

Основные гидролого-морфометрические и гидрохимические характеристики озера Чаны

В. М. САВКИН, С. Я. ДВУРЕЧЕНСКАЯ, Я. В. САПРЫКИНА, К. В. МАРУСИН

*Институт водных и экологических проблем СО РАН, Новосибирский филиал
630090 Новосибирск, Морской просп., 2*

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена сравнительному анализу изменения уровенных характеристик и морфометрии Чановской озерной системы в зависимости от цикличности общей увлажненности Барабинской равнины, а также динамике химического состава воды во взаимосвязи с водно-балансовыми показателями озера. Теоретически обоснованы динамика гидрологических характеристик и морфометрии озера, изменение химического состава воды на основе ретроспективного анализа и экспериментального исследования современного состояния оз. Чаны. Построены графики колебания уровней воды по плесам. Проведена оценка водно-экологического состояния озера.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕРНОЙ СИСТЕМЫ

Озеро Чаны – самый крупный бессточный водоем Обь-Иртышского междуречья, расположенный в центральной части Барабинской равнины. Особенность озера состоит в том, что оно служит индикатором проявления фаз повышенной и пониженной водности региона. Бессточные озера Обь-Иртышского междуречья расположены в лесостепной и степной зонах Западно-Сибирской равнины. В гидрологическом отношении эти зоны характеризуются малым поверхностным стоком и слабоветвленной речной сетью, представленной большей частью временными водотоками с малыми уклонами (обычно менее 0,1 %) и исключительно слабым течением. Питание рек происходит в основном за счет таяния снега, поэтому весеннее половодье высокое и короткое. В летний период многие реки пересыхают. Средние годовые модули стока не превышают обычно 1,0 л/(с · км²). Колебания общей увлажненности территории особенно ярко выражаются на границе степной и лесостепной зон, где расположено оз. Чаны. Это находит отражение в колеба-

ниях его уровня и внутриводных процессах. Основное питание оз. Чаны получает за счет стока рек Каргат и Чулым, впадающих в озеро с юго-востока, но дренирующих мощные заболоченные территории к северо-востоку от озера [1].

Оз. Чаны имеет сложную плановую конфигурацию. В его состав в настоящее время входят Ярковский, Тагано-Казанцевский и Чиняихинский плесы, оз. Яркуль, соединяющееся с Чанами двумя каналами длиной около 1 км, выходящими в Чиняихинский плес, а также оз. Малые Чаны, соединяющееся с Чиняихинским плесом протокой Кожурла протяженностью около 7 км. Все плесы находятся в тесном гидрологическом взаимодействии (рис. 1) [2].

Актуальность выбора объекта исследования, наряду с проблемами гидрологии и лимнологии, обосновывается и тем, что оз. Чаны включено в список водно-болотных угодий мирового значения (Рамсарские угодья). Такие водные объекты существенно влияют на глобальный круговорот воды и ряд важных химических элементов, оказывают значительное воздействие на формирование климата,

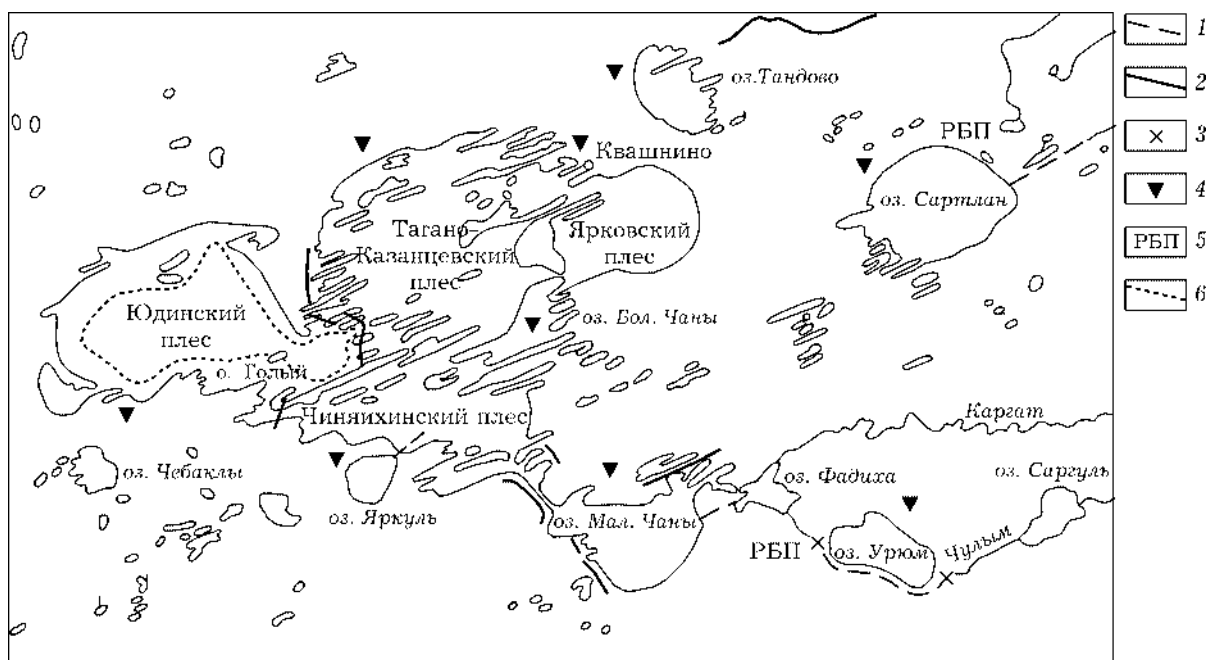


Рис. 1. Чановская группа озер (Экология озера Чаны, 1986).

1 – каналы; 2 – плотины и дамбы; 3 – шлюзы; 4 – уровенные посты; 5 – рыбопитомники; 6 – береговая линия Юдинского плеса в 1980 г.

способствуют сохранению биологического разнообразия.

УРОВЕННЫЙ РЕЖИМ ОЗ. ЧАНЫ

Ретроспективный анализ характера изменений среднегодовых уровней воды показывает, что в переходные годы от XIX к XX в. территория Западной Сибири в целом отличалась значительно пониженной увлажненностью, что в первую очередь выражалось в сильном повсеместном усыхании озер. Сред-

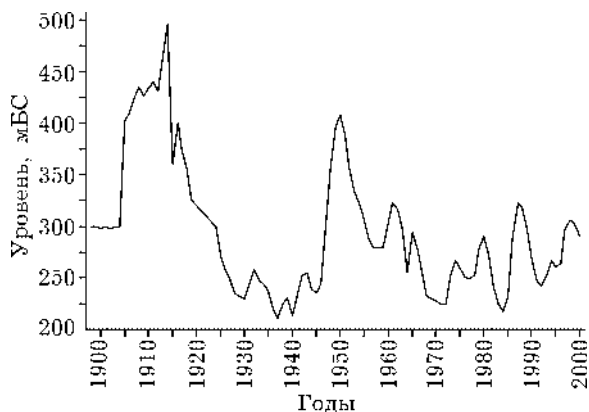


Рис. 2. Среднегодовые уровни воды оз. Чаны по в/п Квашнино.

негодовой уровень по водомерному посту Квашнино в период 1898–1904 гг. (рис. 2) находился на отметке около 300 см (106,40 м абс. Б.С.). С 1905 г. начался резкий его подъем и средний уровень составил 107,42 м абс. Б.С., а к 1914 г. уровень поднялся на 196 см и был равен 108,36 м абс. Б.С. Это максимум годового уровня XX в. С 1915 г. наблюдался спад уровня на 286 см, и в 1937 г. наблюдался минимальный уровень 210 см (105,50 м абс. Б.С.) – самый низкий годовой уровень за столетие. С 1937 г. происходил подъем уровня на 198 см, и в 1950 г. достигнут второй по величине максимум среднегодового уровня воды – 408 см (107,48 м абс. Б.С.). С 1951 г. наблюдалась ярко выраженная тенденция снижения уровня, общее его падение за этот период составило 184 см. Низший годовой уровень этой ветви спада отмечен в 1972 г. – 224 см (105,64 м абс. Б.С.).

С 1972 г. после отчленения Юдинского плеса от основного озера* в колебаниях годовых уровней отмечается тенденция к их повыше-

*Юдинский плес, отделенный в 1971 г. от основной акватории системой земляных дамб, находится в стадии прогрессивного усыхания; сохранился только мелководный участок в центральной части озерной котловины.

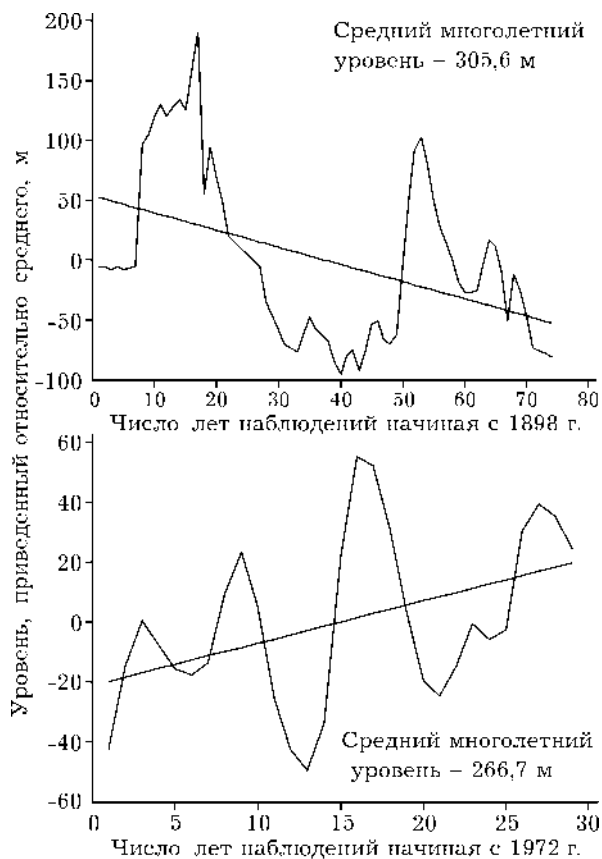


Рис. 3. Влияние строительства дамбы на колебания уровня оз. Чаны: до строительства (вверху), после строительства (внизу).

нию, но межгодовые колебания стали более частыми (рис. 3). До строительства дамб среднегодовой уровень понизился на 105 см за 72 года. А после их создания стал повышаться и через 30 лет повысился на 40 см.

Среднегодовой уровень оз. Чаны по в/п Квашнино за 103-летний период с 1898 г. составил 295 см (106,35 м абс. Б.С.) и колебался в пределах отметок 108,36–105,50 м абс. Б.С. Амплитуда колебаний среднегодовых уровней за этот период – 286 см. Среднегодовой уровень за 67-летний период 1934–2000 гг. несколько ниже – 273 см (106,13 м абс. Б.С.). Уровни за период 1934–2000 гг. колебались в пределах отметок 107,50–105,50 м абс. Б.С. (см. рис. 2).

Колебания уровней воды в отдельные годы весьма существенны. Наибольшие из максимальных колебаний наблюдались: по Староярково в 1969 г. – 131 см, по Квашнино в 1947 г. – 127 см, а наименьшие в Яркуле в 1985 г. – 87 см и по Городищу (Мал. Чаны) в

1993 г. – 12 см. По Квашнино минимальное значение 38 см (1975, 1985 гг.) (рис. 4 и 5). Почти по всем постам годовое значение колебаний уровня за период 1971–2000 гг. несколько ниже, чем за период до 1971 г. и весь период наблюдений. Рассматривая максимальные и минимальные уровни, можно отметить, что общий интервал изменения уровня оз. Чаны расширился от 103,70 до 107,94 м. Внутригодовые колебания уровня оз. Чаны невелики. Сезонные колебания уровня находятся в прямой зависимости от притока воды в озеро за счет рек Каргат и Чулым, а также от осадков и испарения. За счет притока талых вод, таяния льда (чаще всего во второй половине апреля – начале мая) по всем постам озера наблюдается весенний подъем уровня. Высота подъема значительно колеблется на постах в годы различной водности и в среднем составляет 10–65 см. Так, в многоводном 1950 г. подъем уровня в Квашнино составил 33 см, в Староярково – 48 см, по Городищу – 22 см. На Яркуле в многоводном 1961 г. – всего 10 см. Следует отметить, что на оз. Яркуль наблюдаются наиболее низкие величины весеннего подъема уровня. В процессе выполнения работы собраны материалы по уровенному режиму по водомерным постам на отдельных плесах озера. С использованием полученных натуральных данных и ретроспективного анализа впервые построены графики колебания уровня воды оз. Чаны по отдельным плесам. Выявлена динамика уровней воды в озере на основе анализа интегральных кривых колебаний годовых уровней воды, что позволяет установить периодичность повышения и понижения водности. Анализ интегральных кривых колебаний годовых уровней, построенных по данным четырех постов и графиков колебаний годовых уровней воды, позволяет судить о периодичности этих колебаний. Однако только в/п Квашнино имеет 103-летний период наблюдений. Остальные кривые лишь подтверждают хорошую синхронность колебаний годового уровня по плесам озера и подчеркивают характер колебаний за отдельные короткие периоды.

Этот 103-летний ряд использовался для выделения периодов колебаний уровня оз. Чаны тремя методами:

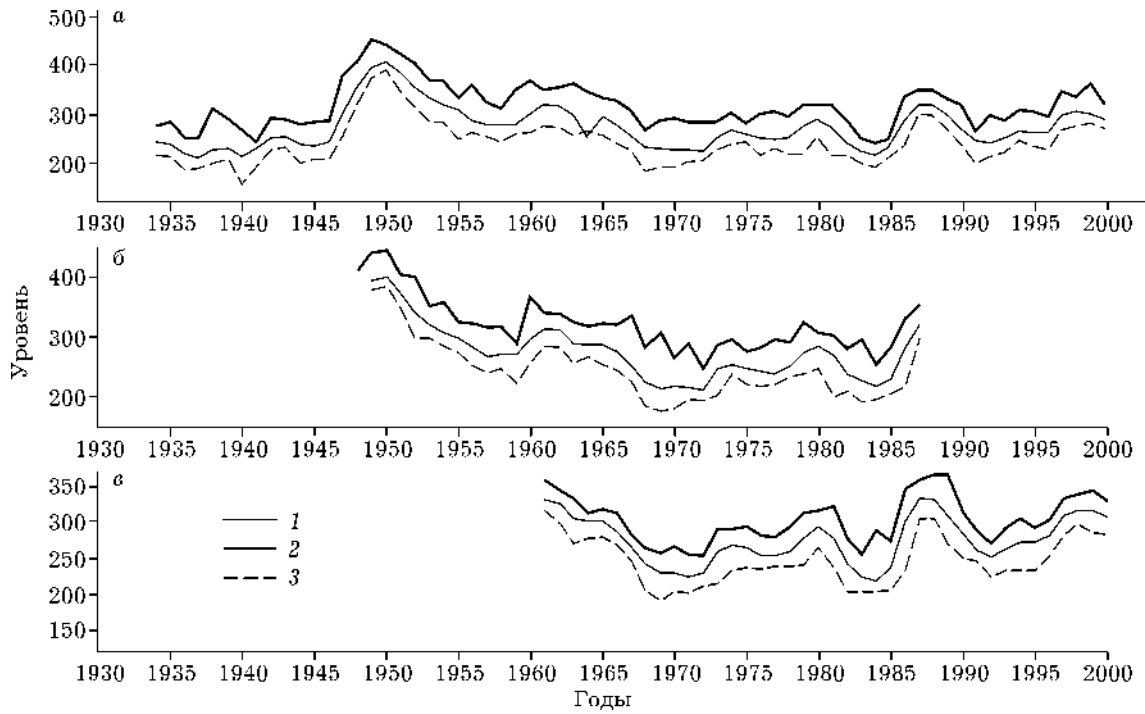


Рис. 4. Колебания среднегодовых (1), максимальных (2) и минимальных (3) уровней воды оз. Чаны; а – пос. Квашино, б – пос. Староярково, в – пос. Таган.

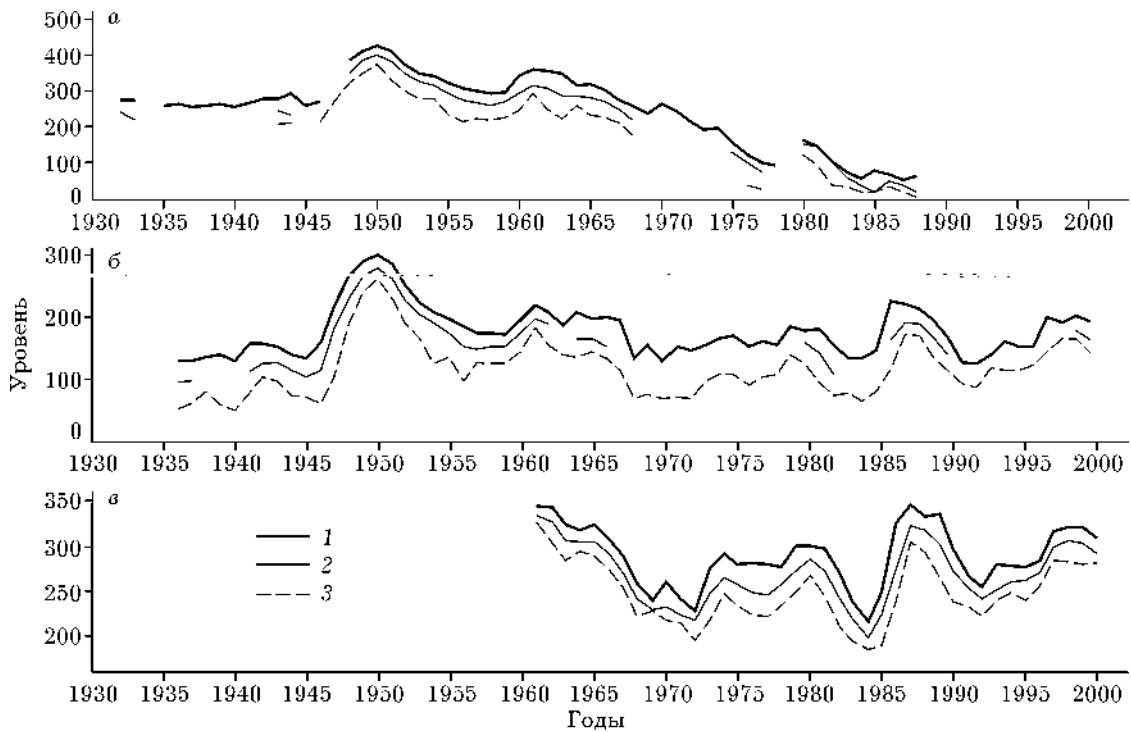


Рис. 5. Колебания среднегодовых (1), максимальных (2) и минимальных (3) уровней воды оз. Чаны; а – Юдинский плес – Сибиряк, б – пос. Городище, в – пос. Яркуль.

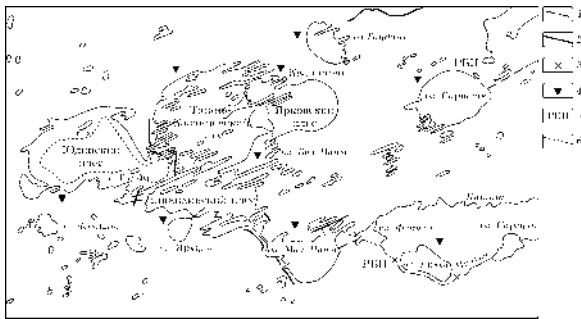


Рис. 6. Энергетический Фурье-спектр колебаний уровня оз. Чаны. Цифрами над пиками показаны соответствующие частотам периоды колебаний.

1. Классическим спектральным анализом (разложение в ряд Фурье и построение энергетического спектра).
2. Выделением основных периодов методом “скользящего среднего”.
3. Вейвлет-анализом (представляющим собой своеобразную временную развертку энергетического спектра) с использованием для разложения вейвлет-функции Морле, обеспечивающей наиболее высокое разрешение по частотным масштабам [3].

Перед анализом из ряда исключили его среднее значение и линейный тренд, составивший понижение уровня на 98 см за 103 года.

Как показано на рис. 6, методом классического спектрального анализа выделены периоды колебаний уровня оз. Чаны: около 40–42 лет, от 12,5 до около 9 лет, связанные с солнечной активностью, а также постоянные колебания с периодом от 6 до 3 лет, связанные с колебаниями водности бассейна рек озера.

При анализе периодичности среднегодовых уровней методом “скользящего среднего” выявлены эти же периоды (рис. 7). Видно, что 40–42-летние периоды образуют два полных цикла (рис. 7, *г*) и синхронны с 20-летними колебаниями (рис. 7, *в*), а более короткие 10- и 6-летние периоды наблюдаются на протяжении всего ряда наблюдений. Следует отметить, что вклад коротких периодических составляющих в колебания уровня озера после строительства дамб и отчленения в 1971 г. Юдинского плеса стал более значительным (рис. 7, *а*, *б*). Это говорит о том, что в настоящее время колебания уровня воды в озере стали более частыми и определяются в основном динамикой водности бассейна (6 лет) и солнечной активности (около 10 лет).

Эти же периодические составляющие подтверждаются результатами вейвлет-анализа. Кроме того, вейвлет-анализом обнаружено, что 40–42-летние периоды колебаний определяются совпадением по времени максимумов 20-летних колебаний и максимумов колебаний, связанных с солнечной активностью.

О ВОДНОМ БАЛАНСЕ ОЗЕРА

Водный баланс озера исследован и рассчитан С. Ю. Белинковым, З. А. Викулиной, А. А. Баевой и Т. В. Бережных [5], А. В. Шнитниковым [1], М. Я. Кунявским, [6], Е. В. Тарховым и И. Н. Тоцаковой [7], Н. П. Смирновой. В ИВЭП СО РАН водный баланс рассчитывался для периода 1983–2000 гг.

Водные балансы для бессточного озера определяются по формуле:

$$x + y_1 - z + \Delta h = \eta,$$

где η – невязка водного баланса; y_1 – речной приток; x – атмосферные осадки на акваторию озера; z – испарение с поверхности озера; Δh – изменение уровня озера.

Результаты расчета и анализа водных балансов озера за последние 20 лет будут опубликованы позднее.

На рис. 8, 9 приведены изменения площадей водной поверхности оз. Чаны в XIX и XX вв. и основные составляющие его водного баланса за 1930–2000 гг.

ХАРАКТЕРИСТИКИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ОЗЕРА

Воды оз. Чаны по классификации О. А. Алека [7] относятся к солоноватым хлоридного класса натриевой группы третьего типа, что соответствует Cl^{Na}_{III} . Химический состав воды озера сформировался в условиях засушливого полуаридного климата. Вследствие превышения испарения над осадками в бессточном оз. Чаны аккумулируются соли, вносимые в него реками Чулым и Каргат. Увеличению минерализации способствует также близкое залегание (на глубине 10 м в восточной части и на глубине 5 м в западной части озера) высокоминерализованных неогеновых глин, в солевом составе которых преобладают хлориды. Одной из особенностей гидрохимического режима озера является неоднород-

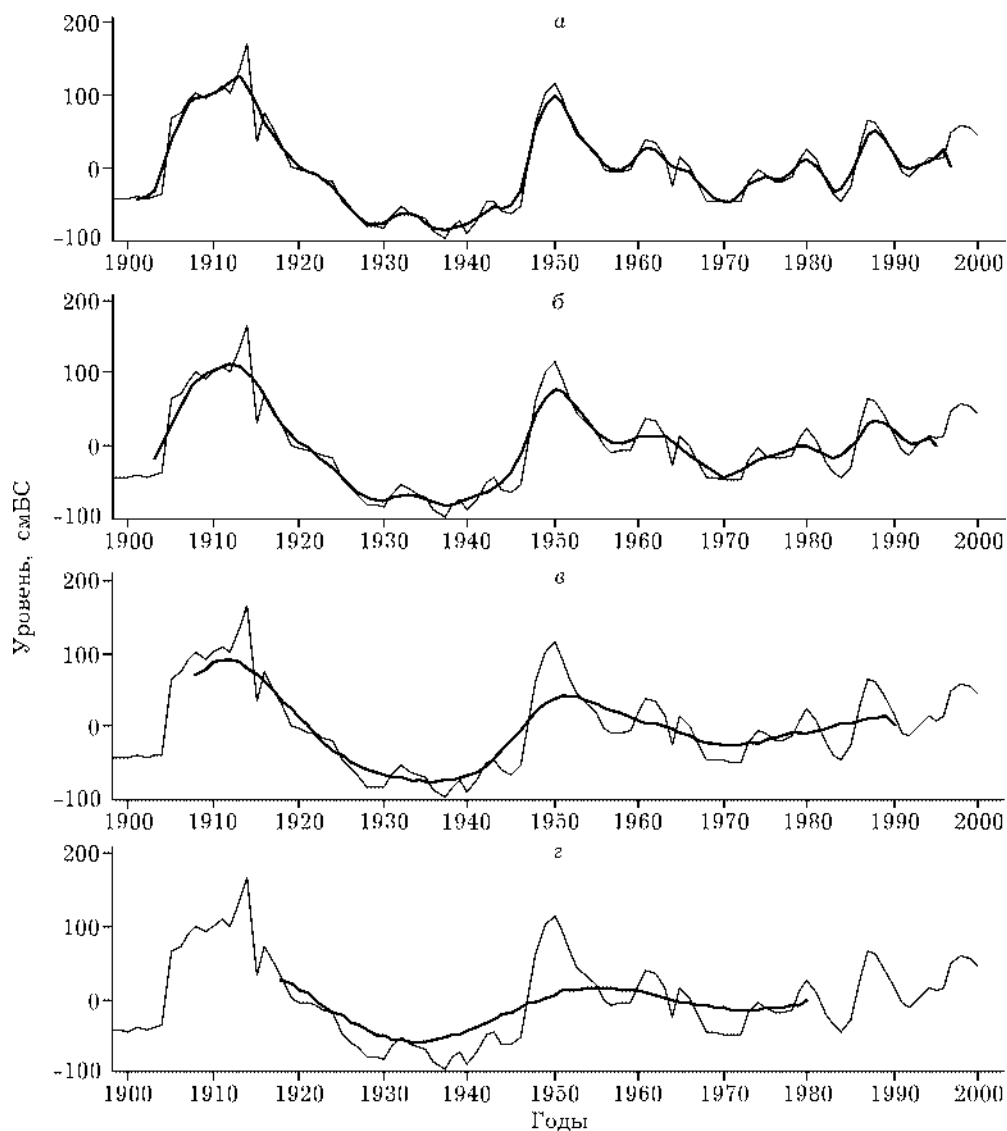


Рис. 7. Кривые колебания уровня оз. Чаны и выделенные методом “скользящего среднего” периоды этих колебаний, лет: а – 6, б – 10, в – 20, г – 40.

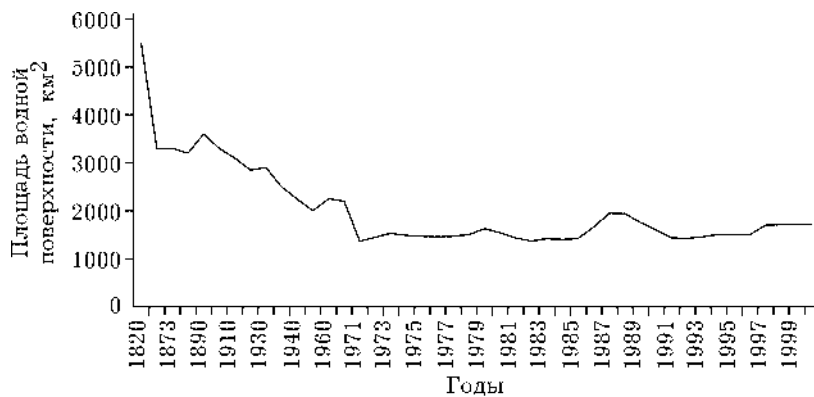


Рис. 8. Изменение площади водной поверхности оз. Чаны за многолетний период.

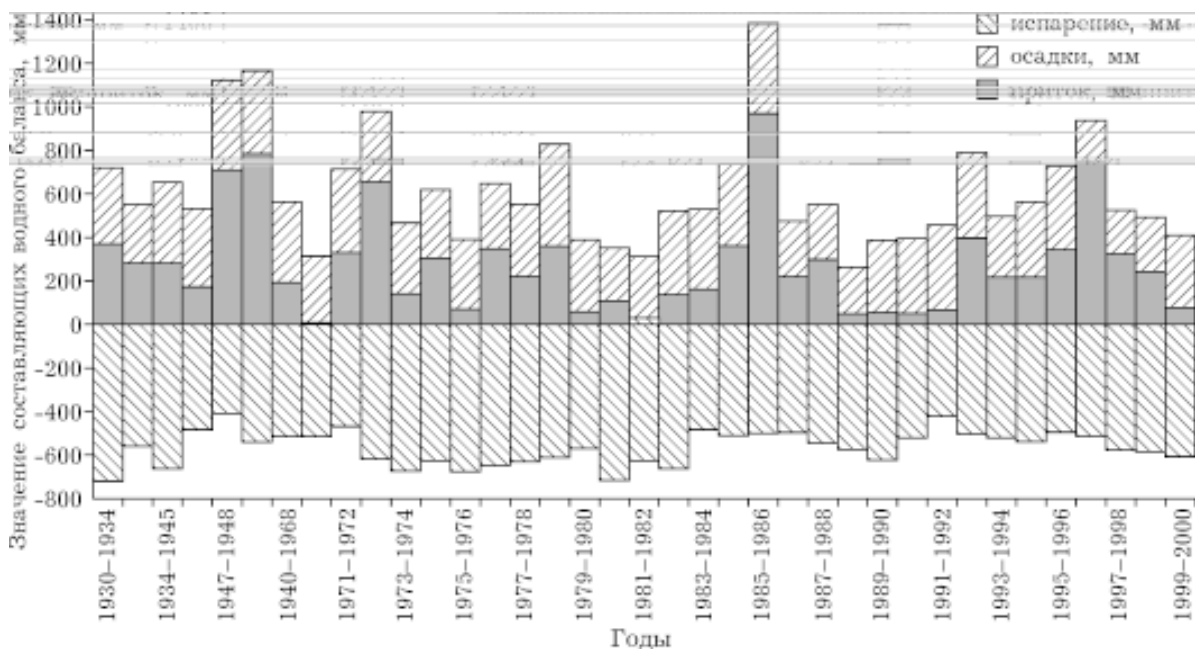


Рис. 9. Основные составляющие водного баланса оз. Чаны.

ность минерализации и ионного состава воды по акватории, что объясняется морфологией его котловины, бессточностью, низким водообменом между частями озера и распресняющим действием вод рек Чулым и Каргат. В течение года наибольшие минерализация и жесткость воды наблюдались в Юдинском плесе, наименьшие – в оз. Мал. Чаны. Наиболее высокая минерализация воды наблюдается в конце зимы (март). Воды верховьев рек Чулым и Каргат пресные с преобладанием гидрокарбоната натрия. Среднее и нижнее течения р. Каргат характеризуются таким же составом вод, но повышенным содержанием сульфатов. В воде среднего течения р. Чулым среди анионов преобладают хлориды. Относительное содержание хлоридов в солевом составе вод Каргата и Чулыма возрастает к устью. Весной в половодье ионный состав воды р. Чулым гидрокарбонатно-натриевый, в остальное время года в анионном составе преобладают хлориды. В многолетнем аспекте минерализация воды оз. Чаны изменялась по мере колебания его водных запасов [1]. Самая низкая минерализация вод свойственна оз. Мал. Чаны – 0,8–5,3 г/дм³. В Чиняихинском плесе, где смешиваются пресные воды оз. Мал. Чаны с солоноватыми водами оз. Чаны, минерализация воды 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 воды почти постоянна (4,1–5,0 г/дм³). В районе в/п Квашино минерализация (г/дм³) изменялась по гидрологическим сезонам следующим образом: весеннее половодье – 6,7–8,7; летняя межень – 6–7,5; осенний паводок – 6,8–10,5 (наиболее частые значения 7–8); зимняя межень – 7–10 (наиболее часто встречаемые значения 7,5–8,5); в целом по годам – от 1–8 (1991) до 7,1–13,3 – в последующие годы [8, 9].

Воды озера имеют щелочную реакцию. Особенно часто наблюдаемые значения рН 8,8–9,0. Величины рН изменяются в очень узком диапазоне, что можно объяснить высокой буферной емкостью воды.

Основной вклад в минерализацию воды оз. Чаны вносят ионы натрия и хлора. Эти ионы постоянно преобладают в катионном и анионном составе воды соответственно; их концентрации не претерпели существенных изменений в многолетнем аспекте. Исследования в процессе выполнения проекта подтвердили выводы, сделанные на основе ретроспективного анализа литературных данных. В 2002 г. определена минерализация вод по всей акватории озера: оз. Мал. Чаны, Чиняихинский, Тагано-Казанцевский и Ярковский

плены. В водах оз. Мал. Чаны значение минерализации $0,7 \text{ г/дм}^3$, содержание ионов натрия $0,1$ и хлора $0,5 \text{ г/дм}^3$; в водах Чиняихинского плеса минерализация возрастает в среднем до $2,5 \text{ г/дм}^3$, содержание натрия – до $0,5$ и хлоридов – до $1,6 \text{ г/дм}^3$. Наиболее минерализованные воды Тагано-Казанцевского и Ярковского плесов характеризуются средними значениями минерализации $5,0$ – $5,5 \text{ г/дм}^3$, концентрациями натрия – $1,4$ – $1,5$, хлоридов – $2,8$ – $3,0 \text{ г/дм}^3$. Статистическая обработка результатов химико-аналитических определений концентраций химических ингредиентов достоверно обнаружила сильные корреляционные связи между минерализацией и концентрациями ионов натрия (коэффициент корреляции $r = 0,95$), калия ($r = 0,98$), магния ($r = 0,99$), кальция ($r = 0,79$), хлора ($r = 0,97$), сульфат-ионами ($r = 0,95$), ионами аммония ($r = 0,80$), гидрокарбонат-ионами ($r = 1,0$). Эти данные подтверждают, что ряд показателей химического состава воды озера связан с минерализацией. Таким образом, по значениям минерализации можно провести районирование акватории озера. При этом выделяются три группы плесов: Мал. Чаны, Чиняихинский плес, Тагано-Казанцевский и Ярковский плесы (рис. 10). На основании результатов изучения минерализации воды впервые создана карта минерализации оз. Чаны (рис. 11). Одновременно выполнена съемка глубин озера и определены его морфометрические характеристики. Составленная карта минерализации дает наглядное представление о ее распределении по акватории озера. Так, для плеса Мал. Чаны, расположенного в юго-восточной части озера, с объемом воды $0,3 \text{ км}^3$ и максимальными глубинами $3,0$ м, самые низкие значения минерализации воды наблюдались в северо-восточной части, где через систему протоков в озеро поступают воды р. Каргат. Глубины в этой части плеса $1,4$ – $1,9$ м, величина минерализации $0,5 \text{ г/дм}^3$. В центральной части плеса с глубинами более 2 м прослеживается ограниченная по размерам зона повышенной минерализации (до $0,7 \text{ г/дм}^3$), что, по всей вероятности, обусловлено рельефом дна, препятствующим процессам перемешивания. К протоке Кожурла, соединяющей плес Мал. Чаны с Чиняихинским пле-

сом, величины минерализации возрастают до 1 г/дм^3 , глубина здесь от $1,7$ до $2,2$ м. Для Чиняихинского плеса, находящегося в южной части озера, с объемом воды $0,5 \text{ км}^3$ и наибольшими глубинами $2,8$ м, наименьшая минерализация воды наблюдается в юго-восточной его части, в районе соединения протокой Кожурла с оз. Мал. Чаны, где ее величина составляет 2 – $2,3 \text{ г/дм}^3$. В северной части плеса, где глубина достигает $2,8$ м, минерализация увеличивается до $3,6$ – $3,9 \text{ г/дм}^3$. В южной части плеса глубина уменьшается до 2 м, минерализация составляет 3 г/дм^3 . Озеро Яркуль соединяется с Чиняихинским плесом двумя каналами и является своего рода ответвлением от южной части. Это относительно глубокий плес с максимальными глубинами до 8 м. Минерализация воды по акватории этого плеса практически не изменяется и составляет $3,9$ – $4,0 \text{ г/дм}^3$. В северном направлении на границах акваторий Чиняихинского и Тагано-Казанцевского плесов минерализация воды постепенно возрастает. Тагано-Казанцевский плес, находящийся в западной части озера, имеет максимальную глубину до 3 м. Величина минерализации в южной части плеса, где глубина изменяется в интервале $2,65$ – $2,95$ м, составляет 4 – 5 г/дм^3 ,

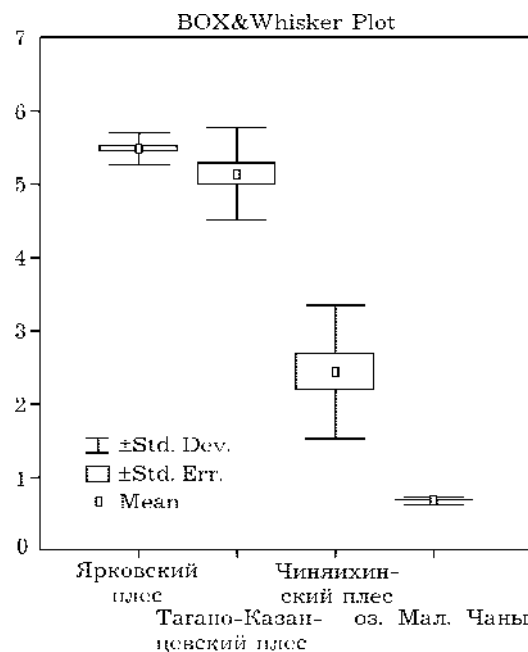


Рис. 10. Минерализация оз. Чаны (в ед. конц. NaCl, г/дм^3), 2002 г.

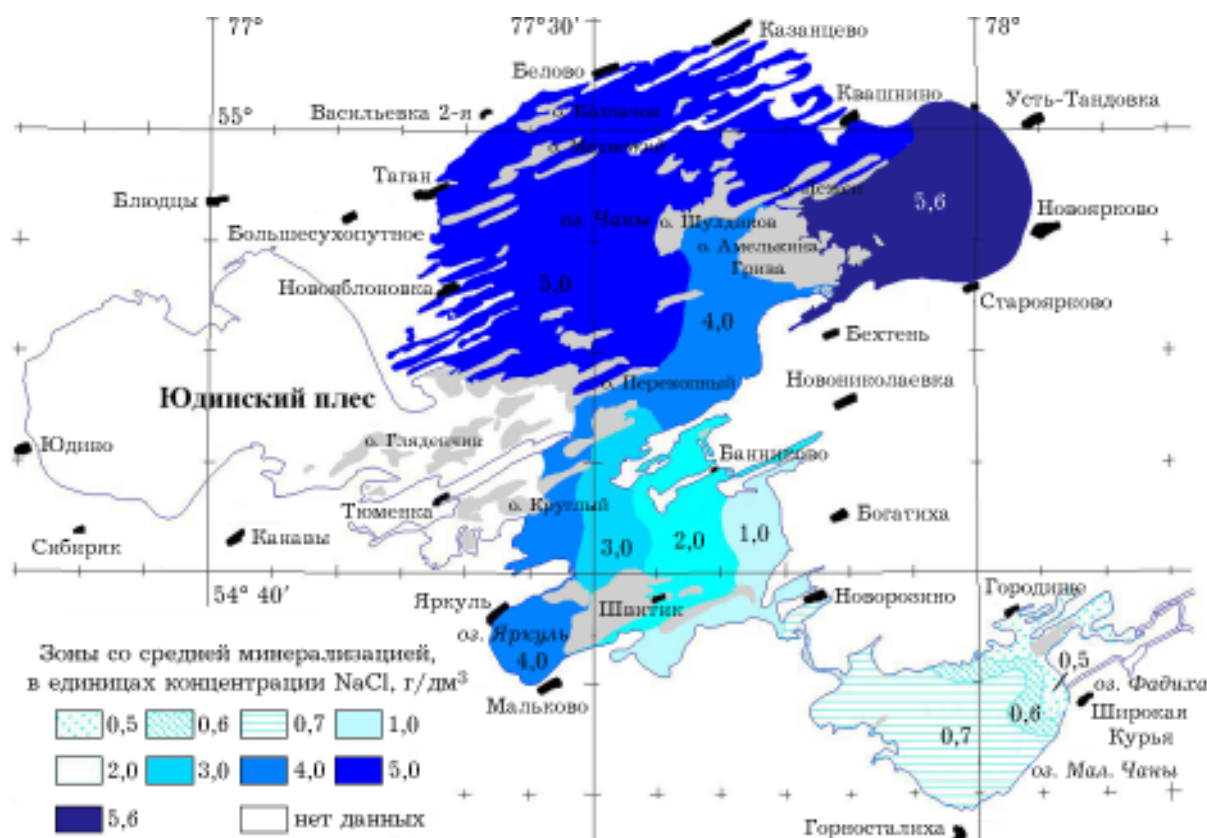


Рис. 11. Карта минерализации оз. Чаны.

в менее глубокой северной части плеса она несколько выше – 5,3–5,5 г/дм³. В наиболее отдаленном от зоны речного питания озера Ярко-ском плесе с глубинами до 6 м величины минерализации наиболее высокие. В северо-западной части плеса с глубинами до 3,5 м величина минерализации достигает максимальных значений – до 6 г/дм³. В юго-восточной части, где преобладают глубины от 4,8 до 5,8 м, минерализация воды 5,5–5,8 г/дм³. Как уже отмечалось выше, величина минерализации постепенно возрастает от зоны речного питания реками Каргат и Чулым до наиболее отдаленного Ярко-ского плеса. В то же время величины минерализации на отдельных плесах изменяются незначительно, особенно на отдаленных Тагано-Казанцевском и Ярко-ском. Это говорит о наличии процессов перемешивания различной интенсивности по протяженности озера и в границах отдельных плесов. Следует отметить, что измерение минерализации воды оз. Чаны проводились в относительно одинако-

вых гидрометеорологических условиях: небольшие скорости ветра, ясная погода, стабильный уровенный режим озера. Температура воды в озере изменялась от 21,5 °С на Ярко-ском плесе до 20 °С на оз. Мал. Чаны. На оз. Яркуль температура воды составляла 22 °С. Прозрачность воды на Ярко-ском плесе достигала 1,5 м, на Тагано-Казанцевском и Чинячихинском плесах – 0,7–0,8, на оз. Мал. Чаны – 0,5–0,3 м. Прозрачность на всей акватории оз. Яркуль – 1,0 м.

Дальнейшие исследования оз. Чаны должны быть направлены на механизм взаимодействия общей увлажненности территории бессточной зоны Обь-Иртышского междуречья в многолетнем разрезе с водно-балансовыми характеристиками и гидрохимическими показателями вод озера.

Авторы выражают благодарность Г. А. Орловой за помощь в сборе и обработке гидрологической информации.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 02-05-65028-а.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пульсирующее озеро Чаны, Л., Наука, Ленингр. отд-ние, 1982.
2. В. А. Понько в кн.: Опыт комплексного изучения и использования Карасукских озер, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1982, 54–68.
3. Н. М. Астафьева, *Успехи физических наук*, 1996, **166**, 11, 1145–1170.
4. А. А. Баева, Т. В. Бережных, Тр. Зап.-Сиб. РНИГМИ, 1976, вып. 22, 38–43.
5. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ. Новосибирское водохранилище и озера Средней Оби, Л., Гидрометеиздат, 1979, 110–136.
6. Е. В. Тархов, И. Н. Тоцакова, Тр. Зап.-Сиб. РНИГМИ, 1980, вып. 43, 1319.
7. О. А. Алекин, Основы гидрохимии, Л., Гидрометеиздат, 1970.
8. В. В. Селегей и др., в кн.: Состояние окружающей природной среды в Новосибирской области в 1994 году. Новосибирский обл. комитет охраны окружающей среды и природных ресурсов, Новосибирск, 1995, 41–45.
9. В. В. Селегей и др., Там же, 150–156.

Basic Hydrologic-Morphometric and Hydrochemical Characteristics of the Lake Chany

V. M. SAVKIN, S. YA. DVURECHENSKAYA, YA. V. SAPRYKINA, K. V. MARUSIN

The work is dedicated to a comparative analysis of change of level characteristics and morphometry of the Chany lacustrine system depending on the cyclicity of the total wetting of the Baraba plain, and to the study of the time course of changes of the chemical composition of water in association with water balance indicators of the lake. The time course of hydrological characteristics and morphometry of the lake, the change of the chemical composition of water based on retrospective analysis and experimental study of the current state of the lake Chany are theoretically substantiated. Graphs of oscillations of water levels across water pools are built. An estimation of the water ecology of the lake is made.