

УДК 556.552.3(282.255.5)

ВОДНЫЙ БАЛАНС ОЗЕРА БАЛХАШ

Канд. геогр. наук

И.И. Скоцеляс

Канд. геогр. наук

В.П. Попова

Т.Г. Горкунова

Изложена методика расчета годового водного баланса озера Балхаш и его отдельных частей. Приведены результаты годового водного баланса для оз. Балхаш за условно-естественный период (1937...1969 гг.) и за период со значительным влиянием хозяйственной деятельности (1970...2000 гг.) и дан его анализ.

Озеро Балхаш - крупный бессточный водоем Казахстана, расположенный на стыке Центрального и Юго-Восточного регионов республики. При отметке уровня воды в нем 342 м его длина 614 км, средняя ширина 30 км, средняя глубина 5,8 м. Площадь водосбора 413 км². Часть этой площади находится в пределах Китайской Народной Республики.

Озеро состоит из Западного и Восточного Балхаша, разделенных узким проливом Узунарал. В Западный Балхаш впадает р. Или - самая крупная из всех водотоков, достигающих водоема. Притоками Восточного Балхаша являются реки Каратал, Лепсы, Аксу и Аягуз.

Предшествующие исследования [1, 10] показали, что основной причиной нарушения естественного водного баланса оз. Балхаш является создание Капшагайского водохранилища. Влияние водохранилища особенно отчетливо проявилось в уменьшении притока поверхностных вод в Западный Балхаш и относительном росте потерь воды в дельте р. Или по сравнению с условно-естественным периодом, что обусловило резкое понижение уровня воды в озере и значительное ухудшение экологической обстановки. Это, в частности, отмечено в работах [1, 7, 8, 9].

Из приведенного краткого обзора предшествующих исследований водных балансов озера и основных его частей следует:

- периоды, за которые производились расчеты водных балансов, и использовавшиеся методики разные, вследствие чего результаты исследований иногда существенно отличаются;

- в большинстве работ помещены только средние балансы за рассматривавшиеся периоды;

- совсем отсутствуют оценки ежегодных водных балансов за последние полтора десятка лет;

- на водный баланс озера сильно повлияло увеличение антропогенных нагрузок на водные ресурсы в бассейне и особенно создание Капшагайского водохранилища.

Принятая методика расчета водного баланса

Для расчетов ежегодных водных балансов оз. Балхаш и его основных частей приняты следующие уравнения:

$$V_{пов.} + V_{подз.} + V_x + V_u + V_\phi = \Delta W, \quad (1)$$

$$V_{пов.З} + V_{подз.З} + V_{x.З} + V_{u.З} + V_{\phi.З} - Y = \Delta W_З, \quad (2)$$

$$V_{пов.В} + V_{подз.В} + V_{x.В} + V_{u.В} + V_{\phi.В} - Y = \Delta W_В, \quad (3)$$

где $V_{пов.}$ - приток поверхностных вод в озеро, км³/год; $V_{подз.}$ - приток подземных вод в озеро, км³/год; V_x - атмосферные осадки, выпавшие на водное зеркало, км³/год; V_u - испарение с водной поверхности, км³/год; V_ϕ - отток воды (фильтрация) в берега, км³/год; ΔW - изменение объема воды в озере за год, км³/год; Y - воднобалансовый переток воды из Западного Балхаша в Восточный, км³/год; $З, В$ - индексы, означающие, что составляющие относятся соответственно к уравнениям для Западного и Восточного Балхаша.

Расчеты водных балансов в соответствии с уравнениями (1) - (3) производились за период 1937...2000 годы. Это связано с тем, что за указанный период имеется наиболее полная необходимая информация. Данный период охватывает как годы (1937...1969), относящиеся к условно-естественным условиям, так и годы (1970...2000) со значительными антропогенными нагрузками на водные ресурсы и нарушенными вследствие этого водными балансами озера и его основных частей.

Приток поверхностных вод в Западный Балхаш в зависимости от наличия или отсутствия данных наблюдений в нижней части дельты р. Или определялся двумя способами. По первому способу он принимался равным суммарному наблюдававшемуся стоку по протокам Ир, Или, Шу-

бар-Кунан и Нарын, достигающим оз. Балхаш. При этом дополнительно учитывался также сток, осуществлявшийся и о другим протокам, для чего использовалась формула

$$Q_p'' = 0,186 Q_p' \exp(0,023 Q_p') - Q_{ш}, \quad (4)$$

где Q_p'' - неучитываемый измерениями месячный русловой сток на выходе из дельты, м³/с; Q_p' - суммарный месячный сток по упомянутым основным протокам, м³/с; $Q_{ш}$ - месячный сток по протоке Шубар-Кунан в 1,5 км выше устья, м³/с.

Формула (4) получена по стоку в годы с достаточно полным его учетом, а применялась, когда информация по второстепенным протокам отсутствовала.

Второй способ использовался для определения притока поверхностных вод в Западный Балхаш в следующих случаях:

- если измерения стока на протоках Ир, Или, Шубар-Кунан и Нарын не производились;
- если такие измерения были, но в них имели место пропуски, которые с достаточной точностью восстановить оказалось невозможным.

В этих случаях приток поверхностных вод рассчитывался по уравнению

$$V_{пов.З} = V - P, \quad (5)$$

где V - объем стока р. Или в урочище Капшагай, км³/год; P - изменение (потери) стока на участке уроч. Капшагай - оз. Балхаш, км³/год.

Объем стока р. Или в урочище Капшагай определялся по данным наблюдений Гидрометслужбы на посту р. Или - уроч. Капшагай (37 км ниже раб. пос. Или), а изменение стока на указанном участке - по формуле (6).

$$P = 2,5(1,92 - 1,2C_v) \cdot (0,15V - 1,03) \cdot [1 + \exp(3,75H_n - 9,95)]^{-1} \cdot k, \quad (6)$$

где P - потери р. Или на участке уроч. Капшагай - оз. Балхаш, км³/год; C_v - коэффициент вариации среднемесячных расходов воды р. Или в уроч. Капшагай; V - годовой объем стока р. Или в уроч. Капшагай, км³/год; H_n - уровень воды над нулем графика на начало года в оз. Балхаш, м; k - коэффициент, учитывающий степень уменьшения водоотдачи по мере истощения запасов воды в дельте р. Или.

При определении параметров формулы (1) принималось также во внимание, что сток в нижней части дельты действовавшими постами в

указанное выше время не всегда учитывался полностью и что внутри дельты, в том числе на выходе из нее, время от времени происходит перераспределение стока по протокам. Подробнее этот вопрос рассмотрен в работах [1, 10].

Приток поверхностных вод в Восточный Балхаш получен по данным наблюдений на постах р. Каратал - с. Раздольное, р. Лепсы - подхоз Лепсы, р. Аксу - центр. база свх Кызылтан (МТФ подхоза Лепсы), р. Аягуз - пос. Каратас. За отдельные годы использовались также данные экспедиционных исследований, проводившихся Ленгидепом и Государственным гидрологическим институтом (ГГИ).

При отсутствии наблюдений на перечисленных постах сток на них определялся по следующим эмпирическим формулам:

$$Q_{раз} = 0,727Q_{уш} + 16,1, \quad (7)$$

$$Q_{к} = 0,42Q_{л} + 0,46, \quad (8)$$

$$Q_{к} = 0,36Q_{л} + 2, \quad (9)$$

$$Q_{кар} = 1,635Q_{т} - 2,62, \quad (10)$$

где $Q_{раз}$, $Q_{уш}$, $Q_{к}$, $Q_{л}$, $Q_{кар}$, $Q_{т}$ - соответственно средние годовые расходы воды р. Каратал у с. Раздольное, р. Каратал у г. Уштобе, р. Аксу у центр. базы свх Кызылтан (МТФ подхоза Лепсы), р. Лепсы у подхоза Лепсы, р. Аягуз у пос. Каратас, р. Каракол у с. Таскелен.

При определении стока рек Аксу и Аягуз учтен разбор воды на орошение. При этом сток р. Аксу до 1940 года рассчитывался по формуле (8), за 1958...1961 годы - по формуле (9), а за 1967...1980 годы - путем осреднения средних годовых расходов у МТФ подхоза Лепсы и на посту экспедиции ГГИ за 1981 год. Сток р. Аягуз у пос. Каратас до 1961 года восстановлен по формуле (10), за 1967-1979 годы - по связи с расходами воды на посту р. Аягуз - г. Аягуз, скорректированной по данным экспедиционных наблюдений ГГИ в 1980-1982 годах. Поступление воды по обеим рекам в 1983...1985 годах в связи с полным разбором ее на орошение принято равным нулю. Кроме того, из-за неимения какой-либо информации по этим рекам считалось, что его не было и в 1986...1997 годах.

За 1991, 1994...1997 годы в связи с отсутствием данных наблюдений на р. Каратал у с. Раздольное и у г. Уштобе ее сток принимался по

наблюдениям в уроч. Наймансуек, хотя из [8] известно, что в этом створе он несколько больше, чем у с. Раздольное.

Большие трудности возникли также с определением притока поверхностных вод в Восточный Балхаш в 1998...2000 годах. Это связано с тем, что в указанные годы измерения стока на восточных реках не производились ни на одном из упомянутых выше постов. Приближенно он рассчитан по выражению

$$V_{нов.В} = 0,36V_{кв} - 2,2, \quad (11)$$

где $V_{кв}$ - восстановленный объем стока р. Или в уроч. Капшагай, км³/год.

Выражение (11) получено по данным наблюдений за условно-естественный период. Поэтому для восстановления объема стока $V_{кв}$ использованы данные по посту р. Или - в 164 км выше ГЭС с учетом среднего бокового притока на участке Капшагайского водохранилища за 1965-1970 годы, составлявшего 31,4 м³/с [12].

Подземный приток в Балхаш, а также подземный отток из озера принимались основываясь на результатах исследования, проводившегося Институтом гидрогеологии и гидрофизики Академии наук Казахской ССР [3]. При этом были сделаны округления, после которых приток в водоем в целом и в его восточную часть получился 0,01 км³/год, в Западный Балхаш - равным нулю. Отток при отметках уровня воды выше 341 м соответственно составил 0,45, 0,07, 0,38 км³/год, а при отметках ниже 341 м - 0,22, 0,19 и 0,03 км³/год.

Атмосферные осадки, выпадавшие на зеркало озера определялись по формулам, полученным с помощью метода оптимальной линейной интерполяции [11] и имеющим следующий вид:

$$X_B = X_1^* = 0,629X_A + 0,357X_{AK} - 2, \quad (12)$$

$$X_3 = 0,479 \cdot X_2^* + 0,521 \cdot X_3^*, \quad (13)$$

где X_B - слой атмосферных осадков, выпадающих за год на зеркало Восточного Балхаша, мм; X_1^* - слой атмосферных осадков в центре тяжести Восточного Балхаша, мм; X_A - годовая сумма атмосферных осадков по наблюдениям на метеорологической станции Алгазы, мм; X_{AK} - то же по станции Актогай; X_3 - слой атмосферных осадков, выпадающих за год на зеркало Западного Балхаша, мм; X_2^* - слой атмосферных осадков в цен-

тре тяжести южной части Западного Балхаша, мм; X_3^* - то же в северной части Западного Балхаша.

Слои осадков в южной и северной частях Западного Балхаша рассчитывались по формулам

$$X_2^* = 0,565X_K + 0,467X_C - 9, \quad (14)$$

$$X_3^* = 0,578X_B + 0,308X_C + 16, \quad (15)$$

где X_K - годовая сумма атмосферных осадков по наблюдениям на метеорологической станции Куйган, мм; X_C - то же по станции Сарышаган; X_B - то же по станции ОГМО Балхаш, мм.

До 1962 года из-за отсутствия наблюдений на станциях Актогай и Сарышаган для определения осадков в центрах тяжести использовались полученные тем же способом формулы

$$X_1^* = 0,852X_A + 35, \quad (16)$$

$$X_2^* = 0,708X_K + 41, \quad (17)$$

$$X_3^* = 0,666X_B + 49, \quad (18)$$

За 1948, 1959 и 1974 годы, когда не было наблюдений на станции ОГМО Балхаш, расчет слоя осадков для Западного Балхаша производился по формуле

$$X_3 = 0,93X_2^* + 49. \quad (19)$$

При расчетах слоев атмосферных осадков по приведенным формулам в данные наблюдений на метеорологических станциях вводились поправки смачивание, испарение и ветровой недоучет, определявшиеся по методике ГГО-КазНИИ [2]. Слой осадков для озера в целом вычислялся как средневзвешенный из X_3 и X_B с учетом долей площадей Западного и Восточного Балхаша в общей площади водоема.

Испарение с водной поверхности рассчитывалось по температуре поверхности воды, определявшейся методом теплового баланса. Для этого использовались программное средство, разработанное в КазНИИМОСК на основе упоминавшейся в предыдущем разделе двухслойной модели испарения, и данные наблюдений на прибрежных метеорологических станциях. Список метеорологических станций и весовые коэффициенты, применявшиеся при осреднении результатов расчетов для акваторий Западного и Восточного Балхаша, приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Весовые коэффициенты, использовавшиеся для оценки среднего слоя испарения с Западного Балхаша

Количество одновременно работавших станций	Метеорологическая станция				
	Куйган	ОГМО Балхаш	Чиганак	Сарышаган	Южный берег Балхаша
4	0,305	0,264	0,162		0,269
4	0,278	0,249	0,146	0,327	
3	0,401	0,341	0,258		
3	0,322	0,279		0,399	
3	0,396		0,252		0,352
3	0,354	0,312			0,324
2	0,548	0,452			

Таблица 2

Весовые коэффициенты, использовавшиеся для оценки среднего слоя испарения с Восточного Балхаша

Количество одновременно работавших станций	Метеорологическая станция					
	ОГМО Балхаш	Сарышаган	Южный берег Балхаша	Алгазы	Бурлютобе	Актогай
4	0,094		0,215	0,341	0,350	
3	0,194		0,287	0,519		
3	0,158			0,435	0,407	
3	0,213			0,564		0,223
2	0,280			0,720		
2		0,324		0,676		

Фактические изменения объемов воды (W) за год определялись по уровням (H) на начало и конец каждого года путем интерполяции координат кривых $W = f(H)$. При этом уровни воды до 1970 года были заимствованы из работы В.В. Голубцова и А.Н. Жиркевича [4], за 1970...1983 годы получены как средние по постам г. Балхаш, ж.-д. ст. Чиганак, о-в Алгазы и зал. Карашаган с предварительным осреднением по каждому из них за период 27.12...05.01. Таким способом исключено влияние сгонно-нагонных явлений на колебания уровней.

В 1984 году пост в зал. Карашаган закрыт, а наблюдения за уровнем воды у ж.-д. ст. Чиганак, начиная с этого года, производились с пере-

рывами из-за обмеления озера на примыкающем участке. Поэтому уровни воды за 1984...2000 годы определены тем же способом, но по постам г. Балхаш, о-в Алгазы и ж.-д. ст. Мынарал.

В 1998 году наблюдений за уровнем воды на озере не было, а в 1999 году на постах г. Балхаш и о-в Алгазы они осуществлялись только в апреле - декабре, на посту ж.-д. ст. Мынарал - в мае-декабре. В связи с этим уровни на конец 1997 года и на начало 1998 года приближенно приняты средними за пятидневку 27 - 31 декабря, на конец 1998 года и на начало 1999 года - средними за 01 - 05 января.

Средние годовые уровни озера в 1998 и 1999 годах восстановлены соответственно по следующим корреляционным связям:

$$H_{cp} = 0,99H_n + 0,02V_{пов} - 0,19, \quad (20)$$

$$H_{cp} = 0,994H_{5-11} + 0,014, \quad (21)$$

где H_{cp} - средний годовой уровень воды в оз. Балхаш над нулем графика, см; H_n - уровень воды в озере на начало года, см; $V_{пов}$ - приток поверхностных вод в озеро, км³/год; H_{5-11} - средний уровень по постам г. Балхаш, о-в Алгазы и ж.-д. ст. Мынарал за май - ноябрь, см.

Воднобалансовый переток воды рассчитывался по методике, предложенной В.Д. Красовым [6]. Она основана на совместном решении уравнений водного баланса Западного и Восточного Балхаша. В удобном для расчетов виде полученное выражение можно представить как

$$Y = k_1(V_{пов.З} + V_{подз.З}) - k_2(V_{пов.В} + V_{подз.В}) - k_1k_2F\Delta(E - X), \quad (22)$$

где Y - воднобалансовый переток воды, км³/год; k_1 и k_2 - соответственно отношения площадей Западного и Восточного Балхаша к общей площади озера F ; $V_{пов.З}$ и $V_{подз.З}$ - приток поверхностных и подземных вод в западную часть, км³/год; $V_{пов.В}$ и $V_{подз.В}$ - тоже для восточной части; $\Delta(E - X)$ - разность видимого испарения (испарения за вычетом атмосферных осадков) с поверхностей Западного и Восточного Балхаша, км³/год.

При этом разность видимого испарения $\Delta(E - X)$ с поверхностей Западного и Восточного Балхаша принималась переменной, по результатам расчетов E и X для обеих частей озера.

В изложенной методике учтены наиболее обоснованные предложения по определению основных составляющих водного баланса оз. Балхаш. Поэтому в целом ее также можно считать достаточно обоснованной.

Результаты расчета водного баланса и их анализ

Результаты расчетов годовых водных балансов оз. Балхаш представлены в табл. 3 - 4, в том числе в табл. 3 за условно-естественный период (до создания Капшагайского водохранилища), в табл. 4 за период со значительным влиянием хозяйственной деятельности (после создания Капшагайского водохранилища).

В указанных таблицах для каждого года приведена невязка баланса δ . Анализ невязок показал, что для оз. Балхаш водные балансы 75 % лет рассчитаны с $\delta < \pm 1,9$. Средние невязки за 1937...1969 годы составили $0,32 \text{ км}^3/\text{год}$, а за 1970...2000 годы равны $0,59 \text{ км}^3/\text{год}$.

Несколько большие средние погрешности рассчитанных водных балансов за 1970...2000 годы связаны, по-видимому, с недостаточно надежным учетом хозяйственного использования стока рек и неточностями восстановления уровней воды в озере в годы, когда водомерные наблюдения не производились или были неполными.

Эффективность использованной методики можно оценить по отношению средней квадратической погрешности (S) рассчитанных изменений объема воды ΔW_p к среднему квадратическому отклонению (σ) фактического изменения объема воды ΔW_ϕ . Для оз. Балхаш за весь рассматривавшийся период $S/\sigma = 0,46$, а для западной и восточной частей соответственно 0,44 и 0,46. Коэффициент корреляции (r) между ΔW_ϕ и ΔW_p для озера в целом 0,90. Для Западного Балхаша $r = 0,91$, для Восточного - 0,89. Значения этих критериев позволяют считать, что методика достаточно надежна и эффективна.

В течение 1937...1969 годов, относящихся к условно-естественному периоду, основные составляющие водного баланса оз. Балхаш изменялись в следующих пределах: $11,01...22,32 \text{ км}^3/\text{год}$ - приток поверхностных вод; $2,38...4,88 \text{ км}^3/\text{год}$ - объем выпавших осадков; $14,30...21,01 \text{ км}^3/\text{год}$ - объем испарившейся воды. Для Западного Балхаша эти пределы были соответственно $8,82...17,01$, $1,47...2,80$, $8,35...12,81 \text{ км}^3/\text{год}$, для Восточного Балхаша - $1,63...5,31$, $1,13...2,43$, $5,95...8,63 \text{ км}^3/\text{год}$. Результирующий переток воды из Западного в Восточный Балхаш находился в диапазоне $1,72...3,99 \text{ км}^3/\text{год}$. При этом средние за расчетный период значения перечисленных составляющих водных балансов

составили: приток 14,98, осадки 3,60, испарение 17,74 км³/год - для озера в целом; приток 11,74, осадки 1,96, испарение 10,26 км³/год - для Западного Балхаша; приток 3,24, осадки 1,64, испарение 7,48 км³/год для Восточного Балхаша; воднобалансовый переток воды 2,87 км³/год.

Таблица 3

Водный баланс оз. Балхаш за 1937...1969 годы, км³

Год	Приход				Расход			ΔW_{ϕ}	ΔW_p	δ
	$V_{\text{поя}}$	$V_{\text{подз}}$	V_x	всего	V_u	V_{ϕ}	всего			
1937	14,93	0,01	4,28	19,22	16,32	0,45	16,77	0,00	2,45	-2,45
1938	11,01	0,01	3,22	14,24	17,52	0,45	17,97	-8,31	-3,73	-4,58
1939	13,84	0,01	2,94	16,79	17,77	0,45	18,22	-0,97	-1,43	0,44
1940	12,92	0,01	3,79	16,72	17,74	0,45	18,19	0,16	-1,47	1,63
1941	17,42	0,01	3,61	21,04	17,33	0,45	17,78	3,33	3,26	0,07
1942	17,10	0,01	3,84	20,95	16,92	0,45	17,37	4,38	3,58	0,80
1943	11,13	0,01	3,70	14,84	17,26	0,45	17,71	-3,32	-2,87	-0,45
1944	12,63	0,01	2,38	15,02	17,74	0,45	18,19	-5,51	-3,17	-2,34
1945	11,92	0,01	2,78	14,71	16,59	0,22	16,81	-3,86	-2,11	-1,75
1946	15,43	0,01	3,47	18,91	14,30	0,22	14,52	3,24	4,38	-1,16
1947	13,26	0,01	2,75	16,02	16,06	0,45	16,51	0,77	-0,45	0,19
1948	12,82	0,01	2,76	15,59	17,06	0,45	17,51	-0,30	-1,92	1,62
1949	14,54	0,01	3,60	18,15	15,31	0,45	15,76	1,43	2,39	-0,96
1950	14,17	0,01	3,02	17,20	16,57	0,45	17,02	0,00	0,18	-0,18
1951	12,03	0,01	3,56	15,60	16,57	0,45	17,02	-0,97	-1,42	0,45
1952	16,42	0,01	3,63	20,06	16,05	0,45	16,50	2,43	3,56	-1,13
1953	14,22	0,01	4,56	18,79	16,74	0,45	17,19	2,77	1,60	1,17
1954	16,65	0,01	3,63	20,29	16,11	0,45	16,56	6,49	3,73	2,76
1955	14,66	0,01	2,74	17,41	17,99	0,45	18,44	2,99	-1,03	4,02
1956	16,03	0,01	3,02	19,06	18,89	0,45	19,34	3,02	0,28	2,74
1957	11,12	0,01	3,76	14,89	17,91	0,45	18,36	-3,20	-3,47	0,27
1958	17,97	0,01	5,03	23,01	16,42	0,45	16,87	8,59	6,14	2,45
1959	20,76	0,01	3,94	24,71	18,40	0,45	18,85	6,93	5,86	1,07
1960	22,32	0,01	4,05	26,38	18,02	0,45	18,47	6,73	7,91	-1,18
1961	15,72	0,01	3,23	18,96	19,78	0,45	20,23	-2,30	-1,27	-1,03
1962	13,43	0,01	4,72	18,16	20,55	0,44	21,00	-2,89	-2,84	-0,05
1963	14,43	0,01	4,06	18,50	19,80	0,45	20,25	-1,35	-1,75	0,40
1964	17,91	0,01	3,48	21,40	19,14	0,45	19,59	3,47	1,81	1,66
1965	12,57	0,01	3,45	16,03	20,38	0,45	20,83	-4,05	-4,80	0,75
1966	17,45	0,01	4,88	22,34	21,01	0,45	21,46	2,50	0,88	1,62
1967	13,80	0,01	3,49	17,30	18,68	0,45	19,13	-1,92	-1,83	-0,09
1968	12,57	0,01	3,69	16,27	19,72	0,45	20,17	-3,08	-3,90	0,82
1969	21,31	0,01	3,64	24,96	18,70	0,45	19,15	6,74	5,81	0,93
Среднее	14,98	0,01	3,60	18,59	17,74	0,44	18,18	0,73	0,41	0,32

Таблица 4

Водный баланс оз. Балхаш за 1970...2000 годы, км³

Год	Приход				Расход			ΔW_{ϕ}	ΔW_{ρ}	δ
	$V_{нов}$	$V_{подз}$	V_x	всего	V_u	V_{ϕ}	всего			
1970	13,96	0,01	3,64	17,61	19,46	0,45	19,91	-3,85	-2,30	-1,55
1971	15,82	0,01	3,92	19,75	20,04	0,45	20,49	-1,93	-0,74	-1,19
1972	13,61	0,01	4,45	18,07	17,76	0,45	18,21	-1,15	-0,14	-1,01
1973	15,15	0,01	3,90	19,06	19,27	0,45	19,72	-0,77	-0,66	-0,11
1974	11,87	0,01	2,97	14,85	19,15	0,45	19,60	-5,77	-4,75	-1,02
1975	11,27	0,01	2,61	13,89	18,98	0,45	19,43	-5,72	-5,54	-0,18
1976	10,26	0,01	4,25	14,52	17,29	0,45	17,74	-2,99	-3,22	0,23
1977	11,10	0,01	3,05	14,16	18,39	0,45	18,84	-2,47	-4,68	2,21
1978	9,76	0,01	4,41	14,18	17,58	0,45	18,03	-3,50	-3,85	0,35
1979	11,42	0,01	3,58	15,01	16,12	0,45	16,57	0,18	-1,56	1,74
1980	12,25	0,01	2,90	15,16	17,78	0,45	18,23	-1,06	-3,07	2,01
1981	12,52	0,01	3,60	16,13	16,85	0,45	17,30	0,53	-1,17	1,70
1982	10,07	0,01	2,41	12,49	17,16	0,45	17,61	-2,10	-5,12	3,02
1983	9,69	0,01	3,29	12,99	17,73	0,45	18,18	-3,58	-5,19	1,61
1984	10,15	0,01	2,39	12,55	16,74	0,22	16,96	-3,86	-4,41	0,55
1985	10,94	0,01	2,90	13,85	16,12	0,22	16,34	-1,24	-2,49	1,25
1986	10,23	0,01	3,12	13,36	15,61	0,22	15,83	-2,49	-2,47	-0,02
1987	15,22	0,01	3,54	18,77	15,05	0,22	15,27	2,80	3,50	-0,70
1988	19,46	0,01	4,62	24,09	15,59	0,45	16,04	8,56	8,05	0,51
1989	14,64	0,01	3,10	17,75	16,69	0,45	17,14	0,88	0,61	0,27
1990	15,01	0,01	3,78	18,80	17,57	0,45	18,02	0,34	0,78	-0,44
1991	11,48	0,01	2,35	13,84	17,09	0,45	17,54	-3,71	-3,70	-0,04
1992	10,79	0,01	2,82	13,62	15,21	0,45	15,66	-2,21	-2,04	-0,17
1993	13,38	0,01	4,74	18,13	14,67	0,45	15,12	1,89	3,01	-1,12
1994	14,95	0,01	3,06	18,02	16,49	0,45	16,94	4,21	1,08	3,13
1995	10,85	0,01	2,12	12,98	16,94	0,45	17,39	-3,89	-4,41	0,52
1996	10,82	0,01	2,46	13,29	15,69	0,45	16,14	-0,97	-2,85	1,88
1997	11,14	0,01	2,67	13,82	17,08	0,45	17,53	-0,62	-3,71	3,09
1998	15,36	0,01	3,50	18,87	15,62	0,45	16,07	2,24	2,80	-0,56
1999	17,30	0,01	3,40	20,71	16,07	0,45	16,52	4,46	4,19	0,27
2000	14,63	0,01	2,97	17,61	17,31	0,45	17,76	1,93	-0,15	2,08
Среднее	12,75	0,01	3,31	16,07	17,07	0,42	17,49	-0,83	-1,42	0,59

В основном результаты расчетов водного баланса оз. Балхаш и его основных частей за 1937...1969 годы хорошо согласуются с приведенными в

работе [5]. Некоторые из имеющихся различий в оценке годовых значений притока поверхностных вод и испарения с водной поверхности связаны с уточнением методики расчета потерь стока р. Или на участке уроч. Капшагай - оз. Балхаш и переходных коэффициентов, использовавшихся в модели А.П. Браславского при определении скорости ветра над водоемом.

Несколько больше, чем в [5], для многих лет и в среднем за период получились значения воднобалансового перетока воды. В отдельные годы, наоборот, этот переток по новой оценке оказался меньше. Иногда разница за счет детального учета $\Delta(E - X)$ достигала $\pm 0,30...0,50$, а в 1966 году даже $0,79 \text{ км}^3/\text{год}$.

В 1970...2000 годы основные составляющие водного баланса оз. Балхаш изменялись в следующих пределах: $9,69...16,98 \text{ км}^3/\text{год}$ - приток поверхностных вод; $2,12...4,74 \text{ км}^3/\text{год}$ - объем выпавших осадков; $14,67...20,04 \text{ км}^3/\text{год}$ - объем испарившейся воды. Для Западного Балхаша эти пределы были соответственно $8,16...14,64$, $1,23...2,81$, $8,46...11,89 \text{ км}^3/\text{год}$, для Восточного Балхаша - $1,53...4,82$, $0,79...2,06$, $6,21...8,15 \text{ км}^3/\text{год}$. Результирующий переток воды из Западного в Восточный Балхаш находился в диапазоне $1,42...4,10 \text{ км}^3/\text{год}$.

Средний приток поверхностных вод в озеро за 1970...2000 годы составлял $12,75 \text{ км}^3/\text{год}$. Атмосферные осадки были равны $3,31 \text{ км}^3/\text{год}$. Испарение оказалось $17,07 \text{ км}^3/\text{год}$. Для Западного Балхаша $V_{нов.з} = 9,91$, $V_{х.з} = 1,90$, $V_{и.з} = 9,86 \text{ км}^3/\text{год}$, для Восточного Балхаша $V_{нов.в} = 2,84$, $V_{х.в} = 1,41$, $V_{и.в} = 7,21 \text{ км}^3/\text{год}$. Воднобалансовый переток воды из западной в восточную часть озера составил $2,44 \text{ км}^3/\text{год}$.

На рис. 1 приведено сопоставление фактического и восстановленного притока поверхностных вод в оз. Балхаш при условии отсутствия Капшагайского водохранилища, а на рис. 2 - фактического и восстановленного объемов годового стока р. Или в уроч. Капшагай. На этих рисунках видно, что как на годовой сток р. Или в нижнем течении, так и на приток воды в озеро на протяжении большинства лет, начиная с 1970 года, значительное влияние оказывало Капшагайское водохранилище. Только во второй половине 90-х годов 20 века сток р. Или в уроч. Капшагай и приток поверхностных вод в Балхаш оказались достаточно близкими к восстановленным их значениям.

Вследствие влияния Капшагайского водохранилища на приток поверхностных вод к озеру значительно изменялись также соотношения

между приходной и расходной частями годовых водных балансов, причем в 1970...1987 годах, как правило, вторая преобладала над первой. В конечном итоге это отразилось на изменении уровня воды в водоеме.

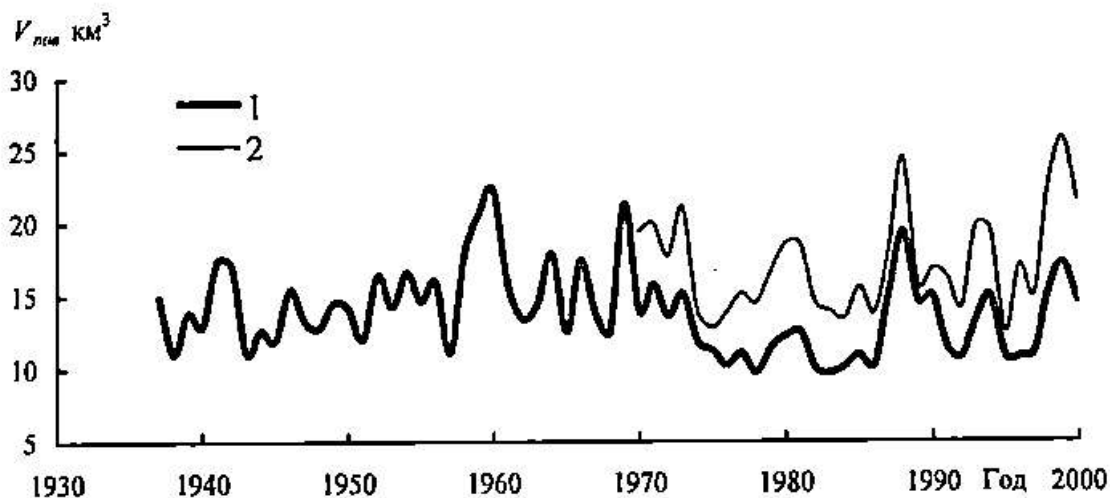


Рис. 1. Изменение фактического (1) и восстановленного (2) притока поверхностных вод в оз. Балхаш.

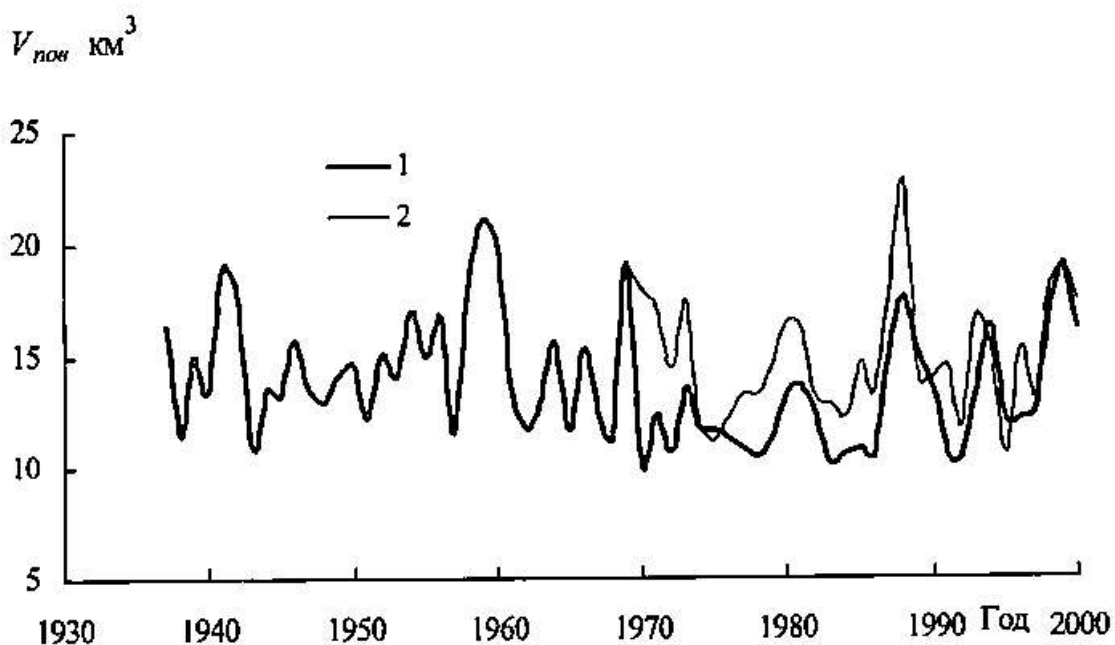


Рис. 2. Изменение фактического (1) и восстановленного (2) объема годового стока р. Или в уроч. Капшагай

На рис. 3 показан ход наблюдавшего уровня воды Балхаша на начало года за период 1937...2000 годы и восстановленные его колебания при условии отсутствия Капшагайского водохранилища.

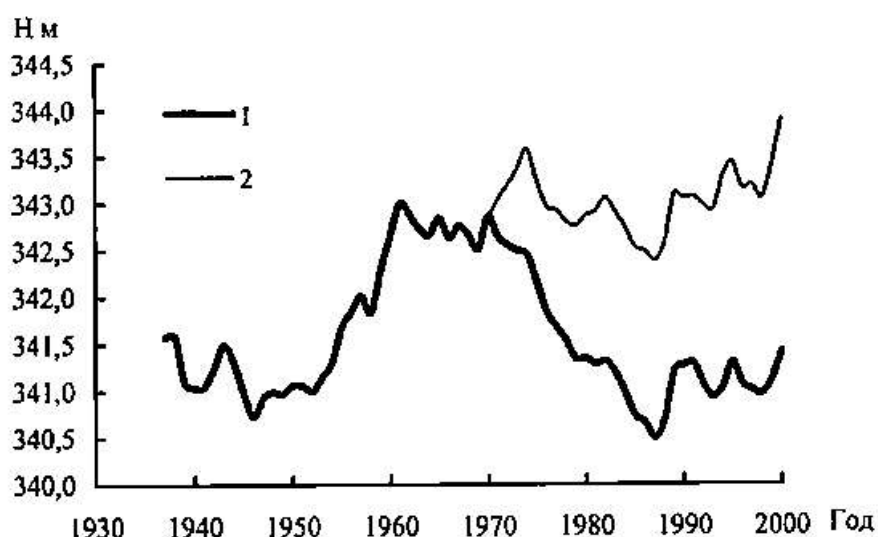


Рис. 3. Изменение фактического (1) и восстановленного(2) уровня воды оз. Балхаш.

В условно-естественный период на 1937...1952 годы пришлось окончание фазы понижения, на 1953...1961 годы - устойчивое повышение, на 1962...1970 годы - стабилизация уровня в диапазоне 342,51...342,89 м. В период существования Капшагайского водохранилища в 1970...1987 годах наблюдалось устойчивое понижение уровня с отметки 342,86 до 340,50 м, в 1989 году он превысил отметку 341 м и с тех пор, за исключением 1993 и 1998 годов, не опускался ниже ее, достигнув в начале 2000 года 341,42 м. В случае отсутствия Капшагайского водохранилища уровень Балхаша в 1970...2000 годах, как видно на рис. 3, находился бы намного выше.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные проблемы гидрометеорологии озера Балхаш и Прибалхашья. - СПб: Гидрометеоиздат, 1995. -269.
2. Браславский А.П., Чистяева С.П. Расчет испарения с поверхности оз. Балхаш по усовершенствованной методике // Тр. КазНИГМИ. - 1978. - Вып. 68. - С. 3-43.
3. Гидрологические и водохозяйственные аспекты Или-Балхашской проблемы. - Л.: Гидрометеоиздат, 1989. - 310 с.
4. Голубцов В. В., Жиркевич А. Н. Водный баланс озера Балхаш и динамика его элементов в естественных условиях и при проведении в бассейне водохозяйственных мероприятий // Тр. КазНИГМИ. - 1973. - Вып. 50. - С. 153-177.
5. Джусупбеков Д.К. Вероятностный прогноз колебаний уровня и минерализации воды оз. Балхаш / Автореф. дисс. на соиск. уч. степени канд. геогр. наук. - Алматы, 2002. - 29 с.

6. Красов В.Д. Прогноз режима Капчагайского водохранилища с учетом изменения водного баланса и уровня озера Балхаш // Тр. ГГИ. - 1974. - Вып. 220. - С. 17-32.
7. Остроумова Л.П. Водный баланс оз. Балхаш и влияние на него климатических и антропогенных факторов / Автореф. дисс. на соиск. уч. степени канд. геогр. наук. - М., 1991. - 22 с.
8. Скоцеляс И.И., Остроумова Л.П., Жиркевич А.Н. Современное состояние и перспективы изменения водного и солевого баланса оз. Балхаш // Тр. V Всесоюз. гидрол. съезда. - 1990. - Т. 4. - С. 206-214.
9. Скоцеляс И.И. Уточнение водного баланса оз. Балхаш и динамики его основных элементов // Тр. КазНИГМИ. - 1989. - Вып. 104. - С. 47-65.
10. Скоцеляс И.И. Влияние ресурсов и использования поверхностных вод на состояние озера Балхаш // Международный экологический форум Балхаш 2000.- Алматы: Комплекс, 2000. - Вып. 1. - С. 170-173.
11. Скоцеляс И.И. Определение атмосферных осадков, выпадающих на поверхность оз. Балхаш // Тр. КазНИИ Госкомгидромета. - 1987. - Вып. 97. - С. 34-44.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

БАЛХАШ КӨЛІНІҢ СУ БАЛАНСЫ

Геогр. ғылымд. канд.

И.И. Скоцеляс

Геогр. ғылымд. канд.

В.П. Попова

Т.Г. Горкунова

Балхаш көлі мен оның жеке бөліктерінің жылдық су балансын есептеу әдістемесі суреттелген. Балхаш көлінің шартты табиғи кезеңдегі (1937... 1969 жж.) және шаруашылық қызметтің ерекше ықпалы кезеңіндегі (1970...2000 жж.) жылдық су балансы нәтижелері келтіріліп, оларға талдау жасалған.