

УДК 556.552.3(282.255.5)

**ВОДНЫЙ БАЛАНС ОЗЕРА БАЛХАШ ЗА ПЕРИОД С 2000
ПО 2009 ГОДЫ**

Канд. геогр. наук В.П. Попова
Канд. техн. наук С.П. Шиварева
А.О. Домран

Приведены результаты расчета годового водного баланса оз. Балхаш и его составляющих за период с 2000 по 2009 гг. Начиная с 2005 г., происходит падение уровня оз. Балхаш и, как следствие, уменьшение объема озера. С 1.01.2005 г. по 1.01.2010 г. объем озера уменьшился на 9,07 км³.

Озеро Балхаш относится к числу крупнейших естественных водоемов земного шара. Его протяженность – 600 км, средняя ширина – 30 км. Площадь водного зеркала за период систематических наблюдений на озере (1937...2009 гг.) изменялась от 15,3 до 20,3 тыс. км², объем водной массы – от 80,4 до 124,8 км³, а средняя глубина – в пределах 5,3...6,1 м. Озеро получает питание с огромного бассейна площадью 413 тыс. км² [2]. Однако действующая часть водосбора составляет всего около 182 тыс. км², в которую входят бассейны рек Или, Каратал, Аксу и Лепсы, впадающие с юга и юго-востока. Уникальной особенностью озера является то, что узким проливом Узун-Арал озеро Балхаш делится на две обособленные части: западную – большую по площади (более 10 тыс. км²), но более мелководную (до 11 м); и восточную – площадью более 7 тыс. км² и глубиной до 26 м.

Вторая особенность озера заключается в том, что практически вся поступающая в него вода расходуется на испарение, а в условиях затрудненного водообмена, между западной и восточной частями Балхаша через пролив Узун-Арал, в них создается различный солевой режим и разная степень минерализации воды. В восточной части озера минерализации воды превышает 4 г/дм³. Западная же часть под влиянием обильного притока сравнительно слабо минерализованных вод Иле сильно опреснена. Минерализация воды здесь не превышает 0,5...1,5 г/дм³.

Водный баланс отражает совокупное воздействие всех факторов, влияющих на изменение водной массы водоема, обусловленное периодическими и циклическими колебаниями климата, а также антропогенной

деятельностью на самом водоеме или на его водосборе. В соответствии с изменением влияющих природных условий, а также в зависимости от степени хозяйственной освоенности водоема, количественное соотношение приходно-расходных элементов баланса изменяется по времени, т.е. соответственно изменяются водные ресурсы водоема. Оценка водных ресурсов внутренних водоемов на основании водного баланса в целях их рационального использования является одной из главнейших задач изучения гидрометеорологического режима водоемов [1].

Результатами предшествующих исследований являются величины годовых водных балансов оз. Балхаш за условно-естественный период (1937...1969 гг.) и за период со значительным влиянием хозяйственной деятельности (1970...2000) [4].

В данной работе изложены результаты расчета составляющих водного баланса оз. Балхаш (поступление поверхностных вод в восточную и западную части озера, испарение с водной поверхности) и водный баланс озера за период с 2000 по 2009 гг.

Для расчетов ежегодных водных балансов оз. Балхаш принято следующее уравнение:

$$V_{нов} + V_{подз} + V_x - V_u = \Delta W,$$

где $V_{нов}$ – 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; ΔW – изменение объема воды в озере за год, км³/год. Все элементы водного баланса определялись по методике, изложенной в монографии [3].

Для расчетов водного баланса, прежде всего, необходимо рассчитать характеристики водоема за каждый год (объем, площадь, среднюю глубину). Изменение объема озера по годам рассчитано по уровням воды оз. Балхаш на первое января каждого года. При расчете площадей водной поверхности использованы среднемесячные уровни воды оз. Балхаш.

На рис. 1 приведено изменение среднегодового уровня воды озера и его годовое приращение за период с 2000 по 2009 гг.

При расчетах годовых водных балансов за последние годы возникали большие затруднения, связанные с недостаточностью, а порою и с отсутствием необходимой информации. Это относится к расчету поступления воды, особенно в восточную часть озера. Следует также отметить невысокую точность измерения составляющих водного баланса в начале 2000-х годов.

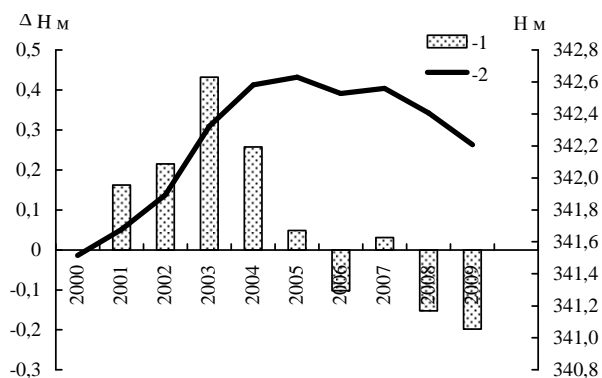


Рис. 1. Изменение среднего уровня оз. Балхаш за период 2000...2009 гг.
1 – приращение уровня за год, 2 – средний уровень за год

В табл. 1 представлены годовые величины притока воды в Западный и Восточный Балхаш. Наибольшее поступление речного стока в Западный Балхаш наблюдалось в 2002 г., его величина составила $13,75 \text{ км}^3$, наименьшее – в 2009 г. ($9,79 \text{ км}^3$). Наибольшее поступление воды в Восточный Балхаш – $4,97 \text{ км}^3$ было в 2005 г., наименьшее – $2,14 \text{ км}^3$ наблюдалось также в 2009 г. В 2002 г. отмечено максимальное поступление поверхностного стока в озеро, величина которого составила $18,02 \text{ км}^3$, наименьшее – в 2009 г. ($11,93 \text{ км}^3$). Среднее значение поступления воды в озеро – $15,21 \text{ км}^3$, за период с 2000 по 2009 гг. в оз. Балхаш поступило $152,1 \text{ км}^3$.

Таблица 1

Поступление поверхностных вод в оз. Балхаш

Год	р. Или – уроч. Капчагай		Потери в дельте р. Или, км^3	Приток в Западный Балхаш, км^3	Приток в Восточный Балхаш		Приток в оз. Балхаш, км^3
	$\text{м}^3/\text{с}$	км^3			$\text{м}^3/\text{с}$	км^3	
2000	515	16,29	5,72	10,57	80,3	2,54	13,11
2001	507	16,00	5,66	10,34	115	3,63	13,97
2002	676	21,37	7,62	13,75	135	4,27	18,02
2003	590	18,67	5,86	12,81	134	4,25	17,06
2004	560	17,72	4,66	13,06	120	3,79	16,85
2005	470	14,83	2,83	12,00	157	4,97	16,97
2006	502	15,86	3,55	12,31	100	3,16	15,47
2007	516	16,32	4,13	12,19	101	3,20	15,39
2008	424	13,40	2,63	10,77	79,2	2,50	13,27
2009	396	12,53	2,73	9,79	67,9	2,14	11,93
Среднее	516	16,30	4,54	11,76	112	3,45	15,21
Сумма		163,0	45,4	117,6		34,5	152,1

Одной из приходных частей водного баланса являются атмосферные осадки, выпадающие на акваторию озера, результаты расчета которых приведены в табл. 2

Таблица 2

Объем и слой воды, поступившей в оз. Балхаш за счет атмосферных осадков

Год	Объем осадков, км ³	Слой осадков, мм
2000	3,01	173
2001	3,47	196
2002	4,69	260
2003	4,32	241
2004	4,08	210
2005	3,06	157
2006	3,93	205
2007	3,37	174
2008	2,95	156
2009	3,97	214
Среднее за период	3,69	198

Наименьший слой осадков, выпавших на поверхность озера, 156 мм, наблюдался в 2008 г., наибольший – в 2002 г. и его величина составила 261 мм. Средний слой осадков – 198 мм. Наименьший объем осадков (2,95 км³) отмечен также в 2008 г, наибольший (4,69 км³) – в 2002 г. Средний объем осадков, выпавших на поверхность озера, составил 3,69 км³. Всего за десять лет на поверхность оз. Балхаш выпало 36,9 км³.

В табл. 3 помещены результаты расчета слоя и объема испарения с водной поверхности оз. Балхаш.

Таблица 3

Объем и слой воды, испарившейся с поверхности оз. Балхаш

Год	Объем испарения, км ³	Слой испарения, мм
2000	17,23	987
2001	17,20	970
2002	17,87	989
2003	16,66	880
2004	18,74	964
2005	19,63	1007
2006	19,25	1004
2007	17,35	898
2008	18,60	978
2009	17,69	950
Среднее за период	18,02	963

Слой испарения с водной поверхности за исследуемый период изменялся от 880 мм (2003 г.) до 1007 мм (2005 г.). Среднее значение испарения за период с 2000 по 2009 гг. составило 963 мм. С учетом площади озера рассчитаны объемы испарения, величины которых изменяются в пределах от 16,66 км³ до 19,63 км³. Средний объем испарения с водной поверхности озера за период с 2000 по 2009 гг. составил 18,02 км³. За десять лет с поверхности оз. Балхаш испарилось 180,2 км³.

Максимальный приток поверхностных вод в оз. Балхаш наблюдался в 2002...2004 гг. Именно в эти годы произошло наибольшее изменение водной массы озера (рис. 2), объем воды увеличился соответственно на 7,55; 6,16 и 3,64 км³.

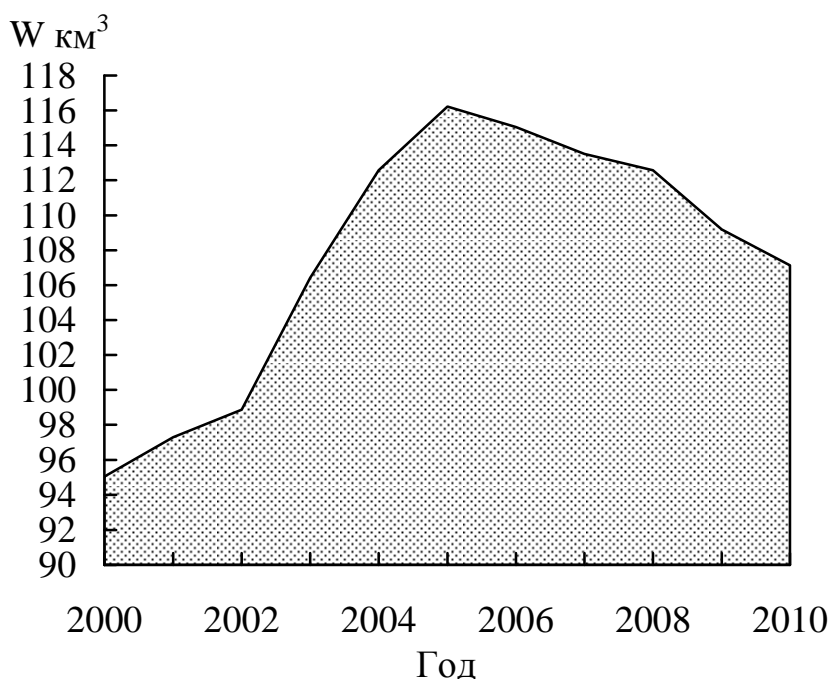


Рис. 2. Изменение объема воды за период 2000...2010 гг.

После расчета составляющих были составлены годовые водные балансы оз. Балхаш за период с 2000 по 2009 гг. В табл. 4 представлены балансы по годам и средний водный баланс за период с 2000 по 2009 гг.

С 2005 г. началось падение уровня озера и соответственно объема воды. За период с начала 2005 г. до конца 2009 г. объем озера уменьшился на 9,07 км³. В 2008 и 2009 гг. разность приходной и расходной частей водного баланса составила 2,262 и 2,255 км³.

Таблица 4

Средний водный баланс озера Балхаш за период 2000...2009 гг.

Компоненты водного баланса	Год										Средний
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
Приходная часть, млн. м³											
р. Или – ГП Капшагай,	16292	15998	21373	18675	17719	14832	15864	16319	13404	12529	16301
Приток к восточной части	2540	3630	4270	4250	3790	4970	3160	3200	2500	2140	3546
Поверхностный приток	18832	19628	25643	22925	21509	19802	19024	19519	15904	14669	19746
Осадки	3007	3466	4695	4317	4081	3062	3933	3368	2951	3972	3760
Подземный приток	10	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10
Сумма	21849	23103	30348	27252	25599	22874	22967	22897	18865	18650	23617
Расходная часть, млн. м³											
Испарение	17233	17197	17868	16656	18736	19631	19248	17349	18599	17686	18108
Потери в дельте	5719	5659	7622	5861	4656	2831	3554	4130	2630	2734	4409
Сумма	22952	22856	25490	22517	23392	22463	22801	21479	21229	20420	22516
Объем на начало года, км ³	95,05	97,30	98,87	106,42	112,58	116,22	115,06	113,53	113	109,19	109,08
Объем на конец года, км ³	97,30	98,87	106,42	112,58	116,22	115,06	113,53	112,58	109	107,15	110,18
<i>Изменение объема, млн. м³</i>	2250	1570	7550	6160	3640	-1160	-1530	-950	-3390	-2040	1094
<i>Разность приходной и расходной частей</i>	-1103	248	4858	4735	2207	412	165	1418	-2364	-1770	1101
Абсолютная невязка, млн. м ³	-3353	-1322	-2692	-1425	-1433	1572	1695,5	2368	1026	270,1	6,61
Относительная невязка., %	-4,16	-1,47	-2,32	-1,34	-1,44	1,66	1,78	2,46	1,32	0,36	0,11

За период с 2000 по 2009 гг. основные составляющие водного баланса оз. Балхаш изменялись в следующих пределах: 11,93...18,02 км³/год – приток поверхностных вод в Балхаш; 2,95...4,70 км³/год – объем выпавших осадков; 16,66...19,63 км³/год – объем испарившейся воды. При этом средние за расчетный период значения составляющих водного баланса составили: приток – 15,21 км³/год, осадки – 3,69 км³/год, испарение – 18,02 км³/год.

На рис. 3 представлены доли вклада отдельных составляющих водного среднего баланса оз. Балхаш за период 2000...2009 гг.

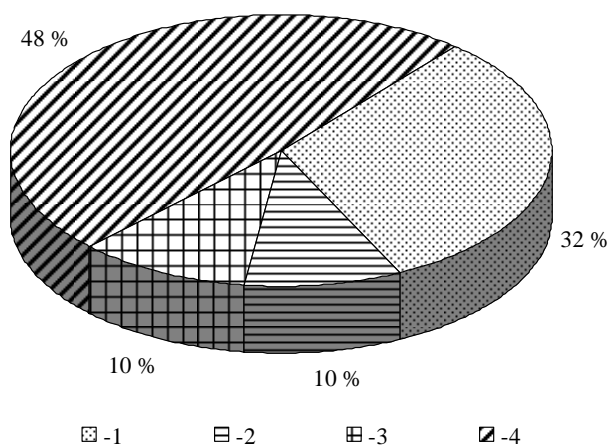


Рис. 3. Удельный вес различных элементов в приходной и расходной частях среднего водного баланса оз. Балхаш за период с 2000 по 2009 гг.

1 – приток в Западный Балхаш; 2 – приток в Восточный Балхаш;
3 – поступление воды за счет атмосферных осадков; 4 – испарение с водной поверхности.

Основными элементами водного баланса Балхаша является поверхностный приток и испарение с водной поверхности озера. В приходной части баланса основная доля принадлежит притоку поверхностных вод в Западный Балхаш по р. Или. Поступление воды в Восточный Балхаш соизмеримо с поступлением воды на поверхность озера с атмосферными осадками. Практически весь поступающий в озеро сток расходуется на испарение. На рис. 4 представлены водные балансы оз. Балхаш за период с 2000 по 2009 гг. в графическом виде.

Рассчитанные балансы оз. Балхаш за период с 2000 по 2009 гг. имеют абсолютную невязку в пределах от 3,35 км³ (2000 г.) до 0,27 км³ (2009 г.). Средняя абсолютная невязка водного баланса за период с 2000 по 2009 гг. составила 0,006 км³. Относительные невязки годовых водных

балансов находятся в пределах от минус 4,16 % (2000 г.) до 2,46 % (2007 г.), среднее значение – 0,11 %.

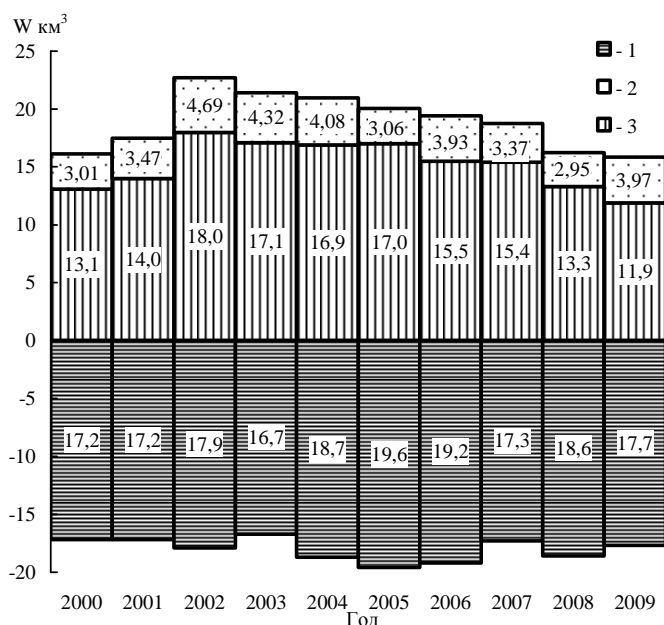


Рис. 4. Годовые водные балансы оз. Балхаш за период с 2000 по 2009 гг.
1 – испарение; 2 – поступление воды за счет атмосферных осадков;
3 – поверхностный приток.

Проанализировав полученные годовые водные балансы оз. Балхаш за последние годы, можно сделать вывод о том, что, начиная с 2005 г., происходит падение уровня оз. Балхаш и, как следствие, уменьшение объема озера. С 1.01.2005 г. по 1.01.2010 г. объем озера уменьшился на 9,07 км³.

Данная работа выполнялась в рамках научно-исследовательской программы «Оценка ресурсов и прогноз использования природных вод Казахстана в условиях антропогенно и климатически обусловленных изменений».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Викулина З.А. Водный баланс озер и водохранилищ Советского Союза. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 174 с.
2. Проблемы гидроэкологической устойчивости в бассейне озера Балхаш / Под ред. Самаковой А.Б. – Алматы: Каганат, 2003. – 585 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Центральный и Южный Казахстан. / Под ред. Семенова В.П., Кудрина Р.Д. – Т. 13 – Вып.2 Бассейн озера Балхаш. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 644 с.

4. Скоцеляс И.И., Попова В.П., Горкунова Т.Г. Водный баланс озера Балхаш // Гидрометеорология и экология. – 2003. – № 2. – С. 47-61.

РГП «Казгидромет», г. Алматы

**БАЛҚАШ КӨЛІНІҢ 2000...2009 ЖЫЛДАР АРАЛЫҒЫНДАҒЫ СУ
БАЛАНСЫ**

Геогр. ғылымд. канд. В.П. Попова
Техн. ғылымд. канд. С.П. Шиварева
А.О. Домран

Балқаш көлінің 2000...2009 жылдар аралығындағы су балансын және оның құрушыларын есептеу нәтижелері келтірілген.