

В. М. САВКИН, Г. А. ОРЛОВА, О. В. КОНДАКОВА

СОВРЕМЕННЫЙ ВОДНЫЙ БАЛАНС БЕССТОЧНОГО ОЗЕРА ЧАНЫ

Изменения морфометрических характеристик озера оказали существенное влияние на его водно-балансовые показатели и обусловили необходимость получения современного водного баланса. Рассмотрены причины и значения невязок предыдущих водных балансов, а также методика расчета составляющих водного баланса для уточненных площади водной поверхности и объема воды. На основе анализа годовых водных балансов за семнадцать лет при различных вариантах расчета их составляющих предложен новый вариант с наименьшей средней невязкой баланса.

Changes in morphometric characteristics of the lake have had a substantial effect on its water-balance indicators and dictated a need to obtain the present-day water balance. We examine the causes and values of discrepancies for the previous water balances, as well as the technique for calculating the water balance components for the updated water surface area and water volume. Based on analyzing the yearly water balances spanning seventeen years using different variants of calculating their components, a new variant with least balance discrepancy is suggested.

Озеро Чаны, расположенное в центральной части Барабинской низменности (Западно-Сибирская равнина), — самый крупный бессточный водоем Обь-Иртышского междуречья. Одна из основ-

© 2006 Савкин В. М., Орлова Г. А., Кондакова О. В.

ных составляющих приходной части его водного баланса — водный сток рек Каргат и Чулым, впадающих в озеро в его юго-восточной части и дренирующих мощные заболоченные территории к северо-востоку от него. Озеро имеет сложную плановую конфигурацию и состоит из двух частей: первая — оз. Бол. Чаны, в его состав входят Ярковский, Тагано-Казанцевский и Чиняихинский плесы; вторая — озера Яркуль и Мал. Чаны, соединяющиеся с оз. Бол. Чаны протокой Кожурла. В 1972 г. от основной части озера системой дамб был отделен Юдинский плес, что позволило уменьшить площадь испарения с водной поверхности озера и создать условия для повышения уровня воды за счет речной приточности в основную часть озера.

Водный баланс оз. Чаны исследовался и рассчитывался многими авторами [1–7] за разные по длительности периоды и в годы, различные по водности. Однако опубликованные материалы характеризуют отдельные элементы водного баланса с разной достоверностью. Наиболее надежны данные о речной приточности в озеро, с наименьшей точностью определено испарение. Невязки баланса часто связывают с качеством исходных данных, в частности с выбором коэффициентов при расчете испарения по формулам, а также с отсутствием сведений о подземном притоке и оттоке озера.

В связи с изменением площади водной поверхности и объемов воды оз. Чаны после отделения Юдинского плеса Н. П. Смирновой была предложена новая методика расчета водного баланса и рассчитан водный баланс за 1971–1978 гг. [8]. Позднее по той же методике этим автором рассчитан водный баланс уже за 1978–1983 гг., а также пересчитаны балансы за 1971–1978 гг. с учетом новых морфометрических характеристик. При этом отмечено, что в настоящее время оз. Чаны — это новый водоем, характеризующийся более быстрой реакцией на изменение речного притока.

Нами взяты исходные данные 1983–2000 гг., на основании которых рассчитаны ежегодные водные балансы за 17 гидрологических лет, применена методика, предложенная Н. П. Смирновой, и использованы данные за 1971–1983 гг. Это позволило проанализировать 29-летний гидрологический ряд и выявить среднемноголетние величины составляющих водный баланс озера. Таким образом, получен современный водный баланс, учитывающий уменьшение площади и объема озера после отчленения в 1972 г. Юдинского плеса.

Расчеты выполнялись в соответствии с методическими указаниями [9]. Водный баланс рассчитан по формуле для бессточного водоема. Основной причиной невязок является степень точности измерения и расчета составляющих водного баланса.

Уравнение водного баланса оз. Чаны имеет следующий вид:

$$X + Y - Z \pm \Delta h = \eta,$$

где X — атмосферные осадки; Y — речной приток; Z — испарение; Δh — приращение уровня; η — невязка баланса.

Методика расчета составляющих водного баланса приводится ниже.

Речной приток. В среднем приток в приходной части баланса составил за 1971–2000 гг. 45 %, а за 1983–2000 гг. 47 %, значительно меняясь по годам. В отдельные годы, как в 1996–1997 гг., достигал 80 %. Общая площадь водосбора рек Каргат и Чулым — 17 900 км². Изменения речного притока за счет неучтенных площадей водосбора ниже водомерных постов не превышает 5–7 %, что незначительно сказывается на невязке баланса.

Поверхностный приток в оз. Чаны подвержен резким колебаниям. Модули стока рек Каргат и Чулым за период расчета водного баланса 1971–2000 гг. колеблются весьма существенно. Наименьшие модули по р. Каргат (0,11 л/с · км²) и по р. Чулым (0,07 л/с · км²) наблюдались в маловодном гидрологическом 1981–82 году, наибольшие — соответственно 3,02 л/с · км² и 2,53 л/с · км² — в многоводном 1985–86 году. Коэффициент изменчивости годового стока этих рек (C_v) равен 0,95–0,99.

Среднемноголетний весенний сток за 1971–2000 гг. по р. Чулым (65,73 м³/с) в 10 раз больше стока летне-осеннего периода и почти в 84 раза больше зимнего. Весенний сток р. Каргат превышает летне-осенний в 3,5 раза, зимний — в 82 раза.

Речной приток в оз. Чаны рассчитан путем суммирования расходов воды рек Чулым и Каргат за год. В результате получены объемы притока по гидрологическим годам и сезонам, слой притока на водную поверхность оз. Чаны. Объем притока за год колеблется в значительных пределах, в зависимости от водности года. Наиболее неблагоприятным за этот период был маловодный 1981–82 год, когда объем притока в 8 раз был ниже среднего, а слой притока на озеро составил 29 мм.

Наибольший объем притока за 1971–1983 гг. наблюдался в многоводном 1972–73 году и составил 654 мм слоя на поверхности озера. Средний слой притока на поверхность озера за этот период — 230 мм, что близко к многолетней величине (236 мм), рассчитанной Е. В. Тарховым и И. Н. Тошаквой [10] за период средней водности 1940–1968 гг. Средний многолетний объем притока двух рек за 1983–2000 гг. составил 0,430 км³ при его значительных колебаниях — от 0,081 км³ в маловодном 1990–91 году до 1,38 км³ в многоводном 1985–86 году.

Суммарный речной приток в оз. Чаны по гидрологическим годам и сезонам

Гидрологический год	Сумма среднемесячных расходов воды за сезон						Средний годовой расход воды, м ³ /с	Объем притока (W), км ³	Площадь зеркала озера (F), км ²	Слой притока (h), мм
	весна (апрель–июнь)		лето–осень (июль–ноябрь)		зима (декабрь–март)					
	м ³ /с	%	м ³ /с	%	м ³ /с	%				
1971–72	69,13	40,8	99,80	58,9	0,369	0,2	14,10	0,45	1362	330
1972–73	320,00	89,5	36,42	10,2	1,162	0,3	29,80	0,94	1436	654
1973–74	72,47	90,3	7,27	9,1	0,520	0,6	6,69	0,21	1504	140
1974–75	161,00	94,3	9,34	5,5	0,308	0,2	14,22	0,45	1476	305
1975–76	34,10	93,4	2,27	6,2	0,157	0,4	3,05	0,10	1450	69
1976–77	186,86	98,0	3,46	1,8	0,273	0,1	15,88	0,50	1440	347
1977–78	114,21	94,9	5,87	4,9	0,237	0,2	10,03	0,32	1450	221
Среднее за 1971–1978 гг.	136,82	85,9	23,49	13,8	0,43	0,3	13,40	0,42	1445	295
1978–79	182,06	87,9	24,64	11,9	0,455	0,2	17,27	0,54	1504	359
1979–80	24,78	69,4	10,40	29,1	0,506	1,4	2,97	0,09	1628	58
1980–81	59,28	90,4	4,82	7,4	1,468	2,2	5,30	0,17	1542	108
1981–82	15,27	95,0	0,61	3,8	0,202	1,3	1,34	0,04	1432	29
1982–83	69,60	97,1	1,95	2,7	0,141	0,2	5,97	0,19	1368	137
Среднее за 1971–1983 гг.	109,06	86,8	17,24	12,6	0,48	0,6	10,55	0,33	1466	230
1983–84	73,30	83,9	13,75	15,7	0,295	0,3	7,28	0,230	1420	162,00
1984–85	123,80	64,4	67,42	35,1	1,001	0,5	16,01	0,505	1400	360,70
1985–86	404,00	77,0	114,04	21,7	6,930	1,3	43,76	1,380	1425	968,00
1986–87	121,37	86,9	15,71	11,2	2,605	1,9	11,64	0,367	1670	219,80
1987–88	187,26	94,2	9,33	4,7	2,110	1,1	16,56	0,522	1750	298,30
1988–89	28,61	87,8	2,628	8,1	1,330	4,1	2,72	0,086	1740	49,42
1989–90	32,55	91,2	2,143	6,0	1,011	2,8	2,98	0,094	1720	54,65
1990–91	27,56	69,6	2,92	7,4	9,130	23,0	2,57	0,081	1600	50,70
1991–92	27,16	74,1	8,53	23,3	0,962	2,6	3,05	0,096	1430	67,27
1992–93	200,05	92,7	14,12	6,5	1,670	0,8	17,99	0,567	1428	397,30
1993–94	107,96	89,2	11,50	9,5	1,610	1,3	10,09	0,318	1460	218,00
1994–95	101,00	81,0	21,47	17,2	2,280	1,8	10,40	0,328	1506	217,80
1995–96	98,37	50,2	92,60	47,2	5,020	2,6	16,33	0,515	1501	343,10
1996–97	385,20	90,3	36,77	8,6	4,640	1,1	35,67	1,125	1504	748,00
1997–98	176,85	84,4	30,74	14,7	1,883	0,9	17,46	0,551	1700	323,90
1998–99	148,70	95,0	5,80	3,7	2,010	1,3	13,13	0,414	1715	241,50
1999–2000	44,10	86,4	5,74	11,2	1,195	2,3	4,26	0,134	1720	78,12
Среднее за 1983–2000 гг.	134,58	82,25	26,78	14,82	2,69	2,93	13,64	0,430	1570	282,27
Среднее за 1971–2000 гг.	124,02	84,11	22,83	13,91	1,78	1,97	12,36	0,390	1527	260,54

Почти такой же низкий сток рек, как в 1990–91 году, наблюдался в 1988–89 году (0,086 км³), в 1989–90 (0,094 км³) и в 1991–92 году (0,096 км³), образуя четырехлетний период маловодных лет с объемом притока почти в пять раз ниже среднего. Средний объем притока за 1971–2000 гг. составил 0,390 км³, а наибольший — 1,380 км³ (табл. 1).

Сезонное изменение притока в оз. Чаны характерно для рек лесостепной зоны. Наибольший приток наблюдается в весенний период, а летне-осенний более чем в пять раз ниже и составляет около 14 % годового. Зимний приток за 1983–2000 гг. составлял в среднем 2,9 %, а за 29-летний период — 1,97 % годового. Такие колебания притока воды в озеро существенно отражаются на его уровне, площади и водном балансе. Анализ многолетних изменений притока за период 1971–2000 гг. выявляет значительные межгодовые колебания, тенденция повышения или понижения стока за этот период не выявлена. При рассмотрении суммарного притока в озеро за 1935–2000 гг. видна тенденция его уменьшения (рис. 1).

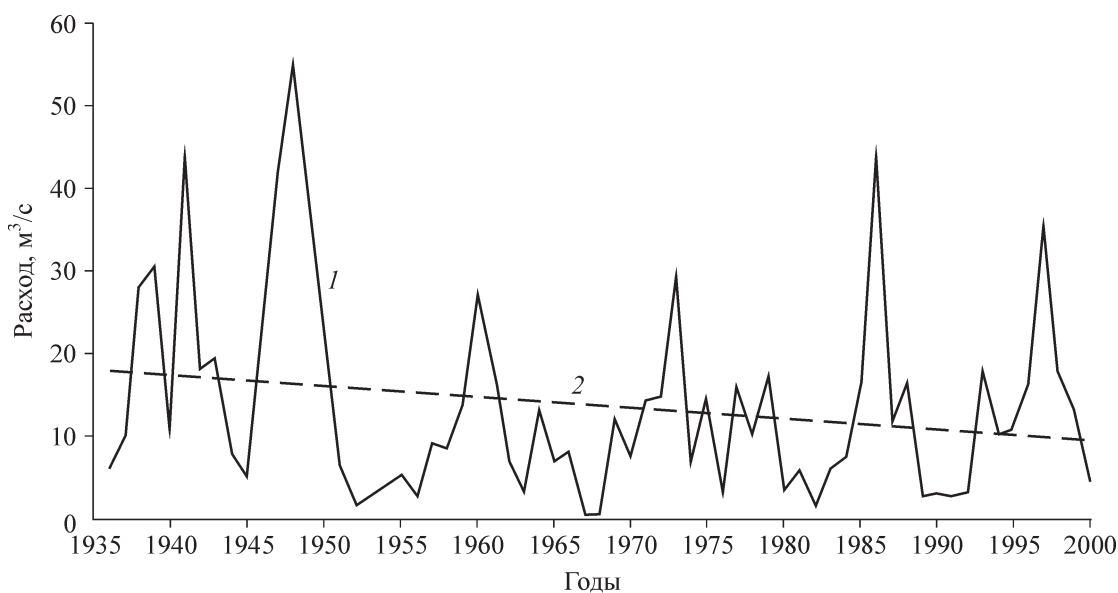


Рис. 1. Суммарный многолетний сток рек Каргат и Чулым за период 1935–2000 гг.

1 — колебания стока; 2 — тренд изменения стока.

Боковой приток. Средний многолетний боковой приток с площади водосбора в 4510 км², не имеющий постоянного стока, составлен по данным [10]. Средний многолетний боковой приток с площади водосбора 6890 км², рассчитанный по карте К. П. Воскресенского [2], оценен в 10 мм.

Воды бокового притока в настоящее время поступают весной с узкой прибрежной полосы озера шириной от 0,5 до 1,5 км. Площадь этого водосбора невелика по сравнению с площадью зеркала озера (12 %), и боковой приток в пересчете на слой воды на поверхности озера ничтожно мал по сравнению с осадками, выпавшими на его зеркало, и его величина находится в пределах ошибок расчета водно-балансовых характеристик. В расчетах годовых водных балансов боковой приток не учитывался.

Осадки. В среднем за 1971–2000 гг. осадки составляли 55 % приходной части баланса, в 1983–2000 гг. доля их снизилась до 53 %, а в 1990–1991 гг. составила 87 %. Поступление осадков на поверхность озера определяется процессами общей циркуляции атмосферы. Расчет атмосферных осадков за 1971–2000 гг. выполнен с использованием данных по пяти постам, расположенным на берегах озера.

Для получения сумм осадков за гидрологический год и по сезонам использованы их месячные суммы с введением поправочного коэффициента K_2 , связанного с недоучетом влияния ветра на их величины. Значительные поправки, обусловленные подобным недоучетом в отношении твердых осадков, объясняются особенностями местности, где расположены осадкомерные станции. Однако в целом при плоском рельефе количество осадков мало изменяется по территории. Принятые поправки введены в величины атмосферных осадков, усредненные по станциям для всех исследуемых лет; для холодного периода (ноябрь–март) $K_2 = 1,43$; для переходных месяцев со смешанными осадками (апрель и октябрь) $K_2 = 1,23$.

Для определения количества осадков, выпавших на акваторию водоема, использовалось два метода: среднего арифметического и среднего взвешенного, при этом рассчитывались годовое количество осадков и их распределение по периодам (холодный, теплый и со смешанными осадками).

Основным стокообразующим фактором бассейна оз. Чаны являются осадки. Атмосферные осадки холодного периода 1971–2000 гг. в среднем составляют 32 % годовых, в 1983–2000 гг. увеличиваются до 34 %. Наибольшее их количество за холодный период (47,9 %) отмечалось в многоводный 1996–97 год. В период со смешанными осадками выпадает в среднем 15,3 % их годовой нормы. В теплый период осадки преобладают и составляют в среднем за 1971–2000 гг. 52,3 % годовой суммы, летние расходуются в основном на испарение.

Норма атмосферных осадков, выпавших на акваторию озера за полный цикл колебаний общей увлажненности (1940–1968 гг.), составляет 382 мм [10]. Годовое количество осадков, рассчитанное по станциям, за 1971–1983 гг. (380 мм) почти равно их среднемноголетней норме, а за 1978–79 год (533 мм) почти на 40 % превышает ее, в то время как за 1980–81 год (276 мм) оно почти на 28 % ни-

же этой нормы. Среднее годовое количество осадков за 1983–2000 гг. — 351,46 мм с колебаниями от 467,09 мм в многоводном 1985–86 году до 211,68 мм в также многоводном 1996–97 году. За 1971–2000 гг. среднее годовое количество осадков составило 363,1 мм, что на 5 % ниже многолетней нормы.

Влияние крупных водоемов на поле осадков связано прежде всего с их термическими свойствами, пониженной шероховатостью водной поверхности и частично с котловинной топографией местности. Количество осадков, выпавших на разные по площади водоемы, неодинаково. На оз. Чаны выпадает на 11–12 % осадков меньше, чем на поверхности суши [11].

Основная тенденция колебания осадков, приведенных к поверхности озера, по годам и периодам сохраняется, но их количество меньше. Так, средняя величина осадков, приведенных к поверхности озера, за 1983–2000 гг. — 312,8 мм, а за 1971–2000 гг. — 321,6 мм. Коэффициент вариации 29-летнего периода для осадков, приведенных к поверхности озера, 0,21, а средняя квадратичная ошибка 3,9 %. Наибольшее количество осадков по станциям — 467 мм и 415,71 мм в пересчете на поверхность озера за 1983–2000 гг. наблюдалась в самом многоводном 1985–86 году, а за период 1971–2000 гг. — соответственно 533 и 469 мм — в многоводном 1978–79 году. Минимальное количество осадков, как по станциям (211,68 мм), так и на поверхности озера (188,39 мм), отмечалось в многоводном 1996–97 году, втором по величине водности за 29-летний период.

Испарение. Для бессточных озер, каким является оз. Чаны, потери воды на испарение могут быть весьма значительными. Так, с поверхности оз. Байкал в процессе испарения за год теряется около 13 км³ воды, а с поверхности оз. Чаны в среднем за 1971–2000 гг. терялось 0,87 км³ в год. В настоящее время средства измерения испарения с поверхности водоемов не позволяют определять его величины с достаточной точностью, поэтому используются в основном косвенные методы, в частности, полуэмпирические и эмпирические формулы на основе данных гидрометеорологических наблюдений. Испарение с водной поверхности оз. Чаны в теплый период рассчитывалось, согласно рекомендациям [5, 9, 12], по формуле А. П. Браславского и З. А. Викулиной, с поверхности снега — по формуле П. П. Кузьмина [13]. Отдельные элементы, входящие в формулу, для открытой акватории в теплый период года рассчитывались исходя из трансформации потока тепла и влаги с учетом преобладающих ветров юго-западного направления и длины разгона для каждого направления ветра.

Температура поверхности воды у берега принималась по данным водомерных постов. Следует отметить, что ограниченность исходных данных может в той или иной степени снизить точность расчета испарения. Расчет составляющих, входящих в формулы, производился согласно указаниям [11].

Испарение с поверхности оз. Чаны рассчитывалось для каждого месяца за 1983–2000 гг., а затем суммировалось по периодам (холодный и теплый) в зависимости от количества суток в принятом интервале времени. Кроме того рассчитывались испарение с водной поверхности по сезонам (весна, лето–осень, зима) и суммарное испарение за гидрологический год. Среднее годовое испарение за 12-летний период 1971–1983 гг. — 559 мм с колебаниями внутри периода от 636 мм за 1980–81 год до 440 мм за 1971–72 год, что связано с низкими температурами этого года. По сезонам испарение за 1971–1983 гг. составило весной 41 % среднего годового (37,9–45,8 % пределы колебаний), в летне-осенний период — 56,4 % (51,2–60,2 %), зимой 2,8 % (1,9–3,4 %) от среднего годового.

Среднее годовое испарение за 1983–2000 гг. составило 473,8 мм, что было на 85 мм ниже среднего за 1971–1983 гг. По сезонам испарение за период 1983–2000 гг. весной было ниже среднего и составило 35,4 % (с колебаниями 26,7–42,1 %); в летне-осенний период испарение повысилось до 62,2 % (55,1–71,1 %); зимой осталось на том же уровне — 2,4 % (1,61–3,1 %).

Кроме того, рассчитано испарение за два периода — холодный и теплый. Среднее годовое испарение за холодный период 1983–2000 гг. составило 46,90 мм, или всего 0,074 км³. Колебания величины испарения за холодный период — от 68,21 мм в 1997–98 году до 30,48 мм в 1984–85 году. Испарение за теплый период было почти в 10 раз выше, чем за холодный, и составило в среднем за 1983–2000 гг. 426,95 мм, или 0,674 км³. Наибольшая его величина за теплый период — 506,52 мм — отмечена в 1989–90 году, а средняя годовая за весь период 1971–2000 гг. — 509,15 мм. По сравнению с нормой (1940–1968 гг.) — 631 мм — испарение снизилось весьма существенно, почти на 120 мм, однако эта норма [10] получена по расчету метеорологических наблюдений на береговых станциях озера еще до отчленения Юдинского плеса.

Поскольку оз. Чаны — интенсивно зарастающий водоем, что прослежено по современным космоснимкам, а измерение транспирации в настоящее время отсутствует, в показатель рассчитанного испарения введена поправка на транспирацию. Величина добавочных потерь на транспирацию составляет 10 % [10]. Вклад транспирации в испарение в работах А. П. Смирновой рекомендуется оценивать в 12 %, что и было принято авторами статьи. Суммарное испарение, включающее испарение с водной поверхности и транспирацию, за 1983–2000 гг. составило 530,71 мм с колебаниями от 482,39 мм в 1991–92 году до 623,17 мм в 1989–90 году. В среднем величина многолетнего суммарного испарения за 1971–2000 гг. составила 570,73 мм, или 0,872 км³.

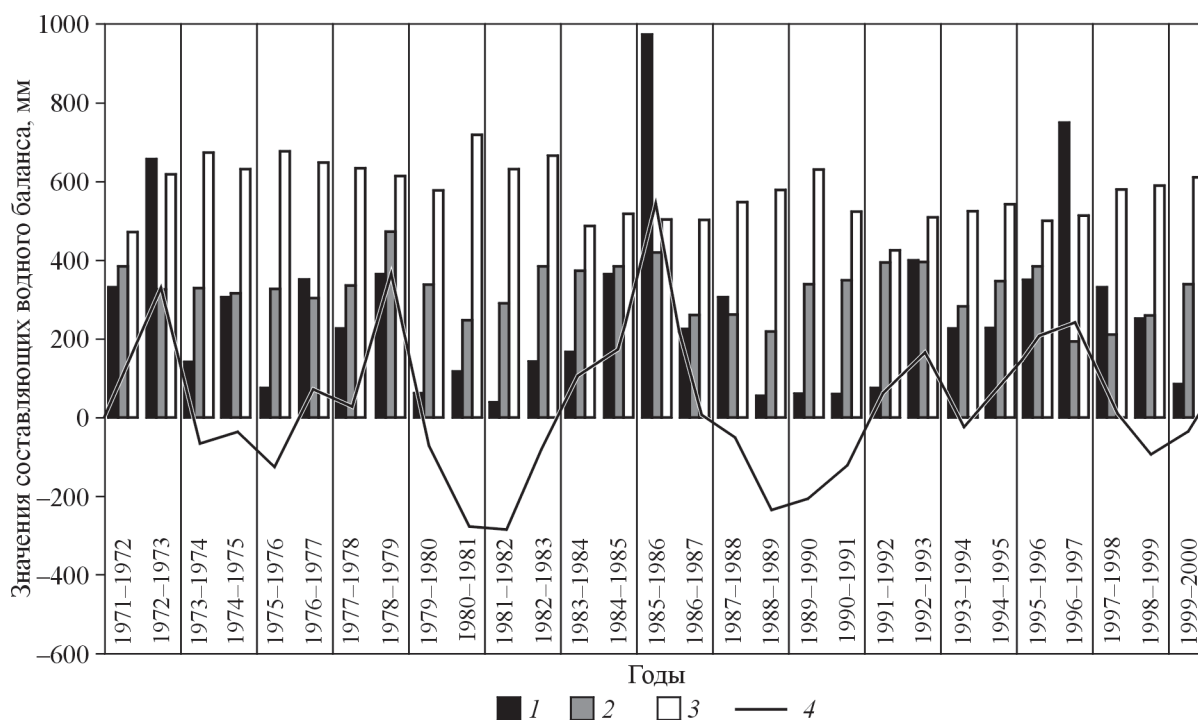


Рис. 2. Основные составляющие водного баланса оз. Чаны за период 1971–2000 гг.

1 — приток; 2 — осадки; 3 — испарение; 4 — приращение уровня.

Наибольшее испарение с водной поверхности наблюдается в годы с повышенной аридностью, обусловленной малым количеством осадков. При повышенных осадках испарение снижается из-за пониженного термического фона. Так, в многоводном 1985–86 году с наибольшим за 1971–2000 гг. количеством осадков, выпавших на озеро (415,71 мм), суммарное испарение составило 501,42 мм, что ниже среднего (530,71 мм) за период. Аналогичная картина с достаточно низким испарением (495,26 мм) отмечена в 1995–96 году со значительным количеством осадков (384,34 мм) и достаточно высоким притоком (343,1 мм). Наибольшие величины суммарного испарения — 623,17 мм за 1989–90 год и 607,82 мм за 1999–2000 год — наблюдались при низком притоке (соответственно 54,65 и 78,12 мм) и близкими к средним величинами осадков (332,35 и 330,58 мм).

В целом тесной связи между испарением, осадками и притоком не выявлено. Коэффициенты корреляции испарения с притоком составляют 0,24–0,26, с осадками выше — 0,21–0,43 для разных периодов.

Соотношение между составляющими водного баланса — испарением, осадками и притоком — достаточно наглядно просматривается на графике изменений основных составляющих водного баланса (рис. 2).

Приращение уровня. Стационарные наблюдения за уровнем воды проводятся на всех плесах Бол. Чанов, за исключением Чиняихинского, а также на Мал. Чанах и оз. Яркуль. Самый длительный ряд наблюдений (с 1898 г.) — пост Квашнино — наиболее репрезентативен для всего озера. Приращение уровня воды в нем за 1983–2000 гг. рассчитывалось с учетом изменения среднемесячных значений в начале и конце рассматриваемого периода.

Максимальное приращение уровня за весь период 1971–2000 гг. (+540 мм) отмечено в наиболее многоводном 1985–86 году, что связано с максимальным за весь период наблюдений притоком (968 мм) и осадками (415,71 мм) значительно выше средней величины. В 1980–81 и 1981–82 гг. произошло падение уровня — соответственно –278 и –292 мм — вследствие уменьшения речного притока в течение 1979–1982 гг. соответственно до 58, 108 и 29 мм. А атмосферные осадки за 1980–81 и 1981–82 гг. уменьшились в 1,4 и 1,2 раз по сравнению со средними за 1971–1983 гг. Минимальное падение уровня (–240 мм) за 1983–2000 гг. наблюдалось в наиболее маловодном 1988–89 году.

Для оценки зависимости между различными составляющими водного баланса озера и среднегодовым приращением уровня рассчитаны коэффициенты корреляции. Между притоком и приращением уровня коэффициент корреляции составляет 0,86 и 0,84 соответственно за периоды 1983–2000 и 1971–2000 гг., что свидетельствует о значительном влиянии приточности на изменение уровня воды.

Таблица 2

Водный баланс оз. Чаны по гидрологическим годам и в среднем за 1971–2000 гг.

Гидрологический год	Элементы баланса											
	осадки (X)		приток (Y)		суммарное испарение (Z + Z ₁)		приращение уровня (Δh)		площадь озера (F), км ²	невязка (η)		
	мм	км ³	мм	км ³	мм	км ³	мм	км ³		мм	км ³	% к Σ
1983–84	366,79	0,521	162,00	0,230	483,00	0,686	+110	+0,156	1420	-64,21	-0,091	-12,1
1984–85	375,79	0,526	360,70	0,505	512,06	0,717	+170	+0,238	1400	+54,43	+0,076	+7,4
1985–86	415,71	0,592	968,00	1,379	501,42	0,715	+540	+0,770	1425	+342,29	+0,488	+24,7
1986–87	254,49	0,425	219,80	0,367	496,61	0,829	+10	+0,017	1670	-32,32	-0,054	-6,8
1987–88	253,45	0,444	298,30	0,522	544,54	0,953	-50	-0,088	1750	+57,21	+0,100	+10,4
1988–89	214,21	0,373	49,42	0,086	574,25	0,999	-240	-0,418	1740	-70,62	-0,123	-26,8
1989–90	332,35	0,572	54,65	0,094	623,17	1,072	-210	-0,361	1720	-26,17	-0,045	-6,8
1990–91	343,96	0,550	50,70	0,081	521,29	0,834	-120	-0,192	1600	-6,63	-0,011	-1,7
1991–92	389,24	0,557	67,27	0,096	422,39	0,604	+60	+0,086	1430	-25,88	-0,037	-5,7
1992–93	392,01	0,560	397,30	0,567	504,00	0,720	+160	+0,228	1428	+125,31	+0,179	+15,9
1993–94	278,63	0,407	218,00	0,318	520,47	0,760	-30	-0,044	1460	+6,16	+0,009	+1,2
1994–95	345,18	0,520	217,80	0,328	539,41	0,812	+70	+0,105	1506	-46,43	-0,070	-8,2
1995–96	384,34	0,577	343,10	0,515	495,26	0,743	+200	+0,300	1501	+32,18	+0,048	+4,4
1996–97	188,39	0,283	748,00	1,125	513,74	0,773	+240	+0,361	1504	+182,65	+0,275	+19,5
1997–98	201,71	0,343	323,90	0,551	577,36	0,982	+30	+0,051	1700	-81,75	-0,139	-15,6
1998–99	250,78	0,430	241,50	0,414	585,31	1,004	-100	-0,172	1715	+6,97	+0,012	+1,4
1999–2000	330,58	0,569	78,12	0,134	607,82	1,045	-40	-0,069	1720	-159,12	-0,274	-38,9
Среднее за												
1983–2000	312,80	0,491	282,27	0,443	530,71	0,833	+47,06	+0,074	1570	+17,30	+0,027	+2,9
1971–1983	334	0,490	230	0,337	627	0,920	-6	-0,009	1466	-57	-0,084	-10,1
1971–2000	321,60	0,491	260,54	0,398	570,73	0,871	+25,2	+0,038	1527	-13,79	-0,021	-2,4

В значительно меньшей степени коррелирует приращение уровня с осадками и испарением. Коэффициенты корреляции достаточно низкие: с осадками 0,44 и 0,49, с испарением $-0,55$ и $-0,45$.

Подземная составляющая. Роль грунтовых вод в водном балансе оз. Чаны незначительна в связи с особенностями геологического строения его чаши. Дополнительные исследования [4], проведенные в 1980-х гг., практически не изменили прежнего представления о грунтовом питании озера. При отсутствии сколько-нибудь значительных уклонов и при почти горизонтальном залегании слоев павлодарской свиты, выполненных суглинками и глинами и представляющих водоупор, нельзя ожидать значительного притока грунтовых вод, поэтому подземная составляющая в водных балансах оз. Чаны отсутствует.

Водные балансы. В работе впервые рассчитаны 17 современных годовых водных балансов оз. Чаны за 1983–2000 гг., выполненные в нескольких вариантах в зависимости от расчетных величин основных составляющих. Рассмотрены годовые водные балансы за 1983–2000 гг. и средние за 1983–2000 и 1971–1983 гг. [14], позднее уточненные в связи с изменением площади озера, а также средние балансы за 29-летний период наблюдений (1971–2000 гг.). Средние невязки водных балансов за 1983–2000 гг. изменяются по вариантам от $+17,8\%$ до $+2,9\%$.

Как показывает анализ годовых водных балансов озера за 1983–2000 гг. по различным вариантам расчета их составляющих, вариант, где учитываются среднеарифметические величины осадков с приведением их на поверхность озера и суммарное испарение, наиболее приемлем и соответствует современному водному балансу озера (табл. 2). Средняя невязка этого баланса за период 1983–2000 гг. составляет $+2,9\%$, а за 1971–2000 гг. $-2,4\%$.

Таким образом, гидрологический режим оз. Чаны характеризуется ярко выраженной внутриводоемной изменчивостью, связанной с общей увлажненностью территории, обусловленной как солнечной активностью, так и тенденцией потепления климата. В настоящее время увлажненность бассейна озера находится в стадии перехода от пониженной к повышенной, о чем свидетельствует повышение уровня воды в озере за 2000–2004 гг.

Уменьшение общей площади водного зеркала и объема оз. Чаны после отчленения Юдинского плеса в целом положительно повлияло на его водно-балансовые показатели: снизилась величина испарения, увеличилось приращение уровня воды за счет речной приточности.

Несовершенство методов измерений составляющих водного баланса служит причиной его невязок, поэтому они выступают важным показателем, характеризующим точность выбора и расчета отдельных составляющих. Значения невязок неодинаковы при разных вариантах подсчета осадков — среднеарифметических, средневзвешенных, с приведением и без приведения на поверхность озера. В варианте расчета водного баланса с учетом приведенных осадков на поверхность озера и испарения, а также транспирации величина невязки снижается. Средняя невязка водного баланса оз. Чаны за 1983–2000 гг. составила $2,9\%$, что вполне допустимо.

Современные морфометрические характеристики озера позволяют поддерживать практически устойчивое соотношение между приходной и расходной частями годовых водных балансов. Наблюдающийся в настоящее время уровень воды в озере можно считать наиболее приемлемым для его водного режима.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (02–05–65028).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Баева А. А., Бережных Т. В.** Водный баланс озера Чаны и многолетняя изменчивость его составляющих // Труды ЗапСибРНИГМИ. — М., 1976. — Вып. 22.
2. **Баева А. А., Кунявский М. Я.** Озеро Чаны. Водный баланс // Новосибирское водохранилище и озера средней Оби. — Л.: Гидрометеоздат, 1979.
3. **Белингов С. Ю.** Особенности водного режима озер Барабинской низменности // Труды ГГИ. — Л.: Гидрометеоздат, 1953. — Вып. 38.
4. **Бейзель А. А.** К определению подземной составляющей баланса озера Чаны // Гидрологические, гидрогеологические и водохозяйственные аспекты освоения стока сибирских рек. — Новосибирск, 1982.
5. **Браславский А. П., Викулина З. А.** Норма испарения с поверхности водохранилищ. — Л.: Гидрометеоздат, 1954.
6. **Викулина З. А.** Водный баланс озер и водохранилищ земного шара // Труды ГГИ. — Л.: Гидрометеоздат, 1973. — Вып. 203.
7. **Викулина З. А.** Водный баланс озер и водохранилищ Советского Союза. — Л.: Гидрометеоздат, 1973.
8. **Пульсирующее озеро Чаны.** — Л.: Наука, 1982.
9. **Рекомендации по расчетам водного баланса крупных рек и водохранилищ.** — Л.: Гидрометеоздат, 1969.
10. **Тархов Е. В., Тошакова И. Н.** Водный баланс оз. Чаны // Труды ЗапСибРНИГМИ. — М., 1980. — Вып. 43.

11. **Швер Ц. А.** Атмосферные осадки на территории СССР. — Л.: Гидрометеиздат, 1976.
12. **Указания** по расчету испарения с поверхности водоемов. — Л.: Гидрометеиздат, 1969.
13. **Кузьмин П. П.** К методике исследования и расчета испарения с поверхности снежного покрова // Труды ГГИ. — 1983. — Вып. 41 (95).
14. **Шнитников А. В.** Большие озера Срединного региона и некоторые пути их использования // Озера Срединного региона. — Л.: Наука, 1976.

*Институт водных и экологических проблем
СО РАН, Новосибирск*

*Поступила в редакцию
12 июля 2004 г.*
