

О.В. КОНДАКОВА, **В.М. САВКИН**, С.Я. ДВУРЕЧЕНСКАЯ, К.В. МАРУСИН

Институт водных и экологических проблем СО РАН, 656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1, Россия,
kondakova@iwep.nsc.ru, dvur@iwep.nsc.ru, kat@iwep.ru

ВОДНЫЙ БАЛАНС И ХАРАКТЕРИСТИКИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ БЕССТОЧНОГО ОЗЕРА ЧАНЫ

Выполнены расчет водного баланса и исследование минерализации воды бессточного оз. Чаны, наиболее крупного в Западной Сибири по площади акватории и имеющего большое экологическое и рыбохозяйственное значение. Важнейшая природная особенность озера — это цикличность колебаний уровня воды, обусловленная изменчивостью общей увлажненности Обь-Иртышского междуречья. Уровненный режим оз. Чаны представляет собой основной природный фактор, влияющий на его водно-экологическое состояние. Изменение уровня воды определяется соотношением между приходной и расходной частями его водного баланса. Рассчитан современный водный баланс озера (после отделения Юдинского плеса) по гидрологическим годам, уточнены рассчитанные ранее величины его составляющих с использованием новой цифровой модели рельефа. Установлено, что наиболее существенное влияние на изменение уровня воды водоема оказывает колебание стока питающих его рек Каргат и Чулым, что подтверждается высоким коэффициентом корреляции между речным притоком и приращением уровня. Сопоставление кривой изменения среднегодовых уровней оз. Чаны и разностной интегральной кривой суммарного годового стока рек Каргат и Чулым показывает, что основные фазы колебаний уровня воды в озере и речного притока совпадают. По мере колебания водных запасов изменяется минерализация воды озера. По результатам исследований в 2002 и 2004 гг. проведено районирование акватории озера по минерализации воды. Ее неоднородность объясняется морфологией котловины, бессточностью, низким водообменом между частями озера и распресняющим действием вод питающих его рек.

Ключевые слова: *уровенный режим, экологическое состояние, речной приток, атмосферные осадки, испарение, водообмен, минерализация.*

O.V. KONDAKOVA, **V.M. SAVKIN**, S.Ya. DVURECHENSKAYA, AND K.V. MARUSIN

Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
656038, Barnaul, ul. Molodezhnaya, 1, Russia, kondakova@iwep.nsc.ru, dvur@iwep.nsc.ru, kat@iwep.ru

WATER BALANCE AND PATTERNS OF MINERALIZATION OF CLOSED LAKE CHANY

We calculated the water balance and investigated the mineralization of water in closed Lake Chany, the largest lake in Western Siberia in terms of its water area and of great ecological and fisheries importance. The most important natural characteristic of the lake is the cyclic fluctuation of the water level caused by the variability in the overall humidity of the Ob-Irtysh interfluvium. The water level regime of Lake Chany is the main natural factor influencing its water-ecological state. Changes in water level are determined by the ratio between the inflow and discharge in its water balance. The modern water balance of Lake Chany (after the separation of the Yudinskii reach) was calculated for hydrological years, and the previously calculated values of its components were refined using a new digital elevation model. It was found that the most significant influence on the water level fluctuation comes from changes in the discharge of the Kargat and Chulym rivers feeding the lake, which is confirmed by a high correlation coefficient between the river inflow and the level increment. Comparison of the curve of changes of the average annual level of Lake Chany and the differential integral curve of the total annual flow of the Kargat and Chulym rivers shows that the main phases of fluctuations in the water level in the lake and the river inflow coincide. The values of mineralization of the lake water changes with fluctuations in water storage. Results of investigations made in 2002 and 2004 were used in carrying out the zoning of the lake water area according to the mineralization of water. The heterogeneity of water salinity is explained by the morphology of its basin without outflow, a low water exchange between different parts of the lake, and by the desalinating effect of the waters of its feeding rivers.

Keywords: *water level regime, ecological state, river inflow, atmospheric precipitation, evaporation, water exchange, mineralization.*

ВВЕДЕНИЕ

Озеро Чаны расположено в центральной части Барабинской низменности и представляет собой наиболее крупный бессточный водоем Обь-Иртышского междуречья. Важнейшая природная особенность оз. Чаны — цикличность колебаний уровня воды, обусловленная изменчивостью общей увлажненности территории, особенно ярко выраженной на границе степной и лесостепной зон, где расположен водоем. В связи с этим озеро служит своеобразным индикатором проявления фаз повышенной и пониженной водности региона. Оно имеет большое экологическое и рыбохозяйственное значение [1–3]. Чановская озерная система с 1994 г. включена в список водно-болотных угодий международного значения (Рамсарские угодья) по критериям «типичная озерная система сибирской лесостепи» и «место массовых скоплений водоплавающих птиц» [4, 5]. Озеро Чаны имеет сложную плановую конфигурацию (рис. 1). Для сохранения рыбохозяйственного значения водоема в сентябре 1971 г. от его основной части системой дамб был отделен Юдинский плес, что позволило сократить потери на испарение с поверхности озера и создать условия для повышения уровня воды в его восточной части за счет стока впадающих в оз. Малые Чаны рек Каргат и Чулым [6]. Площадь озера после отделения Юдинского плеса за период 1971–2015 гг. в среднем составила 1450 км² (при среднемноголетнем уровне воды 106 м БС-77), изменяясь в пределах от 1290 км² (при уровне воды 105,22 м БС-77) до 1880 км² (при 106,71 м БС-77). Площадь водосборного бассейна оз. Чаны 27 340 км².

Уровненный режим оз. Чаны — основной природный фактор, определяющий его водно-экологическое состояние. Колебания уровня воды и изменение минерализации оказывают существенное влияние на состав и функционирование озерных биоценозов [1, 7, 8]. Изменение уровня бессточного озера происходит при нарушениях равновесия между приходными и расходными статьями его водного баланса [9].

Цель настоящей работы — исследование элементов водного баланса и характеристик минерализации природно-техногенной системы оз. Чаны, образовавшейся после отделения Юдинского плеса.



Рис. 1. Схема оз. Чаны.

1 — острова; 2 — населенные пункты.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Водный баланс оз. Чаны рассчитывался согласно «Рекомендациям по расчету водного баланса крупных озер и водохранилищ» [10] по гидрологическим годам (с ноября предыдущего по октябрь текущего года). Количество атмосферных осадков и приращение уровня воды (изменение значений уровня в озере на начало и конец рассматриваемого периода) вычислены по данным пяти постов, расположенных на берегах озера: Квашнино, Староярково (до 1987 г.), Таган, Городище, Яркуль (см. рис. 1). С 2007 г. все водомерные посты на озере привязаны к Балтийской системе высот 1977 г. (БС-77) [11]. Для расчетов испарения с поверхности озера по эмпирической формуле А.П. Браславского и З.А. Викулиной [10, 12] использованы результаты наблюдений за метеоэлементами по ст. Квашнино. Данные по речному притоку в оз. Чаны получены суммированием расходов воды рек Каргат (с. Здвинск) и Чулым (с. Старогорносталево) и уточнением их величин с учетом стока с площадей водосборов ниже водомерных постов (по модулям стока с вышележащих участков).

Для расчета водного баланса построена цифровая модель рельефа котловины Чановской озерной системы. При этом в качестве инструментального средства использовалась ГИС-платформа ArcGis 9.2 с модулем расширения 3D Analyst. Исходными данными для построения цифровой модели рельефа были топографические карты района м-ба 1:25 000 (состояние местности на 1992–1995 гг.).

Характеристики минерализации оз. Чаны исследовались во время экспедиций Института водных и экологических проблем СО РАН в рассматриваемые годы практически в одни и те же периоды: 16–19 июля 2002 г. и 14–18 июля 2004 г. Для различных точек акватории озерной системы выполнялся комплекс работ, включающий в себя определение координат станции навигационным GPS-приемником, измерения глубины ручным лотом с дециметровыми делениями, отбор проб воды. В 2002 г. пробы воды были отобраны на 98 станциях, а в 2004 г. — на 104. Характерные глубины большей части акватории Чановской озерной системы в эти периоды времени составляли 2–4 м; на Ярковском плесе они увеличивались до 6–7 м; на оз. Яркуль доходили до 9 м. Пробы отбирали батометром Молчанова с одного горизонта, равного половине глубины. Минерализацию измеряли с помощью анализатора Анион-7051. Пространственный анализ и картографическое представление результатов исследований выполнено средствами ГИС ArcView 3.2. Сделана классификация полученных значений минерализации по интервалам; границы между зонами с различной минерализацией проводились посередине между точками, принадлежащими разным интервалам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Водный баланс. Приходные статьи водного баланса бессточного оз. Чаны — это атмосферные осадки, выпадающие на его поверхность, и приток рек Каргат и Чулым; расходная статья — испарение с поверхности озера. Изучением водного баланса оз. Чаны занимались многие исследователи как до отделения Юдинского плеса [13–18], так и после этого [6, 19–22]. В работе представлены новые данные о современном водном балансе за период 2000–2015 гг. (см. таблицу). Кроме того, уточнены величины речного притока и приращений уровня за 1971–2000 гг., полученные ранее в работе [19]. Среднемноголетние величины составляющих водного баланса за этот период приведены в таблице. Площадь озера в зависимости от уровня воды определялась по построенной цифровой модели рельефа. В расчетах среднего многолетнего значения испарения использованы данные Н.П. Смирновой за 1971–1983 гг., приведенные в отчете Института озераведения АН СССР¹. Соотношение между составляющими водного баланса оз. Чаны показано на рис. 2.

За период после отделения Юдинского плеса выявлены следующие средние годовые многолетние значения элементов водного баланса оз. Чаны: речной приток — $0,45 \text{ км}^3$ (47,5 % от приходной части баланса); атмосферные осадки на поверхность озера — $0,5 \text{ км}^3$ (52,5 %); суммарное испарение с учетом транспирации — $0,88 \text{ км}^3$. Средняя невязка водного баланса за расчетный период составила 3,9 % по отношению к приходной части. Для сравнения, в XVIII в. при наиболее благоприятных условиях и при максимальной площади водного зеркала речной приток в озеро в среднем в год составлял $3,6 \text{ км}^3$ (43 % от приходной части водного баланса), атмосферные осадки — $4,8 \text{ км}^3$ (57 %), а испарение с водной поверхности — 6 км^3 [15].

Установлено, что наиболее существенное влияние на изменение уровня воды водоема оказывает колебание речного притока. Коэффициент корреляции по гидрологическим годам за 1971–2015 гг.

¹ Отчет «Изучение материалов и анализ условий оз. Чаны». — Л.: Изд-во Ин-та озераведения АН СССР, 1985. — 68 с.

Водный баланс оз. Чаны по гидрологическим годам за 2000–2015 гг.

Гидрологический год	Осадки		Приток		Суммарное испарение		Приращение уровня		Площадь озера, км ²	Невязка (по отношению к приходной части)		
	мм	км ³	мм	км ³	мм	км ³	мм	км ³		мм	км ³	%
2000–2001	421	0,67	236	0,37	577	0,92	+135	0,21	1589	-55	-0,09	-8,4
2001–2002	346	0,62	539	0,97	504	0,91	+260	0,47	1798	+121	+0,22	+13,7
2002–2003	311	0,58	413	0,77	505	0,94	+83	0,15	1859	+136	+0,25	+18,7
2003–2004	396	0,74	277	0,52	517	0,97	+128	0,24	1869	+28	+0,05	+4,2
2004–2005	246	0,46	112	0,21	549	1,03	-163	-0,31	1868	-28	-0,05	-8,0
2005–2006	258	0,47	47	0,09	615	1,12	-255	-0,46	1822	-54	-0,10	-17,7
2006–2007	358	0,65	184	0,33	531	0,96	+67	0,12	1806	-56	-0,10	-10,4
2007–2008	251	0,44	99	0,17	458	0,80	-160	-0,28	1738	+52	+0,09	+14,9
2008–2009	376	0,62	133	0,22	519	0,85	+92	+0,15	1643	-102	-0,17	-20,0
2009–2010	262	0,47	382	0,69	544	0,98	+48	+0,09	1795	+52	+0,09	+8,1
2010–2011	307	0,55	141	0,25	596	1,07	-68	-0,12	1792	-80	-0,14	-17,9
2011–2012	201	0,31	44	0,07	678	1,03	-355	-0,54	1521	-78	-0,12	-31,8
2012–2013	475	0,68	272	0,39	534	0,77	+188	+0,27	1433	+25	+0,04	+3,4
2013–2014	258	0,42	643	1,06	618	1,02	+197	+0,32	1643	+87	+0,14	+9,6
2014–2015	403	0,73	406	0,73	643	1,16	+193	+0,35	1803	-27	-0,05	-3,4
Среднее за 1971–2000	322	0,47	308	0,45	571	0,84	+23	0,03	1471	+36	0,05	+5,6
Среднее за 1971–2015	323	0,50	292	0,45	567	0,88	+24	0,03	1560	+24	+0,03	+3,9

между приращением уровня и притоком составляет 0,86; приращением уровня и осадками — 0,55; приращением уровня и испарением — -0,36. Основные фазы уровенного режима оз. Чаны достаточно хорошо отражают изменчивость стока рек Каргат и Чулым [23]. Сопоставительный анализ кривой изменения среднегодовых уровней озера и разностной интегральной кривой суммарного годового стока Каргата и Чулыма показывает, что характер колебаний уровня воды в озере и смены фаз водности речного притока совпадают (рис. 3).

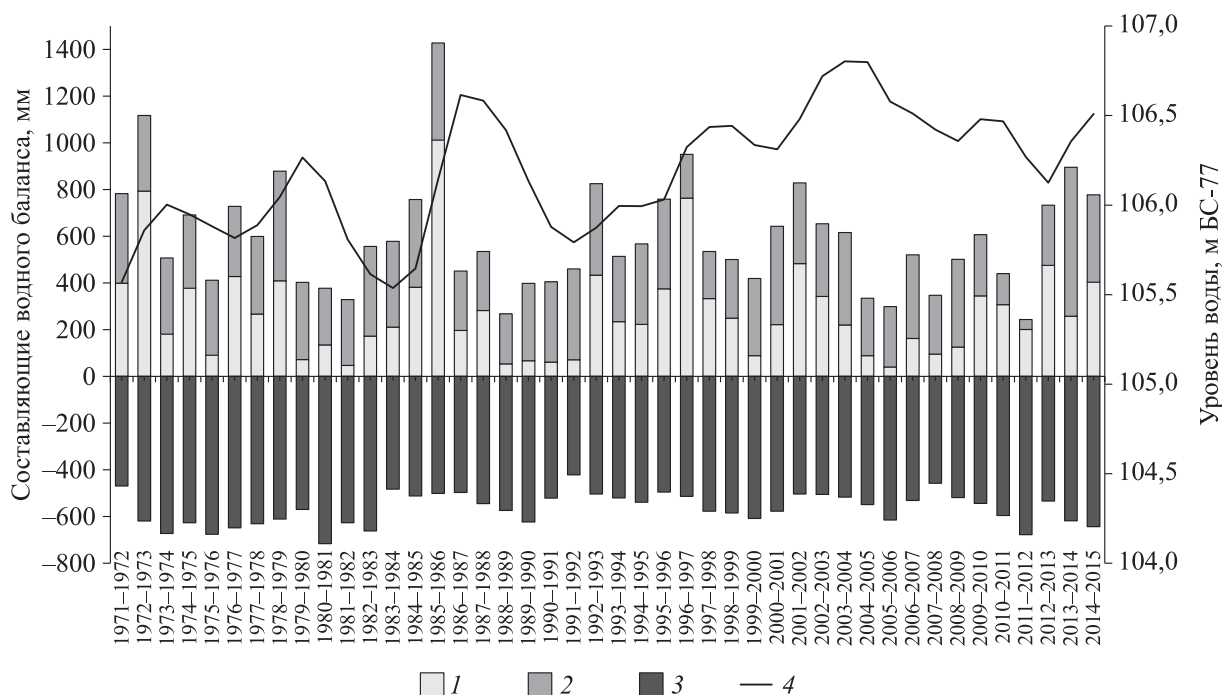


Рис. 2. Составляющие водного баланса оз. Чаны и среднегодовой уровень воды за 1971–2015 гг.

1 — речной приток; 2 — осадки; 3 — испарение; 4 — уровень воды.

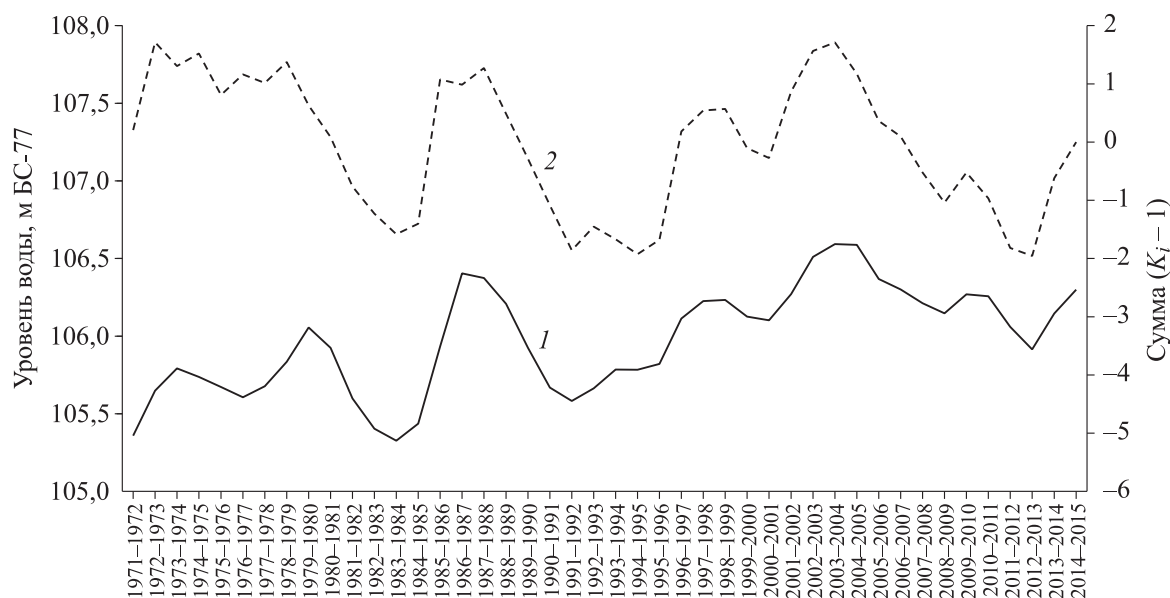


Рис. 3. Средние годовые уровни оз. Чаны (1) и разностная интегральная кривая суммарного годового стока рек Каргат и Чулым (2) за период 1971–2015 гг.

Минерализация. Воды оз. Чаны по классификации О.А. Алёкина [24] относятся к солонатовым хлоридного класса натриевой группы третьего типа, что соответствует формуле Cl_{Na}^{III} [6]. Химический состав воды озера сформировался в условиях засушливого полуаридного климата. Из-за отсутствия стока из озера и превышения испарения над осадками здесь аккумулируются соли, вносимые в него реками Чулым и Каргат. Одна из особенностей гидрохимического режима озера — неоднородность минерализации и ионного состава воды по акватории, что объясняется строением его котловины, бессточностью, низким водообменом между частями озера и распресняющим действием вод Чулыма и Каргата, впадающих в оз. Малые Чаны с юго-востока [6]. Подробно гидрохимический режим озера описан в работах [1, 6, 25]. Основной вклад в минерализацию воды вносят ионы натрия и хлора. Они постоянно преобладают в катионном и анионном составе воды соответственно; их концентрации не претерпели существенных изменений в многолетнем аспекте [25].

Исследования в процессе выполнения проекта подтвердили выводы, сделанные на основе ретроспективного анализа литературных данных. Показано, что в многолетнем аспекте минерализация воды оз. Чаны изменялась по мере колебания его водных запасов [6]. Самая низкая минерализация была свойственна оз. Малые Чаны — $0,8\text{--}5,3$ г/дм³. В Чиняихинском плесе, где пресные воды оз. Малые Чаны смешиваются с солонатовыми водами оз. Чаны, она колебалась от $2,4$ до $7,7$ г/дм³. В глубоководном оз. Яркуль вследствие слабого водообмена с остальной частью озера (коэффициент водообмена $0,01$) минерализация была почти постоянной — $4,1\text{--}5$ г/дм³. В районе водного поста Квашино она изменялась по гидрологическим сезонам следующим образом: весеннее половодье — $6,7\text{--}8,7$ г/дм³; летняя межень — $6\text{--}7,5$, осенний паводок — $6,8\text{--}10,5$ (наиболее частые значения $7\text{--}8$), зимняя межень — $7\text{--}10$ г/дм³ (наиболее часто встречаемые значения $7,5\text{--}8,5$) [6, 24].

В рамках Международного российско-голландского проекта «Сохранение водно-болотных угодий и видового состава их обитателей на юге Западной Сибири» выполнены уникальные комплексные экспедиционные работы, включающие исследования минерализации воды озера по всей его акватории. По полученным данным были впервые созданы карты минерализации вод озера (рис. 4), выявлены ее отличия в разных плесах в современных условиях и дана оценка изменений минерализации при повышении уровня воды озера.

Сопоставлены данные по минерализации воды, полученные в июле 2002 и 2004 гг. (см. рис. 4), когда уровень воды в озере составлял $106,37$ и $106,70$ м БС-77 соответственно. Такое, казалось бы, небольшое изменение уровня привело к увеличению объема озера на 17% , что повлияло на степень минерализации воды. В рассматриваемые годы, как и на протяжении предшествующего периода времени, наименее минерализованными являлись воды оз. Малые Чаны. Так, в 2002 г. среднее значение минерализации на большей части водоема составляло $0,7$ г/дм³, а в 2004 г. оно уменьшилось до $0,6$ г/дм³. В Чиняихинском плесе, где смешиваются пресные воды оз. Малые Чаны с солонатовыми

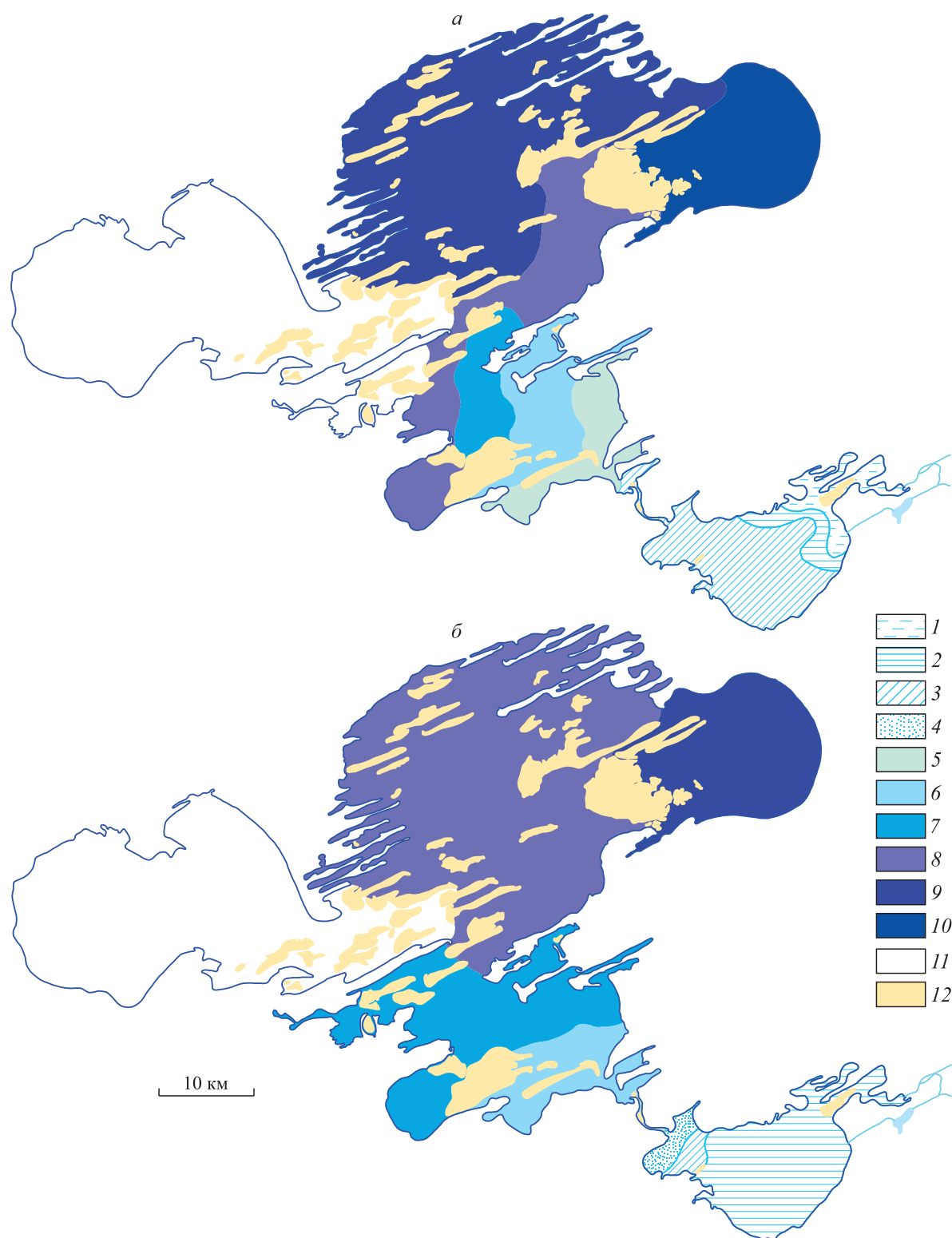


Рис. 4. Карты минерализации оз. Чаны в 2002 г. (а) и 2004 г. (б).

Минерализация, г/дм³: 1 – 0,45–0,55; 2 – 0,551–0,65; 3 – 0,651–0,75; 4 – 0,751–0,85; 5 – 0,851–1,50; 6 – 1,51–2,50; 7 – 2,51–3,50; 8 – 3,51–4,50; 9 – 4,51–5,50; 10 – 5,51–6,50. 11 – нет данных. 12 – острова.

водами оз. Чаны, минерализация повышается: в 2002 г. она изменялась от 0,85 в восточной части плеса до 4,5 г/дм³ в западной; в 2004 г. — от 1,5 в восточной части до 3,5 г/дм³ в акватории, граничащей с Тагано-Казанцевским плесом. В глубоководном оз. Яркуль вследствие слабого водообмена с остальной частью озера минерализация воды была еще выше: в 2002 г. в среднем около 4, в 2004 г. — 3 г/дм³. В Тагано-Казанцевском плесе в 2002 г. среднее значение минерализации на большей части плеса было около 5,2, в 2004 г. — 4,1 г/дм³, а в Ярковском — 5,6 и 4,8 г/дм³ соответственно. Максимального значения минерализация воды в оз. Чаны достигает в северо-восточной части Ярковского плеса.

Влияние уровня воды и минерализации на экологическое состояние озера. Понижение уровня воды в озере и, как следствие, повышение ее минерализации приводит к уменьшению видового разнообразия водной флоры и фауны [1, 7, 8]. При этом возникают заморные явления в период ледового режима, происходит сокращение нагульных и нерестовых угодий, снижение показателей развития кормовой базы рыб. При уровнях воды ниже критической отметки (105,7 м БС) в период ледового режима в озере развиваются обширные заморы, что приводит к резкому увеличению естественной смертности рыбы [1]. В Балтийской системе высот 1977 г. значение критической отметки, при которой начинаются массовые заморы, составляет 105,5 м. Повышение минерализации воды обуславливает понижение точки замерзания и образование на значительной площади оз. Чаны слоя переохлажденной воды (–0,4÷–0,9 °С), в котором рыбы находятся в угнетенном состоянии [1].

С начала наблюдений (1898 г.) до отделения Юдинского плеса уровень воды в озере опускался ниже критической отметки в маловодные периоды 1935–1941 и 1968–1972 гг. Отделение Юдинского плеса привело к увеличению слоя речного притока и сокращению потерь на испарение с поверхности озера; началось повышение уровня воды. Однако в маловодный период с июля 1982 г. по апрель 1985 г. уровень снизился до отметок 105,29–105,49 м БС-77, что существенно ниже критического значения; минимальный уровень воды равен 105,22 м БС-77. Падение уровня с 1979 по 1984 г. составило 0,73 м. Такое существенное его снижение было связано с очень низким притоком в течение этих лет и высокими величинами испарения за 1982–1984 гг. Наиболее высокий уровень воды, обуславливающий благоприятные условия для экосистемы оз. Чаны, наблюдался в 2003–2005 гг. (см. рис. 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уровненный режим оз. Чаны, обусловленный колебаниями составляющих водного баланса, и связанная с ним минерализация воды оказывают существенное влияние на водно-экологическое состояние водоема. Результаты исследования водного баланса озера за период 1971–2015 гг. показывают, что основным фактором, влияющим на изменение уровня воды в озере, является приток питающих его рек. Выявлена синхронность колебаний уровня воды и суммарного годового притока рек Каргат и Чулым.

Сравнение минерализации при изменении уровня оз. Чаны показало, что даже небольшое повышение уровня воды (на 23 см) в 2004 г., по сравнению с 2002 г., вызвало увеличение объема водной массы на 17 %, что способствовало уменьшению минерализации воды озера. Влияние речных вод, малый водообмен между плесами обуславливают пространственную неоднородность химического состава воды, проявляющуюся в различии минерализации по акватории. Полученные результаты представляют интерес как для выявления климатических особенностей всей территории Обь-Иртышского междуречья, так и для практических целей хозяйственного использования водных запасов оз. Чаны и сохранения его экологического значения.

Предмет дальнейших исследований — это изучение возможности управления водным режимом оз. Чаны. До настоящего времени управление уровнем воды в озере было ориентировано только на жесткую систему дамб, отделяющих Юдинский плес, и предусматривавших сбросов в него избыточного объема воды через шлюз-регулятор, которые никогда не производились. Некоторые варианты управления уровненным режимом оз. Чаны предложены в работе [26] для различных сценариев водопользования на водосборе озера. В дальнейшем регулирование водных запасов озера следует связывать не только со сбросом воды в Юдинский плес, но и, возможно, с созданием гидротехнической системы, позволяющей гибко управлять уровненным режимом оз. Чаны путем специальных пусков воды в западные усыхающие рыбопромысловые озера.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института водных и экологических проблем СО РАН (научная программа IX.134.1. «Исследование палео- и современных изменений состояния водоемов и водотоков Сибири, анализ природных и антропогенных изменений для стратегии охраны, использования и обеспечения безопасности водных ресурсов Сибири», проекты ААА-А17-117041210240-7, АААА-А17-117041210241-4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Обзор** экологического состояния озера Чаны (Западная Сибирь) / Отв. ред. О.Ф. Васильев, Я. Вейн. — Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2015. — 255 с.
2. **Ермолаев В.И., Визер Л.С.** Современное экологическое состояние озера Чаны (Западная Сибирь) // География и природ. ресурсы. — 2010. — № 2. — С. 40–46.
3. **Экология** озера Чаны / Под ред. Б.Г. Иоганзена, Г.М. Кривошекова. — Новосибирск: Наука, 1986. — 270 с.
4. **The List of Wetlands of International Importance** [Электронный ресурс]. — <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/sitelist.pdf> (дата обращения 24.04.2019).
5. **Огурцов Н.Е., Юрлов А.К., Виноградов В.Г.** Чановская озерная система // Водно-болотные угодья России. Т. 1: Водно-болотные угодья международного значения. — М.: Wetlands International Publication, 1998. — С. 173–176.
6. **Пульсирующее озеро Чаны** / Под ред. Н.П. Смирновой, А.В. Шнитникова. — Л.: Наука, 1982. — 301 с.
7. **Kipriyanova L.M., Yermolaeva N.I., Bezmaternykh D.M., Dvurechenskaya S.Ya., Mitrofanova E.Yu.** Changes in the biota of Chany Lake along a salinity gradient // Hydrobiologia. — 2007. — Vol. 576, N 1. — P. 83–93.
8. **Безматерных Д.М.** Пространственная и временная организация сообществ донных макробеспозвоночных озера Чаны (Западная Сибирь) // Экология. — 2016. — № 5. — С. 368–374.
9. **Крицкий С.Н.** Методика анализа и расчета колебаний уровня замкнутых водоемов // Водные ресурсы. — 1973. — № 6. — С. 9–26.
10. **Рекомендации по расчетам водного баланса крупных озер и водохранилищ.** — Л.: Гидрометеоздат, 1989. — 99 с.
11. **Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши.** 2010 г. — Новосибирск: Западно-Сибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2011. — Ч. 2, т. 1, вып. 10. — 96 с.
12. **Shnitnikov A.V.** Currents methods for the study of evaporation from water surfaces and evapotranspiration // Hydrol. Sci. Journ. — 1974. — Vol. 19. — P. 85–97.
13. **Белингов С.Ю.** Особенности водного режима озер Барабинской низменности // Труды Гос. гидрол. ин-та. — 1953. — Вып. 38. — С. 168–174.
14. **Shnitnikov A.V.** Water balance variability of Lakes Aral, Balhash, Issyk-Kul and Chany. — IAHN Publ. — 1973. — N 109. — P. 130–140.
15. **Шнитников А.В.** Большие озера Срединного региона и некоторые пути их использования // Озера Срединного региона. — Л.: Наука, 1976. — С. 5–133.
16. **Баева А.А., Бережных Т.В.** Водный баланс озера Чаны и многолетняя изменчивость его составляющих // Труды Зап.-Сиб. гидрометеорол. ин-та. — 1976. — Вып. 22. — С. 38–43.
17. **Баева А.А., Кунявский М.Я.** Озеро Чаны. Водный баланс // Гидрологический режим озер и водохранилищ СССР. Новосибирское водохранилище и озера Средней Оби. — Л.: Гидрометеоздат, 1979. — С. 127–128.
18. **Тархов Е.В., Тошакова И.Н.** Водный баланс оз. Чаны // Труды Зап.-Сиб. гидрометеорол. ин-та. — 1980. — Вып. 43. — С. 13–19.
19. **Савкин В.М., Орлова Г.А., Кондакова О.В.** Современный водный баланс бессточного озера Чаны // География и природ. ресурсы. — 2006. — № 1. — С. 123–130.
20. **Галахов В.П.** Оценка увлажнения юга Западной Сибири с помощью палеолимнологических реконструкций озера Чаны. — Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2011. — 152 с.
21. **Болгов М.В., Коробкина Е.А.** О моделировании колебаний уровня оз. Чаны для управления его гидрологическим режимом // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. — 2012. — № 1. — С. 4–22.
22. **Савкин В.М., Кондакова О.В.** Особенности гидрологического режима природно-техногенной системы озера Чаны // Озера Евразии: проблемы и пути их решения: Материалы 1-й Междунар. конф. (11–15 сент. 2017 г.). — Петрозаводск: Изд-во Карел. науч. центра РАН, 2017. — С. 290–295.
23. **Васильев О.Ф., Вострякова Н.В., Охалин С.Н., Савкин В.М.** Изменение гидрологических условий и развитие береговых процессов при создании Карасук-Чановской водохозяйственной системы // Мелиоративные и водохозяйственные проблемы Сибири. — Новосибирск: Наука, 1989. — С. 130–138.
24. **Алёкин О.А.** Основы гидрохимии. — Л.: Гидрометеоздат, 1970. — 413 с.
25. **Савкин В.М., Двуреченская С.Я., Сапрыкина Я.В., Марусин К.В.** Основные гидролого-морфометрические и гидрохимические характеристики озера Чаны // Сиб. экол. журн. — 2005. — № 2. — С. 183–192.
26. **Болгов М.В., Коробкина Е.А., Кондакова О.В.** Вероятностный прогноз уровня озера Чаны для различных сценариев развития водопользования // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: Труды Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 25-летию юбилею Ин-та водных и экологических проблем СО РАН. В 3 т. — Барнаул: Изд-во Ин-та водных и экологических проблем СО РАН, 2012. — Т. 1. — С. 18–27.

Поступила в редакцию 15.10.2018

После доработки 15.07.2019

Принята к публикации 19.09.2019