

ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ



УДК 639.3

DOI:10.30724/1998-9903-2023-25-1-166-183

СОВРЕМЕННАЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА КАК ОСНОВА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ

Калайда М.Л., Шарафутдинов Р. Г.

Казанский государственный энергетический университет, г.Казань, Россия

kalayda4@mail.ru

Резюме. ЦЕЛЬ. Рассмотреть показатели режима работы Куйбышевского водохранилища за последние 15 лет, влияющие на состояние рыбного стада; выявить основные тенденции изменения объемов воды в водохранилище в связи с изменениями климата, особенности уровня режима для экологического решения проблемы сохранения водных биологических ресурсов. МЕТОДЫ. Проведен сравнительный анализ собственных исследований и литературных данных по гидрологическим характеристикам Куйбышевского водохранилища, температурному режиму региона и состояния ихтиофауны. В работе для анализа современного состояния гидрологического режима использованы данные, предоставленные гидропостом Верхний бьеф филиала ОАО «РусГидро» - «Жигулевская ГЭС» и Государственным комитетом Республики Татарстан по биологическим ресурсам. РЕЗУЛЬТАТЫ. Показано, что средний уровень воды в Куйбышевском водохранилище за последний период колебался от 50,34 до 52,31 м при НПУ – 53,00 м БС, УМО – 45,5 м., по совокупности характеристик по средним уровням и приходам воды к маловодным годам можно отнести 2010, 2011, 2021, к годам со средней водностью -2007- 2009, 2012-2020, а многоводных лет в этот период не было.

Проведен анализ динамики изменения максимальных и минимальных уровней воды и выявлены изменения: минимальный зафиксированный уровень воды (48,16 м) отмечен в январе (2011г.), в конце XX столетия минимальные уровни фиксировались в марте - апреле и они были ниже на 1-1,5 м при летней сработке и на 2,5 – 3,5 м в зимний период, подъем уровня приходится на апрель, в то время как раньше он приходился на май. Продолжительность периода высокой воды (около 53 м) увеличилась до 4 мес. Минимальный объем в водохранилище отмечен в зимний период 2010-2011 гг. – 36,14 км³, максимальный объем – 57,66 км³ в зимний период 2019-2020 гг. Максимальные сбросы воды осуществляются в основном во второй половине апреля и начале мая. Минимальные сбросы осуществляются в разные периоды.

Показано, что количество дней с температурой воздуха выше 15°C, характеризующей рыбоводную зону, варьирует в разные годы последнего периода от 71 дня (2017 г.) до 133 дней (2020 г.). ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Отмечено относительное увеличение температуры, как важнейшего экологического фактора для развития водных биоресурсов, в настоящее время наблюдается процесс ускорения эвтрофирования мелководных участков Куйбышевского водохранилища. Регулярная гибель рыбы на разных участках водохранилища при сочетании таких факторов как низкий уровень воды и высокая температура создают предпосылки для «локальных катастроф» на уровне ихтиоценозов, площадь «локальных катастроф» расширяется в связи с климатическими изменениями. Смертность рыбы является механизмом освобождения экосистемы от избыточного органического вещества, а смертность мелкого частика косвенно свидетельствует о высокой численности малоценной и сорной рыбы, численность которой необходимо снижать.

Ключевые слова: Куйбышевское водохранилище; уровень; объем воды; температура; гибель рыбы; эвтрофирование.

Для цитирования: Калайда М.Л., Шарафутдинов Р. Г. Современная гидрологическая характеристика Куйбышевского водохранилища как основа для развития водных биоресурсов // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2023. Т.25. № 1. С. 166-183. doi:10.30724/1998-9903-2023-25-1-166-183.

MODERN HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE KUIBYSHEV RESERVOIR AS A BASIS FOR THE DEVELOPMENT OF WATER BIORESOURCES

Kalaida ML, Sharafutdinov RG.

Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia
kalayda4@mail.ru

Abstract. *THE PURPOSE.* Consider the indicators of the operation mode of the Kuibyshev reservoir over the past 15 years, affecting the state of the fish stock; identify the main trends in changes in water volumes in the reservoir due to climate change, the features of the level regime for the ecological solution of the problem of preserving aquatic biological resources. *METHODS.* A comparative analysis of our own research and literature data on the hydrological characteristics of the Kuibyshev reservoir, the temperature regime of the region and the state of the ichthyofauna was carried out. In this work, to analyze the current state of the hydrological regime, data provided by the Verkhniy Byef gauging station of the branch of JSC RusHydro - Zhigulevskaya HPP and the State Committee of the Republic of Tatarstan for Biological Resources were used. *RESULTS.* It is shown that the average water level in the Kuibyshev reservoir for the last period ranged from 50.34 to 52.31 m at NHL - 53.00 m BS, DVL - 45.5 m. Based on the totality of characteristics in terms of average water levels and inflows, 2010, 2011, 2021 can be attributed to low-water years, 2007-2009, 2012-2020 to years with average water content, and there were no high-water years during this period.

The analysis of the dynamics of changes in the maximum and minimum water levels was carried out and changes were identified: the minimum recorded water level (48.16 m) was noted in January (2011), at the end of the 20th century, the minimum levels were recorded in March - April and they were lower by 1-1, 5 m in summer drawdown and 2.5 - 3.5 m in winter, the level rise occurs in April, while earlier it was in May. The duration of the high-water period (about 53 m) increased to 4 months. The minimum volume in the reservoir was recorded in the winter period of 2010-2011 - 36.14 km³, the maximum volume is 57.66 km³ in the winter period of 2019-2020. Maximum water discharges are carried out mainly in the second half of April and early May. Minimum discharges are carried out in different periods.

It is shown that the number of days with an air temperature above 15°C, which characterizes the fishery zone, varies in different years of the last period from 71 days (2017) to 133 days (2020).

CONCLUSION. A relative increase in temperature was noted as the most important environmental factor for the development of aquatic bioresources; currently, the process of accelerating eutrophication of shallow areas of the Kuibyshev reservoir is observed. The regular death of fish in different parts of the reservoir, combined with factors such as low water levels and high temperatures, creates the preconditions for "local catastrophes" at the level of ichthyocenoses, the area of "local catastrophes" is expanding due to climate change. The mortality of fish is a mechanism for the release of the ecosystem from excess organic matter, and the mortality of a small particle indirectly indicates a high abundance of low-value and weedy fish, the number of which must be reduced.

Keywords: Kuibyshev reservoir; level; water volume; temperature; fish death; eutrophication.

For citation: Kalaida ML, Sharafutdinov RG. Modern hydrological characteristics of the kuibyshev reservoir as a basis for the development of water bioresources. *Power engineering: research, equipment, technology.* 2023; 25(1):166-183. doi:10.30724/1998-9903-2023-25-1-166-183.

Введение (Introduction)

Исторически р. Волга как каскад водохранилищ: Верхневолжского (1944 г.), Ивановского (1937 г.), Угличского (1939-1943 гг.), Рыбинского (1940-1949 гг.), Горьковского (1955-1957 гг.), Чебоксарского (1981 г.), Куйбышевского (1955-1957 гг.), Саратовского (1967-1968 гг.), Волгоградского (1958-1960 гг.), Камского (1954-1956 гг.), Воткинского (1961 -1964 гг.), Нижнекамского (1978 г.), определила энергетический и, соответственно, экономический уровень развития центральной России на все XX столетие [1, 2]. Еще в июле 1931 г. была создана комиссия по составлению плана электрификации Среднего Поволжья, в основу которого была положена идея использования электрификации в качестве условия концентрации промышленности [2].

Для первоначального варианта строительства был выпущен схематический проект гидроузла. На пойме левого берега Волги был заложен опытный котлован и произведена

аэрофотосъемка пойм Волги, Камы, Вятки, Суры. 10 августа 1937 г. было принято совместное Постановление СНК СССР и ЦКВКП(б) № 1339 «О строительстве Куйбышевского гидроузла на реке Волге и гидроузлов на реке Каме» (рис.1), в котором говорилось: «§1. В целях дальнейшей электрификации центральных районов Европейской части СССР, осуществления широкого орошения Заволжья и улучшения судоходных условий на Волге осуществить строительство плотин, гидроэлектростанций и шлюзов на Самарской Луке у г. Куйбышева и строительство оросительных сооружений Заволжья...» [2].



Рис. 1. Схема Волжско-Камского каскада водохранилищ по [2].

Fig. 1. Scheme of the Volga-Kama cascade of reservoirs according to [2].

Летом 1955 г. начались работы по перекрытию р. Волга. 31 октября они были закончены, и началось наполнение водохранилища. 29 декабря 1955 г. первый агрегат Куйбышевской ГЭС дал промышленный ток. В 1956 г. заработали еще 11 турбин, еще 8 агрегатов гидростроители смонтировали в 1957 г., и 14 октября 1957 г. последний (20-й) агрегат дал промышленный ток. Куйбышевская ГЭС была пущена на полную мощность в 2,3 млн. кВт/ч и явилась для того времени самой крупной гидростанцией в мире [2].

Большинство водохранилищ, предназначенных для водоснабжения, ирригации, борьбы с наводнениями, аккумуляции воды регулируют речной сток в сезонном разрезе [1]. Куйбышевское водохранилище - водоем многоцелевого назначения, осуществляет сезонное, недельное и суточное регулирование стока р. Волга; в весенний период наполняется до нормального подпорного уровня (НПУ), а в остальное время года водные запасы срабатываются Волжским гидроузлом [3]. Для Средней и Нижней Волги является основным регулятором сезонного водного стока.

Куйбышевское водохранилище - крупнейшее в Европе: 6450 км², общая емкость при НПУ - 58 км³, площадь 590 тыс.га (рис.1) [1]. В районе слияния Волги и Камы регистрируется ширина до 40 км. Длина береговой линии составляет около 2130 км. Максимальная глубина - более 41 м при средней глубине 8, 9 м. Куйбышевское водохранилище относится к аккумуляционно-транзитному типу водохранилищ [1, 2], представляет собой ряд плесов и разделяется на участки рыбохозяйственного освоения (рис.2). В пределах Республики Татарстан расположено 50,7% площади Куйбышевского водохранилища, из которой около 20% приходится на площадь мелководий. Рыболовные участки расположены на 159 480 га Куйбышевского водохранилища и на 62 910 га Нижнекамского водохранилища. В Куйбышевском водохранилище площади с глубинами 0-5 м составляют 36% [1], для плесов характерны разная площадь и соотношение площадей мелководной и глубоководной зон, соответственно: Волжский плес - 977 км², 4,1%: 7,6%; Камский плес - 793 км², 4,3%: 7,9%; Волго-Камский плес - 1092 км², 7,6%: 13,8%; Тетюшский плес - 914 км², 2,6%: 34,1% (рис.2).

По данным Н.В. Буторина [4] при общей площади зеркала Куйбышевского водохранилища при НПУ 5900 км² общая площадь мелководий составляет около 900 км², при летней сработке уровня он понижается до 4 м, а площадь мелководий возрастает до 1900 км², в зимний период уровень может снижаться до 7,5 м, при этом площадь мелководий возрастает до

2900 км². Полный объем Куйбышевского водохранилища по [1, 2] составляет 57,3 км³, а полезный объем – 33,9 км³.

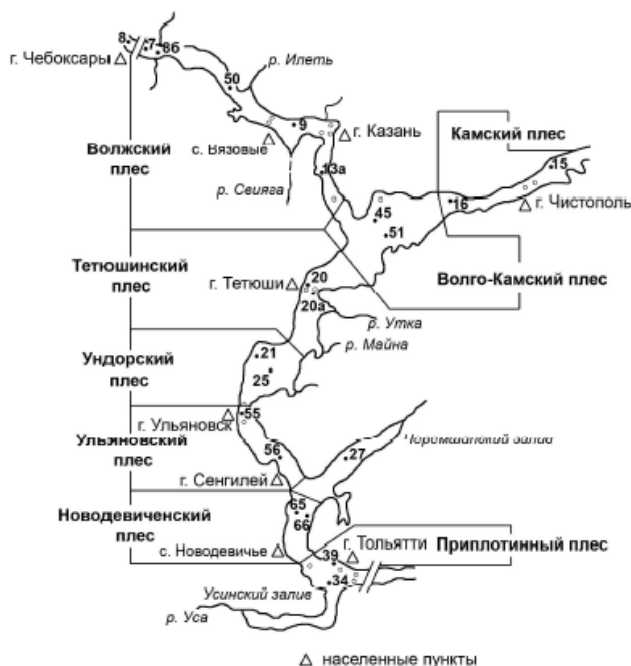


Рис. 2. Карта-схема плесов Куйбышевского водохранилища по [5].

Fig. 2. Schematic map of the reaches of the Kuibyshev reservoir according to [5].

А.Б. Авакян [1] выделяет два основных периода в развитии морфометрических характеристик водохранилищ: становление берегов, во время которого преобладает абразия, и стабилизация их, во время которой определяющим процессом является аккумуляция. Первая стадия периода становления начинается с момента заполнения и заканчивается, когда вода достигает НПУ. Для крупных водохранилищ эта стадия длится 3-4 года. Для нее характерны абразионная обработка склонов, формирование абразионных уступов. Эта стадия длится достаточно долго, берег формируется под воздействием абразионно-аккумулятивных процессов, отчленяются заливы, выравниваются берега. На второй стадии процесс абразионной обработки берегов происходит более интенсивно. В этот период развиваются основные рельефообразующие процессы и формируются главные элементы рельефа берега, интенсивно растут аккумулятивные формы в сторону открытой части водоема, что способствует постепенному отчленению отдельных районов водохранилища и превращению их в аккумулятивную равнину; происходит прогрессирующее сокращение площади водохранилища. Продолжительность этой стадии в основном определяется скоростью аккумуляции наносов. У водохранилищ, расположенных в умеренных широтах, процессы волновой абразии выражены в наиболее чистом виде: формирование прибрежных отмелей определяются характером вдольбереговых потоков и волновой деятельности [1]. Эти явления определяют в последующем наличие нерестовых площадей для рыб.

Помимо комплексных энергетических и экономических задач ставились вопросы по нарушению условий воспроизводства ценнейших осетровых рыб [6, 7]. И если уловы в реке Волга до зарегулирования ее стока колебались в начале XX столетия от 1350 до 1910 тонн, в 30-е годы – 2020 – 2300 тонн, то за счет плановых действий по формированию ихтиоценоза планировалось увеличение уловов в Куйбышевском водохранилище до 20000-24000 тонн. Речные бассейны являются важным источником промысловых водных биоресурсов и сталкиваются с комплексом природных и антропогенных факторов, влияющих на эффективность добычи. Безусловно, для увеличения рыбопродуктивности водохранилища необходимы не только работы по формированию видового состава ихтиофауны, но важен и комплекс складывающихся экологических компонент, которые определяют эффективность нереста, выживаемость молоди рыб, условия нагула и сохранность здоровья рыб.

Постановка задачи

Цель данного исследования – рассмотреть показатели режима работы Куйбышевского водохранилища за последние 15 лет, влияющие на состояние рыбного стада; выявить основные тенденции изменения объемов воды в водохранилище в связи с изменениями

климата, особенности уровня режима для экологического решения проблемы сохранения водных биологических ресурсов.

Материал и методика исследования (Materials and methods)

В ходе работы был проведен анализ собственных исследований и литературных данных по гидрологическим характеристикам Куйбышевского водохранилища, температурному режиму региона и состояния ихтиофауны. В работе для анализа современного состояния гидрологического режима использованы данные, предоставленные гидропостом Верхний бьеф филиала ОАО «РусГидро» - «Жигулевская ГЭС» и Государственным комитетом Республики Татарстан по биологическим ресурсам.

Результаты исследования и их обсуждение (Results and Discussions)

Уровненный режим водохранилищ определяется степенью регулирования стока, их назначением и некоторыми другими факторами и имеет следующие общие черты:

- наибольшей высоты в водохранилищах сезонного и многолетнего регулирования уровень воды достигает в умеренном поясе в конце весеннего половодья,
- затем после некоторого стояния на отметке НПУ уровень водохранилища начинает понижаться, причем на разных водохранилищах сроки, продолжительность и величина снижения уровня различны.

Годовой ход уровней в Куйбышевском водохранилище по [1] приведен на рисунке 3 и по [2] на рисунке 4.

Степень использования объема водохранилищ и соответственно глубина сработки их уровня достигает наибольших величин при удовлетворении интересов ирригации и борьбы с наводнениями и незначительна у водохранилищ, предназначенных для водного транспорта, рыбного хозяйства, рекреации и используемых как пруды-охладители тепловых и атомных электростанций и промышленных предприятий [1]. Степень сработки гидроэнергетических водохранилищ различна в зависимости от типа гидроэлектростанции (приплотинная, деривационная, гидроаккумулирующая и т. п.), роли ее в энергосистеме и положения в каскаде. У водохранилищ, используемых комплексно, относительная сработка их обычно меньше, чем у одноцелевых.

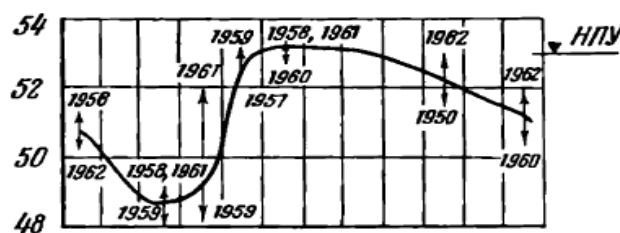


Рис. 3. Средний годовой ход уровней (годичных) в Куйбышевском водохранилище и отклонения от него в отдельные годы по [1].

Fig.3. The average annual course of levels (annual) in the Kuibyshev reservoir and deviations from it in individual years according to [1].

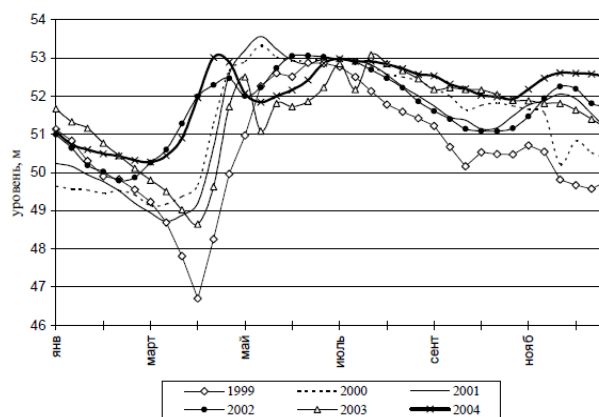


Рис. 4. Уровненный режим Куйбышевского водохранилища в 1999-2004 гг. по [2].

Fig. 4. Level regime of the Kuibyshev reservoir in 1999-2004 according to [2].

Средний уровень воды в Куйбышевском водохранилище за последний период колебался от 50,34 до 52,31 м (рис.5) при НПУ – 53,00 м БС, УМО – 45,5 м. Как видно, из представленных на рис.4 данных минимальные уровни в Куйбышевском водохранилище отмечались с марта по май. Анализ данных по средним уровням (рис.5) в Куйбышевском водохранилище наглядно показывает маловодные годы – 2010, 2011, 2017 и 2021 и многоводные – 2013 - 2016, 2018 и 2020. Минимальные и максимальные уровни воды в Куйбышевском водохранилище в последний период представлены на рисунках 5, 6.

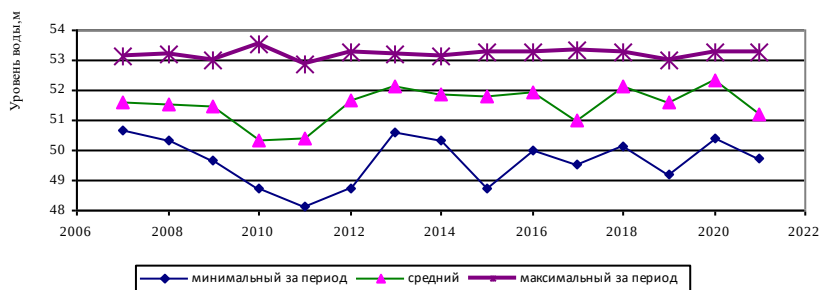


Рис. 5. Минимальные и максимальные уровни воды в Куйбышевском водохранилище в 2007-2021 гг.

Fig.5. Minimum and maximum water levels in the Kuibyshev reservoir in 2007-2021.

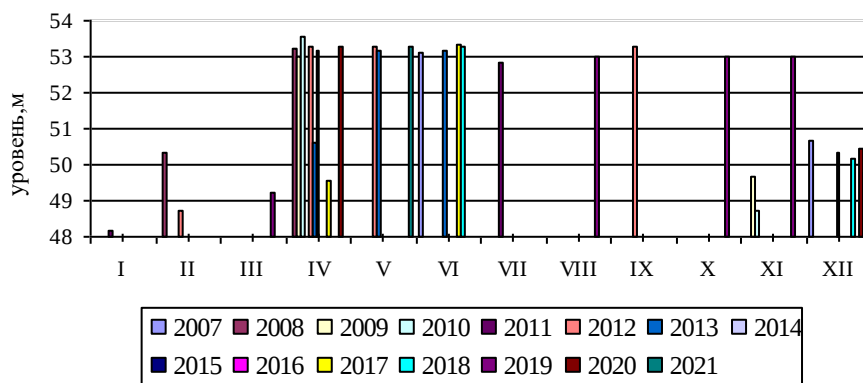


Рисунок 6. Минимальные и максимальные уровни воды в Куйбышевском водохранилище в сезонном аспекте 2007-2021 гг/

Fig.6. Minimum and maximum water levels in the Kuibyshev reservoir in the seasonal aspect 2007-2021.

Динамика изменения максимальных и минимальных уровней воды в Куйбышевском водохранилище на современном этапе (рис.6) отражает происходящие изменения:

- минимальный зафиксированный уровень воды (48,16 м) отмечен в январе 2011г. в то время как в конце XX столетия минимальные уровни фиксировались в марте - апреле [2] и они были ниже - при летней сработке уровень понижался до 4 м, а в зимний период – до 7,5 м [4];
- подъем уровня приходится на апрель, в то время как раньше (рис. 3,4 по [1,2]) он приходился на май. Продолжительность периода высокой воды (около 53 м) увеличилась до 4 мес;
- максимальные уровни воды – около 53 м – отмечаются чаще, чем по [2],
- высокие уровни воды стали отмечаться и во второй половине лета и осенью (рис.4, рис.6).
- в отдельные годы (рис.6 – 2009, 2010 гг.) в конце года отмечаются низкие уровни воды (около 49 м), как и по [2];
- в январе и феврале отмечались низкие уровни (рис.3, 4, 6), которые не фиксировались в предыдущие периоды [1, 2];
- в декабре уровни воды отмечаются около 50 м (рис.6), в то время как ранее (рис.3, 4) уровень наиболее часто был выше 51 м;

Фактическая сработка уровня представлена на рисунке 7 и она отражает роль антропогенной регуляции уровня.

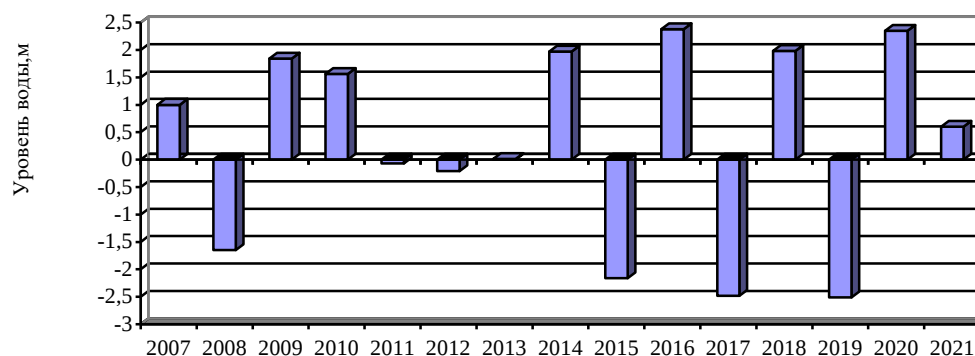


Рис.7. Разница (м) между уровнем воды на начало периода и концом периода годовых наблюдений в Куйбышевском водохранилище в 2007-2021 гг.

Fig.7. Difference (m) between the water level at the beginning of the period and the end of the period of annual observations in the Kuibyshev reservoir in 2007-2021.

Важной гидрологической характеристикой является объем воды в водохранилище, ее суммарный приток и сброс в разные годы на современном этапе представлены на рис.8. В Куйбышевском водохранилище среднеегодовое значение водности года характеризуется приходом 254 км^3 воды по [1, 2]. Выделены две фазы водности: маловодная (1957-1977 гг.) и многоводная (1978-2005 гг.) по [1, 2]. Для лет со средней водностью характерны приходы $254 \text{ км}^3/\text{год}$ при минимальных значениях – 166 (1975 г.) и максимальных – 339 (1979 г.) $\text{км}^3/\text{год}$.

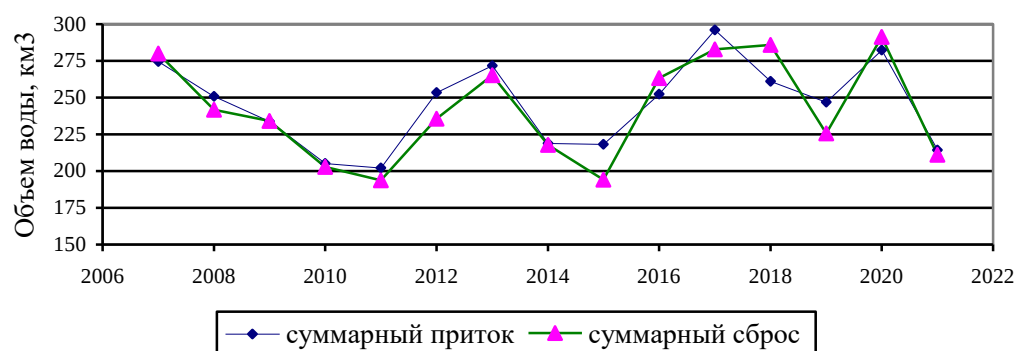


Рис. 8. Суммарные приток и сброс воды в Куйбышевском водохранилище в 2007-2021 гг.

Fig.8. Total inflow and discharge of water in the Kuibyshev reservoir in 2007-2021.

Для маловодных лет (1957-1976) характерны приходы около $240 \text{ км}^3/\text{год}$ при минимальных значениях – 166 (1975 г.) и максимальных - 311 (1966 г.) $\text{км}^3/\text{год}$. Для многоводных лет характерны приходы около $265 \text{ км}^3/\text{год}$ при минимальных значениях – 204 (1988 г.) и максимальных – 339 (1979 г.) $\text{км}^3/\text{год}$.

В рассматриваемый период приходы $240 \text{ км}^3/\text{год}$ и менее, характерные для маловодных лет отмечались в 2009, 2010, 2011, 2014, 2015, 2021 гг. (рис.8). Приходы $311 \text{ км}^3/\text{год}$ и более, характерные для многоводных лет не были отмечены (рис.8). Остальные годы (2007, 2008, 2012, 2013, 2016-2020) характеризуются средней водностью - характерны приходы около $254 \text{ км}^3/\text{год}$. Сравнивая величины притоков воды по [1, 2] с величинами, характеризующими современный период (рис.8), можно отметить сокращение вариабельности значений суммарного притока воды в водохранилище.

На рисунке 9 представлено изменение объема воды (км^3) в Куйбышевском водохранилище в 2007-2021 гг. в сравнении с его полным ($57,3 \text{ км}^3$) и полезным ($33,9 \text{ км}^3$) объемом по [1,2]. Как видно из приведенных на рис. 9 данных минимальный объем в водохранилище отмечен в зимний период 2010-2011 гг. – $36,14 \text{ км}^3$, максимальный объем – $57,66 \text{ км}^3$ в зимний период 2019-2020 гг. Как видно из представленных на рисунке 9 данных в последний период в целом отмечается достаточно высокая водность водохранилища.

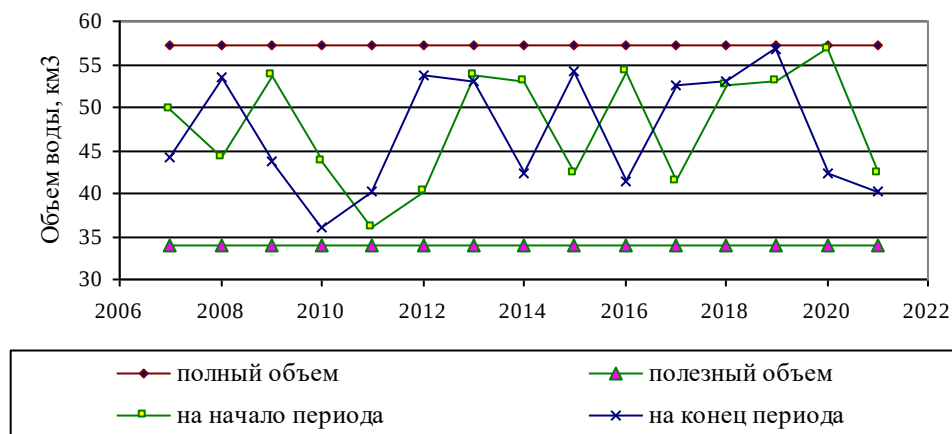


Рис. 9. Изменение объема воды (км³) в Куйбышевском водохранилище в 2007-2021 гг. *Fig. 9. Change in water volume (km³) in the Kuibyshev reservoir in 2007-2021.*

Гидрологические особенности водохранилищ, уровенный режим определяют стабильность экологических условий, необходимых для протекания нереста, нагула молоди, которые приводят к колебаниям численности рыб и влияют на межвидовые взаимоотношения. Наибольшую опасность для состояния ихтиоценоза представляют низкие уровни и сбросы воды (рис. 6, 10, 11, 12). Например, в 2017 г. низкий уровень воды (рис.5, 6) в зимний период и ранней весной привел к отчленению мелководных заливов водохранилища от основных русловых участков, что определило заморные условия (снижение содержания растворенного кислорода в воде до критических значений) и смертность рыбы (рис.11), у которой не было возможности уйти в открытые воды. При этом в 2016 г. по данным гидропоста Верхний бьеф филиала ОАО «РусГидро» - «Жигулевская ГЭС» отмечался максимальный за все годы суммарный сброс воды – 31807 м³/с. На рис.9 представлены максимальные сбросы воды (тыс.м³/с) в Куйбышевском водохранилище в 2007-2021 гг.

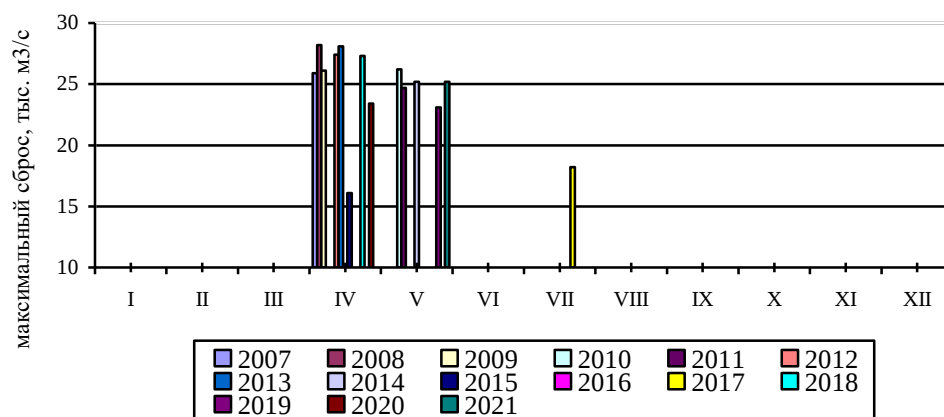


Рис.10. Максимальные сбросы воды в Куйбышевском водохранилище в сезонном аспекте 2007-2021 гг. *Fig.10. Maximum water discharges in the Kuibyshev reservoir in the seasonal aspect 2007-2021.*



Рис. 11. Гибель рыбы в мелководных заливах Куйбышевского водохранилища в районе н.п. Займище в апреле 2017 г.

Fig.11. The death of fish in the shallow bays of the Kuibyshev reservoir in the area of the Zaimishche settlement April 2017.

На рисунке 12 представлены минимальные сбросы воды (тыс.м³/с) в Куйбышевском водохранилище в 2007-2021 гг. Как видно из приведенных данных (рис.10, 12) максимальные сбросы воды осуществляются в основном во второй половине апреля и начале мая. Минимальные сбросы осуществляются в разные периоды.

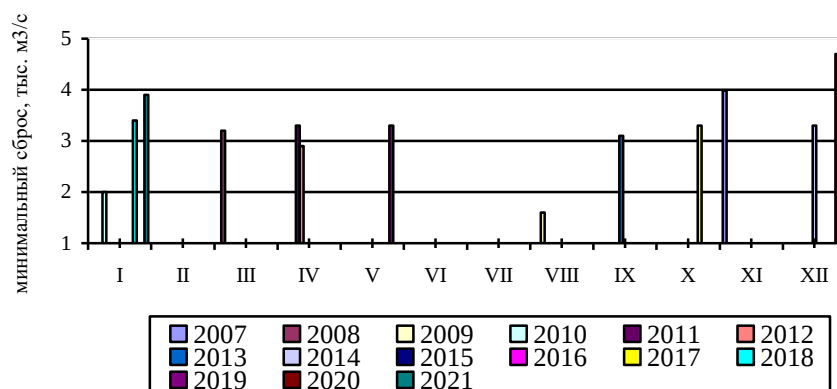


Рис. 12. Минимальные сбросы воды в Куйбышевском водохранилище в сезонном аспекте 2007-2021 гг.

Fig.12. Minimum water discharges in the Kuibyshev reservoir in the seasonal aspect 2007-2021

Таким образом, анализ гидрологических характеристик показывает, что в совокупности сбросы воды и изменения уровня режима водохранилища характеризуются межгодовыми и внутригодовыми колебаниями, которые отражаются на режиме воспроизводства рыб в Куйбышевском водохранилище.

По [8] в составе ихтиофауны Средней Волги 72 вида. В связи с созданием Куйбышевского водохранилища в составе ихтиофауны произошли изменения [6]: исчезли сельдь - черноспинка – *Alosa kessleri kessleri* (Grimm), волжская сельдь - *Alosa kessleri volgensis* (Berg), северокаспийский пузанок – *Alosa caspia caspia* (Eichw.), белорыбца (*Stenodus leucichthys* Guld. В то же время появились вселенцы, ранее не обитавшие в этом регионе. Из представителей понто-каспийского морского фаунистического комплекса в состав ихтиофауны Куйбышевского водохранилища попали тюлька, бычок кругляк, звездчатая пугловка и морская игла [9, 6]. Представители арктического пресноводного фаунистического комплекса, акклиматизировавшиеся в Куйбышевском водохранилище – снеток, белозерская ряпушка. К 70-80-м годам XX столетия были сделаны выводы, что такие виды как лещ и судак способны в новых водохранилищных условиях обеспечивать

пополнение стада, а такие как щука и синец [9, 10] из-за недостатка мест для откладывания икры не смогут поддерживать численность на высоком уровне.

Наиболее уязвимыми видами рыб являются фитофилы, для которых характерно использование для нереста мелководий с растительной компонентой: щука - нерестится только на мелководьях до 1 м на растительности в апреле – мае при температуре 6-8°C; синец - нерестится на мелководьях до 1-1,5 м на растительности в апреле – мае при температуре 8-9°C. Менее уязвимыми из-за сработки уровня являются виды рыб, имеющие порционный нерест – берш, густера, укляя, или более пластичные виды в отношении мест нереста: судак, который использует коряги, пни, песок в качестве нерестового субстрата на прирусловых участках с глубинами до 1,5 м и участках открытой воды с глубиной 2-8 м; окунь – нетребовательный к субстрату, использующий для нереста прибрежные и открытые участки, погруженную растительность, коряги, пни.

Таким образом, для эффективного нереста фитофилов необходимо сочетание таких факторов среды как устойчивость уровня режима и соответствующая температура воды.

Как видно из представленных на рис.10, 12 данных малые и особенно большие сработки уровня отмечаются во второй половине апреля – первой декаде мая. В том числе, это связано с началом нерестовой осетровой компании в низовьях Волги и необходимостью сохранения нерестовых участков. В связи с этим возникает практический интерес к характеристикам температурного режима именно в период сброса вод. Ведь если проводить сброс воды до начала нереста ранненерестующих рыб – фитофилов, то икра будет отложена на вновь сформировавшихся мелководных участках. Если же сброс воды осуществляется после нереста, то икра погибает на осушенных береговых участках. Рассмотрим особенности температурного режима территории Куйбышевского водохранилища.

В 1986 году министерством рыбного хозяйства СССР был разработан сборник нормативно-технологической документации по товарному рыбоводству, в котором прописывается, что Татарская АССР относится ко второй и третьей зоне рыбоводства [11]. Это значит, что количество дней с температурой воздуха выше 15°C на тот момент составляло по Республике Татарстан от 76 до 105. С 2000-х лет отмечается изменение климатических характеристик [12, 13] и увеличение количества дней с температурой воздуха выше 15°C до 121-135 (рис.13).

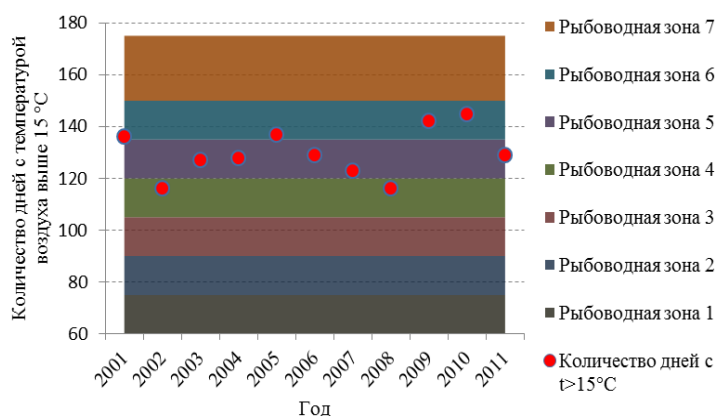


Рис.13. Количество дней в году с температурой воздуха выше 15°C по [11]

Fig.13. Number of days in a year with air temperature above 15°C according to [11].

Как видно из приведенных на рис. 13 данных практически все рассмотренные годы (2001-2011) характеризуются более высокими температурами воздуха и фактически определяют изменение положения водоемов Республики Татарстан в классификации рыбохозяйственного зонирования.

Отмечаются изменения температурного режима в последние годы и по данным ФГБУ «УГМС РТ» в Республике Татарстан [14]. В материалах даже проводится ежегодное сравнение с температурой в период 1961 по 1990 годы [14-20].

2015 г. был очень теплым и вошел в четверку самых теплых лет за период с 1951 года, среднегодовая температура превысила климатическую норму на 2,0°C. В тройку самых теплых лет вошли 1995 г., 2008 г. и 2013 г., аномалии тогда составили 2,6°C, 2,4°C и 2,1°C соответственно. Средняя температура апреля была близка к климатической норме (рис.14). В мае 2015 г. преобладала теплая погода, в целом температура превысила норму на 2-3°C.

В 2016 г. температура воздуха превысила климатическую норму на 1,9 °С. В апреле 2016 г. отмечалась теплая погода, в целом за месяц средние температуры составили +7..+9 °С, что на 3–4 °С выше нормы. В мае в целом за месяц средние температуры составили +14..+16 °С, что на 1–2 °С выше нормы [15].

Апрель 2017 г. со средней температурой воздуха +3..+5° оказался холоднее обычного на 1°, местами, преимущественно в западных районах Республики Татарстан, около нормы [16]. Май 2017 г. со средней температурой +10..+12° также оказался холоднее обычного на 2°.

По данным ФГБУ «УГМС РТ» в Республике Татарстан 2018 год был теплым, средняя годовая температура воздуха превысила климатическую норму на 0,7°С [17]. При этом март со средней температурой -8..-12° оказался холоднее обычного на 3-5°, в апреле средняя температура воздуха составила +3..+5°С и оказалась на большей территории республики ниже нормы на 1°С, в мае отмечалась неустойчивая погода с резкими и значительными колебаниями температуры и с дефицитом осадков. Май со средней температурой +13..+14°С оказался теплее обычного на 1°С [17].

2020 год был аномально теплым, средняя годовая температура воздуха превысила климатическую норму на 2,5°С. Аномально теплая погода первых двух декад марта 2020г. с дождями привела к быстрому снеготаянию (20 марта снег сохранялся только в Елабуге, с высотой 2 см). За последние 50 лет это был самый ранний срок схода устойчивого снежного покрова. В апреле преобладала неустойчивая погода, с резкими и существенными колебаниями метеопараметров, средние температуры за месяц составили +4..+6°, что на преобладающей территории было на 1 -2° выше нормы. В мае наблюдалась неустойчивая погода с резкими и существенными колебаниями метеопараметров: дневные температуры колебались от +7..+16 до +21..+26°, в отдельные дни местами до +31°. Ночные температуры варьировались от 0..+8° до 9..+16°, в отдельные ночи наблюдались заморозки на почве и в воздухе. Средние температуры за май составили +13..+14°, что в западных районах близко к норме и на 1° ниже нормы [18].

Аномально теплым по данным ФГБУ «УГМС РТ» в Республике Татарстан был и 2021 год, средняя годовая температура воздуха превысила климатическую норму на 1,9°С и составила 5,2°С (Рис.14).

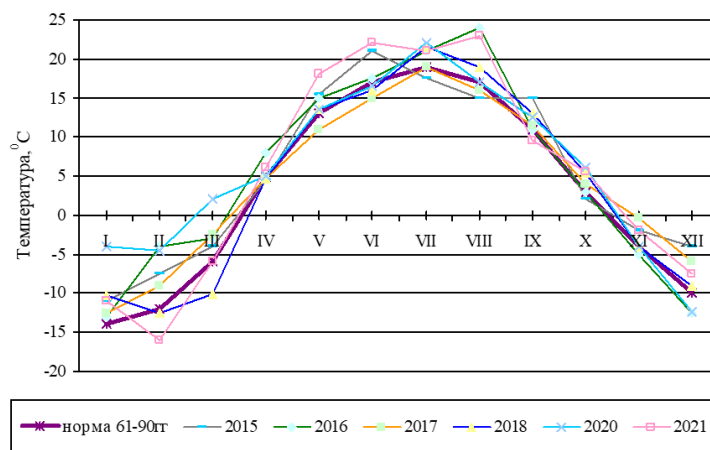


Рис.14. Годовой ход среднемесячной температуры воздуха в 2015-2021 гг. в сравнении с нормой на территории РТ (°С) по данным ФГБУ «УГМС РТ» в Республике Татарстан по[14-20].

Fig. 14. The annual course of the average monthly air temperature in 2015-2021 in comparison with the norm in the territory of the Republic of Tatarstan (°C) according to the data of the Federal State Budgetary Institution "UGMS RT" in the Republic of Tatarstan according to [14-20].

Сравнение годового хода температур воздуха показывает, что количество дней с температурой воздуха выше 15°С варьирует в разные годы последнего периода от 71 дня (2017 г.) до 133 дней (2020 г.) (рис.15). Сравнивая количество дней с температурой воздуха выше 15°С в 2001-2011 гг. (рис.13) с современной ситуацией (рис.15), обращает на себя внимание не только потепление по сравнению с периодом 80-90-х лет XX столетия, но и относительное снижение температур в настоящее время по сравнению с началом XX столетия.

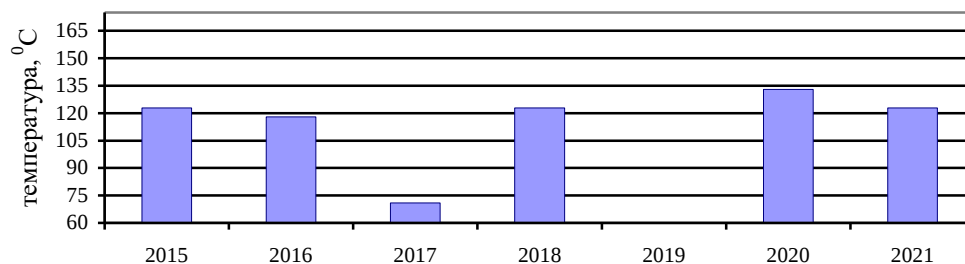


Рис. 15. Количество дней в году с температурой воздуха выше 15°C в последний период.

Fig.15. Number of days in a year with air temperature above 15°C in the last period.

Таким образом, анализ изменения температуры (рис.13-15) подтверждает относительное увеличение температуры, как важнейшего экологического фактора для развития водных биоресурсов.

Рассмотрим 2015, 2016 годы, как близкие по температурным средним условиям, с позиций нереста. Температура воды 6-8°C отмечалась во второй декаде апреля. Это температура начала нереста щуки, окуня, язя, жереха, в след за которыми при температуре 8-10°C идут на нерест плотва, синец, судак. У щуки были зафиксированы отдельные особи, которые отнерестились в более поздние сроки при температуре воды 11-14°C [15]. Нерест леща в 2015 г. на Куйбышевском водохранилище прошел во второй половине мая, при температуре воды +16-18 °C [14, 15]. Нерест сома наблюдался в конце мая и в первых числах июня при температуре воды +18 - 20°C. Нерест рыб в Куйбышевском водохранилище в 2015 году практически у всех видов был достаточно эффективным. Время нерестовых температур составило - со второй декады апреля до первых чисел июня.

Зимовка рыбы на Куйбышевском водохранилище в сезон 2015–2016 гг. прошла резких сбросов. Заморные явления не были зафиксированы. В целом, естественное воспроизводство в весенне-летний период 2016 г. было оценено как эффективное [14, 15].

Весенний нерестовый период 2017 г. характеризовался устойчивым, без резких колебаний, оптимальным для нереста и развития икры и молоди основных промысловых видов рыб уловным режимом (рис.8, 10). По температурному фактору было отмечено полутора-двухнедельное отставание от среднегодовых значений температур воды для этого периода (рис.14). Период нерестовых температур (рис.14) отмечался с мая - на 20 и более дней позже. Этот год (рис. 14) по температурному фактору является уникальным за последние 20 лет. Зимовка рыбы в 2017 г. на Куйбышевском водохранилище прошла при ровной сработке уровня воды, были зафиксированы единично заморные явления в отшнуровавшихся от основной акватории водохранилища водоемах [16].

2019 год характеризовался как относительно маловодный (рис.5-8). В мае отмечены как суммарный максимальный (1.05.2019), так и минимальный (26.05.2019) сбросы. В начале мая уровень воды в водохранилище упал до отметки в 49,93 м БС, а побережья с потенциальными нерестилищами фитофильных видов рыб были практически полностью осушены. До резкого падения уровня воды в водохранилище в начале мая начало нереста было отмечено только у окуня. Мониторинг береговой линии показал, что в этот период пригодных нерестилищ для фитофилов отмечалось мало и стада производителей многих видов вынуждены были уйти в русловую часть [19]. Самки щуки в уловах были с икрой, не подверженной резорбции. К 17 мая в связи с низким уровнем воды, нерест основных промысловых видов рыб Куйбышевского водохранилища еще не начинался. И только с 26 мая после прогрева воды за счет существенного потепления атмосферного воздуха и повышения уровня воды до отметки 51,60 м БС, затопления нерестовых участков стал отмечаться нерест многих рыб, который массово продолжался до 17 июня. В этот период икру отложили лещ, синец, карась, сазан, густера, судак, уклейка, красноперка и др. Поскольку самые предпочтительные заливные части водоема с мягкой прошлогодней растительностью остались не затопленными, вынужденными местам нереста рыб стали участки с плохо используемым нерестовым субстратом. В связи с этим отмечена не высокая эффективность размножения рыб [19].

Уровенный (рис.6-8) и температурный (рис.14) режимы Куйбышевского водохранилища в течение 2021 г. находились в оптимальных границах для воспроизводства и нагула рыб по [20]. Температуры начала нереста отмечались в начале апреля, а сброс вод был осуществлен 1 мая. К началу мая нерест щуки практически завершился и в уловах в

основном встречались уже отнерестившиеся особи. Нерест в центральной части Куйбышевском водохранилища основных промысловых рыб – фитофилов (лещ, сазан, карась, синец, густера) прошел массово и дружно в короткие сроки при синхронном повышении уровня воды и ее прогрева с 8 по 13 мая. В Мешинском заливе Куйбышевского водохранилища у окуня начало нереста было зафиксировано 4 мая, массово рыбы в уловах с текучей икрой встречались 5-6 мая, а последняя текучая самка была отмечена 13 мая. У берша и судака нерест начался 12 мая при температуре 19 °С [20]. В целом сложившиеся условия в 2021 г по [20] на водоемах способствовали эффективному естественному воспроизводству водных биоресурсов и дальнейшему благополучному нагулу молоди основных промысловых видов рыб.

Особое внимание можем обратить на сообщения о гибели рыбы. Так массовая гибель карася серебряного, ерша была зафиксирована с 5 по 20-е числа августа 2016 г в районе г.Казань. Гибель рыб была связана с аномально высокими температурами воды (рис.14) на мелководьях и массовым развитием цианобактерий (рис.16).



Рис. 16. «Цветение» воды в Куйбышевском водохранилище в августе. *Fig. 16. "Flowering" of water in the Kuibyshev reservoir in August.*

В настоящее время наблюдается процесс ускорения эвтрофирования мелководных участков Куйбышевского водохранилища. Это проявляется как в «цветении» воды, так в резкой вариабельности содержания кислорода в воде, особенно, в придонном слое и в смертности рыб (а в реальности и других гидробионтов) в периоды «заморных» явлений. Общей причиной этих явлений стало сочетание факторов:

- ✓ поступление биогенных веществ в водоемы;
- ✓ изменение климатических характеристик, которые привели ускорению проявлений эвтрофирования, как за счет удлинения вегетационного сезона, так и за счет увеличения хорошо прогреваемых мелководных зон при снижении скорости движения воды и увеличения застойных зон. На отдельные внешние проявления эвтрофирования влияют такие неуправляемые факторы как количество ясных солнечных дней, которые провоцируют появление токсических свойств у ряда видов цианобактерий [24-26].

- ✓ Бурное развитие водорослей на фоне высокой температуры приводило к заморным явлениям (снижению содержания кислорода в предутренние часы до значений, близких к «0»). При этом в дневные часы содержание кислорода было высоким.

Таким образом, изменение внешних климатических условий приводит к проявлению негативных свойств цианобактерий [24, 26], не проявлявшихся ранее в таких масштабах на территории республики. Практически по рыбохозяйственным стандартам территория из II-III рыболовной зоны переходит в такие годы фактически в IV-V рыболовные зоны, для которых характерны подобные процессы. В реальной практике с цветением воды в южных водохранилищах удастся бороться только с помощью растительноядных рыб, в первую очередь, с помощью белого толстолобика – потребителя фитопланктона. Мелиоративный эффект от использования растительноядных рыб чрезвычайно велик: для прироста 1 кг массы тела растительноядные рыбы съедают 20-30 кг водорослей. При этом толстолобики способны потреблять без вреда для себя и сине-зеленые водоросли (цианобактерии).

В акватории Куйбышевского водохранилища в районе н.п. Займище (рис.11) гибель молоди карповых рыб, окуня и щуки отмечалась в начале апреля 2017 г. Проведенное нами обследование выявило, что рыба умерла до сработки уровня в апреле и связана с заморными условиями в мелководном заливе в зимний период и снижением уровня воды в зимний период.

В Ульяновской области 17 июня 2019 г. отмечалась гибель рыбы в заливах Куйбышевского водохранилища на реке Волга преимущественно ерша и окуня [21]. В декабре 2021 г в Самарской области зафиксировали массовую гибель рыбы на Волге [22], в этой же информации сообщается, что в конце лета волжские берега были практически усыпаны мертвой рыбой в том же районе. 31.07.2021 г. в районе г. Самара отмечена массовая гибель рыбы: «жертвами замора» называются окунь, плотва, щука, лещ, верховка и язь, причиной гибели рыбы во всех случаях по [23], послужили природные явления, в том числе, низкое содержание растворенного в воде кислорода.

Еще в 2003 г. отмечалось [23], что в местах сильной антропогенной нагрузки в Куйбышевском водохранилище отмечается тенденция к увеличению «локальных катастроф» с формированием в структуре гидробиоценозов сообществ с малым числом доминант, сходных с сообществами начального этапа формирования бентоса. Такой тип сообществ формируется на базе сильно заиленных грунтов в условиях пониженного содержания кислорода и избыточного количества «мертвого» органического вещества, утилизируемого сапрофитными бактериями. В этих случаях отмечается гибель первичноводного макрозообентоса и формирование новых группировок из вторичноводных представителей [25, 26]. Практически регулярная гибель рыбы на разных участках водохранилища при сочетании таких факторов как низкий уровень воды и высокая температура создают предпосылки для «локальных катастроф» на уровне ихтиоценозов, следовательно, площадь «локальных катастроф» расширяется в связи с климатическими изменениями. В этих случаях смертность рыбы является механизмом освобождения экосистемы от избыточного органического вещества, а смертность мелкого членика косвенно свидетельствует о высокой численности малоценной и сорной рыбы, численность которой необходимо снижать.

Среди Целей в области устойчивого развития (ЦУР) [29] – задача 14.4 – положить конец перелову морских рыбных запасов, и одним из способов решения является управление водными биоресурсами внутренних водоемов.

Заключение (Conclusions)

В работе проведен анализ современного состояния гидрологического режима Куйбышевского водохранилища за последний период, влияющего на состояние ихтиоценоза.

Средний уровень воды в Куйбышевском водохранилище за последний период колебался от 50,34 до 52,31 м (рис.5) при НПУ – 53,00 м БС, УМО – 45,5 м. Как видно, из представленных на рис.4 данных минимальные уровни в Куйбышевском водохранилище отмечались с марта по май. По средним уровням (рис.5) в Куйбышевском водохранилище маловодные годы – 2010, 2011, 2017 и 2021 и многоводные – 2013 - 2016, 2018 и 2020.

Проведенный анализ динамики изменения максимальных и минимальных уровней воды в Куйбышевском водохранилище на современном этапе выявил следующие происходящие изменения:

- минимальный зафиксированный уровень воды (48,16 м) отмечен в январе (2011г.), в конце XX столетия минимальные уровни фиксировались в марте - апреле и они были ниже на 1-1,5 м при летней сработке и на 2,5 – 3,5 м в зимний период;
- подъем уровня приходится на апрель, в то время как раньше он приходился на май. Продолжительность периода высокой воды (около 53 м) увеличилась до 4 мес;
- максимальные уровни воды – около 53 м – отмечаются чаще, высокие уровни воды стали отмечаться и во второй половине лета и осенью;
- в январе и феврале отмечались низкие уровни, которые не фиксировались в предыдущие периоды;
- в декабре уровни воды отмечаются около 50 м, в то время как ранее уровень наиболее часто был выше 51 м.

В Куйбышевском водохранилище среднемноголетнее значение водности года характеризуется приходом 254 км³ воды по [1, 2]. В рассматриваемый период приходы 240 км³/год и менее, характерные для маловодных лет отмечались в 2009, 2010, 2011, 2014, 2015, 2021 гг. Приходы 311 км³/год и более, характерные для многоводных лет не были отмечены. Остальные годы (2007, 2008, 2012, 2013, 2016-2020) характеризуются средней водностью. Сравнивая величины притоков воды по [1, 2] с величинами, характеризующими современный период, можно отметить сокращение вариабельности значений суммарного притока воды в водохранилище. Учитывая совокупность характеристик по средним уровням и приходам воды к маловодным годам, можно отнести 2010, 2011, 2021, к годам со средней водностью -2007-2009, 2012-2020, а многоводных лет в этот период не было.

Полный и полезный объемы водохранилища по [1,2] составляют соответственно 57,3 км³ и 33,9 км³. В период 2007-2022 гг. в целом отмечается достаточно высокая водность водохранилища, минимальный объем в водохранилище отмечен в зимний период 2010-2011 гг. – 36,14 км³, максимальный объем – 57,66 км³ в зимний период 2019-2020 гг. Максимальные сбросы воды осуществляются в основном во второй половине апреля и начале мая. Минимальные сбросы осуществляются в разные периоды.

Анализ гидрологических характеристик показывает, что в совокупности сбросы воды и изменения уровня режима водохранилища характеризуются межгодовыми и внутригодовыми колебаниями, которые отражаются на режиме воспроизводства рыб в Куйбышевском водохранилище. Наиболее уязвимыми видами рыб являются фитофилы, для которых характерно использование для нереста мелководий с растительной компонентой. Если проводить сброс воды до начала нереста ранненерестующих рыб – фитофилов, то икра будет отложена на вновь сформировавшихся мелководных участках после подъема уровня. Если же сброс воды осуществляется после нереста, то икра погибает на осушенных береговых участках. Для эффективного нереста фитофилов необходимо сочетание таких факторов среды как устойчивость уровня режима и соответствующая температура воды.

В работе проведен анализ изменения температур в рассматриваемый период. Показано, что количество дней с температурой воздуха выше 15°C, характеризующей рыбоводную зону, варьирует в разные годы последнего периода от 71 дня (2017 г.) до 133 дней (2020 г.). Сравнивая количество дней с температурой воздуха выше 15°C в 2001-2011 гг. с современной ситуацией, обращает на себя внимание не только потепление по сравнению с периодом 80-90-х лет XX столетия, но и относительное снижение температур в настоящее время по сравнению с началом XX столетия (переход из II-III рыбоводной зоны в IV-V). Анализ изменения температуры подтверждает относительное увеличение температуры, как важнейшего экологического фактора для развития водных биоресурсов. В настоящее время наблюдается процесс ускорения эвтрофирования мелководных участков Куйбышевского водохранилища. Это проявляется как в «цветении» воды, так в резкой вариабельности содержания кислорода в воде, особенно, в придонном слое и в смертности рыб.

Регулярная гибель рыбы на разных участках водохранилища при сочетании таких факторов как низкий уровень воды и высокая температура создают предпосылки для «локальных катастроф» на уровне ихтиоценозов, площадь «локальных катастроф» расширяется в связи с климатическими изменениями. В этих случаях смертность рыбы является механизмом освобождения экосистемы от избыточного органического вещества, а смертность мелкого частика косвенно свидетельствует о высокой численности малоценной и сорной рыбы, численность которой необходимо снижать.

Литература

1. Водохранилища мира. М.: Наука, 1979.- 287 с.
2. Куйбышевское водохранилище (научно-информационный справочник) / Отв. ред. Г.С. Розенберг, Л.А. Выхристюк. - Тольятти: ИЭВБ РАН, 2008. 123 с.
3. Боровкова Т.Н., Никулин П.И., Широков В.М. Куйбышевское водохранилище. Куйбышев: Кн. изд-во, 1962. 89 с.
4. Буторин Н.В. Особенности гидрологических процессов в мелководных зонах равнинных водохранилищ // Водные ресурсы. 1986. № 2. С. 3-10.
5. Дзюбан Н.А. О районировании Куйбышевского водохранилища // Бюл. ИБВВ АН СССР. 1960. № 8-9. С. 53-56.
6. Калайда М.Л. История и перспективы развития рыбного хозяйства Татарстана.- Казань: Изд-во «Матбугат йорты», 2001.- 96 с.
7. Калайда М.Л. Задачи развития аквакультуры в Республике Татарстан на современном этапе/ Рыбоводство и рыбное хозяйство, 2017, №8(139).-С.8-17.
8. Слынько Ю.В., Терещенко В.Г. Рыбы пресных вод Понто-Каспийского бассейна (Разнообразие, фауногенез, динамика популяций, механизмы адаптаций).М.: Изд-во ПОЛИГРАФ-ПЛЮС.2014.328 с.
9. Лукин А.В., Смирнов Г.М., Платонова О.П. Рыбы Среднего Поволжья.- Казань, 1971.- 85 с.
10. Лукин А.В. Основные этапы формирования ихтиофауны и состояние запасов рыб//Экологические особенности рыб и кормовых животных Куйбышевского водохранилища.- Казань, 1986.- С.60-67.
11. Сборник нормативно-технологической документации по товарному рыбоводству, том 1/ Под ред. Н.Г. Ланда. - М.: Агропромиздат, 1986. - 261 с.

12. М. Гордеева, М. Калайда Комплексная оценка состояния экосистемы озер. Урбанизированные территории. LAP LAMBERT Academic Publishing (OmniScriptum GmbH & Co. KG), Saarbrücken, Germany/ Германия .2015, 228 с.
13. Marina Kalaida, Maria Gordeeva. Features of the physical and chemical characteristics of water of energy facilities for aquaculture tasks E3S Web of Conferences 288, 01049 (2021) SUSE-2021 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128801049>
14. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДОКЛАД О СОСТОЯНИИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОБ ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН В 2015 ГОДУ [электронный ресурс]: https://eco.tatarstan.ru/file/pub/pub_2400411.pdf (Дата обращения: 10.02.23)
15. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДОКЛАД О СОСТОЯНИИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОБ ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН В 2016 ГОДУ [электронный ресурс]: https://eco.tatarstan.ru/file/pub/pub_1007315.pdf (Дата обращения: 10.02.23)
16. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДОКЛАД О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2017 году О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2017 году [электронный ресурс]: https://eco.tatarstan.ru/file/pub/pub_1441202.pdf (Дата обращения: 10.02.23)
17. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДОКЛАД О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2018 году году [электронный ресурс]: https://eco.tatarstan.ru/file/pub/pub_1928270.pdf (Дата обращения: 10.02.23)
18. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДОКЛАД О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2019 году году [электронный ресурс]: https://eco.tatarstan.ru/file/pub/pub_2400411.pdf (Дата обращения: 10.02.23)
19. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДОКЛАД О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2020 году году [электронный ресурс]: https://eco.tatarstan.ru/file/pub/pub_2856746.pdf (Дата обращения: 10.02.23)
20. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДОКЛАД О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2021 году году [электронный ресурс]: https://eco.tatarstan.ru/file/pub/pub_3288791.pdf (Дата обращения: 10.02.23)
21. Рыбаки обратились в министерство природы и цикличной экономики Ульяновской области и сообщили о гибели рыбы в Куйбышевском водохранилище на реке Волга [электронный ресурс]: <https://ulpravda.ru/rubrics/soc/gotovim-kepki-i-panamy-pogoda-v-ulianovskoi-oblasti-18-iiunia> (Дата обращения: 10.02.23)
22. На Волге произошла массовая гибель рыбы [электронный ресурс]: <https://ktv-ray.ru/novost/na-volge-proizoshla-massovaya-gibel-ryby/93823/> (Дата обращения: 10.02.23)
23. Природная катастрофа: почему в Волге в огромном количестве гибнет рыба [электронный ресурс]: <https://progorodsamara.ru/newsv2/prirodnay-katastrofa-pocemu-v-volge-v-ogromnom-kolicestve-gibnet-ryba.html> (Дата обращения: 10.02.23)
24. Калайда М.Л. Процессы самоочищения водных экосистем и их регуляция в условиях эвтрофирования/Глобальное распространение процессов антропогенного эвтрофирования водных объектов: проблемы и пути решения. Материалы международной научно-практической конференции. - Казань, 2017. -С.4-12.
25. Калайда М. Л. , Хамитова М. Ф. Индикативные показатели эвтрофирования как элемент мониторинга водных экосистем. Бутлеровские сообщения. 2017. Т.49. №3. С.156-162. DOI: jbc-01/17-49-3-156
26. Хамитова М.Ф., Калайда М.Л. Исследование изменений гидробиологических характеристик в условиях локальных загрязнений в регионе Средней Волги.- LAP LAMBERT Academic Publishing RU (OmniScriptum Publishin Group, Saarbrücken, Germany/ Германия .2018, 310с. ISBN 978-613-9-92028-02
27. Калайда М.Л. Экологическая оценка Куйбышевского водохранилища в условиях антропогенного воздействия.-Казань: Казан.гос.энерг.ун-т, 2003. 135 с.
28. Калайда М.Л., Саетов А.Р. Водные биологические ресурсы в структуре экологических проблем энергетических объектов // *Проблемы энергетики*. 2022. Т.24. № 2. С.175-185.
29. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. // Состояние мирового рыболовства и аквакультуры, 2018. URL: <http://aquacultura.org/upload/files/pdf/library/fao/Состояние202018.pdf> (дата обращения: 20.02.2020).

Авторы публикации

Калайда Марина Львовна - профессор кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура», Казанский государственный энергетический университет.

Шарафутдинов Рамиль Гаязович - аспирант, Казанского государственного энергетического университета.

References

1. *Reservoirs of the world*. - M.: Science, 1979. 287 p.
2. *Kuibyshev reservoir* (scientific and information guide) / M. editor G.S. Rosenberg, L.A. Vykhristyuk. - Tolyatti: IEVB RAS, 2008. 123 p.
3. Borovkova T.N., Nikulin P.I., Shirokov V.M. *Kuibyshev reservoir*. Kuibyshev: pub. house, 1962. 89 p.
4. Butorin N.V. Features of Hydrological Processes in Shallow Zones of Plain Reservoirs. *Water resources*. 1986;2:3-10.
5. Dzyuban N.A. On the zoning of the Kuibyshev reservoir. *Bul. IBVV ANSSSR*. 1960;8-9:53-56.
6. Kalaida M.L. *History and prospects for the development of fisheries in Tatarstan*. - Kazan: Pub. H. «Matbugat yorty», 2001. - 96 p.
7. Kalaida M.L. Tasks for the development of aquaculture in the Republic of Tatarstan at the present stage. *Fish farming and fisheries*. 2017;8(139):8-17.
8. Slynko YV, Tereshchenko VG. *Freshwater fishes of the Ponto-Caspian Basin (diversity, faunogenesis, population dynamics, adaptation mechanisms)*. M.: Pub. h. POLYGRAPH-PLUS. 2014. 328 p.
9. Lukin A.V, Smirnov GM, Platonova OP. *Fish of the Middle Volga*. - Kazan. 1971. 85 p.
10. Lukin AV. The main stages of the formation of the ichthyofauna and the state of fish stocks. *Ecological features of fish and food animals of the Kuibyshev reservoir*. Kazan, 1986. - P.60-67.
11. *Collection of regulatory and technological documentation for commercial fish farming*. Volume 1. Edited by N.G. Landa. - M.: Agropromizdat, 1986. - 261 p.
12. Gordeeva M., Kalaida M. *Comprehensive assessment of the state of the ecosystem of lakes. Urbanized territories*. LAP LAMBERT Academic Publishing (OmniScriptum GmbH & Co. KG), Saarbrücken, Germany/ Германия. 2015, 228 p.
13. Marina Kalaida, Maria Gordeeva. *Features of the physical and chemical characteristics of water of energy facilities for aquaculture tasks* E3S Web of Conferences 288, 01049 (2021) SUSE-2021 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128801049>
14. *STATE REPORT ON THE STATE OF NATURAL RESOURCES AND ON ENVIRONMENTAL PROTECTION OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN IN 2015* [electronic resource]: https://eco.tatarstan.ru/file/pub/pub_2400411.pdf (date of the application: 10.02.23)
15. *STATE REPORT ON THE STATE OF NATURAL RESOURCES AND ON ENVIRONMENTAL PROTECTION OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN IN 2016* [electronic resource]: https://eco.tatarstan.ru/file/pub/pub_1007315.pdf (date of the application: 10.02.23)
16. *STATE REPORT On the state of natural resources and environmental protection of the Republic of Tatarstan in 2017* On the state of natural resources and environmental protection of the Republic of Tatarstan in 2017 [electronic resource]: https://eco.tatarstan.ru/file/pub/pub_1441202.pdf (date of the application: 10.02.23)
17. *STATE REPORT On the state of natural resources and environmental protection of the Republic of Tatarstan in 2018* [electronic resource]: https://eco.tatarstan.ru/file/pub/pub_1928270.pdf (date of the application: 10.02.23)
18. *STATE REPORT On the state of natural resources and environmental protection of the Republic of Tatarstan in 2019* [electronic resource]: https://eco.tatarstan.ru/file/pub/pub_2400411.pdf (date of the application: 10.02.23)
19. *STATE REPORT On the state of natural resources and environmental protection of the Republic of Tatarstan in 2020* [electronic resource]: https://eco.tatarstan.ru/file/pub/pub_2856746.pdf (date of the application: 10.02.23)
20. *STATE REPORT On the state of natural resources and environmental protection of the Republic of Tatarstan in 2021* [electronic resource]: https://eco.tatarstan.ru/file/pub/pub_3288791.pdf (date of the application: 10.02.23)

21. *Fishermen turned to the Ministry of Nature and Circular Economy of the Ulyanovsk Region and reported the death of fish in the Kuibyshev reservoir on the Volga River* [electronic resource]: <https://ulpravda.ru/rubrics/soc/gotovim-kepki-i-panamy-pogoda-v-ulianovskoi-oblasti-18-iiunia> (date of the application: 10.02.23)

22. *On the Volga there was a mass death of fish* [electronic resource]: <https://ktv-ray.ru/novost/na-volge-proizoshla-massovaya-gibel-ryby/93823/> (date of the application: 10.02.23)

23. *Natural disaster: why fish are dying in huge numbers in the Volga* [electronic resource] <https://progorodsamara.ru/news2/prirodnaya-katastrofa-pocemu-v-volge-v-ogromnom-kolicestve-gibnet-ryba.html> (date of the application: 10.02.23)

24. Kalaida ML. *Processes of self-purification of aquatic ecosystems and their regulation under conditions of eutrophication//Global distribution of processes of anthropogenic eutrophication of water bodies: problems and solutions*. Materials of the international scientific and practical conference. Kazan, 2017.-P.4-12.

25. Kalaida ML. Khamitova MF. Indicative indicators of eutrophication as an element of monitoring of aquatic ecosystems. *Butlerov communications*. 2017;49(3):156-162.

26. Khamitova MF, Kalaida ML. *Study of changes in hydrobiological characteristics under conditions of local pollution in the region of the Middle Volga*. LAP LAMBERT Academic Publishing RU (OmniScriptum Publishin Group, Saarbrücken, Germany/ Германия .2018, 310p. ISBN 978-613-9-92028-0

27. Kalaida ML. *Environmental Assessment of the Kuibyshev Reservoir under the conditions of anthropogenic impact*. Kazan: KSPEU, 2003.-135 p.

28. Kalaida ML, Saetov AR. Aquatic biological resources in the structure of environmental problems of energy facilities. *Energy problems*, 2022;24(2):175-185.

29. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *The State of World Fisheries and Aquaculture*, 2018. [electronic resource]: <http://aquacultura.org/upload/files/pdf/library/fao/Состояние202018.pdf> (date of the application: 20.02.2020).

Authors of the publication

Marina L. Kalaida - Kazan State Power Engineering University.

Ramil G. Sharafutdinov - Kazan State Power Engineering University.

Получено 01.02.2023г.

Отредактировано 08.02.2023г.

Принято 15.02.2023г.