



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра прикладной океанографии
и комплексного управления прибрежными зонами**

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

**На тему «Оценка влияния изменения климата на Куйбышевское
водохранилище»**

Исполнитель _____ Уливанова Анна Геннадьевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____ к.г.н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

_____ Гордеева Светлана Михайловна
(фамилия, имя, отчество)

**«К защите допускаю»
И.о. заведующего кафедрой**



(подпись)

кандидат географических наук
(ученая степень, ученое звание)

_____ Хаймина Ольга Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

«16» 02 2026 г.

Санкт-Петербург
2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. Климатическая характеристика Куйбышевского водохранилища.....	5
2. Научные исследования климатических изменений на Куйбышевском водохранилище.....	9
3. Материалы и методы исследования	13
3.1 Материалы исследования	13
3.2 Методы исследования	13
4. Изменения гидрометеорологических характеристик на Куйбышевском водохранилище	15
4.1 Анализ температуры воды и воздуха на Куйбышевском водохранилище	19
5. Изменения в ледовом режиме Куйбышевского водохранилища.....	27
6. Анализ уровня воды	31
7. Куйбышевское водохранилище в системе КУПЗ	39
7.1 Оценка гидрохимических показателей на Куйбышевском водохранилище в 2023 г.	42
7.2 Ихтиологические исследования на Куйбышевском водохранилище в 2024 году	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	52
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	55
ПРИЛОЖЕНИЯ	58

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в условиях изменения климата возрастает актуальность проблемы эвтрофирования Куйбышевского водохранилища, одним из последствий которого является массовое развитие сине-зеленых водорослей. Увеличение антропогенной нагрузки при влиянии глобальных природных факторов привело к ухудшению качества воды водохранилища, которое имеет важное хозяйственно-питьевое значение, а также используется в рекреации и рыбном хозяйстве. Для последнего существенно содержание растворенного кислорода в воде, на формирование которого, по данным современных исследований, также влияет бурное развитие цианобактерий.

Антропогенное воздействие на водохранилище, в том числе на его береговую зону включает гидротехническое и прибрежное строительство, сельское хозяйство, судоходство, поступление сточных вод и др. Все эти факторы необходимо учитывать при разработке основ рационального природопользования, которые должны включать комплексную оценку воздействия производства на природную среду и ее ответные реакции. Особенно важно принятие целесообразных решений по использованию природных ресурсов в условиях глобальных климатических перемен.

Учитывая многоцелевое назначение реки Волги, был разработан национальный проект «Оздоровление Волги», как одно из направлений федерального проекта «Экология». Приоритетными задачами которого является снижение антропогенной нагрузки путем модернизации очистных сооружений, снижения объема неочищенных сточных вод, борьба с сине-зелеными водорослями и др. Все эти проблемы актуальны не только для Куйбышевского водохранилища, но для многих водоемов России, в том числе и морей, таких как Балтийское, Черное, Азовское и др.

Цель данной работы состоит в исследовании изменений термического режима Куйбышевского водохранилища и их влияния на его природно-

ресурсный потенциал, который является важным элементом экономического развития региона.

В задачи исследования входит всесторонний анализ рядов температуры поверхности воды и атмосферы Куйбышевского водохранилища, гидрохимических показателей, разработка методологии комплексного управления прибрежной зоной, как объекта хозяйственной и экономической деятельности, также будет описан анализ данных с экспедиции 2023 г по водохранилищу на ЭС «Биолог», где были исследованы такие химические и биологические показатели как кислород методом Винклера, БПК, хлорофилл «а», взвешенные вещества.

Объектом исследования, как уже говорилось, выступает Куйбышевское водохранилище, на примере которого будет рассмотрено как влияют глобальные изменения климата на региональный водные объекты.

Методы исследования включают в себя статистические методы обработки и анализа гидрометеорологической информации, в основе которых лежит теория вероятностей и математическая статистика. Структура работы включает в себя 7 разделов, введение, заключение, список литературы и приложения.

1. Климатическая характеристика Куйбышевского водохранилища

Куйбышевское водохранилище образовано в 1957 году после создания комплекса гидротехнических сооружений Волжской ГЭС им. В.И. Ленина и осуществляет основное регулирование стока на Средней Волге. Оно расположено на территории Среднего Поволжья и входит в единую глубоководную систему судоходного пути Европейской части России. В географическом плане водохранилище представляет ряд озеровидных расширений, соединенных узкостями, наибольшая ширина 27 км, глубина – 50 метров, общая длина 510 км (рисунок 1).

Простирается Куйбышевское водохранилище с севера на юг от г. Чебоксары до г. Тольятти и с запада на восток от г. Чебоксары до г. Набережные Челны. Долина водохранилища на всем протяжении имеет ярко выраженный ассиметричный характер. Правый берег высокий, склон крутой, местами обрывистый. На правом берегу находятся Жигулевские горы, которые изрезаны глубокими и узкими оврагами, похожие на горные ущелья. Самые высокие горы долины – Хвалынские, 384 метра. Левый берег водохранилища сравнительно низкий и не превышает 100 метров.

В водохранилище впадает 11 рек с площадью водосбора свыше 2240 км². Долины рек Волги и Камы (самого крупного притока) являются основными границами физико-географических зон. Куйбышевское водохранилище находится на территории, где выделено две провинции лесной зоны, три провинции лесостепной зоны и провинция степной зоны.

Комплексное изучение гидрометеорологического режима водохранилища началось в 1955 году, когда была организована специальная Тольяттинская гидрометеорологическая обсерватория. Одновременно с ней, в первые годы, исследованием также занимались: Институт биологии внутренних вод, Московский государственный университет, Гидропроект, Государственный гидрологический университет, Институт водных проблем и др.



Рисунок 1 – Расположение постов на Куйбышевском водохранилище

Формирование климата Среднего Поволжья, где находится водохранилище происходит под влиянием двух факторов:

- воздействие со стороны Атлантического океана и континента Азии;
- местные процессы трансформации воздушных масс.

С одной стороны западные воздушные течения приносят влагу и смягчают климат Среднего Поволжья, с другой – сказывается влияние Азиатского материка в сторону усиления континентальности климата. Который зимой определяется сильными морозами, а летом – суточными колебаниями темпера-

тур. Важное значение в формировании климата Среднего Поволжья имеют южные черноморские и каспийские циклоны, вызывающие в любое время года обильные осадки.

Куйбышевское водохранилище является водоемом многоцелевого назначения, оно осуществляет сезонное, недельное и суточное регулирование стока р. Волги. Оно для Средней и Нижней Волги является основным регулятором сезонного водного стока.

Куйбышевское является достаточно крупным водохранилищем, которое оказывает заметное влияние на температуру воздуха, например, весной на акватории она ниже, чем на береговых станциях и может отличаться на 1,5°C. Осенью водохранилище оказывает на прибрежную часть отепляющее действие.

По материалам гидрометеорологических наблюдений над акваторией водохранилища зимой при процессах зонального переноса воздуха циклоны чаще перемещаются с запада на восток по центральным районам Европейской территории России. Влагонесущими и метелевыми являются циклоны,двигающиеся через Среднее Поволжье в направлении юго-запада на северо-восток. С ними связано самое большое выпадение снега. Из меридиональных процессов существенное влияние оказывают циклоны, которые смещаются с северо-запада на юго-восток. Зимой могут быть также и процессы антициклонического характера, с почти полным отсутствием осадков. Большая изменчивость атмосферных процессов может приводить к резким колебаниям метеорологических характеристик. С приходом весны, в марте, господствуют атмосферные процессы зимнего характера, и сохраняется неустойчивая погода, апрель является переходным – от холодного времени года к теплomu.

Летом циркуляционный режим проявляется увеличением процессов, определенных зональной циркуляцией. В летние месяцы в среднем отмечается 10-12 дней с дождями. Самым теплым является месяц июль.

Куйбышевское водохранилище имеет обширную площадь водного зеркала, с его образование произошли некоторые изменения в ветровом режиме примыкающей к нему территории. В настоящее время над территорией водо-

хранилища в холодный период преобладают ветры южной четверти, в теплое время года – ветры западной четверти. Ветровой поток на побережье и над акваторией водохранилища изменяется по-разному. На него влияет подстилающая поверхность водоема и суши, изрезанность береговой линии, чередование плесов и узкостей, различие высот берегов. Также обнаруживается, что на правом берегу доминирует повторяемость юго-западных ветров, а на левом почти одинаковая повторяемость юго-западных, западных и северо-западных направлений.

Годовой ход уровня воды водохранилища зависит от притока и стока воды из него. Соотношение расходной и приходной части водного баланса не постоянно и имеет сезонный период регулирования. Основное влияние на режим уровня воды оказывают вышележащие водохранилища и работа Куйбышевского гидроузла, которые создают колебания различной периодичности. Также, дополнительное влияние вносят различные морфологические и гидрометеорологические особенности, а также сгонно-нагонные явления.

Температура воды на поверхности водохранилища подвержена воздействию гидрометеорологических факторов, поэтому она сильно меняется во времени и пространстве. Глубиной водоема в значительной мере определяется степень этой изменчивости. В общих чертах ход температуры воды следует за ходом температуры воздуха, при этом колебания температуры воды происходят более плавно и несколько отстают по времени от хода температуры воздуха [1].

2. Научные исследования климатических изменений на Куйбышевском водохранилище

В настоящее время есть достаточно много научных исследований на тему глобальных климатических изменений и их влияния на различные экосистемы Куйбышевского водохранилища, поскольку оно является крупнейшим водохранилищем в Евразии, на берегах которого проживают десятки тысяч человек. Водохранилище имеет многоцелевое значение и используется для судоходства, хозяйственно-питьевого водоснабжения, выработки электроэнергии, ирригации, рекреации и рыболовства.

Научно-исследовательские работы гидрологического и гидрохимического режимов начались на биологической станции, в год создания водохранилища, в 1957 году.

На сегодняшний день комплексным изучением водохранилища занимаются ряд научных институтов, расположенных по его берегам. Они изучают гидрохимические показатели, физику и динамику вод, моделируют различные процессы, в том числе и температурный режим. Первоначально использовались наблюдения сети береговых станций и постов, плавучих гидрометеостанций, экспедиционных данных, с развитием спутниковых и компьютерных технологий стали применяться математическое моделирование и дистанционные методы зондирования, на основе которых анализируется гидрологическая ситуация, а также строятся прогнозы на будущее.

Температурному режиму Куйбышевского водохранилища посвящено много научных статей, а также докладов и тезисов для конференций. Например, есть ряд статей, посвященных повышению температуры воды Куйбышевского водохранилища и связанных с этим проблемах, написанных сотрудниками Института экологии волжского бассейна. В них представлена современная количественная оценка изменения температуры по сравнению с историческим периодом (1957-1980 гг.) [2] и показано, что Куйбышевское водохранилище стало быстрее нагреваться и медленнее охлаждаться. Также обсуждается каким обра-

зом эти изменения влияют на качество воды. Одними из последствий может быть ухудшение кислородного режима в следствии бурного развития цианобактерий, что замедляет процессы самоочищения и может приводить к замору рыб, а также к эвтрофикации. При этом автор пишет, что недостаточно исследований посвящено влиянию потепления на экологическое состояние равнинных водохранилищ, в том числе и Куйбышевского.

В заключении автор приходит к выводу, что глобальное потепление трансформирует термический режим Куйбышевского водохранилища и происходит смещение температурных границ осенью и весной и увеличивается продолжительность теплого периода [2].

В другой своей статье [3] Селезнев В. А. анализирует зону температурного оптимума (ЗТО) (с 2016 по 2021 года), для массового развития цианобактерий именно на Куйбышевском водохранилище. Такая ЗТО наблюдалась, когда летняя температура поверхностного слоя воды переходила через значение 22° С. Однако, степень интенсивности, продолжительность, даты начала и окончания ЗТО существенно изменялись и зависели, в основном, от температуры воздуха.

Группа ученых из института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН в исследованиях посвященных кислородному режиму водохранилищ Волги в 2015-2016 годах, также изучала термическую структуру в эти годы. В 2015 году температура воды Куйбышевского водохранилища была ниже нормы на 1,5° С, а в 2016 году была близка к норме, в отличие от других водохранилищ Волги и Камы, где наблюдался существенный прогрев [4]. В этой же работе проанализирована температура в поверхностном и придонном слое, применительно к Куйбышевскому водохранилищу – наблюдалась фактическая гомотермия, исключая приплотинный участок в черте г. Тольятти.

Исследования показателей режима работы Куйбышевского водохранилища за последние 15 лет, проведенные Казанским государственным энергетическим университетом [5], выявили относительное увеличение температуры воды, в связи с чем наблюдается ускорение эвтрофирования на мелководных участках. Регулярная гибель рыбы на разных участках 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.

Ученые Шакирова Ф. М, Северов Ю. А. и др. провели исследование как уровень воды в Куйбышевском водохранилище влияет на естественное воспроизводство рыб с 2011 по 2020 гг. Определен наилучший гидрологический режим в период размножения и нагула фитофильных видов. Выявлено, что начальным показателем эффективности размножения рыб является численность в водоеме личинок. Уровень воды в весенний период играет важную роль для эффективного нереста фитофильных видов рыб, тогда как для пелагофильных видов он не столь существенен. Установлено, что высокую эффективность нереста обеспечивает и наиболее благоприятен для эффективного размножения фитофильных видов рыб первый тип уровня режима воды, характерный для 2013 и 2020 гг. Высокоурожайным для плотвы является 2013 г., а для леща – 2013 и 2016 гг. Он характеризуется заполнением водохранилища в апреле–мае с превышением НПУ (53 м) и незначительной сработкой уровня воды до самого ледостава. При низком уровне воды весной (второй и третий типы уровня режима воды) создаются неблагоприятные условия для нереста большинства видов рыб Куйбышевского водохранилища, являющихся фитофилами. Четвертый тип уровня режима, когда заполнение водоёма до НПУ происходит уже после окончания нереста рыб, обычно в конце июня, а осенью отмечается лишь небольшая сработка уровня воды, обеспечивает лишь нормальную зимовку молоди рыб в водохранилище [6].

Во втором оценочном докладе [7] 2014 говорится, что годовой приток к водохранилищам Волжско-Камского каскада (ВКК), частью которого является Куйбышевское водохранилище, из-за увеличения осадков в бассейне Волги в последние три десятилетия увеличился на 8—26%, а зимний вследствие повышения температуры воздуха — на 70—120%. В результате суммарная выработка электроэнергии девятью ГЭС ВКК увеличилась на 13%. Увеличилась также обеспеченность навигационных уровней воды в верхних бьефах гидроузлов

ВКК. Таким образом, произошедшие изменения климата были благоприятными для выработки электроэнергии на ВКК. Оценки возможных изменений притока в водохранилища Волжско-Камского каскада с использованием перспективных оценок будущего климата показали, что ожидаемое увеличение годового притока к этим водохранилищам сравнимо с уже произошедшими изменениями за последние десятилетия.

Ожидаемое повышение температуры воздуха зимой позволяет полагать, что наблюдающийся в последние десятилетия увеличенный в зимний период приток в водохранилища ВКК сохранится и в ближайшие 20—30 лет.

Также в докладе говорится о необходимых методах адаптации, например, пересмотре правил управления водными ресурсами водохранилищ и каскадов для создания оптимальных условий регулирования стока с учетом запросов всех водопользователей и при минимизации возможных негативных экологических и социальных последствий.

В третьем оценочном докладе [8] 2022 года экспертами отмечается увеличение летне-осеннего и зимнего притока в водохранилищах Волги в последние десятилетия, а также его уменьшение в период весеннего половодья. Причиной таких изменений является глобальные изменения климата. Одной из проблем является то, что большинство водохранилищ страны регулируется по устаревшим правилам использования. Так, для водохранилищ Волжско-Камского каскада эти правила разработаны в начале 1980-х годов и не учитывают изменений в режиме притока речных вод, произошедших в последние 40 лет.

Таким образом, Куйбышевское водохранилище является крупным объектом водохозяйственной деятельности, состояние которого имеет большое практическое значение. Необходимо всестороннее изучение того, как функционируют его различные системы в условиях климатических изменений.

3. Материалы и методы исследования

3.1 Материалы исследования

Для оценки гидрометеорологического режима водохранилища были взяты среднемесячные и годовые значения гидрометеорологических характеристик с 1958 по 2024 гг. Исследовались следующие характеристики:

- температура воды;
- температура воздуха;
- уровень воды;
- сбросы Жигулевской ГЭС;
- ледовые явления.

Данные о температуре воздуха и воды на огп. Тольятти, сбросах, уровня воды на постах, ледовые явления были предоставлены Тольяттинской гидрометеорологической обсерваторией. Под сбросами имеется в виду, общий объем воды, сбрасываемый Жигулевской ГЭС, включая сброс при шлюзовании в навигационный период.

Гидрохимия и ихтиология были исследованы на основе экспедиционных данных по Куйбышевскому водохранилищу ИЭВБ РАН – филиала СамНЦ РАН в 2023 и 2024 гг. соответственно.

3.2. Методы исследования

В работе производятся расчеты с помощью табличного процессора Microsoft Excel. Для всех гидрометеорологических характеристик рассчитывались следующие описательные статистики [9]:

- среднее арифметическое значение, которое характеризует центр тяжести исследуемой характеристики;
- минимальные и максимальные значения;
- коэффициент вариации (С) – безразмерная величина, показывающая изменчивость характеристики в анализируемой выборке

- асимметрия – определяет симметричность ЭФР относительно среднего значения

- медиана – определяет значение признака, который находится на середине ранжированного ряда

- эксцесс - характеризует островершинность распределения

- коэффициент корреляции r , который использовался для характеристики степени тесноты линейной зависимости, а также оценки значимости тренда. Коэффициент корреляции оценивался на значимость по критерию Стьюдента при уровне значимости 5%.

4. Изменения гидрометеорологических характеристик на Куйбышевском водохранилище

Создание каскада водохранилищ резко изменило режим реки. В основной части водохранилищ вода стала практически стоячая, т.к. был перераспределен её сток. Скорость реки была сведена до минимума, были сдержаны высокие и длительные половодья, уровень которых теперь держится в течение всего лета и срабатывается зимой, образуя низкую межень. Прекратилось формирование пойм рекой, исчезли заливные луга. Изменилось количество наносов продуктов эрозии и смыва, они превратились в донные осадки, а не в плодородную почву пойм. Срок навигации судов и передвижение рыбы в реке ограничился работой шлюзов. Волжские села были перенесены в безопасные от подтопления места. С момента заполнения водохранилища часть свободной энергии реки стала использоваться человеком для получения электроэнергии, другая часть энергии проявилась в волновом движении, вместо того чтобы расходовать энергию на изменение дна, русла и переноса твердых частиц как это было изначально в реке. В водохранилище волны стали интенсивно разрушать и перерабатывать берега реки, формируя его чашу [10].

Гидрологический режим водохранилища сильно отличается от режима незарегулированной реки, поэтому так важно заниматься мониторингом гидрологических параметров.

Для описанных в п.3 исходных данных с 1958 по 2024 гг были рассчитаны статистические параметры поста Тольятти, которые представлены в таблице 4.1.

Коэффициент вариации для всех характеристик показывает небольшую изменчивость во времени, в пределах 22 %. Ни одна из характеристик не соответствует нормальному закону распределения, хотя медиана примерно равна среднему, но асимметрия и эксцесс в большинстве случаев по модулю больше 0,25.

Таблица 4.1 – Данные статистических параметров среднегодовых гидрометеорологических характеристик в Тольятти с 1958 по 2024 гг.

Статистические параметры	Температура воды, °С	Температура воздуха, °С	Уровень воды гп. Тольятти, см	Сбросы ГЭС, м ³
Среднее	14.5	5.6	51.20	7712
Максимум	18.1	8.0	52.31	10431
Минимум	10.7	2.4	49.50	5270
Стандартное отклонение	1.11	1.23	0.68	1230
Коэффициент вариации	7.65	21.98	1.33	15.95
Асимметрия	0.02	-0.41	-0.63	0.13
Медиана	14.5	5.66	51.30	7643
Экссесс	-0.93	-0.23	-0.17	-0.47

Для данных по г. Тольятти были построены графики и рассчитаны тренды (рисунки 4.1-4.4). Оценка их значимости проводилась с помощью проверки на значимость коэффициента корреляции (таблица 4.2). Для всех характеристик, кроме расхода воды, вклад тренда значим, т. к. $t_{кр} < t$. Коэффициент корреляции между уровнем воды и сбросами составляет 0.61.

Таблица 4.2 – Параметры линейного тренда и оценка его значимости ($t_{кр} = 1.99$) для среднегодовых значений гидрометеорологических характеристик на Куйбышевском водохранилище г. Тольятти за 1958-2024 год.

Характеристика	Уравнение тренда	R ²	t- критерий Стьюдента
Температура воды, °С	$T_w = 0.0431t - 71.253$	0.5739	14.334
Температура воздуха, °С	$T_a = 0.0444t - 82.716$	0.4953	11.242
Расход воды ГЭС	$R_B = 3.6496t + 437.87$	0.0033	0.465
Уровень воды, м	$U_B = 0.0142t + 22.902$	0.1657	3.934

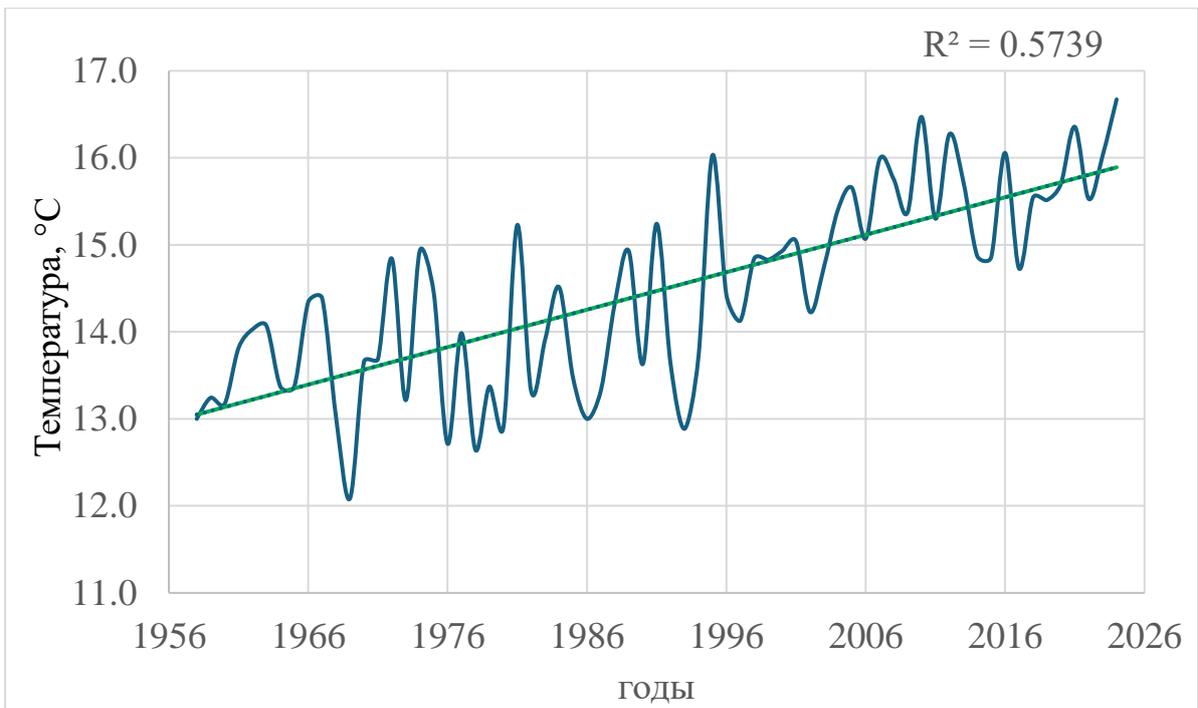


Рис. 4.1. Среднегодовая температура воды на огп. Тольятти 1958-2024 г.

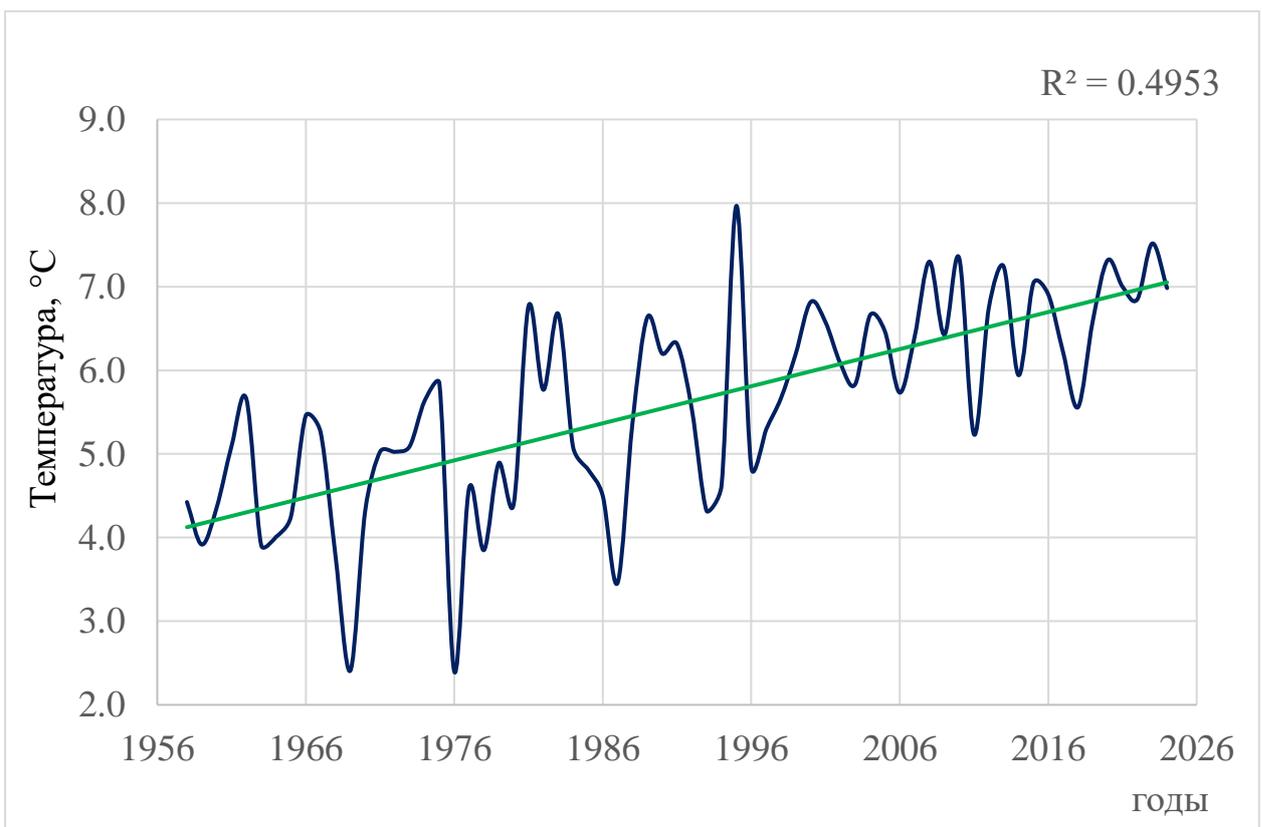


Рис. 4.2. Среднегодовая температура воздуха в Тольятти 1958-2024 г.

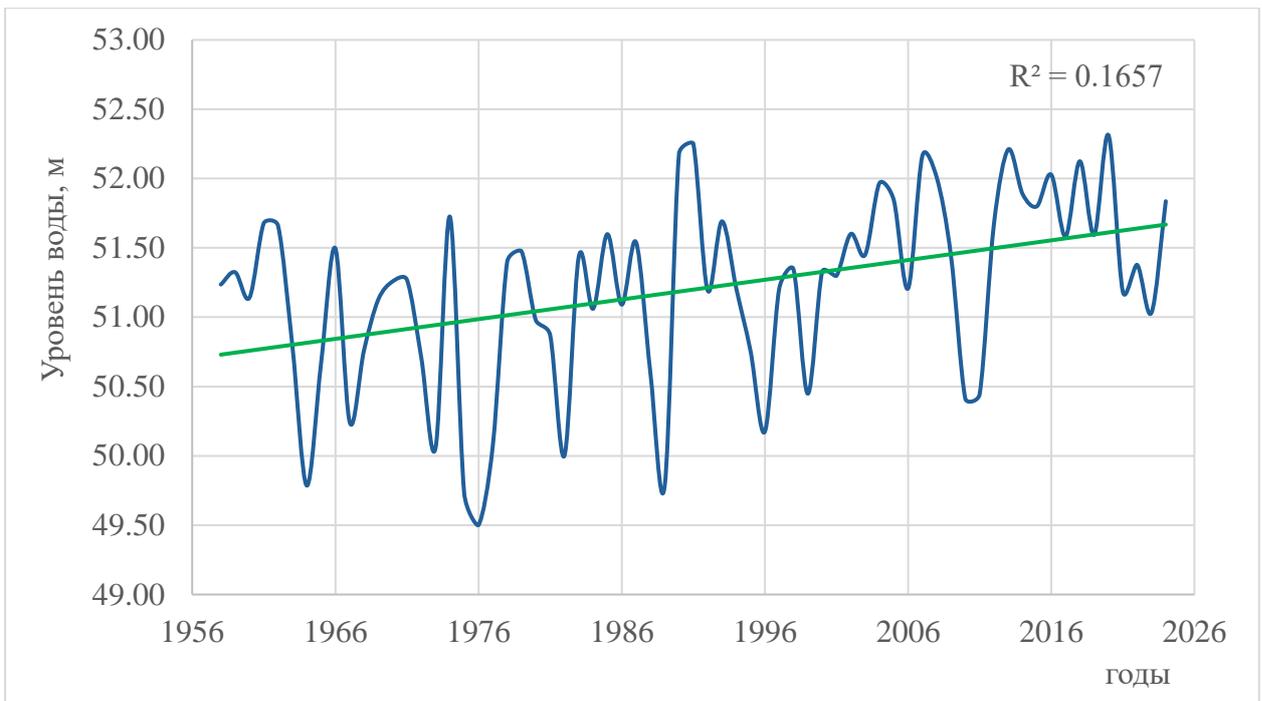


Рис. 4.3. Среднегодовой уровень воды на гп. Тольятти 1958-2024 г.

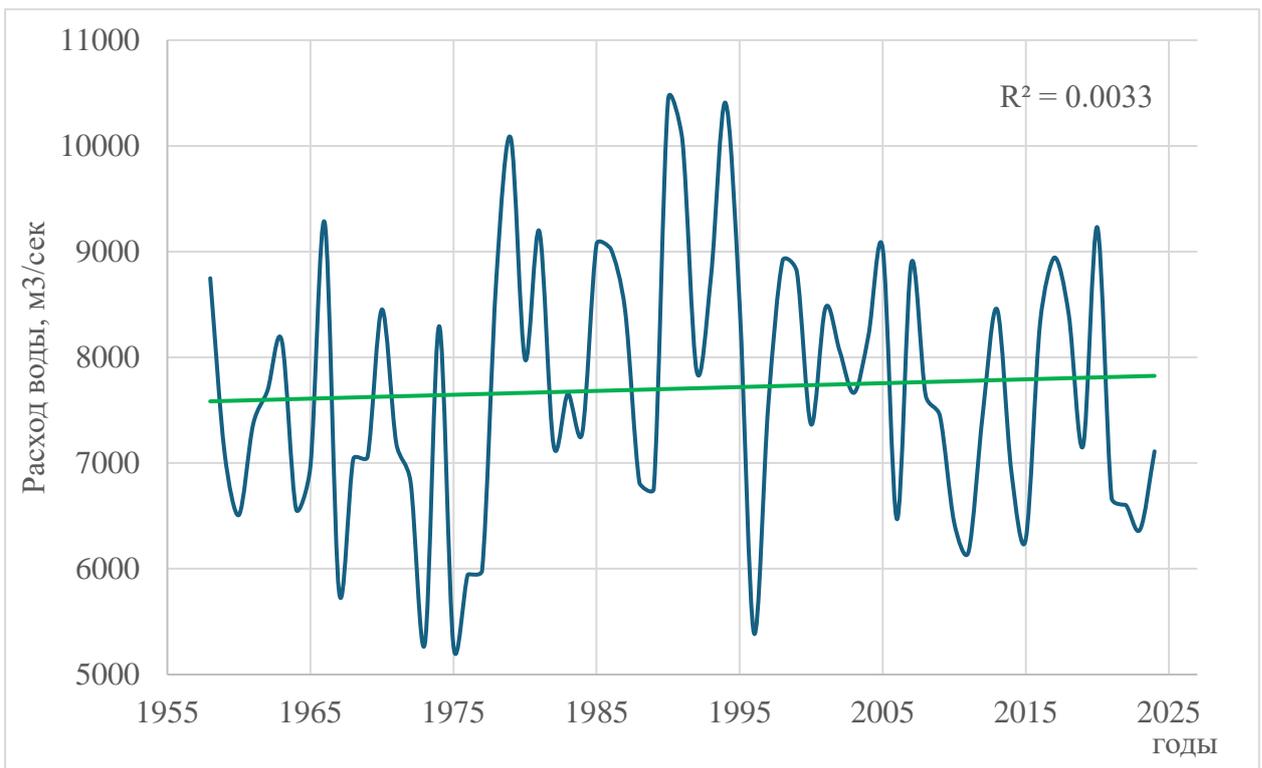


Рис. 4.4. Среднегодовой расход воды Жигулевская ГЭС 1958-2024 г.

4.1. Анализ температуры воды и воздуха на Куйбышевском водохранилище

Один из важнейших показателей глобального потепления климата – тренд на повышение температуры приземного слоя атмосферы. По данным Росгидромета за последние 100 лет общее повышение температуры воздуха для территории России составило 1,0 °С, что на 0,4 °С выше, чем в среднем для земного шара. Начиная с 1970-х годов каждое последующее десятилетие было теплее предыдущего. Особого внимания заслуживает семилетний период (2015–2021 гг.). По данным Всемирной метеорологической организации, 2021 г. стал седьмым годом подряд, начиная с 2015 г., когда глобальная температура воздуха была выше на 1 °С до индустриального уровня (1850–1900 гг.) [2].

Наиболее важными характеристиками, влияющими на химические и биологические процессы на водохранилище, являются температура воды и воздуха, которые находятся в тесной взаимосвязи между собой. В данной главе используются статистические данные за 67 лет наблюдений, по которым можно сделать выводы о характере изменений этих характеристик.

По данным среднегодовой температуры воды с 1958 по 2024 года на постах были построены графики (рис. 4.5 – 4.9). На них хорошо виден восходящий тренд, который показывает, что температура увеличивается. Это увеличение начинается с 1995 года, когда была аномальная жара в Поволжье, это хорошо видно из таблицы 4.3, где проводится анализ температуры по десятилетиям.

На рисунке 4.5 вместо линейного тренда, как на рисунке 4.1, был нанесен полиномиальный тренд 6 степени, который выделяет не только общие тенденции в данных, но и краткосрочные колебания, позволяя увидеть более сложную структуру графика, где периоды роста сменяются снижением температуры, но при этом сохраняется общие закономерности ее увеличения.

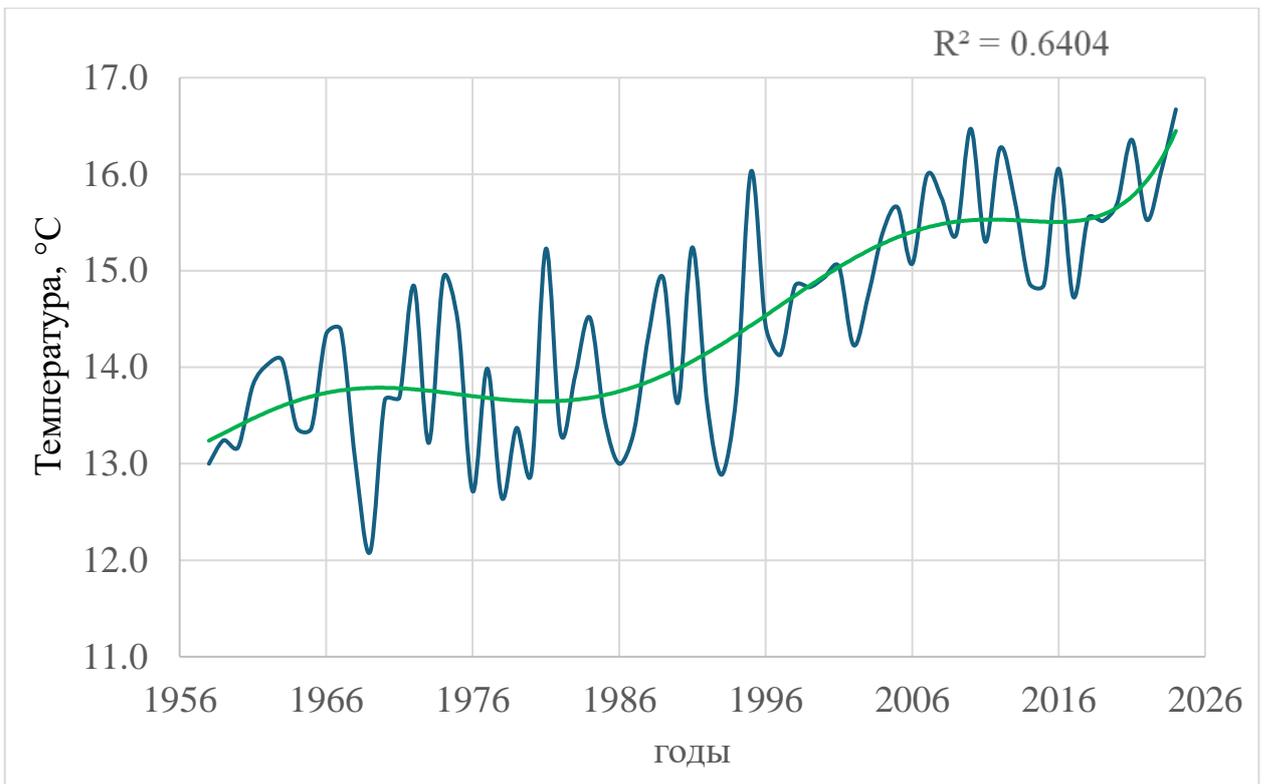


Рис. 4.5 – Среднегодовая температура воды на гп. Тольятти

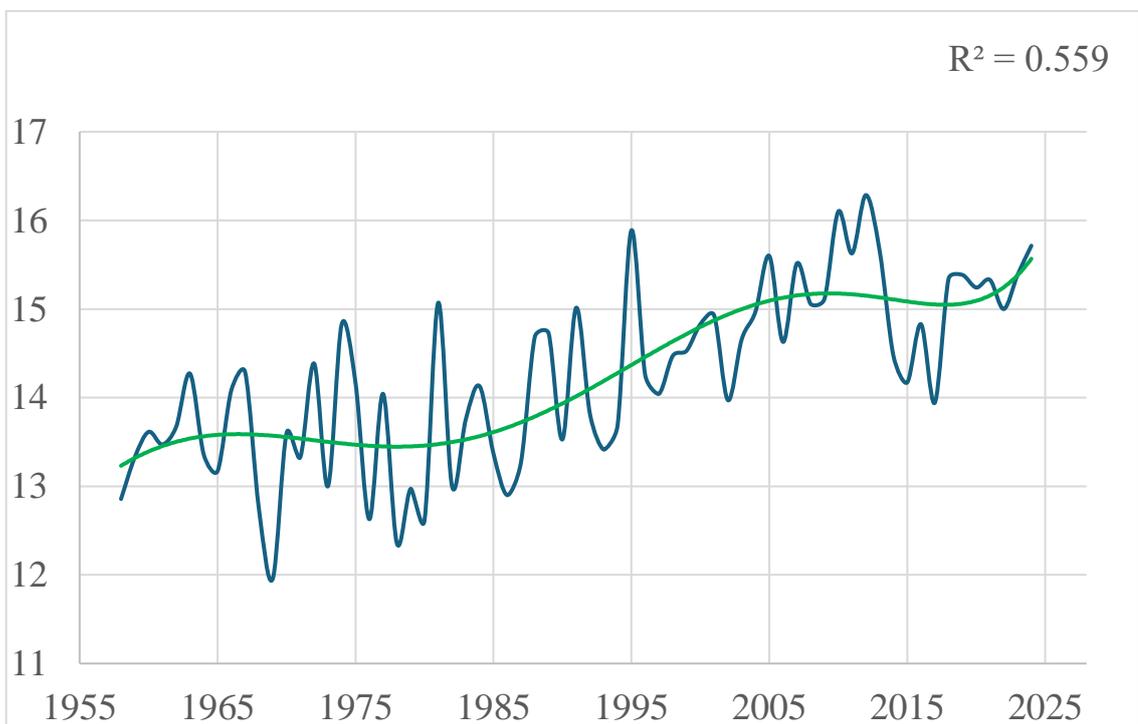


Рис. 4.6 – Среднегодовая температура воды на гп. Ульяновск

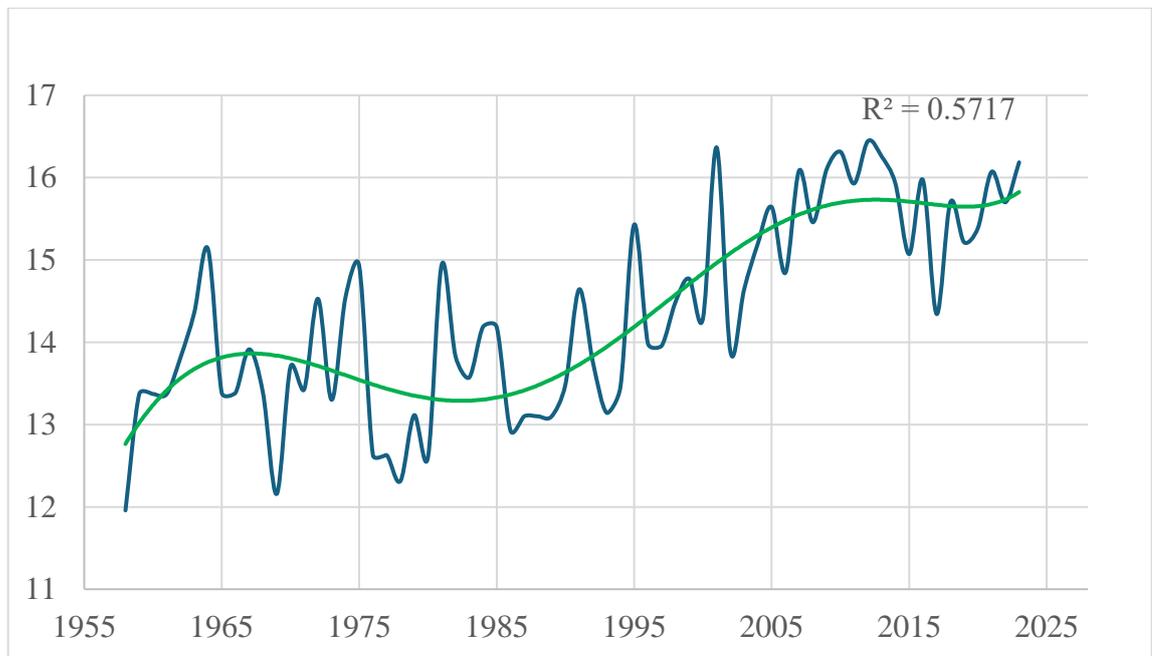


Рис. 4.7 – Среднегодовая температура воды на гп. Сенгилей

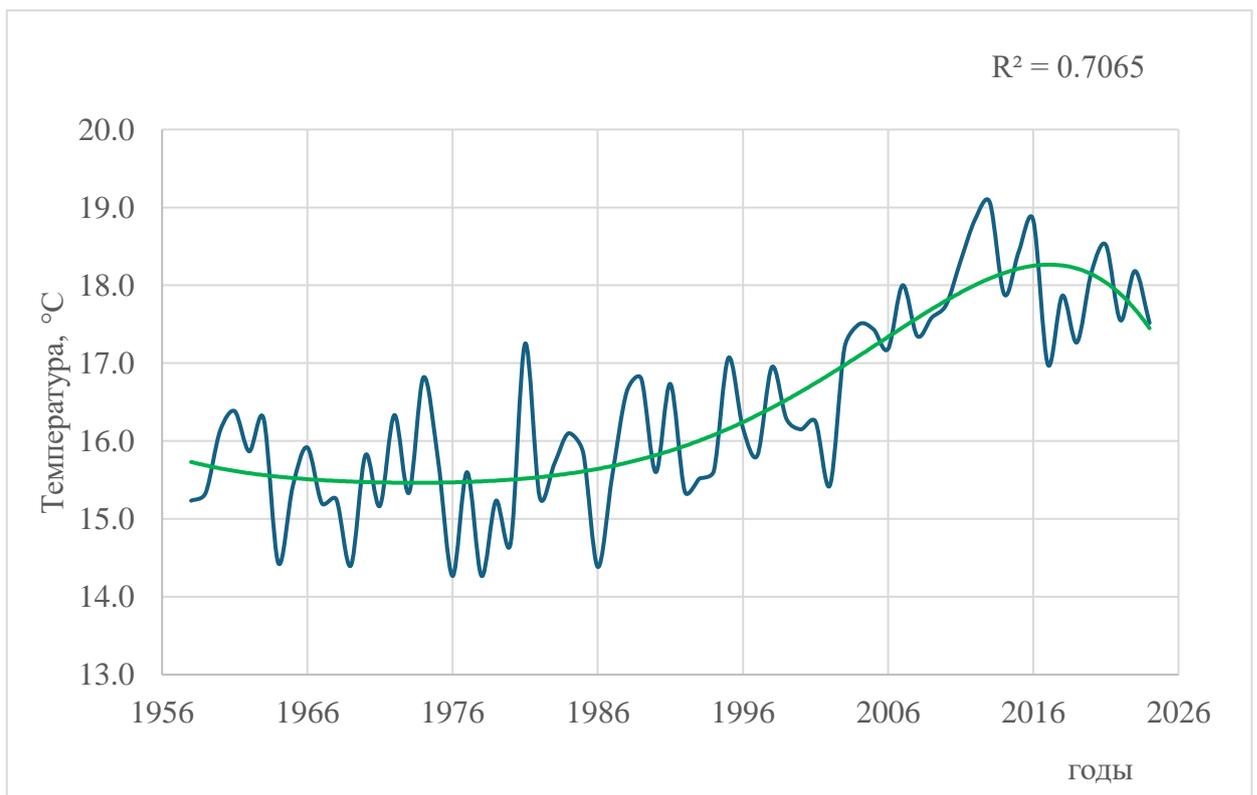


Рис. 4.8 – Среднегодовая температура воды на гп. Кирельское

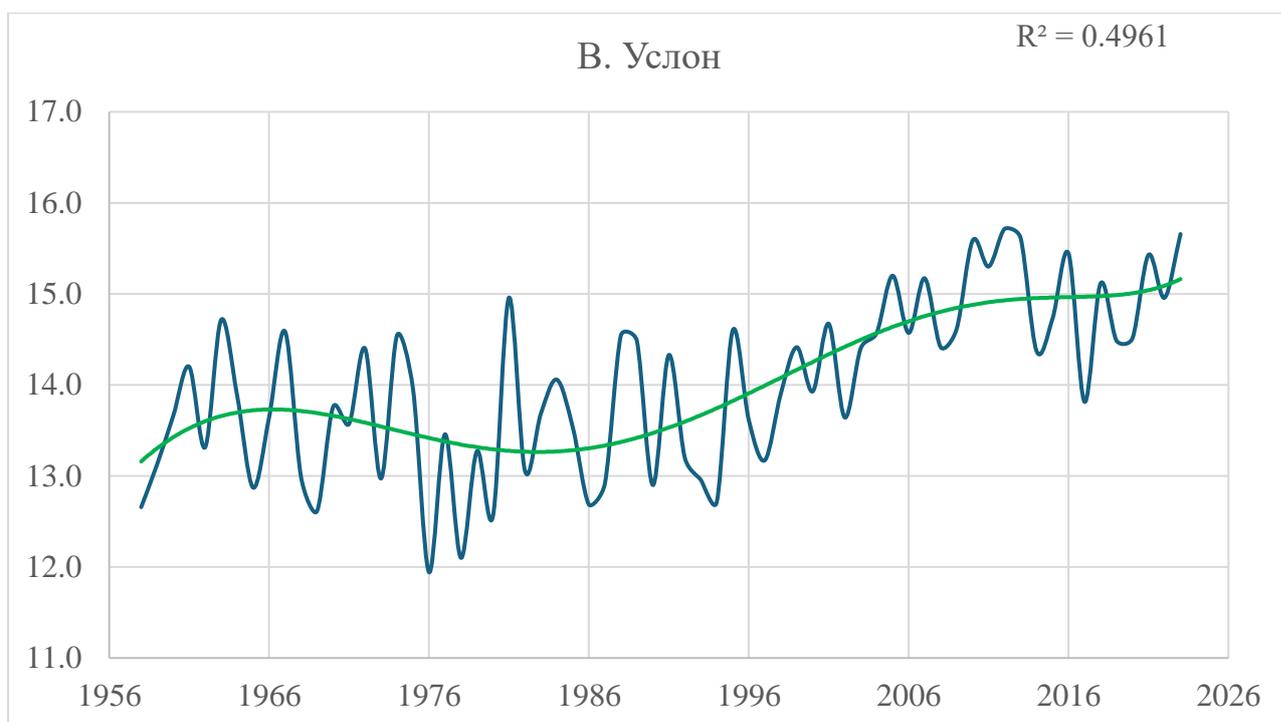


Рис. 4.9 – Среднегодовая температура воды на гп. В Услон.

На рисунках 4.5 – 4.9 также показан полиномиальный тренд 6 степени, поскольку он лучше отображает внутреннюю структуру изменчивости. Графики температуры воды на гп. в Тольятти, Сенгилее и Ульяновске очень похожи, что также выражается в корреляции. Она составляет от 0.86 до 0.96. Самая маленькая корреляция между гп. Сенгилей и Кирельское, а самая большая – 0.96, между гп. Тольятти и Ульяновском. Что и понятно, все посты отражают общую закономерность температурного режима водохранилища, поэтому имеют похожую структуру и направленность, хотя и подвержены местным погодным факторам, например осадкам, облачности и ветровым условиям.

Была рассчитана средняя годовая температура воды за период 10 лет. Получилось шесть десятилетних периодов, начиная с 1965 года, начальный период с 1958 по 1964 года включает только 7 лет, но не смотря на это было решено оставить его. Данные приведены в таблице 4.3. Такое деление позволяет более детально увидеть в какие периоды и насколько изменилась температура, а также выделить годы, когда это произошло.

Таблица 4.3 – Среднегодовая температура воды (°С) на постах Куйбышевского водохранилища по десятилетиям (кроме 1958-1964, за первые 7 лет)

Годы	Тольятти	Сенгилей	Ульяновск	В. Услон	Кирельское
1958-1964	13.5	13.6	13.5	13.7	15.7
1965-1974	13.8	13.6	13.5	13.6	15.6
1975-1984	13.7	13.5	13.5	13.3	15.4
1985-1994	13.8	13.5	13.8	13.4	15.8
1995-2004	14.9	14.7	14.7	14.1	16.5
2005-2014	15.6	15.9	15.4	15.1	17.9
2015-2024	15.7	16.0	15.0	15.0	17.9

Таблица 4.3 была составлена по данным за период май-ноябрь, когда отсутствует ледостав, ледовые явления и имеется положительная температура воды, кроме огп. Кирельское. Апрель не вошел в эту статистику, поскольку она была не полной, не всегда была возможность померить температуру. На огп. Кирельское данные за май-октябрь, так как в ноябре также много пропусков. Из-за этого температура на этом посту выше, чем на других, но тенденция сохраняется.

Тем не менее, хорошо видно, что до 1994 года средняя температура воды на всех постах мало менялась, в пределах 0,3°С. В следующее десятилетие, с 1995 по 2004 года, происходит скачок, и температура воды увеличивается на 0,7-1,2°С. В целом такая тенденция к росту температуры сохраняется до 2005 года, после чего, за два последних периода она почти не меняется, причем на двух постах даже уменьшается, а на огп. Кирельское остается постоянной, в Тольятти и Сенгилее увеличилась всего на 0,1°С.

Данные по температуре воды на огп. Тольятти хорошо коррелируют с температурой воздуха на этом гидрологическом посту (рис. 4.10), где 1995 год выделяется как самый жаркий год за весь период наблюдений, начиная с 1952 года. Если средняя температура воздуха за весь период равна 5,6°С, то в 1995 году она составляла 8°С. Даже в аномальном 2010 году среднегодовая температура

тура в Тольятти была равна 7,3°C. Между температурой воды и воздуха выявлена линейная положительная связь с коэффициентом корреляции 0,86, что указывает на сильную зависимость одной переменной от другой.

Таблица 4.4 – Среднегодовая температура воздуха на гп. Тольятти по десятилетиям (кроме 1958-1964 – за первые 7 лет)

Годы	Температура, °C
1958-1964	4.5
1965-1974	4.6
1975-1984	5.0
1985-1994	5.2
1995-2004	6.2
2005-2014	6.5
2015-2024	6.8

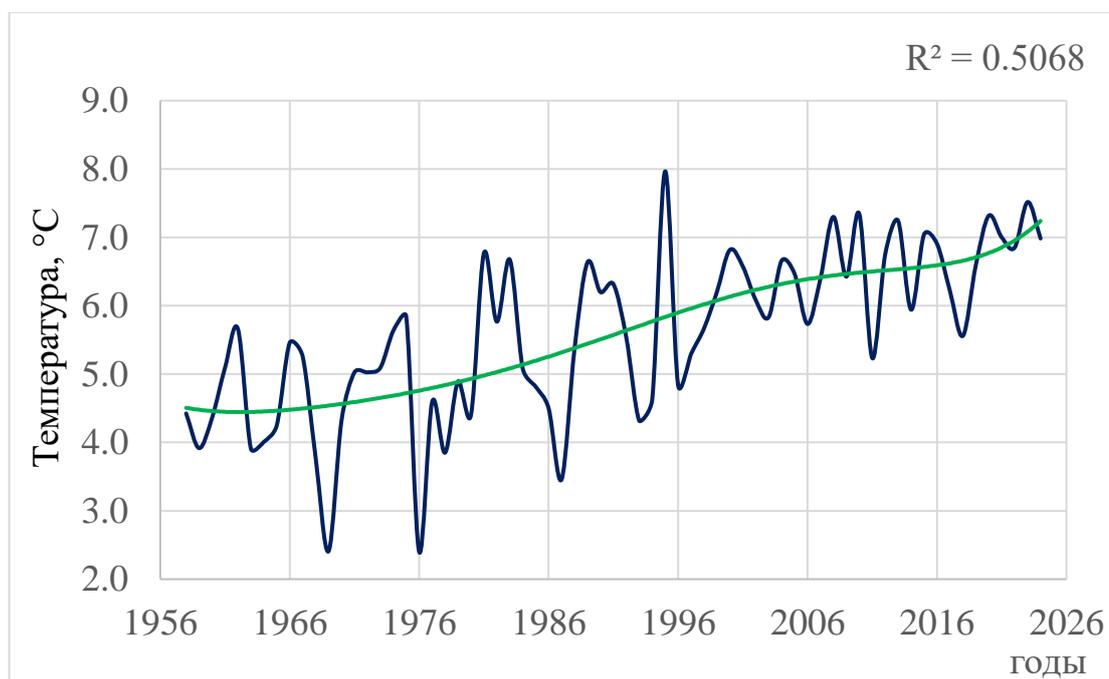


Рис. 4.10 – Среднегодовая температура воздуха в Тольятти

Для визуализации внутригодового хода температуры воздуха построен график (рис. 4.11), по таблице 4.5 видно, что разница между первым периодом и последним составляет от 1.5 до 3°C. Самое большое увеличение температуры

приходится на январь – 3°C, меньше всего на май и сентябрь – 1.5°C. В целом можно сказать, что именно в холодный сезон, с октября по март, произошло наибольшее потепление.

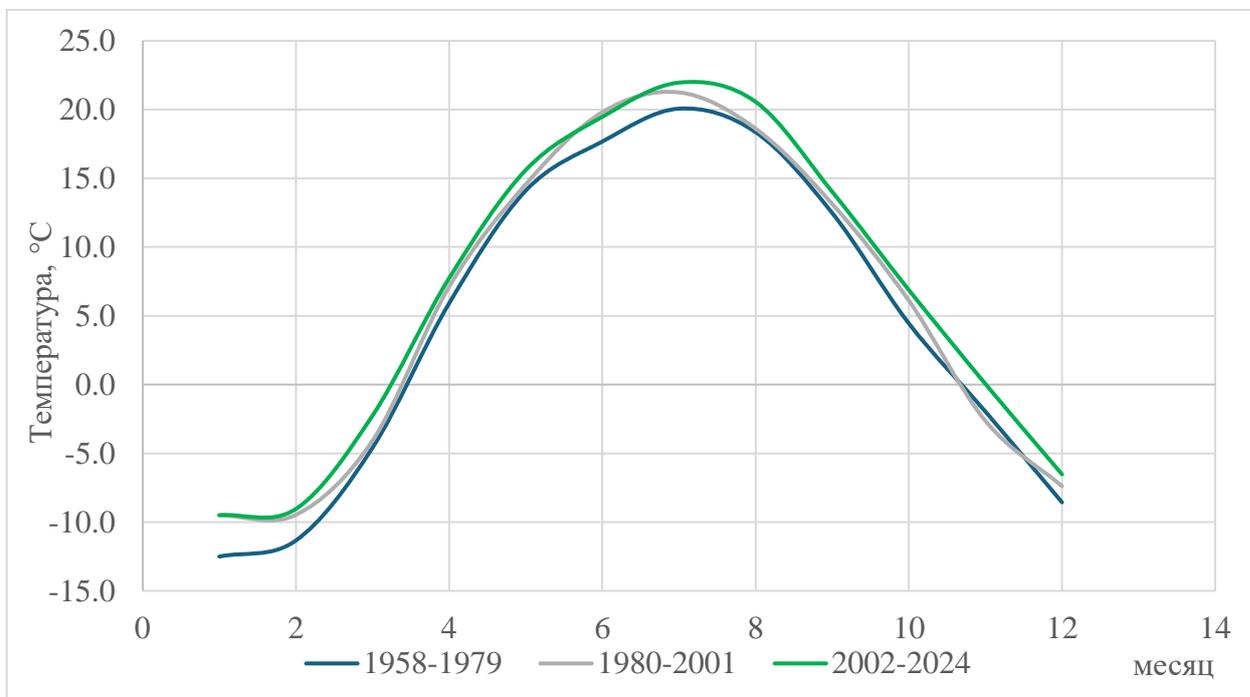


Рис. 4.11 – Среднегодовая температура воздуха в Тольятти в разные периоды

Таблица 4.5 – Среднегодовая температура воздуха в Тольятти в разные периоды по месяцам

	1958-1979	1980-2001	2002-2024
январь	-12.5	-9.5	-9.5
февраль	-11.3	-9.5	-9.0
март	-4.6	-4.1	-2.3
апрель	5.9	7.1	7.7
май	14.1	14.6	15.6
июнь	17.7	19.8	19.5
июль	20.1	21.3	22.0
август	18.4	18.6	20.6
сентябрь	12.5	13.1	14.0
октябрь	4.5	6.1	6.9
ноябрь	-2.0	-2.6	0.0
декабрь	-8.6	-7.4	-6.5

Исследуя многолетнюю пространственную неоднородность, можно сказать, что разница в температуре воды в верховье реки и в низовье мало заметна, на огп. Кирельское среднемесячная температура выше за счет того, что гидрологический пост расположен не на открытой акватории, а в заливе, где глубина меньше и прогрев происходит интенсивнее.

Таким образом, на основе вышеизложенного, ясно, что присутствуют изменения гидрологических показателей, главными из которых являются температура воздуха и воды.

Наблюдаемое повышение поверхностной температуры воды при наличие негативных факторов антропогенного влияния на водохранилище, например увеличение органического загрязнения и биогенной нагрузки, способствует ухудшению природно-ресурсного потенциала, питьевой воды, и как следствие активации процесса развития цианобактерий. При текущих темпах увеличения температуры риски водопользования будут повышаться, по этому для сохранения экологической системы водохранилища необходимо предпринимать действия по нивелированию отрицательного влияния климатических факторов с помощью видения политики устойчивого развития в сфере природопользования направленной на снижение негативного влияния хозяйственной деятельности человека, с учетом потребностей всех заинтересованных сторон без ущерба экономическому потенциалу регионов, не территории которых находится Куйбышевское водохранилище. Решение проблемы «цианобактерий» ведет к улучшению рекреационных зон и увеличению внутреннего туризма, а также к улучшению качества жизни местного населения, через создание здоровой экологической среды, что входит в социально-экономическую стратегию Самарской области.

5. Изменения в ледовом режиме Куйбышевского водохранилища

Изменения в температурном режиме сказались на проявлении ледовых явлений на постах.

Анализ ледообразования и ледостава производился на основе данных ледовых явлений на следующих постах: с. Верхний Услон, с. Кирельское, г. Ульяновск, г. Сенгилей, г. Тольятти. Все данные с 1958 по 2024 год.

Была проведена оценка значимости линейного тренда (таблица 5.1, рис. 5.1-5.5) по оценке значимости коэффициента корреляции, которая показала, что на всех постах, кроме гп. Кирельское, тренд значим. Возможно, отсутствие тренда связано с расположением поста Кирельское, который установлен не на самом русле, а в заливе населенного пункта. Так как на этом посту также отсутствует динамика по очищению воды весной и начала ледостава. На постах в Тольятти, Сенгилее, Ульяновске начиная с 2000-х годов ледостав наступает на 10 дней позже, в В. Услона на 11 дней. Полное очищение ото льда наступает раньше в Тольятти и В. Услона на 5 и 4 дней соответственно, в Ульяновске и Сенгилее на 8 и 9 дней соответственно. Продолжительность ледостава на всех постах уменьшилась.

Таблица 5.1 – Параметры линейного тренда и оценка его значимости ($t_{kr} = 1.99$) для количества дней ледостава на Куйбышевском водохранилище за 1958-2024 год.

гидропост	R^2	уравнение тренда	t-критерий Стьюдента
Тольятти	0.1757	$y = -0.2767t + 676.80$	4.10
В. Услон	0.2118	$y = -0.3525t + 836.98$	4.71
Кирельское	0.0469	$y = -0.1323t + 409.72$	1.83
Ульяновск	0.146	$y = -0.2633t + 659.26$	3.61
Сенгилей	0.1044	$y = -0.2071t + 542.12$	2.91

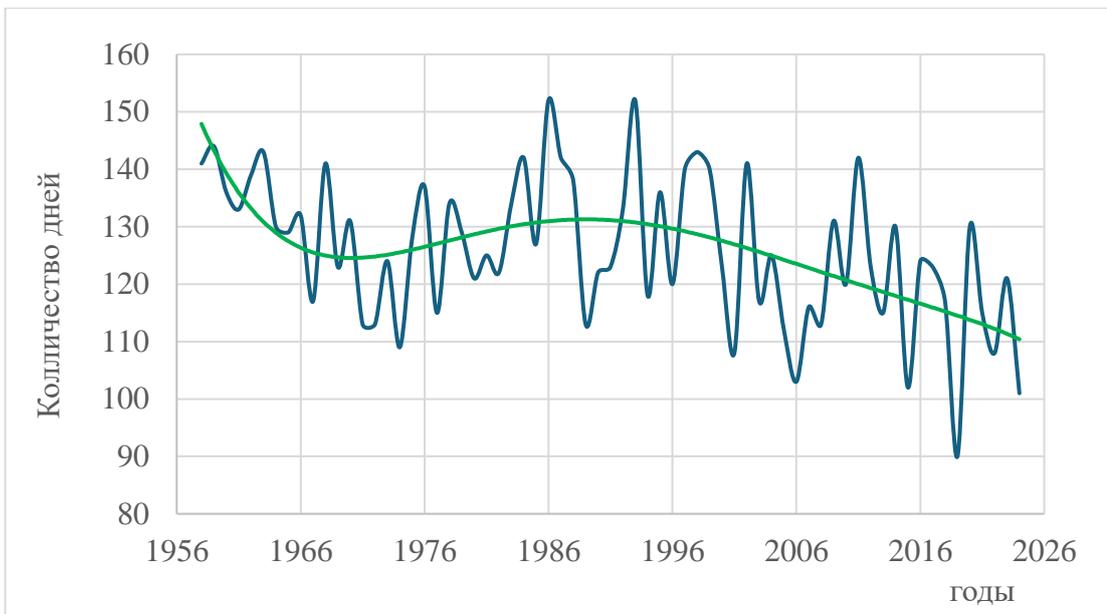


Рис. 5.1 – График количества дней ледостава в Тольятти

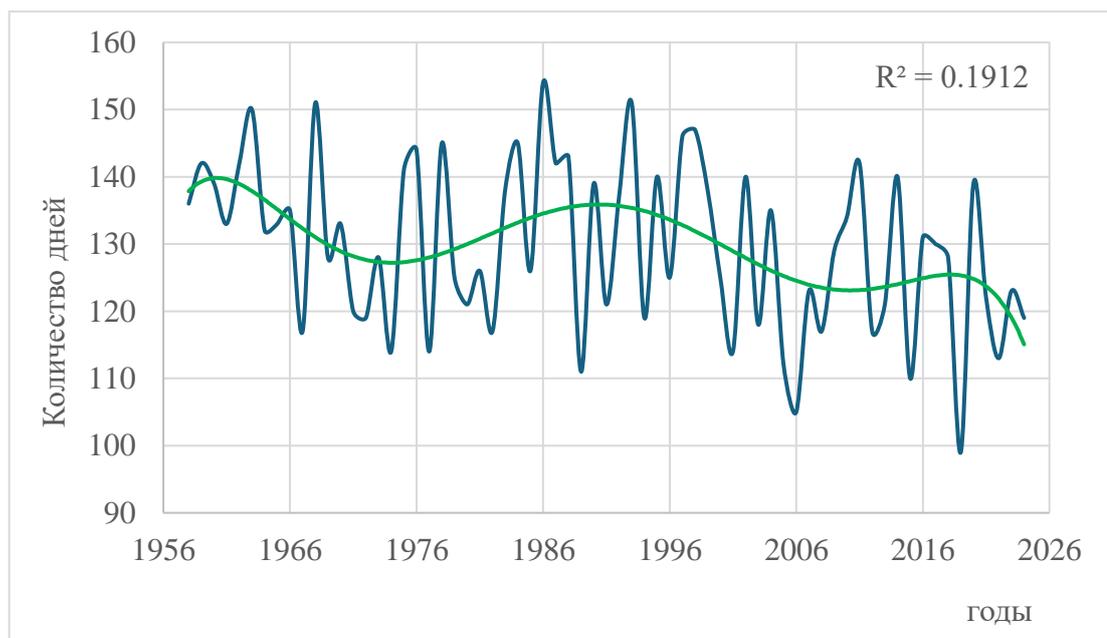


Рис. 5.2 – График количества дней ледостава в Сенгилее

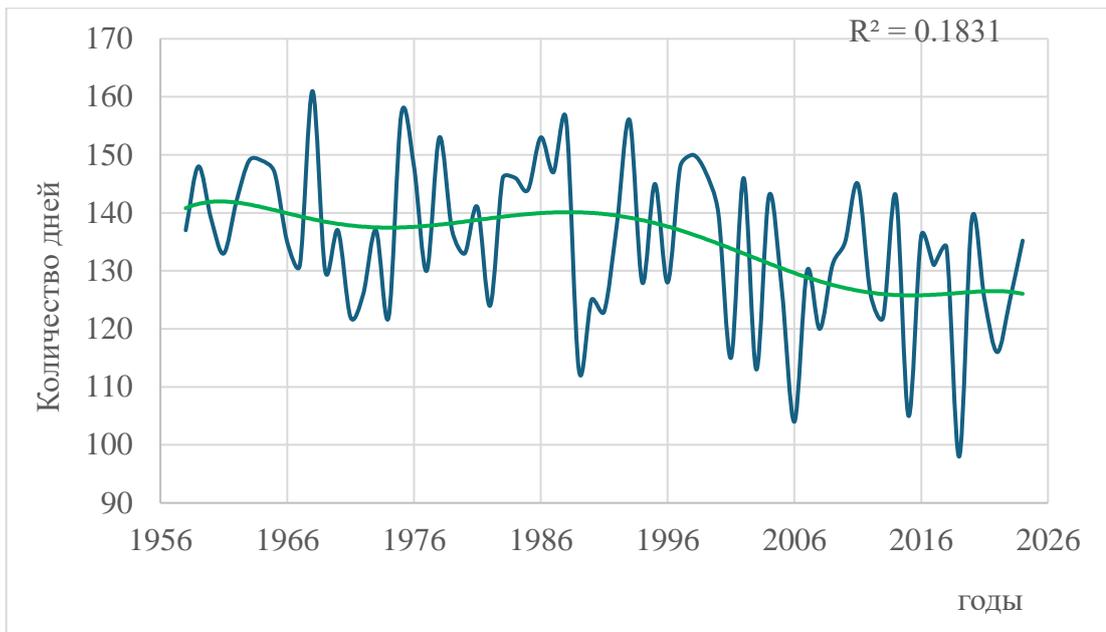


Рис. 5.3 – График количества дней ледостава в Ульяновске

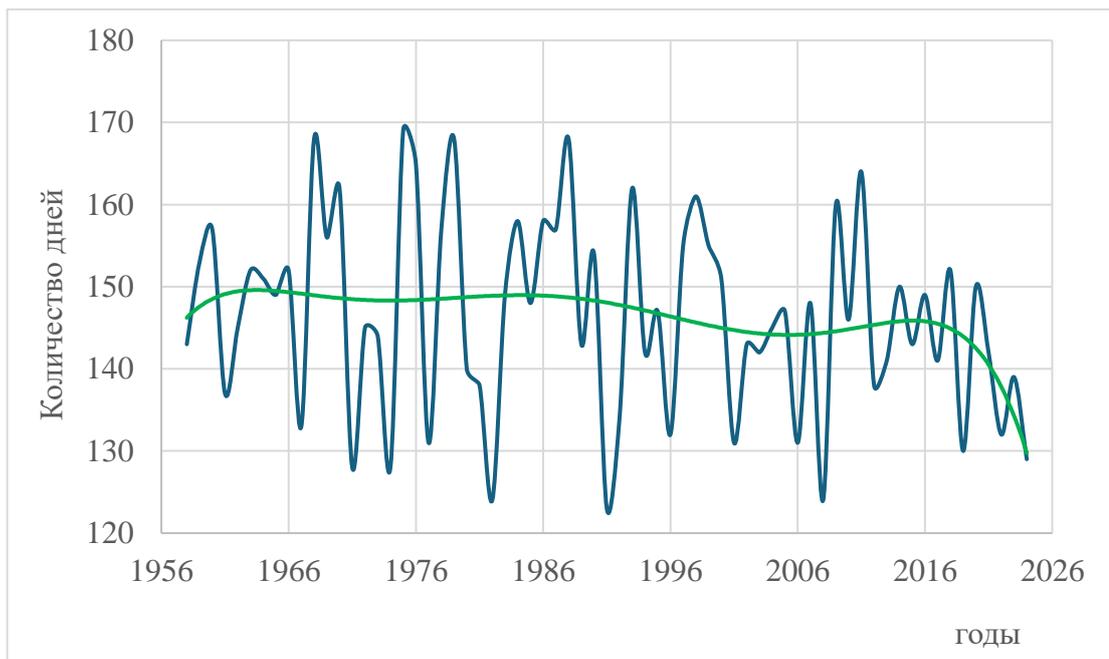


Рис. 5.4 – График количества дней ледостава в с. Кирельское

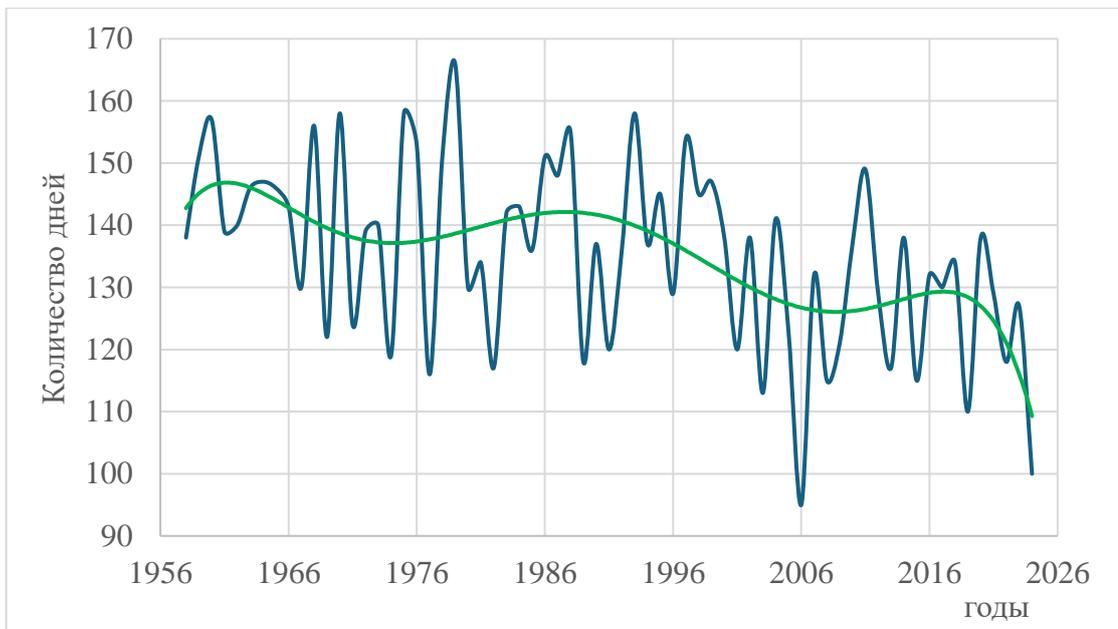


Рис. 5.5 – График количества дней ледостава в В. Услоне

6. Анализ уровня воды Куйбышевского водохранилища

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 сбрасываются Волжским гидроузлом. Для Средней и Нижней Волги является основным регулятором сезонного водного стока. 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 [5].

Через выходной створ Куйбышевского водохранилища (Жигулевский гидроузел) проходит 97 % стока Волги. Протяженность водохранилища с севера на юг составляет более 500 км, наибольшая ширина – 40 км, наибольшая глубина – 40 м. Площадь водохранилища при НПУ – 6 150 км², полный объем – 57,3 км³, полезный объем – 30,7 км³ [11].

Анализ многолетнего изменения уровня воды производился по следующим постам на водохранилище: Тольятти, Сенгилей, Ульяновск, с. Кирельское, с. Верхний Услон с 1958 по 2024 год. Рассматривалась внутригодовая изменчивость уровня за три периода по 22 года. По данным были составлены графики (рис. 6.1-6.5), все они очень похожи, так что можно сказать, что каждый из гидрологических постов является репрезентативным для акватории Куйбышевского водохранилища. Видно, что среднегодовое повышение уровня воды происходит в основном за счет изменения внутригодового уровня в зимнюю межень и весеннее половодье, тогда как в летне-осенний период он остается почти без изменений.

Можно отметить, что в последние 22 года сильно изменилась структура внутригодового хода уровня: из-за того, что в межень уровень стал значительно выше (на 2,5 м), половодье стало более замедленным.

В межгодовой изменчивости за весь период наблюдений изменения среднегодового уровня воды на водохранилище происходили в разных направ-

лениях (рис. 6.6). До середины 1970-х годов он уменьшался, после чего начал расти и только в последние 4 года наблюдается его некоторое снижение.

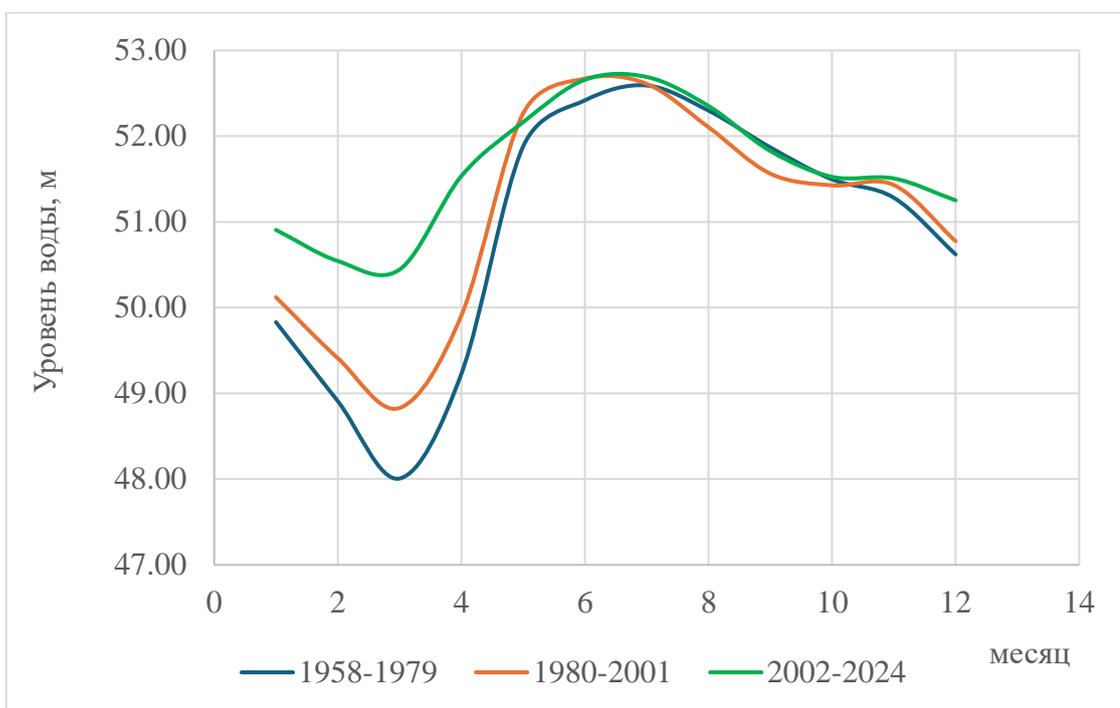


Рис 6.1. Уровень воды в Тольятти

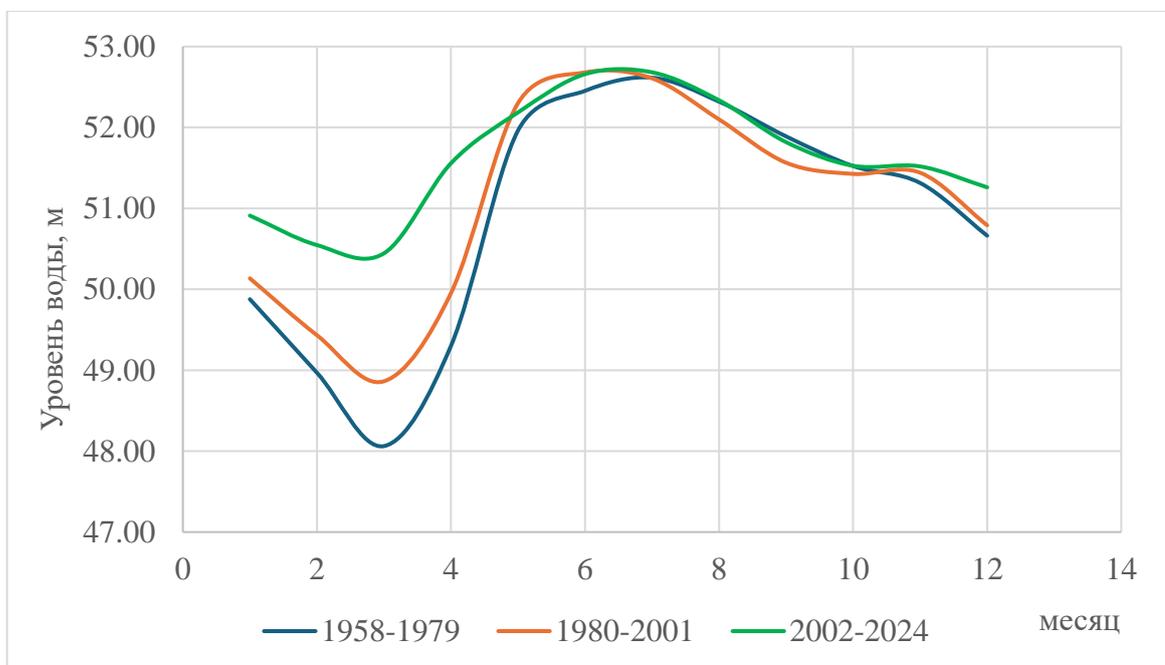


Рис 6.2. Уровень воды в г. Сенгилей

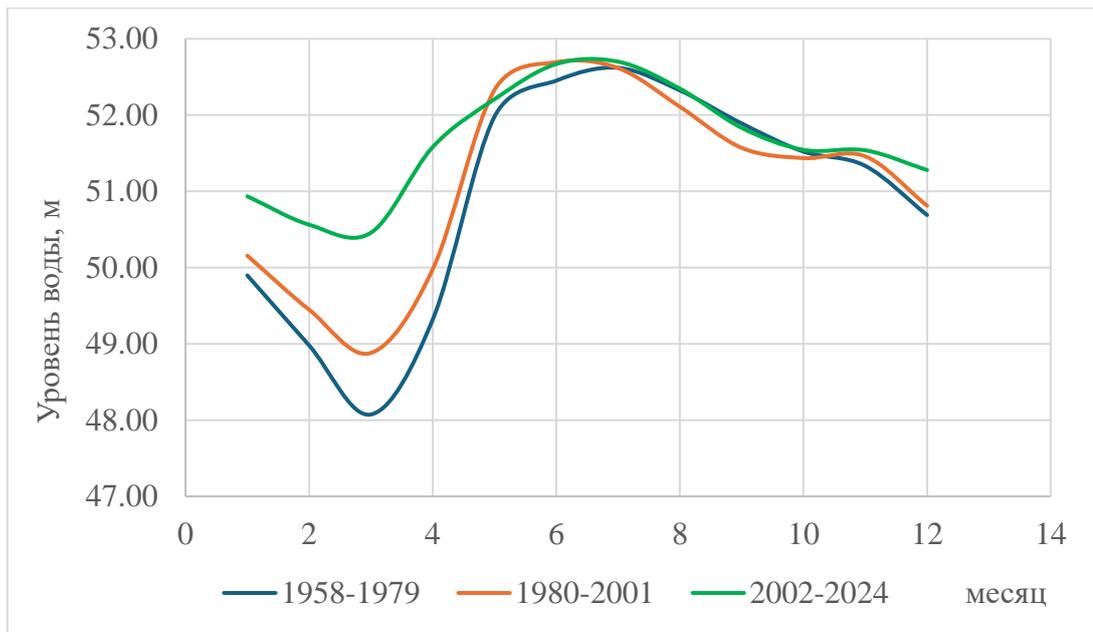


Рис 6.3. Уровень воды в г. Ульяновск

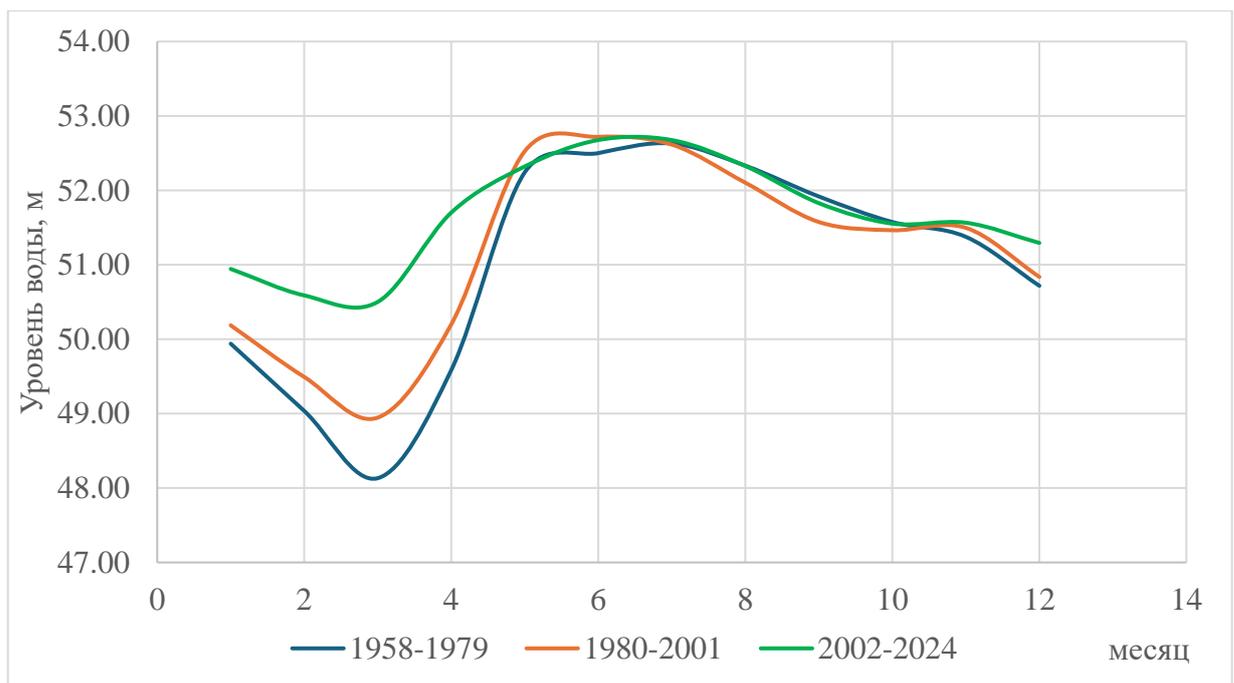


Рис 6.4. Уровень воды в с. Кирельское

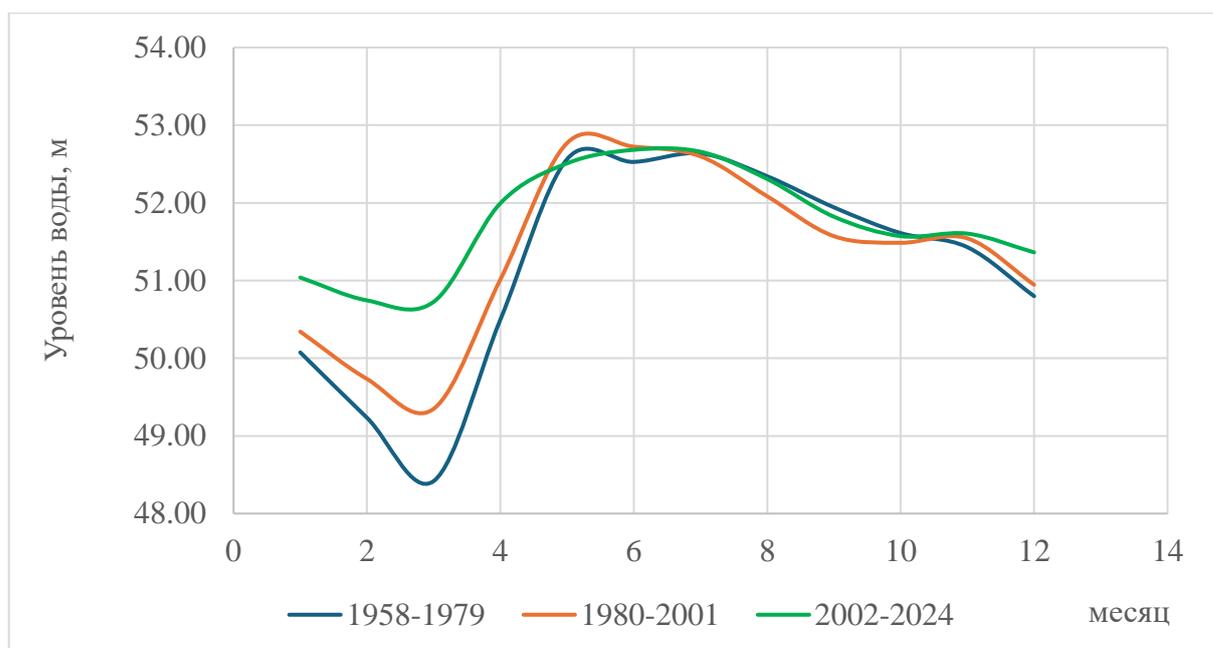


Рис 6.5. Уровень воды в с. Верхний Услон

В начальный период 1958-1979 (рис. 6.6) характеризуется самым низким уровнем воды, отметка не превышает 51.73 м. именно в этот период зафиксирован минимальный уровень за весь период наблюдений – 49.50 м в 1976 году. Далее уровень воды продолжает расти, среднее значение равно 51.09 м, максимальное значение составляет 52.25 м, минимальное 49.78 м, в период с 2002 по 2024 происходит самое большое увеличение уровня воды, можно сказать, этот период в целом является многоводным относительно других периодов. Также в этот период наблюдался максимальный уровень за весь исследуемый период, который составил 52.31 м в 2020 году. Минимальное значение уровня воды составило 50.41 м.

Таблица 6.1– Изменения среднегодового уровня воды на гп. Тольятти

Годы	Уровень воды, м
1958-1979	50.87
1980-2001	51.09
2002-2024	51.62

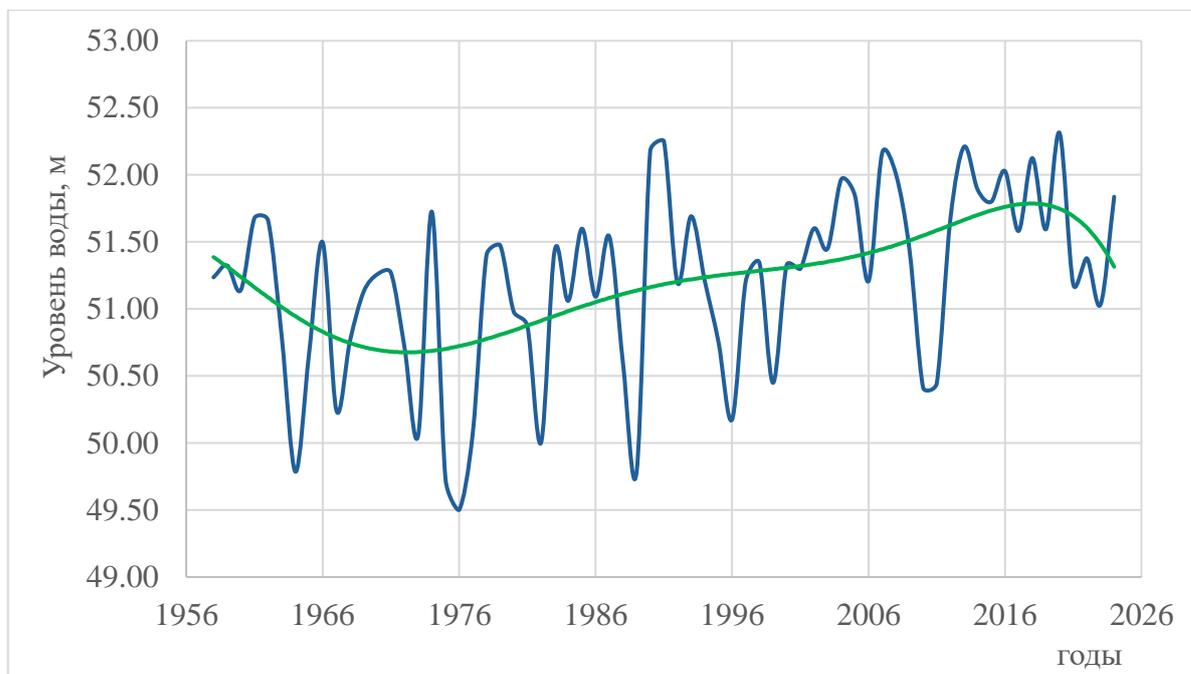


Рис. 6.6. Среднегодовой уровень воды на гп. Тольятти

Как видно из таблицы 6.1 среднегодовой уровень в Тольятти повысился за первые 20 лет на 0,22 м, а за вторые – на 0,53 м. Самый низкий среднегодовой уровень воды в Тольятти наблюдался в 1976 году – 49,50 м, самый высокий в 2020 году – 52,31 м. Максимальные и минимальные уровни на других постах проявляются в те же годы. К маловодным годам (< 50,0 м) относятся 1964, 1975, 1976, 1989, к многоводным (> 52,0 м) – 1990, 1991, 2007, 2008, 2013, 2016, 2018 и 2020.

Уровеньный режим определяет 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 [5]. Годичное колебание уровня воды отражается на положении береговой линии, особенно мелководий. Береговая линия в водохранилище отступает, а затопленная поверхность обнажается или заливается. [10]

Что касается среднегодового расхода воды со сбросами ГЭС (рис. 6.7), то наибольшие изменения произошли в мае и июне месяце. Расход в эти меся-

цы в последний 22-летний период уменьшился на более чем 3000 и 1600 м³/с соответственно. Видно, что два первых периода незначительно отличаются друг от друга, в последний период снижение сбросов воды через ГЭС наиболее заметно, основные изменения в сработке касаются периода половодья.

Таблица 6.2 – Изменения среднегодового расхода воды на гп. Тольятти

годы	Сбросы ГЭС
1958-1979	7288
1980-2001	8269
2002-2024	7563

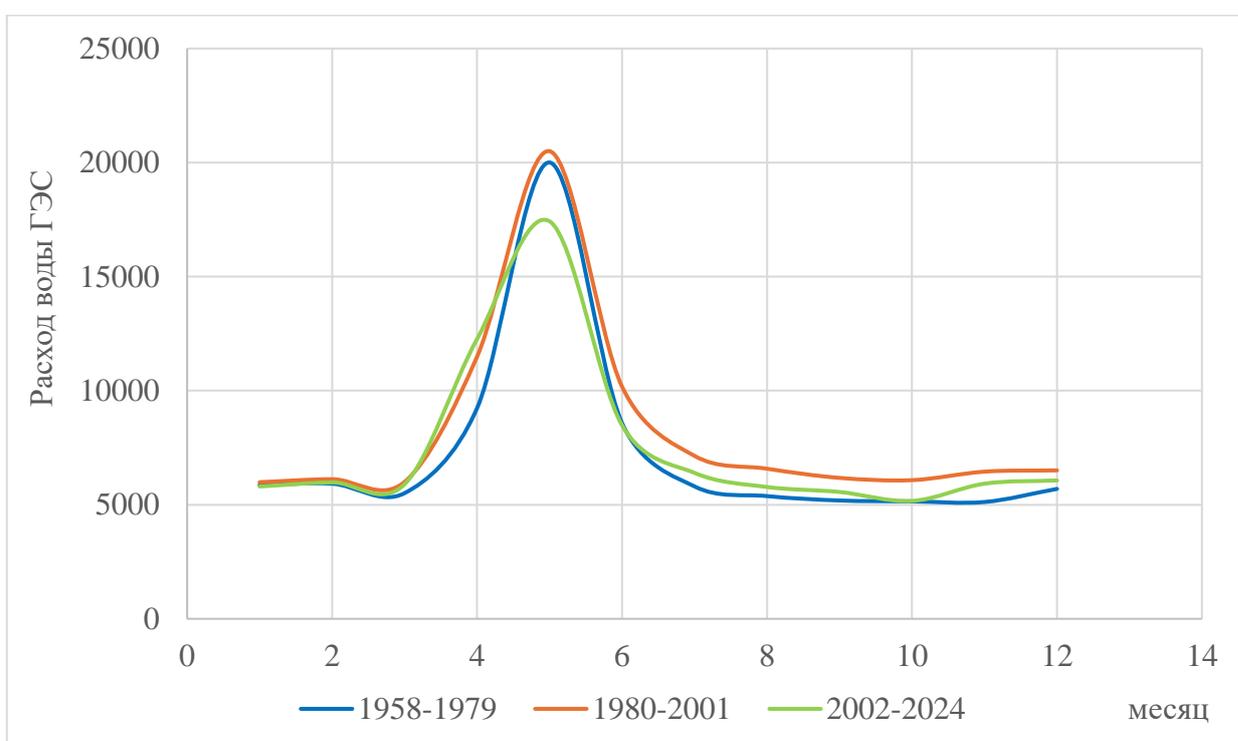


Рис. 6.7. Сезонный расход воды Жигулевская ГЭС

Динамика поэтапного изменения уровня воды и сбросов представлена на рисунках 6.8-6.10.

В главе 4 проводилась оценка значимости линейного тренда среднегодового расхода воды, которая показала, что тренд не значим, тогда как тренд среднегодового уровня воды значим, корреляция между этими характеристиками со-

ставила 0.61, что указывает на среднюю связь. Но если посмотреть на корреляцию многолетних средних значений по месяцам внутри года, то она составляет -0.18, т. е. отсутствует. Визуально это можно проследить по графикам (рис. 6.8-6.10), где видно, что с течением времени уровень воды внутри года изменяется значительно больше, чем расход воды. Значит на изменения уровня воды в большей степени влияют климатические факторы.

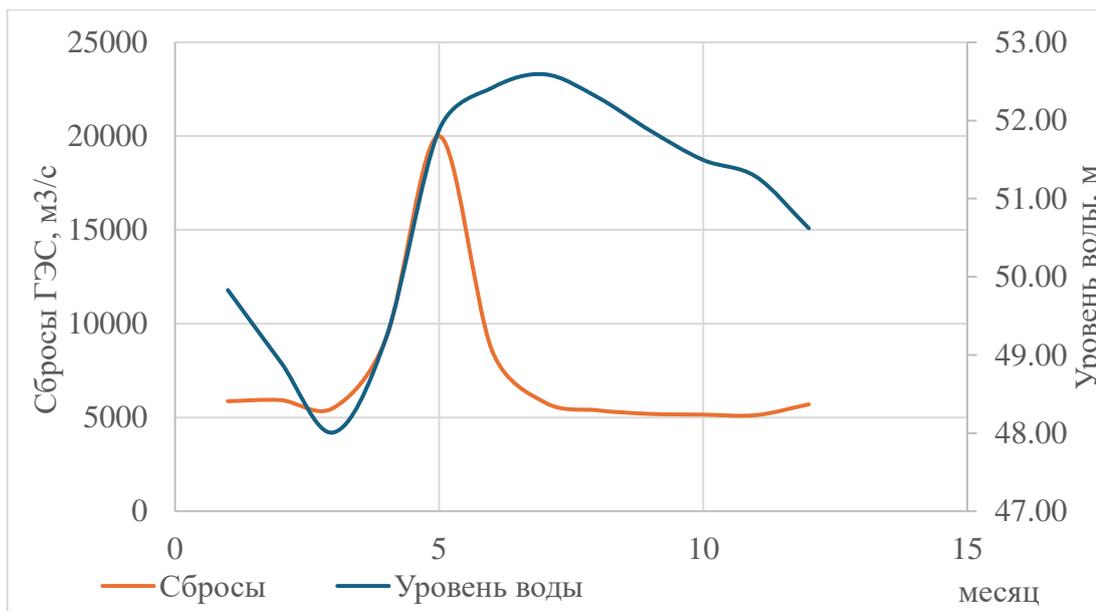


Рис. 6.8. Уровень воды и сбросы ГЭС с 1958 – 1979 года

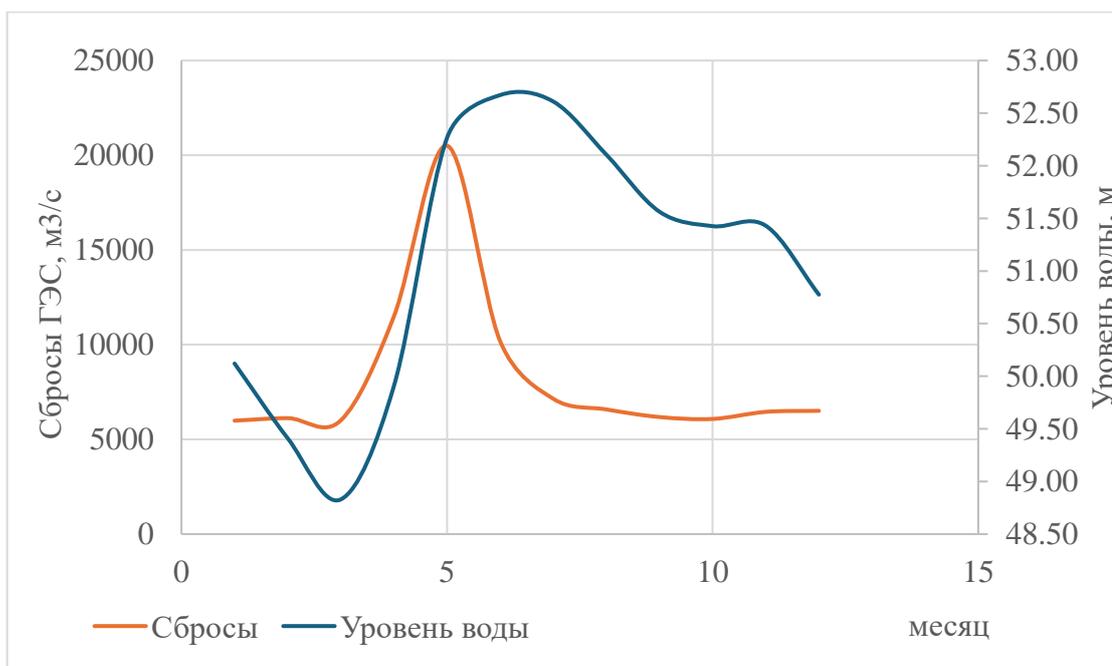


Рис. 6.9. Уровень воды и сбросы ГЭС с 1980 – 2001 года

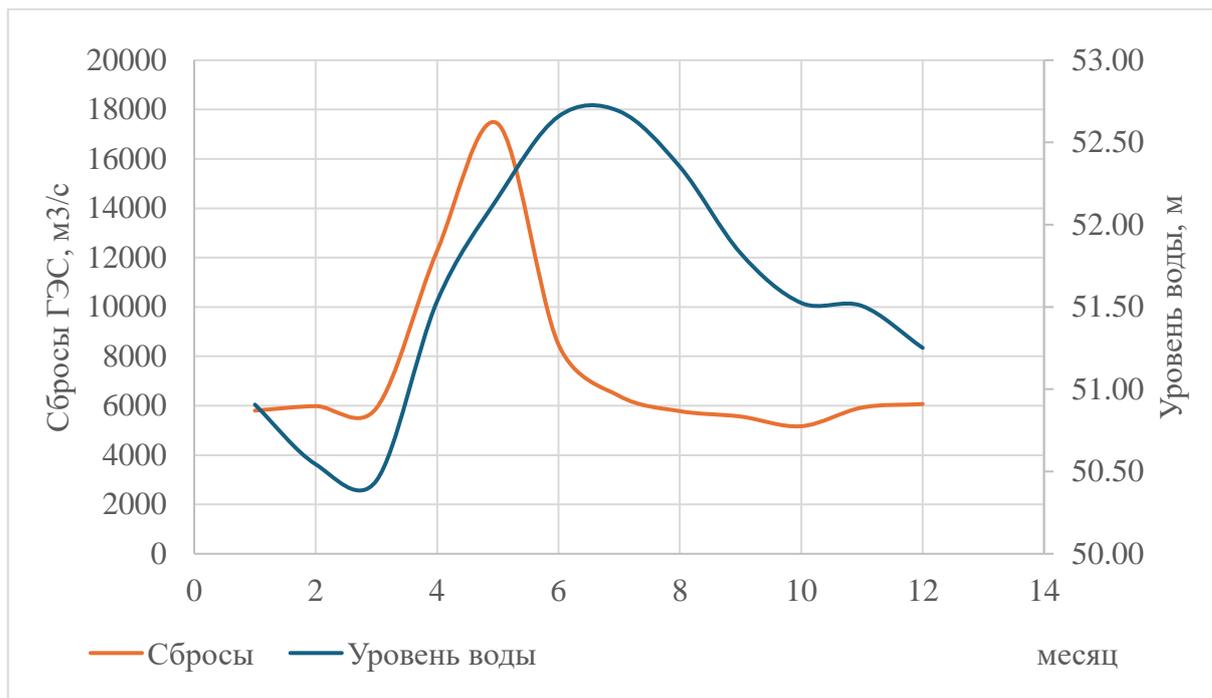


Рис. 6.10 – Уровень воды и сбросы ГЭС с 2002 – 2024 года

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

Нельзя сказать, что основной фактор повышения уровня воды, это режим сезонного регулирования водного стока Жигулевской ГЭС. К тому же, как показано в главе 4 линейный тренд незначим. Есть исследования показывающие, что уровень в р. Волге контролируется осадками в стокоформирующей зоне бассейна. А зональный перенос водяного пара с акватории Северной Атлантики является определяющим фактором межгодовой изменчивости осадков в бассейне р. Волги как в зимний, так и в летний периоды года. Есть основания полагать, что формирование стока Волги от начала половодья до начала следующего половодья практически полностью зависит от увлажнения в ее бассейне за два предшествующих года [12]. Таким образом, глобальные климатические процессы являются основным регулятором уровня воды в Куйбышевском водохранилище.

7. Куйбышевское водохранилище в системе КУПЗ

Все большую актуальность приобретает защита прибрежной зоны, где происходит взаимодействия воды и суши. Она является отдельным элементом природоохранной деятельности, на которую негативно влияют антропогенные факторы. Экология прибрежной зоны отличается от открытой воды и материковой части уникальным биологическим разнообразием элементов в нее входящих.

В последние десятилетия активно разрабатывается новая система экологического развития прибрежных областей, который называется «Комплексное управление прибрежными зонами» (КУПЗ). Методы КУПЗ применимы не только для побережий морей и океанов, но и для рек. Таких, например, как Волга, являющаяся одной из крупнейших рек европейской части России, а Куйбышевское водохранилище, расположенное в ее среднем течении – одним из самых крупных в Европе. Длина береговой линии только Куйбышевского водохранилища составляет более 2600 км. И для того, чтобы соблюсти баланс между экологической безопасностью и экономическим ростом, а также решить социальные проблемы необходимо учитывать потребности всех потребителей, интересы которых сфокусированы в прибрежной зоне. Поэтому комплексный подход в этой системе предполагает межотраслевое сотрудничество для разрешения конфликтных ситуаций.

Основы рационального природопользования были заложены на Куйбышевском водохранилище и прилегающих территориях в середине 20-го века, когда были созданы парки и охраняемые территории. Одним из природных достопримечательностей являются Жигулевские горы, на территории которого находится национальный парк «Самарская Лука», Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник, Государственный природный заказник «Спасский» включает 64 прибрежных острова, занимающих мелководья Куйбышевского водохранилища, нерестилище стерляди и другие.

Куйбышевское водохранилище находится на территории нескольких областей и для того, чтобы эффективно использовать его природно-ресурсный потенциал, необходимо взаимодействие органов местных организаций в сфере природопользования.

Некоторая специфика методологии развития КУПЗ как в России в целом, так и в отдельных регионах, связана со сложностью выполнения требования отсутствия конфликтов между стратегическим планированием и текущим управлением, являющимся характерным для общей теории менеджмента. Это обстоятельство связано, прежде всего, с тем, что система комплексного управления прибрежной зоной, в настоящее время в России не имеет необходимого юридического статуса, рабочих органов и т. п. Отсутствие юридической базы и организационной управленческой структуры затрудняет использование в рамках КУПЗ естественных для властных органов административных механизмов регулирования и управления на местном уровне [13,14].

Все еще актуальной является проблема сброса сточных вод в Куйбышевское водохранилище, а также диффузные источники загрязнения. В предыдущих главах было показано, что температура воздуха и воды на водохранилище повышается, также антропогенная нагрузка увеличивается, это способствует развитию цианобактерий, в результате чего образуются пятнистые поля водорослей в русловой глубоководной части и сплошные поля на мелководье водохранилища (рис. 7.1.). Содержание хлорофилла-«а» составляет в русловой части 10-20 мкг/дм³, в пойменной части -30-40 мкг/дм³, а в заливах может достигать 100 мкг/дм³. Цианобактерии (сине-зеленые водоросли) - это значительная группа крупных бактерий, способных к фотосинтезу, сопровождающемуся выделением кислорода. Это древнейшие организмы, которые сыграли существенную роль в эволюции атмосферы и жизни на Земле [15].

Динамика роста фитопланктона имеет многопиковую структуру, обусловленную не только флуктуациями термического режима, но и характером вертикального распределения минерального фосфора. Каждый пик интенсивного роста фитопланктона снижает концентрацию фосфатов в фотическом слое

воды до минимальных значений, вызывая его дефицит и дальнейший спад «цветения» воды [16].

Одним из основных источников поступления биогенных веществ в водохранилище и водные объекты его бассейна, влияющих на эвтрофирование, является сток с территорий, подверженных сельскохозяйственному воздействию. На водосборной территории находятся более 800 предприятий, занимающихся сельскохозяйственной деятельностью. Приоритетным фактором выноса биогенных веществ является разведение крупного рогатого скота, однолетние травы, бобовые и зерновые культуры. Многие предприятия располагаются в непосредственной близости к водным объектам. Также исследования показывают, что увеличивается вклад по биогенной нагрузке от промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод неканализованных населенных пунктах [17].

Развитие территорий прибрежных населенных пунктов создает необходимость создания современных очистных сооружений, сброс неочищенных сточных вод приводит к органическому загрязнению и также может способствовать развитию фитопланктона. Определить точную величину диффузного загрязнения на таком крупном водохранилище, как Куйбышевское весьма сложно.



Рис. 7.1. Развитие цианобактерий на Куйбышевском водохранилище

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;
- бурное развитие водорослей на фоне высокой температуры приводило к заморным явлениям [5].

7.1 Оценка гидрохимических показателей на Куйбышевском водохранилище в 2023 г.

По данным экспедиции по Куйбышевскому водохранилищу с 7 по 20 июля 2023 составлена таблица 7.1, в которой представлены гидрохимические показатели из 20 точек (точные координаты точек приведены в приложении А), в которых отбирались пробы воды. Видно, что значения по всем показателям отличаются пространственной неоднородностью: хлорофилл «а» от 5,10 до 109,46 мкг·дм⁻³, кислород от 5,88 до 12,09 мг/дм³, БПК5 от 0,68 до 8,29 мг/дм³. Самое интенсивное цветение наблюдается в заливах на мелководье. Это негативно сказывается на качестве воды, в летний период песчаные пляжи становятся недоступными для отдыха, что ухудшает рекреационный потенциал. Гид-

робионты испытывают кислородное голодание, периодически происходят заморы рыб.

По концентрации хлорофилла «а» можно сказать, что Куйбышевское водохранилище является эвтрофированным водоемом. Если говорить о конкретных значениях, то исходя из данных таблицы 7.1 можно разделить водоем на несколько классов по концентрации хлорофилла «а»:

1. от 5.1 до 6.22 мг/дм³
2. от 10.7 до 11.44 мг/дм³
3. от 22.30 до 30.48 мг/дм³
4. 109.46 мг/дм³

Таблица 7.1 – Гидрохимические показатели на Куйбышевском водохранилище с 7 по 20 июля 2023

№ станции	Место положения	t, С°	Хл-л "а" мкг·дм ⁻³	О ₂ , мг/дм ³	БПК5 мг/дм ³	Глубина
2	Залив Уса	20,8	5,10	6,71	1,50	15
5	с. Усолье	20,2	27,50	8,07	2,26	15
6	с. Новодевичье	21,0	30,48	8,00	3,28	15
7	с. Никольское	20,9	11,44	6,28	1,60	10
8	Залив Черемшан	21,2	5,60	7,10	1,87	3
10	г. Сенгилей	20,6	11,20	7,25	1,33	14
11	г. Ульяновск	19,6	5,47	6,28	1,51	9
12	с. Ундоры	20,8	22,30	7,71	1,88	9
13	с. Кирельское	22,2	5,60	7,03	1,29	7
14	Волжская ветка	24,7	23,88	8,06	4,88	10
15	выше Казани	23,9	-	7,03	1,43	13
16	остров Свяжск	25,0	5,72	7,07	1,79	5
17	река Свияга	25,3	5,85	6,57	4,42	4
18	река Меша	23,4	22,39	12,09	6,64	1,5
19	залив Меша	23,1	109,46	15,11	8,29	2
20	Волго-Камский плес	22,2	5,91	7,53	1,85	10
21	с. Чистополь	23,0	5,85	5,88	1,11	10
22	река Вятка	24,4	30,40	7,58	2,94	4

23	река Кама	22,8	6,22	6,49	0,68	11
24	река Утка	22,1	10,70	6,89	1,72	19

Пространственный анализ гидрохимических характеристик показывает, что наибольшая концентрация хлорофилла «а» содержится в 4 классе – в заливе Меша - 109,46 мкг·дм⁻³, вообще в этом заливе показатели кислорода и БПК5 также являются наибольшими среди всех точек отбора, 15.11 мг/дм³ и 8.29 мг/дм³ соответственно. Глубина в заливе Меша составляет всего 2 метра, что способствует наибольшему прогреванию воды в летний период и увеличивает интенсивность цветения.

Первому классу принадлежит минимальное количество, от 5.1 до 6.22 мг/дм³ хлорофилла «а» и содержится в следующих точках (в порядке увеличения): 2 (залив р. Уса), 11 (г. Ульяновск), 8 (залив р. Черемшан), 13 (с. Кирельское), 16 (остров Свяжск), 17 (р. Свяга), 21 (г. Чистополь), 20 (Волго-Камский плес), 23 (р. Кама). Глубина варьируется от 3 до 15 метров.

Ко второму классу (от 10.7 до 11.44 мг/дм³) принадлежат точки 24 (р. Утка), 10 (с. Сенгилей), 7 (с. Никольское). Глубина от 10 до 19 метров.

К третьему классу (от 22.30 до 30.48 мг/дм³) принадлежат точки 12 (с. Ундоры), 18 (река Меша), 14 (Волжская ветка), 5 (с. Усолье), 22 (река Вятка), 6 (С. Новодевичье). Глубина от 1.5 до 15 метров.

Как видно из рисунка 7.2 точки отбора, находящиеся в одном классе расположены в разных частях водохранилища, и в узкостях, и на протяженных участках, а также на разной глубине.

Определение кислорода в поверхностных водах включено в программы наблюдений с целью оценки условий обитания гидробионтов, в том числе рыб, а также как косвенная характеристика оценки качества поверхностных вод и регулирования процесса очистки стоков (таблица 7.2). Содержание растворенного кислорода существенно для аэробного дыхания и является индикатором биологической активности (т.е. фотосинтеза) в водоеме. [18]

Таблица 7.2 Содержание кислорода в водоемах с различной степенью загрязненности

Уровень загрязненности воды и класс качества	Растворенный кислород		
	лето, мг/дм ³	зима, мг/дм ³	% насыщения
Очень чистые, I	9	14–13	95
Чистые, II	8	12–11	80
Умеренно загрязненные, III	7–6	10–9	70
Загрязненные, IV	5–4	5–4	60
Грязные, V	3–2	5–1	30
Очень грязные, VI	0	0	0

Относительное содержание кислорода в воде, выраженное в процентах его нормального содержания, называется степенью насыщения кислородом [15].

Максимальная концентрация кислорода в воде находится в заливе и реке Меша и составляет 15.11 и 12.09 мг/дм³ соответственно и уровень насыщения 150, 178 %. На остальных точках кислород варьируется от 5.88 до 8.07. Уровень насыщения кислородом составляет от 70 % и выше, перенасыщение не наблюдается.

В водохранилище количество БПК₅ находится в диапазоне 0,68 - 8,29 мг/дм³ и эта величина склонна к климатическим и суточным колебаниям, которые зависят от температурного режима, а также степенью активности микроорганизмов. На изменения в показателе БПК₅ сильно влияет загрязнение природных водоёмов канализацией и стоками.

Значение БПК₅ в водоемах с разным уровнем загрязнения:

- Очень чистые - 0,5–1,0 мг/дм³;
- Чистые - 1,1–1,9 мг/дм³
- Умеренно загрязненные - 2,0–2,9 мг/дм³
- Загрязненные - 3,0–3,9 мг/дм³

- Грязные - 4,0–10,0 мг/дм³
- Очень грязные - 10,0 мг/дм³.

Нормы БПК для водоёмов, в зависимости от их предназначения, должны соответствовать следующим показателям:

- хозяйственно-питьевого значения: 3 мг/дм³
- бытового назначения: 6 мг/дм³
- культурного и рекреационного водопользования: 6 мг/дм³ [18].

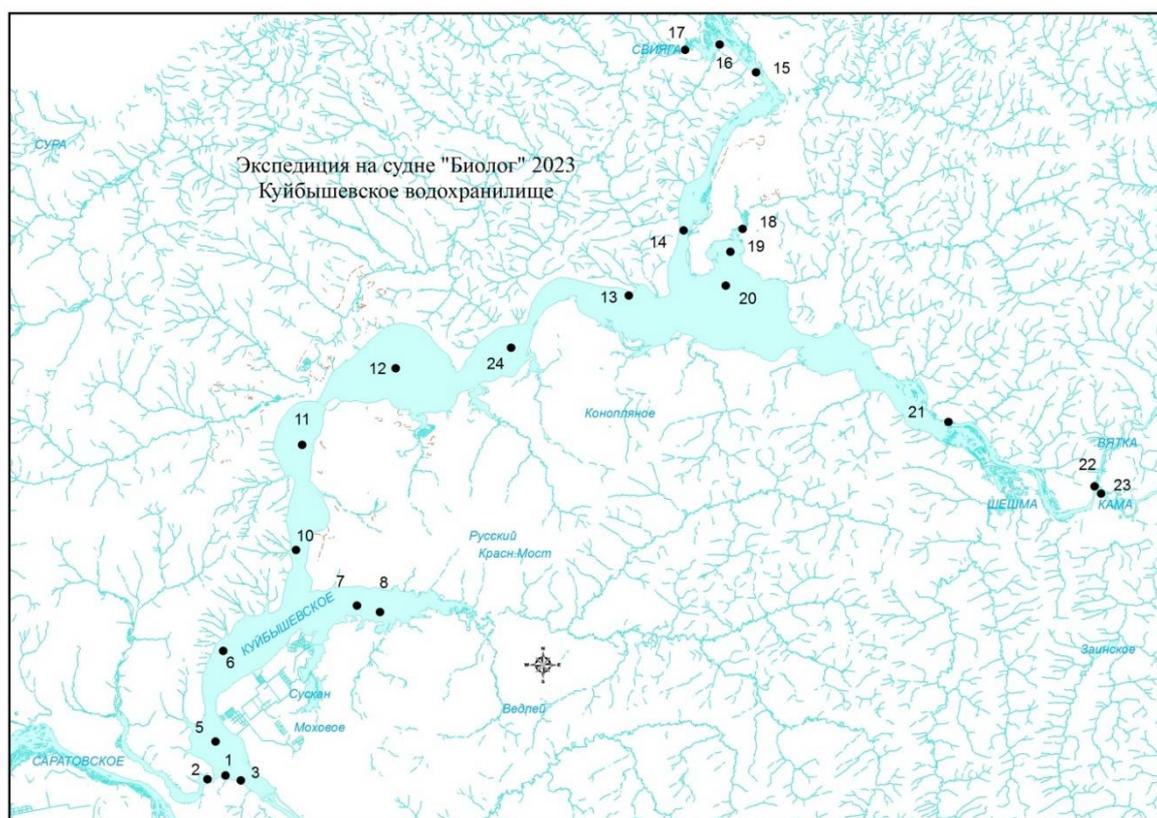


Рис. 7.2 – Расположение точек наблюдений на Куйбышевском водохранилище экспедиции с 7 по 20 июля 2023 г.

Что касается Куйбышевского водохранилища, то минимальное значение БПК₅ приходится на точку 23 (река Кама) и равно 0.68 мг/дм³, что соответствует по этому показателю как очень чистые воды, максимальные значения, как уже говорилось выше – на точках 18 – река Меша - и 19 – залив Меша, 6.64 и 8.29 мг/дм³ соответственно. В остальных точках отбора БПК₅ соответствует

нормам хозяйственно-питьевого значения, в пределах 3 мг/дм³, кроме точек 14 (Волжская ветка – 4.88 мг/дм³) и 17 (река Свияга – 4.42 мг/дм³).

7.2 Ихтиологические исследования на Куйбышевском водохранилище в 2024 году.

Рыбы, являются одним из важнейших биотических компонентов водных экосистем и в значительной мере определяют их состояние.

Каскад водохранилищ на Волге изменил в ней условия существования аборигенных видов, в первую очередь условия их размножения. Исчезли или значительно сократили свою численность реофильные и проходные виды (русский осетр, шип, белорыбица и др.); численность лимнофильных видов (лещ, густера, плотва и др.) увеличилась [6].

Стихийное формирование ихтиофауны Куйбышевского водохранилища в период его становления, нередко неблагоприятные для размножения рыб условия препятствовали созданию в водоеме больших промысловых запасов ценных видов, в то время как второстепенные и малоценные рыбы, обладая высокой экологической пластичностью, резко увеличили свою численность. В дальнейшем, благодаря наличию значительных нерестовых площадей, развитию богатой кормовой базы рыб (зоопланктона и бентоса) появились высокоурожайные поколения, на которых в последующем базировалась ихтиофауна водоема. Однако в новых условиях изменились биологические показатели видов и свойства структуры популяций, в частности колебание их численности, которое у каждого вида имеет свои особенности [6].

В первые же годы создания водохранилища из состава ихтиофауны исчезли такие реофильные виды, как каспийская минога, севрюга, шип, волжская сельдь, шемая и др. За более чем шестидесятилетний период существования водохранилища, зарегистрированные поимки этих видов происходили лишь в первые годы после создания водоёма, за исключением отдельных случаев [19].

Поэтому изучение биоразнообразия ихтиофауны водоемов является важной задачей.

Летом 12 – 25.07 2024 года в ходе экспедиционных исследований на научном судне «Биолог» (рис. 7.3) по Куйбышевскому водохранилищу производился лов рыб в научных целях.

Данные по ихтиофауне отбирались на 13 точках Куйбышевского водохранилища на глубине от 2 до 20 метров, с помощью ставных одностенных жаберных сетей с ячейками 15, 30, 50, 60, 75 мм и длиной и высотой сетей от 10 м до 180 м и от 1,8 м до 3 м соответственно. Выставлялись сети с 21:00 до 6:00. Определялся возраст рыб, а также численный, видовой состав и биомасса (приложение Б).

Исходя из данных по ихтиофауне (рис 7.4-7.5) всего было отловлено 15 видов рыб из 3 семейств – окуневые, карповые, бычковые. Во всех районах исследования наибольшая частота встречаемости у судака, берша, окуня, густеры, леща, чехони и плотвы. Наиболее редкие виды рыб в уловах: синец, язь, сазан, уклейка, бычок-головач.

По биомассе в Куйбышевском водохранилище было изъято 150,495 кг рыбы (Усинский залив – 88,357 кг, Ульяновский плес – 23,591 кг, Ундоровский плес – 21,202 кг, Черемшанский залив – 17,345 кг). Наибольшая биомасса в уловах у следующих видов: берш, окунь, судак, карась, чехонь (рис. 7.5). По численности преобладают судак, берш, окунь, ёрш, плотва, чехонь.

В Ундоровском плесе преобладающими видами являются берш, окунь, ерш, в меньшей степени судак, лещ и чехонь, по биомассе больше всего окуня. В Ульяновском плесе чаще в улове встречается судак, берш, ерш, далее окунь, плотва, чехонь и лещ, в улове отсутствует голавль, сазан и бычок. В Ульяновском плесе по биомассе преобладает судак. В улове в Черемшанском заливе заметно преобладает ерш, далее следуют окунь, чехонь, плотва, лещ и судак, отсутствуют – голавль, сазан, уклейка, бычок-головач, синец. По биомассе в заливе превышает другие виды рыб чехонь. В Усинском заливе чаще всего встреча-

ется плотва, примерно одинаково – окунь, карась, чехонь, лещ, судак, берш, отсутствует синец. В данном заливе по биомассе преобладают судак и карась.



Рис. 7.3 – Научное экспедиционное судно «Биолог»

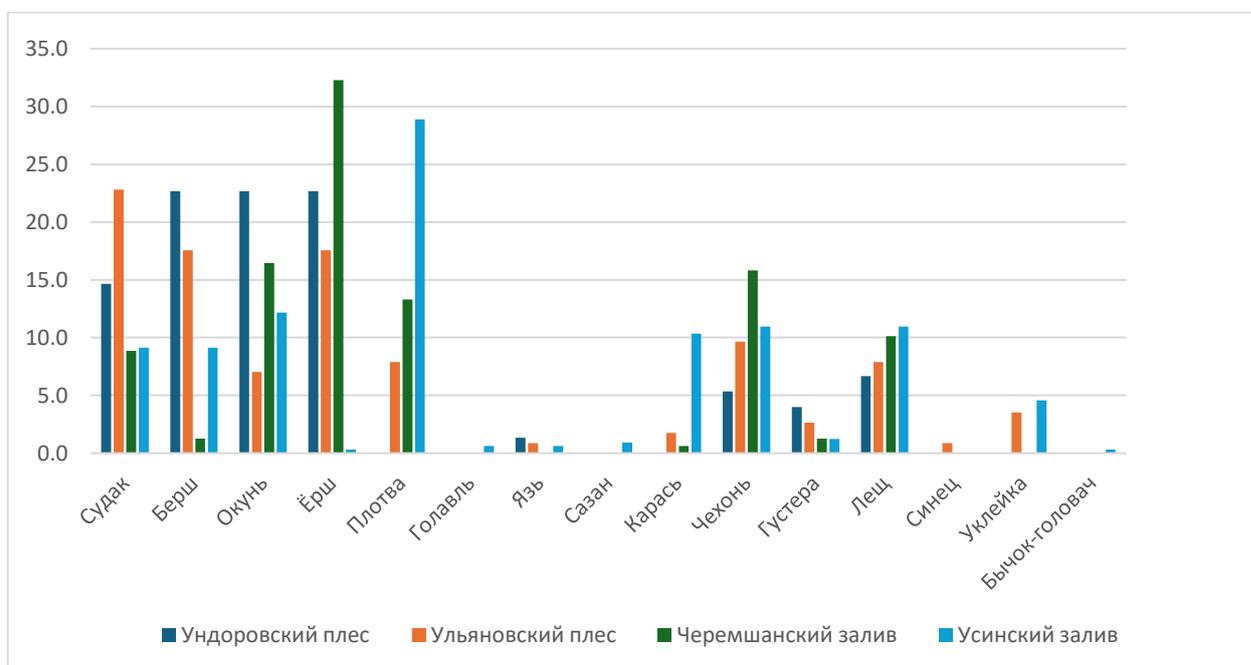


Рис 7.4 – Распределение видов рыб в уловах (в %) в Куйбышевском водохранилище

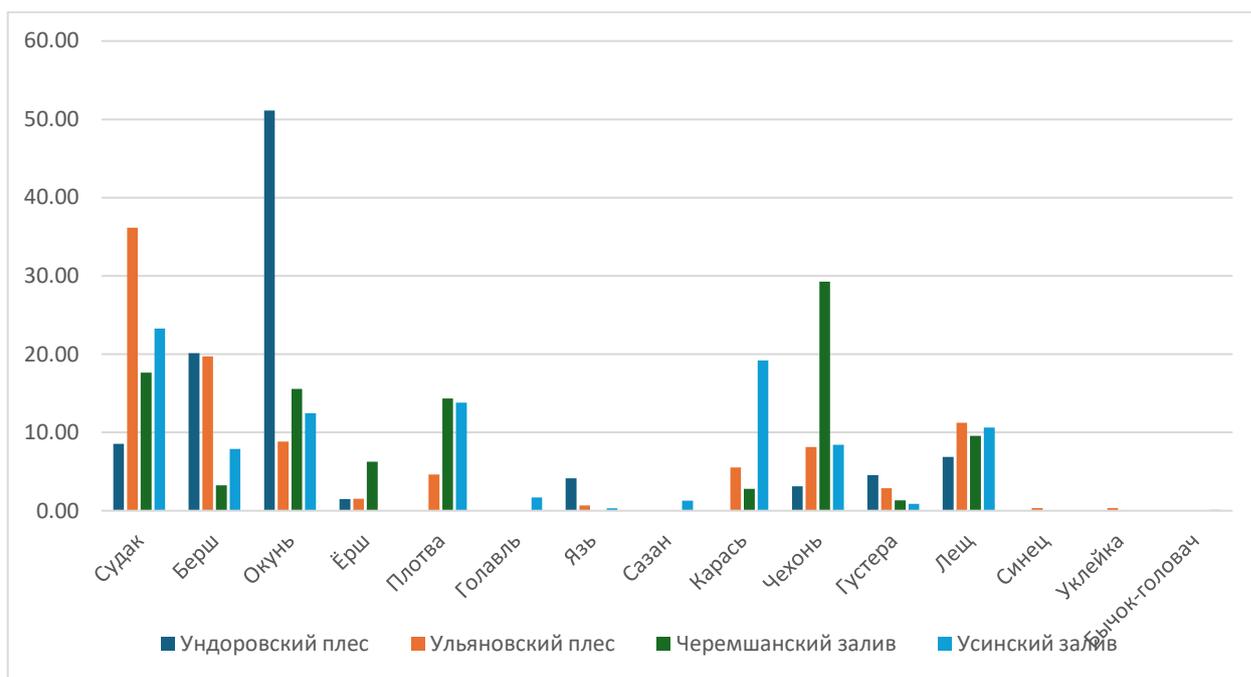


Рис. 7.5 Распределение биомассы рыб в уловах по видам (в %) в Куйбышевском водохранилище летом – осенью 2024 г.

Обобщая вышеизложенное, можно сказать, что на Куйбышевском водохранилище сохраняется хорошее видовое разнообразие ихтиофауны. Учитывая большое значение водохранилища для восполнения рыбных запасов необходимо проводить мониторинг и рыбоохранные мероприятия. Кроме этого, самыми благоприятными условиями для размножения фитофильных рыб (плотва, синец, густера, лещ, сазан, окунь, ерш и др.) является заполнение водохранилища в апреле – мае с превышением НПУ (53 м) и последующая незначительная сработка уровня воды до самого ледостава [6].

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, уклея, или более пластичные виды в отношении мест нереста: судак, ко-

торый 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 [5].

Одним из важнейших вопросов современной биоэкологии является изучение биоразнообразия, которое во многом определяет состояние и устойчивость экосистем, в том числе и водных. Рыбы, являющиеся одним из важнейших биотических компонентов водных экосистем, в значительной мере определяют их состояние. Поэтому изучение биоразнообразия ихтиофауны водоемов представляется весьма важной задачей [20].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной работе были изучены различные гидрометеорологические характеристики Куйбышевского водохранилища за весь период наблюдений, начиная с 1958 года. Задачи, поставленные во введении, были достигнуты. Было показано, как изменились гидрометеорологические характеристики за этот период и в разные сезоны внутри года.

Анализ на основе статистических методов показал насколько изменились гидрологические характеристики Куйбышевского водохранилища. Действительно за 67-летний цикл наблюдений ясно виден восходящий тренд по температуре воды, воздуха, уровня воды. Оценка на значимость линейного тренда по уровню значимости коэффициента корреляции показала, что тренд значим для всех характеристик, кроме сбросов ГЭС.

Температура воды в среднем увеличилась в этом веке на 1.7°C , по сравнению с предыдущим. Больше всего – на гп. Кирельское (2°C), меньше всего на гп. В. Услон – 1.3°C . До 1994 года средняя температура воды на всех постах менялась в пределах $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$. С 1995 по 2004 гг. температура воды увеличилась на $0,7-1,2^{\circ}\text{C}$. Повышение средней температуры воздуха по данным Тольяттинской метеостанции в большей степени произошло в холодный период, зимы стали теплее, максимально в январе – на 3°C , минимальное увеличение в мае, сентябре на 1.5°C . Между температурой воды и воздуха выявлена линейная положительная связь с коэффициентом корреляции $0,86$, что указывает на сильную зависимость одной переменной от другой.

В последние 20 лет температура воды остается стабильной, а температура воздуха прибавляется на $0,3$ градуса каждое десятилетие. Так что в целом можно сказать, что ситуация по температуре стабилизировалась. Такие данные согласуются с исследованиями, в которых говорится, что за последние 17 лет потепление климата сильно замедлилось, возникла пауза в росте температуры [21]

Но, к сожалению, увеличение температуры успело негативно сказаться на уровне «цветения» волжской воды. Для цианобактерий температура воды является одним из основных лимитирующих факторов и при увеличении нагрузки от диффузных источников загрязнения и неканализованных бытовых и хозяйственных сточных вод привело к ухудшению качества воды.

Увеличение температуры отразилось на характере ледовых явлений. На постах в Тольятти, Ульяновске, Сенгилее начиная с этого века ледостав наступает на 10 дней позже, в В. Усломе на 11 дней. Полное очищение ото льда наступает раньше в Тольятти и В. Услона на 5 и 4 дней соответственно, в Ульяновске и Сенгилее на 8 и 9 дней соответственно. Продолжительность ледостава на всех постах также уменьшилась.

Что касается уровня воды, то здесь тоже произошли изменения, о чем говорилось выше, поскольку положительный линейный тренд значим. В период с 1958 по 1979 уровень воды находился в среднем на отметке 50.87 м, то уже в этом веке, начиная с 2000-х гг. средний уровень составляет 51.62 м, что на 75 см больше. Минимальный уровень был зафиксирован в 1976 году – 49.5 м, максимальный в 2020 году – 52.31 м. Если рассматривать внутригодовой год уровня воды, то наибольшие изменения произошли в зимнюю межень и весеннее половодье, где повышение относительно первого периода (1958-1979) в зимние месяцы составило от 0.5 м до 1.1 м, в марте апреле – 1.62 м. К маловодным годам (< 50,0 м) относятся 1964, 1975, 1976, 1989, к многоводным (> 52,0 м) – 1990, 1991, 2007, 2008, 2013, 2016, 2018 и 2020.

Среднегодовой расход воды. В последний период с 2002-2024 года произошло снижение сбросов воды через ГЭС в период половодья, наибольшие изменения произошли в мае и июне месяце. Расход в эти месяцы уменьшился на более чем 3000 и 1600 м³/с соответственно. Корреляция между уровнем воды и сбросами составляет 0.61 и характеризует среднюю связь.

Гидрохимические показатели по Куйбышевскому водохранилищу отличаются пространственной неоднородностью: хлорофилл «а» от 5,10 до

109,46 мкг·дм⁻³, кислород от 5,88 до 12,09 мг/дм³, БПК5 от 0,68 до 8,29 мг/дм³. Самое интенсивное цветение наблюдается в заливах на мелководье.

Ихтиофауна разнообразна, всего было отловлено 15 видов рыб из 3 семейств – окуневые, карповые, бычковые. Во всех районах исследования наибольшая частота встречаемости у судака, берша, окуня, густеры, леща, чехони и плотвы. Наиболее редкие виды рыб в уловах: синец, язь, сазан, уклейка, бычок-головач. По биомассе в Куйбышевском водохранилище было изъято 150,495 кг рыбы (Усинский залив – 88,357 кг, Ульяновский плес – 23,591 кг, Ундоровский плес – 21,202 кг, Черемшанский залив – 17,345 кг). Наибольшая биомасса в уловах у следующих видов: берш, окунь, судак, карась, чехонь. По численности преобладают судак, берш, окунь, ёрш, плотва, чехонь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ. Куйбышевское и Саратовское водохранилища. – СПб.: Гидрометеоздат, 1978. – 268 с.
2. Селезнева К.В., Селезнева А.В., Селезнев В.А. Повышение температуры воды Куйбышевского водохранилища и риски водопользования // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2023. № 3. С. 49-62.
3. Селезнева К.В., Селезнева А.В., Селезнев В.А.. Зона температурного оптимума цианобактерий в Куйбышевском водохранилище // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2023. Т. 25, № 5.
4. Лазарева В. И., Степанова И. Э., Цветков А. И., Пряничникова Е. Г., Перова С. Н. Кислородный режим водохранилищ Волги и Камы в период потепления климата: последствия для зоопланктона и зообентоса // Труды ИБВВ РАН. 2018. Вып. 81(84).
5. 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.
6. Шакирова Ф.М., Северов Ю.А., Латыпова В.З., Терещенко В.Г., Степанова Н.Ю. Влияние уровня режима на естественное воспроизводство рыб Куйбышевского водохранилища // Российский журнал прикладной экологии. 2021. №2 (26).
7. Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – Москва.: 2014. – 61 с.
8. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – СПб.: Научные технологии, 2022. – 124 с.

9. Сикан А. В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Учебник. Специальность «Гидрология» направления подготовки «Гидрометеорология». - СПб.: изд. РГГМУ. 2007. - 279 с.

10. Козинцева Т.М., Любославова Л.Н. Условия, режим и перспективы развития Куйбышевского водохранилища на территории самарской области // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2019. Т. 28, № 3. С. 52-57.

11. Селезнева А.В., Селезнев В.А. Повышение уровня воды Куйбышевского водохранилища в условиях климатических изменений // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2025. № 4. С. 25–43.

12. Малинин В. Н., Гордеева С. М. Уровень Каспийского моря как индикатор крупномасштабного влагообмена в системе «океан – атмосфера – суша» // Труды Карельского научного центра РАН № 4. 2020. С. 5–20

13. Основные концепции современного берегопользования: Монография, - СПб.: РГГМУ, т. II 2010

14. Плинк Н.Л., Гогоберидзе Г.Г. Политика действий в прибрежной зоне. Учебное пособие. – СПб, РГГМУ, 2003

15. Селезнева К.В., Селезнева А.В., Селезнев В.А. Влияние массового развития цианобактерий на формирование качества воды Куйбышевского водохранилища (проблема и пути решения) / Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2023.Т. 25, № 5

16. Рахуба А.В. Динамика цветения воды в приплотинном участке Куйбышевского водохранилища // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 25, № 5, 2023

17. Поздняков Ш. Р., Шагидуллин Р. Р., Кондратьев С. А. и др. Инвентаризация источников внешней антропогенной нагрузки на Куйбышевское водохранилище // Труды Карельского научного центра РАН № 4. 2020. С. 125–138

18. Петин А.Н, Лебедева М.Г., Крымская О.В. // Анализ и оценка качества поверхностных вод: учеб. пособие /. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2006. – 252

19. Шакирова Ф.М., Анохина О.К., Смирнов А.А. , Валиева Г.Д. Динамика запасов и биологические показатели основных промысловых видов рыб Куйбышевского водохранилища за период 2001–2021 гг., их освоение промыслом // Вопросы рыболовства, 2023. Том 24. №3. С. 77–95

20. Сайфуллин Р. Р. Особенности ихтиофауны нижней части волжского плеса Куйбышевского водохранилища // Вестник ТГГПУ, №7, 2006.-С.110-118.

21. Шерстюков Б. Г. Климатические условия Арктики и новые подходы к прогнозу изменения климата // Арктика и Север. 2016. № 24

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Таблица А.1. Координаты точек отбора проб на Куйбышевском водохранилище

№ точки	Место положения	Широта	Долгота
2	Залив Уса	53° 21,964′	49° 13,949′
5	Усолье	53° 27,303′	49° 08,587′
6	Новодевичье	53° 38,884′	48° 53,314′
7	Никольское	53° 59,361′	49° 12,583′
8	Залив Черемшан	54° 01,224′	49° 18,588′
10	Сенгилей	53° 59,048′	48° 49,419′
11	г. Ульяновск	54° 12,073′	48° 30,689′
12	Ундоры	54° 31,706′	48° 35,488′
13	Кирельское	55° 06,681′	49° 10,661′
14	Волжская ветка	55° 20,595′	49° 09,691′
15	выше Казани	55° 47,347′	48° 53,989′
16	остров Свяжск	55° 46,475′	48° 40,526′
17	река Свяга	55° 41,929′	48° 34,277′
18	река Меша	55° 27,420′	49° 22,074′
19	залив Меша	55° 23,338′	49° 23,877′
20	Волго-Камский плес	55° 18,814′	49° 29,573′
21	Чистополь	55° 27,314′	50° 44,393′
22	река Вятка	55° 35,547′	51° 29,095′
23	река Кама	55° 35,343′	51° 31,890′
24	убежище Утки	54° 47,188′	48° 55,749′

Приложение Б

Таблица Б.1. Состав ихтиофауны Куйбышевского водохранилища 2024 года

Вид	Куйбышевское водохранилище			
	Ундоровский плес	Ульяновский плес	Черемшанский залив	Усинский залив
семейство <i>Percidae</i> , Cuvier, окуневые				
<i>Stizostedion lucioperca</i> (Linnaeus, 1758) – обыкновенный судак	+	+	+	+
<i>Stizostedion volgense</i> (Gmelin, 1788) – берш	+	+	+	+
<i>Perca fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758) – речной окунь	+	+	+	+
<i>Gymnocephalus cernuus</i> (Linnaeus, 1758) – обыкновенный ёрш	+	+	+	+
семейство <i>Cyprinidae</i> , Bonoparte, карповые				
<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758) – плотва		+	+	+
<i>Leuciscus cephalus</i> (Linnaeus, 1758) – голавль				+
<i>Leuciscus idus</i> (Linnaeus, 1758) – язь	+	+		+
<i>Cyprinus carpio</i> (Linnaeus, 1758) – сазан				+
<i>Carassius auratus</i> (Linnaeus, 1758) – карась серебряный		+	+	+
<i>Pelecus cultratus</i> (Linnaeus, 1758) – чехонь	+	+	+	+
<i>Blicca bjoerkna</i> (Linnaeus, 1758) – густера	+	+	+	+
<i>Abramis brama</i> (Linnaeus, 1758) – лещ	+	+	+	+
<i>Abramis ballerus</i> (Linnaeus, 1758) - синец		+		
<i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758) – уклейка		+		+
семейство <i>Gobiidae</i> , Cuvier, бычковые				
<i>Neogobius gorlap</i> (Iljin in Berg, 1949) – бычок - головач				+

Таблица Б.2. Размерно-массовые характеристики рыб Куйбышевского водохранилища в летне-осенний период 2024 г.

Вид	Ундоровский плес		Ульяновский плес		Черемшанский залив		Усинский залив	
	L (см)*	M (г)	L (см)	M (г)	L (см)	M (г)	L (см)	M (г)
Обыкновенный судак	<u>16-39</u> 26 (11)	<u>32-444</u> 175 (11)	<u>17-60</u> 30,7 (26)	<u>40-1700</u> 366,6 (26)	<u>29-32</u> 30,3 (14)	<u>196-267</u> 220 (14)	<u>14-68</u> 38,1 (30)	<u>24-3250</u> 745 (30)
Берш	<u>25-37</u> 30 (17)	<u>145-439</u> 250 (17)	<u>27-34,5</u> 30,1 (20)	<u>160-315</u> 232,9 (20)	31 (2)	281 (2)	<u>21-43,5</u> 29,1 (30)	<u>75-890</u> 247 (30)
Речной окунь	<u>24-42</u> 34 (17)	<u>180-1120</u> 639 (17)	<u>21-34</u> 26,2 (8)	<u>121-594</u> 279,8 (8)	<u>11,9-24</u> 19,9 (26)	<u>19-153</u> 102,5 (26)	<u>20-39,5</u> 26,8 (40)	<u>110-915</u> 286 (40)
Обыкновенный ёрш	<u>10,4-13,5</u> 11,8 (17)	<u>11-29</u> 18,5 (17)	<u>10-13</u> 11,6 (20)	<u>10-27</u> 18,1 (20)	<u>10,4-16,2</u> 12,4 (51)	<u>11-50</u> 21,7 (51)	11,8 (1)	17 (1)
Плотва			<u>20-24</u> 21,2 (9)	<u>98-175</u> 124,3 (9)	<u>16-24</u> 21,1 (21)	<u>43-158</u> 116 (21)	<u>18-30</u> 23,3 (95)	<u>74-326</u> 130,1 (95)
Голавль							36,8 (2)	743,5 (2)
Язь	40 (1)	880 (1)	23 (1)	160 (1)			23,5 (2)	136,5 (2)
Сазан							24,2 (3)	379 (3)
Карась серебряный			34 (2)	650 (2)	30 (1)	488 (1)	<u>17-35</u> 28,8 (34)	<u>73-845</u> 496,2 (34)
Чехонь	<u>29-31</u> 30 (4)	<u>150-180</u> 165 (4)	<u>22-37</u> 29,3 (11)	<u>72-360</u> 181 (11)	<u>28-38</u> 31,6 (25)	<u>134-336</u> 205,4 (25)	<u>22-37</u> 31,2 (36)	<u>70-327</u> 205,9 (36)
Густера	27,3 (3)	321 (3)	24,6 (3)	232,8 (3)	21 (2)	115,5 (2)	<u>17,5-29,5</u> 24 (4)	<u>55-344</u> 198,3 (4)
Лещ	<u>17-40</u> 26 (5)	<u>60-812</u> 292 (5)	<u>17-36</u> 27,5 (9)	<u>74-600</u> 301,9 (9)	<u>11,7-31</u> 20,1 (16)	<u>17-341</u> 111,9 (16)	<u>20-47</u> 30,2 (36)	<u>70-1192</u> 379 (36)
Синец			19 (1)	78 (1)				
Уклейка			<u>13,5-15</u> 14,1 (4)	<u>19-25</u> 21,8 (4)			14 (1)	15 (1)
Бычок - головач							20 (1)	110 (1)

Примечания: L – полная длина рыбы, m – масса рыбы; над чертой min-max, под чертой среднее; в скобках количество особей.