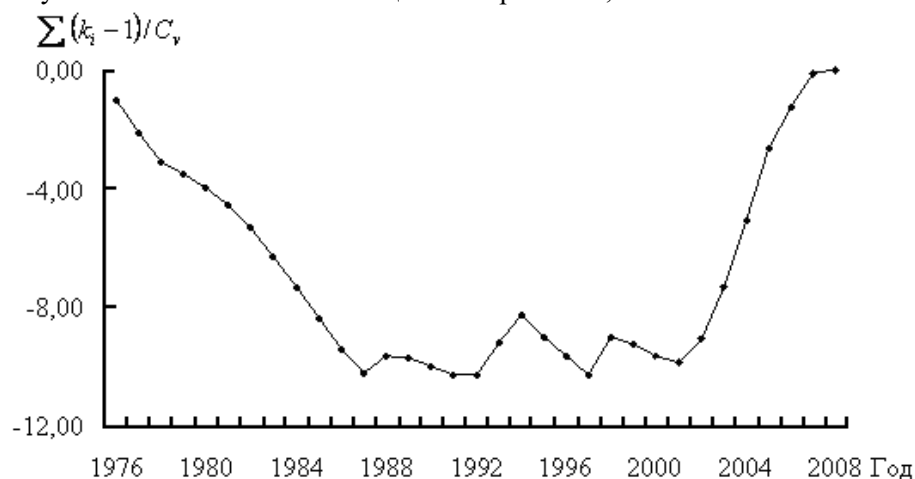


Рис. 1. Разностно-интегральная кривая стока р. Сырдарья в створе Каратерень.

Далее было проведено моделирование вероятной динамики уровня Малого моря с использованием натурального ряда стока р. Сырдарья – п. Каратерень с учетом маловодных и многоводных периодов в стоке р. Сырдарьи. Расчет уровней водоема производится методом последовательных приближений.

Для поддержания уровня Северного Арала на отметке 42 м необходимо, чтобы приток мог компенсировать испарение с поверхности моря и сброс из Северного Арала, если он будет осуществляться. Было промоделировано два варианта с учетом сброса в Большой Арал и при его отсутствии. На рис. 2 приведены моделированные значения уровня Северного Арала на 33-летнюю перспективу по стоку за период 1976... 2008 гг. и сбросу, равному ($P = 0$ и $P = 1,2$ км³). Период 1976... 2008 гг. отражает условия устойчивого водопотребления и современного климата.

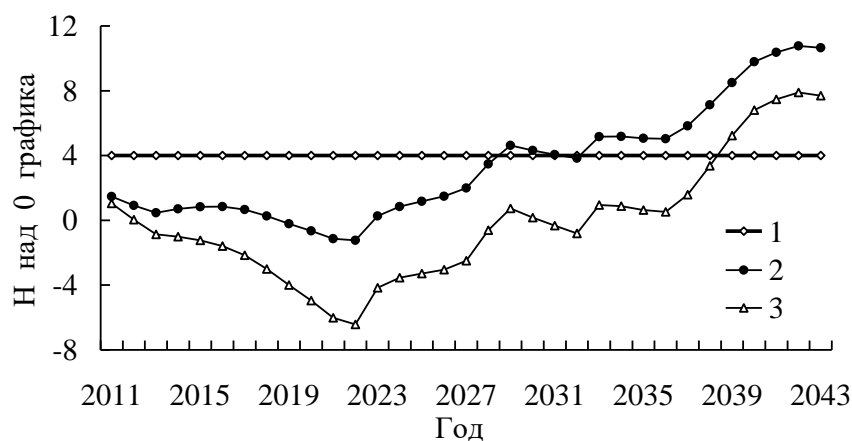


Рис. 2. Вероятная динамика уровней Северного Аральского моря в условиях устойчивого водопотребления в бассейне р. Сырдарьи и современного климата. 1 – уровень 42 м; 2 – уровень при $P = 0$; 3 – уровень при $P = 1,2 \text{ км}^3$. Ноль графика = 38 м.

Этот график показывает, как может изменяться уровень моря в перспективе до 2043 г., при условии, если речной сток в Северный Арал будет равный наблюдаемым значениям стока р. Сырдарьи – п. Каратерень за период 1976... 2008 гг. При отсутствии сброса в Большой Арал будет наблюдаться уровень выше 42 м в течении 15 лет из 33. При значениях сброса $P = 1,2 \text{ км}^3$ этот период уменьшится до 5 лет.

Выполненные расчёты позволили оценить изменение уровня Северного Аральского моря с учётом хозяйственной деятельности в условиях современного климата:

1. В условиях современного климата (при современном устойчивом водопотреблении) уровень Северного Аральского моря будет подвергаться значительным изменениям. При отсутствии сброса в Большой Арал в маловодный период воды, как правило, хватать не будет, ее дефицит составит порядка 2 км^3 в отдельные годы.

2. В средний по водности период в отдельные годы тоже будет небольшой дефицит – менее 1 км^3 .

3. В многоводный период будет наблюдаться «избыток» стока (до 8 км^3), который можно будет использовать для поднятия уровня моря выше 42 м или для других целей.

4. В случае если будет осуществляться сброс в Большой Арал, в маловодный период дефицит воды в отдельные годы будет составлять $1...3 \text{ км}^3$.

5. В средний по водности период в отдельные годы дефицит будет равен 1...2 км³, и только в многоводный период будет наблюдаться «излишек» притока до 6...7 км³.

Для оценки перспектив существования Северного Аральского моря в условиях изменения климата в первой половине 21 века, выполнена оценка уязвимости водных ресурсов его бассейна. Оценка уязвимости водных ресурсов вследствие антропогенного изменения климата проводилась по бассейну реки Арысь, используемой в качестве индикатора для определения уязвимости водных ресурсов р. Сырдарьи.

Для оценки влияния потенциального антропогенного изменения климата на водные ресурсы бассейна р. Сырдарьи выполнены следующие виды работ:

1) Проведена подготовка исходных данных, необходимых для использования модели формирования стока, разработанной В.В. Голубцовым [2];

2) Определены параметры модели;

3) Произведены численные эксперименты на модели для исследуемых бассейнов;

4) Получена оценка уязвимости водных ресурсов в бассейне р. Арысь по заданным сценариям изменения климата.

Численные эксперименты производились с целью проверки точности результатов расчетов. Для этого рассчитанные с помощью модели гидрографы стока сопоставлялись с фактическими гидрографами. В большинстве случаев совпадение рассчитанных и фактических гидрографов оказалось достаточно удовлетворительным. В целом результаты численных экспериментов позволяют сделать вывод о возможности использования модели формирования стока для оценки водных ресурсов бассейна Северного Аральского моря, особенно для горных районов, где влияние на сток хозяйственной деятельности в настоящее время еще относительно невелико.

В таблице приведены отклонения водных ресурсов, рассчитанные при антропогенном изменении климата, от значений естественных ресурсов в бассейне р. Арысь на перспективу до 30 и 50 лет. Антропогенные изменения климата оценивались по сценариям А2 и В2 [3]. Для условий Казахстана в определенной мере следует ориентироваться на оба сценария изменения климата. Данные таблицы показывают, что если изменения климата на перспективу до 30 лет будут происходить в соответствии со

сценарием А2, то водные ресурсы в горном бассейне р. Арысь увеличатся, в среднем на 0,75 %. Сценарий В2 более «жесткий». Согласно этому сценарию водные ресурсы в бассейне р. Арысь уменьшатся, но на незначительную величину – 1,95 %.

Таблица

Отклонения измеренных значений речного стока (ΔW , %), атмосферных осадков (ΔX , %) и температуры воздуха (ΔT , °С) от моделированных их значений при сценариях климата А1 и В2 в перспективе на 30 и 50 лет

Река	ΔW , %		ΔX , %		ΔT , °С	
	А2	В2	А2	В2	А2	В2
	Период 30 лет					
Арысь	0,75	-1,95	2,86	1,85	1,31	1,72
	Период 50 лет					
Арысь	1,30	-7,25	3,14	2,11	2,48	2,64

Как видно из данных таблицы, в перспективе на 30 и 50 лет при 2 сценариях изменения климата осадки и температуры увеличиваются. В рассматриваемых горных районах за счет увеличения зимних осадков (особенно в основных стокообразующих зонах бассейнов) увеличиваются значения снегозапасов, что приводит в условиях повышения температуры воздуха к увеличению стока в весенний период. Увеличение температуры воздуха не так существенно, чтобы привести к значительному более раннему оттаиванию почвогрунтов и, как следствие, к увеличению потерь стока в период весеннего половодья. Данные этой таблицы также показывают, что если изменения климата на перспективу в 50 лет будут происходить в соответствии со сценарием А2, то водные ресурсы в бассейне рек Арысь увеличатся, в среднем на 1,29 %. Согласно сценарию В2, увеличение стока в этом районе не будет, он уменьшится примерно на 7,25 %.

В разные по водности годы результаты оценки уязвимости водных ресурсов оказались следующими. По сценариям изменения климата А2 и В2, независимо от водности года изменение водных ресурсов имеет ту же тенденцию, что и в среднем за весь многолетний период. Поэтому, можно полагать, что под влиянием антропогенного изменения климата произойдет небольшое увеличение водных ресурсов горных районов и их уменьшение в равнинных районах казахстанской части бассейна реки Сырдарья.

Данные таблицы показывают, что наиболее ощутимыми могут быть варианты сценариев А2 и В2, приведенные во второй строке этой таблицы. Вариант А2 предполагает увеличение притока на 1,3 %, а вариант В2, как более «жесткий», уменьшение притока на 7,25 %. На рис. 3, представлены

результаты моделирования уровня Северного Аральского моря в условиях осуществления сценария В2 при значениях сброса ($P = 0$ и $P = 1,2 \text{ км}^3$) с учётом той же антропогенной нагрузки, которая была в 1976...2008 гг. Этот график показывает, как может изменяться уровень моря при измененных, согласно сценарию В2, значениях стока р. Сырдарья – п. Каратерень. При отсутствии сброса в Большой Арал в течение 11 лет из 33 будет наблюдаться уровень выше 42 м. При значениях сброса $P = 1,2 \text{ км}^3$ этот период уменьшится до 5 лет.

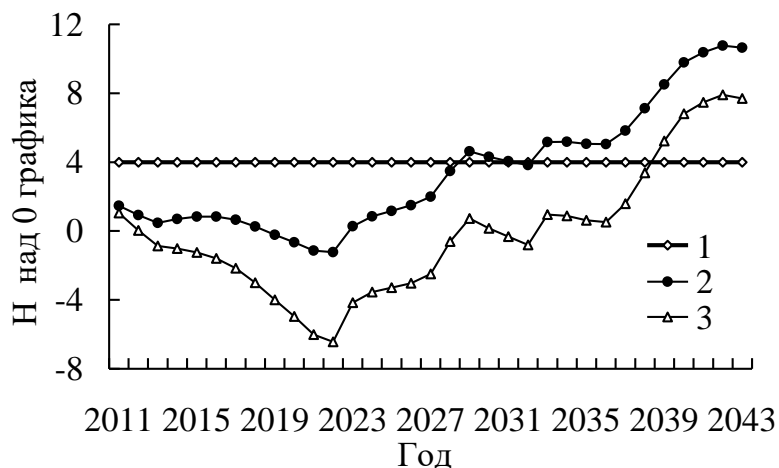


Рис. 3. Вероятная динамика уровней Северного Аральского моря с учётом хозяйственной деятельности в условиях антропогенного изменения климата. 1 – уровень 42 м; 2 – уровень при $P = 0$; 3 – уровень при $P = 1,2 \text{ км}^3$, ноль графика – 38 м.

По прогнозу до 2040 года водные ресурсы за счёт изменения климата уменьшатся не значительно. Так, в маловодный период они уменьшатся на 7 %, а поступление речной воды в Северное Аральское море за счёт хозяйственной деятельности сократится на 77 % и уровень моря упадёт до отметки 36,37 м. Сделан вывод, что под влиянием изменения климата и при сохранении такой же антропогенной нагрузки на речной сток р. Сырдарьи, которая наблюдалась в последние десятилетия, не удастся в маловодные годы поддержать уровень Северного Аральского моря на современной отметке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том 7. Аральское море. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 195 с.

2. Голубцов В.В. Моделирование стока горных рек в условиях ограниченной информации. – Астана: ИДЕАП-ИС, 2010. – 231 с.
3. Долгих С.А., Смирнова Е.Ю., Сабитаева А.У. К вопросу о построении сценариев изменения климата Казахстана // Гидрометеорология и экология. – 2006. – №1. – С. 7-19.

Поступила 17.04.2012

Техн. ғылымд. канд. С.П. Шиварева
Техн. ғылымд. канд. В.И. Ли

ШАРУАШЫЛЫҚ ӘРЕКЕТТІ ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП ЖӘНЕ КЛИМАТТЫҢ ӨЗГЕРУ ЖАҒДАЙЫНДА СОЛТҮСТІК АРАЛ ТЕҢІЗІНІҢ ДЕҢГЕЙІН БАҒАЛАУ

Қазіргі уақытта Солтүстік Арал теңізінің деңгейі 42 м белгіге жетті. Солтүстік Арал теңізі деңгейінің өзгеру мүмкіндігін бағалау үшін сандық тәжірибелер сериясы келтірілген. Моделдеу су баланстық моделін және климат өзгеруінің А2 және В2 екі сценарийін қолданумен жүргізілді. Қазіргі шаруашылық әрекетті және алдағы климат өзгерісін ескергенде солтүстік Арал теңізінің қазіргі белгідегі деңгейін сақтап қалу үшін Қазақстандағы су ресурстары жеткіліксіз екені дәлелденді.