© Калайда М.Л., Саетов А.Р., Хамитова М.Ф.

(cc) BY

УДК 639.3 DOI: 10.30724/1998-9903-2023-25-6-101-118

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И РАЗВИТИЯ ЗООПЛАНКТОНА В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ РЫБОЗАЩИТНОГО СООРУЖЕНИЯ ТИПА ВОДОВОЗДУШНАЯ ЗАВЕСА В ВОДОЕМЕ-ОХЛАДИТЕЛЕ ГРЭС

Калайда М.Л., Саетов А.Р., Хамитова М.Ф.

Казанский государственный энергетический университет, г.Казань, Россия
kalayda4@mail.ru

Резюме. *ЦЕЛЬ. Исследование особенностей гидробиологических характеристик развития зоопланктона в условиях работы рыбозащитного сооружения по типу водовоздушной завесы (ВВЗ) на объекте энергетики. МЕТОДЫ. Собран, обработан и проанализирован гидробиологический материал по физико-химическим характеристикам воды и по качественному и количественному составу зоопланктона в районе водозабора Заинской ГРЭС. Проведен сравнительный анализ собственных исследований и литературных данных по характеристике вод в районе рыбозащитного сооружения типа водовоздушной завесы. Обработку материала проводили общепринятыми гидробиологическими методами в лаборатории кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» Казанского государственного энергетического университета. РЕЗУЛЬТАТЫ. Показано, что рыбозащитное устройство по типу водовоздушной завесы является многофункциональным техническим решением, которое в процессе работы изменяет физико-химические характеристики состояния экосистемы, особенно в придонном слое. Выявлено, что рыбозащитное сооружение (РЗС) по типу водовоздушной завесы не снижает видового разнообразия зоопланктона. В районе функционирования ВВЗ отмечены максимальная численность и биомасса зоопланктона по сравнению с контрольными станциями.Основу численности и биомассы зоопланктона составляли ракообразные: на ветвистоусых ракообразных приходилось 50,2% от общей биомассы, на веслоногих рачков – 46,1%. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Наблюдения за состоянием экосистемы в районе действия водовоздушной завесы и оценка качества вод по гидробиологическим показателям выявили высокое качество вод на участке в районе функционирования ВВЗ, улучшение экологической ситуации.*

Ключевые слова*: аквакультура; объекты энергетики; рыбозащитное сооружение; водовоздушная завеса; зоопланктон.*

Для цитирования: Калайда М.Л., Саетов А.Р., Хамитова М.Ф. Исследование особенностей гидрохимических характеристик и развития зоопланктона в районе размещения рыбозащитного сооружения типа водовоздушная завеса в водоеме-охладителе ГРЭС // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2023. Т.25. № 6. С. 101-118. doi:10.30724/1998-9903-2023-25-6-101-118.

STUDY OF THE FEATURES OF HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS AND DEVELOPMENT OF ZOOPLANKTON IN THE AREA OF WATER-AIR CURTAIN TYPE FISH PROTECTION STRUCTURE IN THE COOLING RESERVOIR OF THE SDPP

Kalaida M.L., Saetov A.R., Khamitova M. F.

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

Abstract. *PURPOSE. Study of the features of hydrobiological characteristics of zooplankton development under operating conditions of a fish protection structure similar to a water-air curtain (WAC) at an energy facility. METHODS. Hydrobiological material was collected, processed and analyzed on the physical and chemical characteristics of water and on the qualitative and quantitative composition of zooplankton in the water intake area of the Zainskaya State District Power Plant. A comparative analysis of our own research and literature data on the characteristics of water in the area of a water-air curtain fish protection structure was carried out. The material was processed using generally accepted hydrobiological methods in the laboratory of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture of Kazan State Energy University. RESULTS. It is shown that a fish protection device of the water-air curtain type is a multifunctional technical solution, which during operation changes the physical and chemical characteristics of the state of the ecosystem, especially in the bottom layer. It was revealed that a fish protection structure (FPS) like a water-air curtain does not reduce the species diversity of zooplankton. In the area where the WAC operates, the maximum abundance and biomass of zooplankton were noted compared to control stations. The basis of the number and biomass of zooplankton were crustaceans: cladocerans accounted for 50.2% of the total biomass, copepods accounted for 46.1%. CONCLUSION. Observations of the state of the ecosystem in the area of operation of the water-air curtain and assessment of water quality based on hydrobiological indicators revealed high water quality in the area where the WAC operates, and an improvement in the environmental situation.*

Keywords*: aquaculture; energy facilities; fish protection structure; water-air curtain; zooplankton.*

For citation: Kalaida M.L., Saetov A.R., Khamitova M. F. Study of the features of hydrochemical characteristics and development of zooplankton in the area of water-air curtain type fish protection structure in the cooling reservoir of the SDPP. *Power engineering: research, equipment, technology.* 2023; 25 (6): 101-118. doi:10.30724/1998-9903-2023-25-6-101-118.

Введение*(Introduction)*

В настоящее время тепловые электростанции являются неотъемлемой часть энергетической системы и наиболее крупными потребителями воды с наибольшим расходованием ее для охлаждения технологического оборудования. Основное потребление технической воды на ТЭС вызвано с необходимостью отвода теплоты от отработавшего пара в конденсаторах турбин – 85-95 %. В соответствии с Водным Кодексом РФ, Постановлением правительства Российской Федерации № 380 от 29.04.2013 г. «Об утверждении Положения о мерах по сохранению водных биологических ресурсов и среды их обитания» запрещена эксплуатация водозаборных сооружений, не оборудованных рыбозащитными устройствами или сооружениями, то есть законодательно определено, что все водозаборные сооружения должны быть оснащены эффективно функционирующими рыбозащитными сооружениями (РЗС). Вид рыбозащиты основывается на комбинации принципов рыбозащиты (экологического, поведенческого, физического) и определяет механизм взаимодействия рыб (ориентацию, реакцию и др.), водной среды и сооружения. Конструктивные особенности отдельных решений определяются плановым положением экрана и количеством рыбоотводов. В последнее время разработчики РЗС, а также органы рыбоохраны ставят задачу обеспечить надежную защиту 70-75 % сносимой молоди рыб, поскольку для 100 % защиты требуются значительные затраты на сооружения и эксплуатацию РЗС.Одним из наиболее эффективных технических решений по установке рыбозащитных сооружений является РЗС по типу водовоздушной завесы. Одним из наиболее эффективных и в то же время наиболее экологичных типов рыбозащитных устройств являются конструкции воздушно-пузырькового типа - водовоздушная завеса [1, 2, 3]. Рассматриваемое РЗУ работает по принципу восходящей водовоздушной завесы, сформированной системой придонных модулей РЗУ с аэрирующими соплами. Принцип работы данного типа сооружений состоит в подаче насосами воды на модули РЗУ с одновременным забором воздуха по отдельному трубопроводу-воздуховоду. Эффект водовоздушной завесы, создается подачей в перфорированный трубопровод мелкодисперсной водовоздушной суспензии (рис.1). Для современного этапа эксплуатации водохранилищ характерны изменения климатических характеристик – повышение в летний период температуры воды, снижение содержания растворенного кислорода, цветение за

счет развития цианобактерий, приводящие к «заморным» условиям – массовой гибели рыбы [4, 5, 6, 7, 8].

Актуальность данного исследования заключается в том, что гидробионты являются биоиндикаторами состояния экосистемы и могут быть использованы для характеристики эксплуатации РЗС типа водовоздушная завеса.

Научная значимость работы заключается в том, что впервые изучены особенности состояния зоопланктона в зоне работы РЗС по типу водовоздушной завесы в сравнении с контрольными участками водохранилища.

Практическая значимость исследованиярыбозащитного сооружения типа водовоздушной завесы заключается в том, что результаты исследования опробованы в условиях реально функционирующего РЗС предприятия энергетики. Результаты данной работы можно использовать при разработке, модернизации и внедрении РЗС, что будет полезно как для владельцев функционирующих РЗС, так и для разработчиков РЗС.

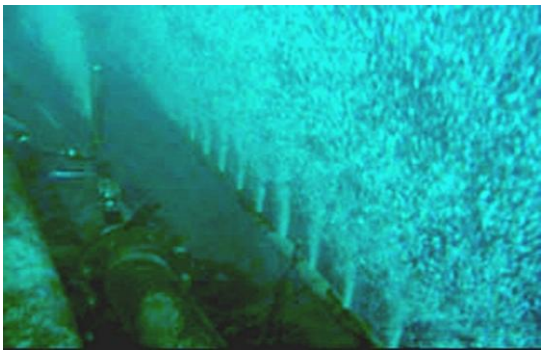


Рис 1. Работа РЗУ типа «водовоздушная завеса» в действии

Fig.1. The work of the "water-air curtain" type FPS in action

**Источник: составлено автором.*

Source compiled by the author

В сентябре 2015 года Организация Объединенных Наций обозначила среди главных направлений деятельности обеспечение устойчивого развития на период до 2030 года [9, 10]. Отмечено, что 17 целей в области устойчивого развития (ЦУР) пока не достигли необходимых темпов и масштабов. В связи с этим основными задачами сегодняшнего времени стало рассмотрение состояния мирового рыболовства и аквакультуры с позиций выбора мер по повышению устойчивости.Подчеркивается все более важная роль рыболовства и аквакультуры в обеспечении продовольствия, питания и занятости населения.

В материалах ФАО (2020) отмечаются стратегии включения рыбы в продовольственные системы в интересах обеспечения продовольственной безопасности и питания, среди которых подчеркивается значимость переосмысления подходов к промышленному рыболовству в XXI веке, повышению качества оценки рыболовства во внутренних водоемах в мировом масштабе [9]. Переосмысление освоения ресурсов внутренних водоемов включает такие задачи как направленное формирование ихтиофауны, пастбищнуюаквакультуру, увеличение компенсационных выпусков молоди рыб от искусственного воспроизводства. Подобными работами занимаются и в Республике Татарстан. Так по информации ИА «Регнум» [20] Заинская ГРЭС проводила зарыбление Куйбышевского водохранилища двухлетками сазана, выращенного вЗаинском водохранилище. Еще в 1996 году в Заинское водохранилище для улучшения качества вод, больбы с водной растительностью и увеличения кормовой базы была завезена из Рязани ханнанская пресноводная креветка, которая акклиматизировалась. Не менее значимым мероприятием в этих условиях становится повышение эффективности рыбозащитных сооружений на водозаборах энергетических предприятий. Выбор методов рыбозащиты с обоснованием состояния гидробиоценоза является важной компонентой сохранения водных биоресурсов.

Постановка задачи

Цель данного исследования –изучить изменения гидробиологических характеристик развития зоопланктона в условиях работы рыбозащитной водовоздушной завесы на объекте энергетики.

Материал и методика исследования(Materials and methods)

Материалом для работы послужили пробы зоопланктона собранныев августе 2022года в районе водозабора Заинской ГРЭС (рис.2).

Заинское водохранилище создано в результате зарегулирования стока реки Степной Зай (рис.2). Гидроузел на реке Степной Зай входит в состав сооружений Заинской ГРЭС. Створ плотины гидроузла на реке Степной Зай расположен в 71 км от устья реки Степной Зай (место впадения в реку Каму).НПУ составляет 73 м. Самый низкий уровень сработки – 70,075 м. Полный объем при НПУ равен 0,063 км^3, полезный объем 0,035 км^3.Площадь водосбора составляет – 2,91 тыс. км^2,площадь водного зеркала –20,45 км^2[11,12]. Средняя глубина – 3,8 м, наибольшая – 9 м. Средняя ширина – 1 км, максимальная – 2,5 км. Длина в период половодья достигает 15 км.Заинское водохранилище по объему водной массы среди термальных водохранилищ, является одним из крупных (после Лукомльского, Электренского и Кармановского, объем которых 90,5-243 млн. м^3) и имеет довольно высокий показатель условного водообмена. Смена воды происходит более 5 раз в год.В 1972 году Заинская ГРЭС выведена на проектированную мощность – 2 400 Мвт. Сброс подогретой воды осуществляется в верхнюю часть водоема по каналу №2 и в нижнюю по каналу №1, что вызывает неравномерное распределение тепла по акватории водоема (рис.2). Система водоснабжения Заинской ГРЭС выполнена оборотной, с охлаждением сбросной воды вЗаинском водохранилище. Для подачи циркуляционно-технической воды на электростанции имеются три береговые насосные станции: БНС-1, БНС-2, БНС-3. Вода от водохранилища к водоприемникам насосных станций поступает по открытым подводящим каналам. На входе каждого канала установлены водозаборные устройства. Суммарный расход циркуляционной воды 100 м3 /сек. Подводящие каналы в зоне береговой линии оборудованы закрытыми водоподводящими оголовками длиной по 25-30м каждый с заглублением верхней кронки под НПУ на 2,4 и 3,25м. Скорость воды в оголовках 0,75-1,3 м/сек.Смена воды происходит более 5 раз в год.

Рис.2. Карта–схема расположения Заинского водохранилища(https://www.google.com/maps) и акваториального районирования по распределению температуры (красный – максимальные температуры; розовый – слабый прогрев; сиреневый – эпизодический подогрев; голубой – естественный температурный режим)

Fig.2. Schematic map of the location of the Zainsk Reservoir (https://www.google.com/maps) and aquatorial zoning by temperature distribution (red - maximum temperatures; pink - weak heating; lilac - episodic heating; blue - natural temperature regime)

**Источник: составлено автором.* *Source compiled by the author*

Площадь водохранилища, участвующая в охлаждении, составляет около 15км^2. По степени подогрева водоем можно разделить на четыре участка: верхний площадью около 6км^2– зона максимального прогрева, средний – зона слабого подогрева, в которой расположена зона водозабора, ниже зона эпизодического подогрева, после которой расположена зона с естественным температурным режимом (рис. 1 в). Объем водной массы составляет примерно 9 млн. м^3. Сбросные теплые воды в водоемах-охладителях являются определяющим антропогенным экологическим фактором, влияющим на естественную среду.Воздействие на компоненты гидробиоценоза проявляется в увеличении количества градусодней на протяжении сезона, что проявляется в исчезновении ледового покрова, увеличении проточности вод.

Гидробиологические пробы зоопланктона были отобраны с 5 станций (рис.3):

Ст.1 – в центральной части водозаборного канала(прозрачность 2,0м, глубина 4,5 м, температура 26,07 ^{o}C);

Ст.2 – над водовоздушной завесой (прозрачность 1,2м, глубина 3,7 м, температура 26,69^{o}C);

Ст.3 – в 50 м перед водовоздушной завесой (прозрачность 2,0 м, глубина 2,5 м, температура 27,71^{o}C);

Ст.4 – выше водозабора по течению (прозрачность 2,0 м глубина 4,0 м;температура 27,42^{o}C);

Ст.5 – ниже водозабора по течению (прозрачность 2,2 м, глубина 4,2 м, температура 27,40^{o}C).

Рис.3. Станции обора проб зоопланктона и гидрохимических характеристик в районе РЗС типа водовоздушная завеса (ВВЗ)

Fig.3. Stations for sampling zooplankton and hydrochemical characteristics in the area of the water-air curtain type FPS

**Источник: составлено автором.* *Source compiled by the author*

Для рассматриваемого участка были характерны глубины от 2,5 до 4,5 м. По распределению глубин в водохранилище Заинской ГРЭС выделяются следующие основные зоны (рис.4):

1. Зона мелководья с глубинами – 0-2м;
2. Зона средних глубин – 2-5м;
4. Зона глубоководная – с глубинами более 5м.

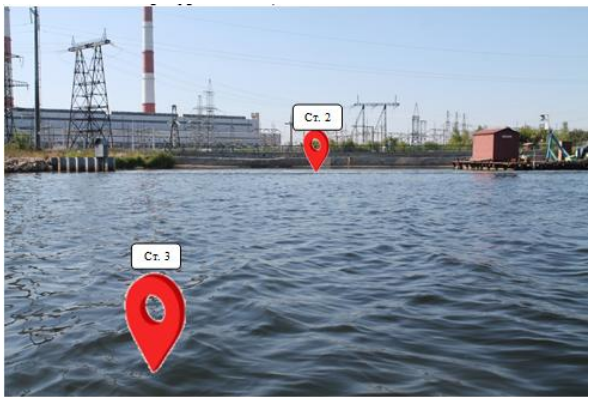


Рис. 4. Станции 2 и 3 обора проб зоопланктонав районе РЗС типа водовоздушная завеса (ВВЗ)

Fig.4.. Stations 2 and 3 for zooplankton sampling in the area of the water-air curtain type (WAC) FPS

**Источник: составлено автором.* *Source compiled by the author*

На рисунке 5 представлена карта – схема акваториального районирования Заинского водохранилища по глубине.

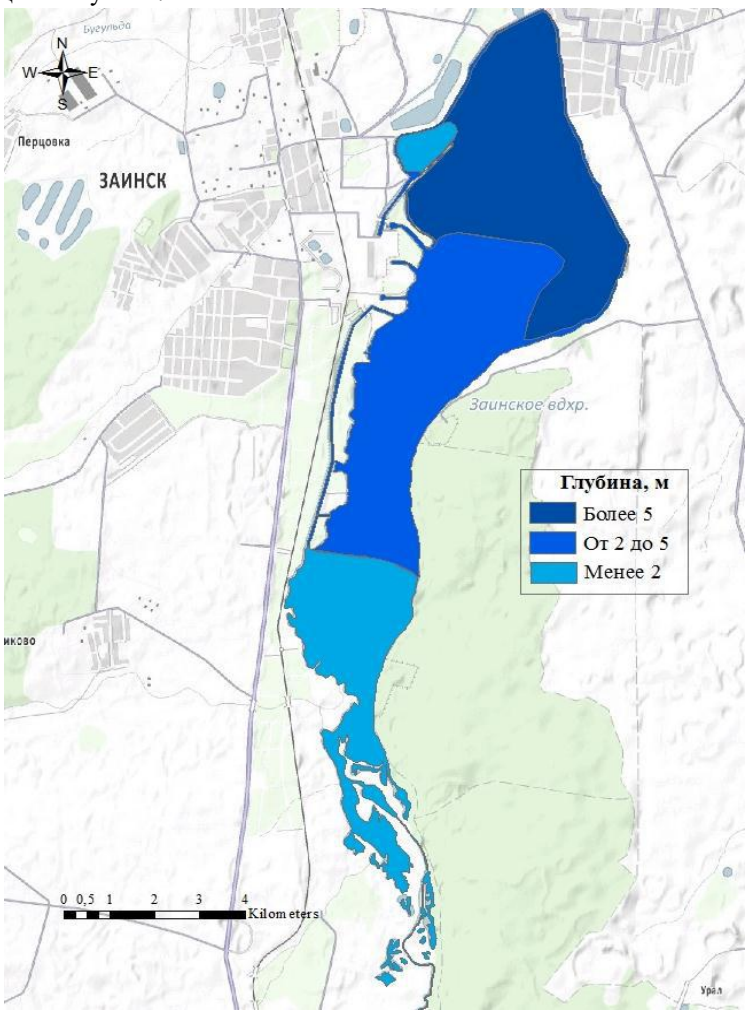


Рис. 5. Карта – схема акваториального районирования Заинского водохранилища по глубине

Fig.5. Schematic map of aquatorial zoning of the Zainsk reservoir by depth

**Источник: составлено автором.*

Source compiled by the author

При отметке НПУ общая площадь, занимаемая мелководьем, составляет около 6,2км^2 (38 % от общей площади водохранилища). Зона средних глубин водохранилища составляет около 4 км^2 (25% от общей площади водохранилища).

Глубоководная зона составляет 5,8 км^2 или 37% от общей площади водохранилища

Во время исследований определялись гидрологические параметры станций отбора проб с помощью эхолота *Lowrance Elite-4X DSI*; прозрачность измеряли диском Секки.

Измерения концентрации кислорода и температуры проводились с помощью портативного оксиметра, для измерения гидрохимических характеристик использовался прибор с мультипараметричеким датчиком HANNA HI 98195c глубин до 3 м. Пробы зоопланктона отбирались с помощью количественной сети Апштейна, по 50 л на пробу. Пробы фиксировались формалином (4%).

Обработку материала проводили общепринятыми гидробиологическими методами в лаборатории кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» Казанского государственного энергетического университета. Для обработки проб использовались оптический микроскоп плоского поля МИКМЕД-5 и стереоскопический микроскоп МСП-2. Организмы зоопланктона определяли, по возможности до вида или более крупных таксономических групп. При обработке проб проводилась фотосъемка объектов с помощью цифрового микроскопического комплекса. Определение видов велось по определителям и руководствам в зависимости от групп организмов.

Результаты исследования и их обсуждение*(Resultsand Discussions)*

Подогрев воды в водохранилище вызывает увеличение биологической активности организмов и ускорение темпа оборота всех звеньев пищевой цепи, что приводит к перестройке структуры и функционирования экосистемы.Количество дополнительного

тепла, поступающего в водохранилище в результате сброса подогретых водраспределяется по акватории водохранилища в том числе в зависимости от метеорологических условий.

Температура воды в Заинском водохранилище в зимний период бывает не выше 10-15° С и превышает естественную на 10-11° С. Зимой в подогреваемой зоне имеется постоянная полынья, охватывающая большую площадь, подогрев распространяется на нижние слои воды. В подогреваемой зоне в это время наблюдается обратная термическая стратификация. Летом подогреваются верхние слои воды. Температура воды в водохранилище может превышать 30° С, а в отдельные периоды - 35-40° С. По сравнению с летним периодом весной и осенью прогреваются более глубокие слои воды.

По данным лаборатории Зай ГРЭС самым теплым месяцем в году до последнего периода являлся июль, поэтому наибольшая тепловая нагрузка на турбины ГРЭС приходилась именно на этот месяц. Анализ динамики изменения температуры воды в период с 1985 по 2013 годы выявил:

верховье водохранилища с глубинами 1,5-2 м, обильно развитой водной растительностью испытывает влияние подогретых вод сбросного канала №2. На этом участке водохранилища отмечался устойчивый тренд повышения температуры воды –в период с 1985 по 2013 гг. она увеличилась на 8°С (рис.2);

средняя часть водохранилища, выше БНС с глубинами 2,5 - 3,5 мэто зона, в которой происходит забор воды на охлаждение, в этот же период температура оставалась примерно на одном уровне (летом - 25 °С), а ее колебания отражали климатические особенности отдельных лет;

приплотинная часть водохранилища с глубинами 1,5-6 м - это зона влияния подогретых вод сбросного канала №1. Для нее не выявлен тренд роста температур в период с 1985 по 2013 гг.

Таким образом, увеличение температуры воды было выявлено только в верховьях водохранилища. Это наиболее мелководная, хорошо прогреваемая зона, обильно покрытая погруженной и полупогруженной растительностью.

Сравнивая температуры на исследуемом участке с данными по годовому ходу среднемесячных температур (рис.6) на территории Республики Татарстан можно отметить значительное увеличение температур в последний период, особенно в августе. Это приводитк «заморным» условиям – снижению содержания кислорода на фоне высоких температур воды [4, 5, 8].

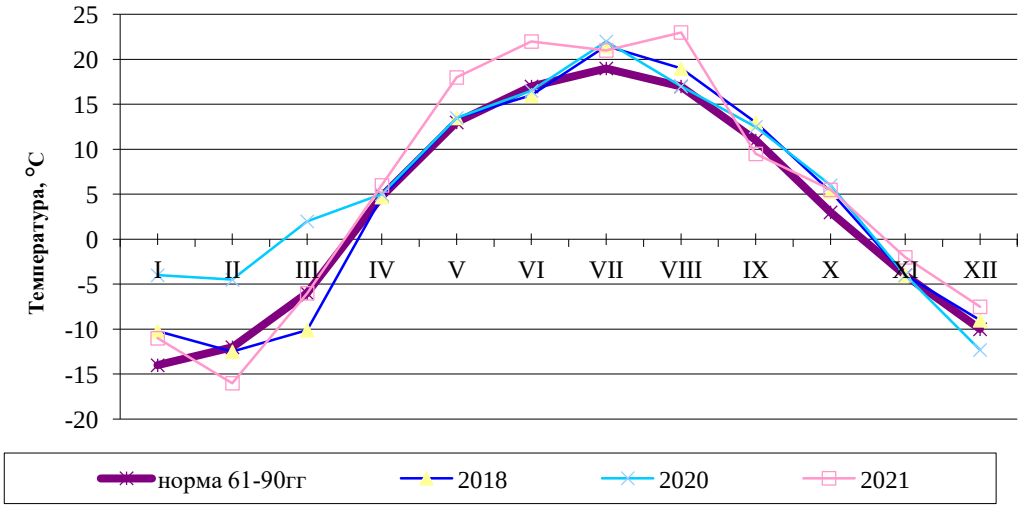


Рис.6. Годовой ход среднемесячной температуры воздуха в 2018-2021 гг. в сравнении с нормой на территории РТ (ºС) по данным ФГБУ «УГМС РТ» в Республике Татарстан

Fig.6. Annual course of average monthly air temperature in 2018-2021. in comparison with the norm in the territory of the Republic of Tatarstan (ºC) according to the Federal State Budgetary Institution "UGMS RT" in the Republic of Tatarstan

**Источник: составлено автором.*

Source compiled by the author

Например, в условиях жаркой температуры, которая держалась три недели летом 2016 г наЗаинском водохранилище, в садковом рыбоводном хозяйстве смертность рыбы за одну ночь привела к потере 170 тонн карпа в ООО «Заинский рыбхоз». Рыба погибала и в самом водоеме (рис.7).

Рис.7. Гибель рыбы 15 августа 2016 г. в ООО «Заинский рыбхоз»
**Источник: составлено автором.*

Fig.7. Death of fish on August 15, 2016 at Zainsk Fish Farm LLC
Source compiled by the author

Исследование изменения температуры и других физико-химических характеристик воды в районе функционирования ВВЗ проведено в августе, поскольку в августе складывается наихудшая экологическая ситуация в связи с увеличением температуры воды.

Проведенное исследование выявило, что в районе ВВЗ отмечается большая мутность воды и наибольшая выравненность температуры в поверхностном слое и у дна по сравнению с контрольными участками Заинскоговодохранилища перед зоной ВВЗ (рис.8).

Рис.8. Прозрачность и температура воды в августе в районе РЗС типа водовоздушная завеса
**Источник: составлено автором.*

Fig.8. Water transparency and temperature in August in the area of the water-air curtain type FPS
Source compiled by the author

Важной характеристикой для оценки экологического и санитарногосостояния водной экосистемы является содержание растворенного кислорода. Кислород должен содержаться в воде в достаточном количестве, обеспечивая условия для дыхания гидробионтов, а также

для самоочищения водоемов, т. к. участвует в процессах окисления органических и других примесей и разложения отмерших организмов. Содержание кислорода зависит от температуры, атмосферного давления, движения вод, количества осадков, минерализации воды. Снижение концентрации растворенного кислорода до 2 мгO_2/дм^3 вызывает массовую гибель рыб и других гидробионтов, поэтому в воде водоемов в любой период года до 12 часов дня концентрация кислорода должна быть не менее 4 мг/л. По данным лаборатории ЗайГРЭСв Заинском водохранилище средняя концентрация растворенного кислорода достаточно высока и варьирует от 5,8 до 8,7 мгO_2/дм^3.

При исследовании содержания кислорода в районе ВВЗ наибольшая разница в концентрации растворенного кислорода отмечена в зоне перед ВВЗ. Необходимо отметить, что максимальная концентрация кислорода в придонном слое была в зоне ВВЗ (рис.9)

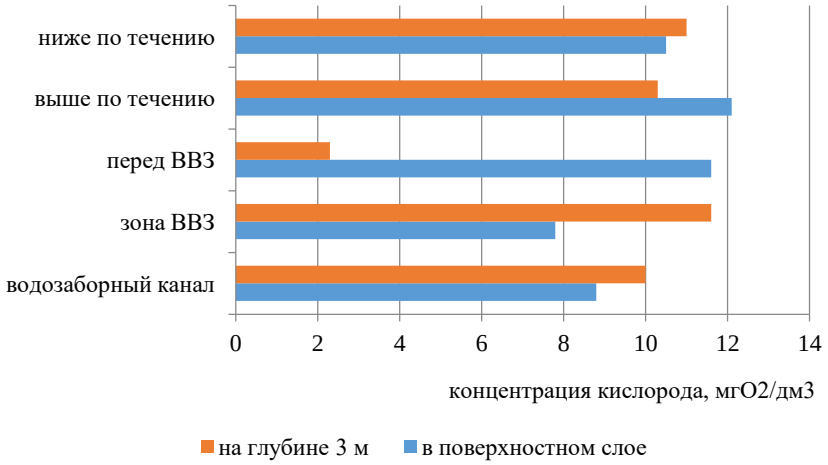


Рис.9. Концентрация кислорода в воде в августе в районе РЗС типа водо-воздушная завеса
**Источник: составлено автором.*

Fig.9. Oxygen concentration in water in August in the area of the water-air curtain type FPS
Source compiled by the author

В районе функционирования ВВЗ отмечаются также более выровненные значения ЭДС (mVpH) в поверхностном и придонном слое (- 85,4 у поверхности; -90,6 на глубине 3 м), по сравнению с контрольными участками, где показатель варьировал у поверхности от -91,1 до -98,1 и на глубине 3 м от -61,0 до -89,3 (рис.10).

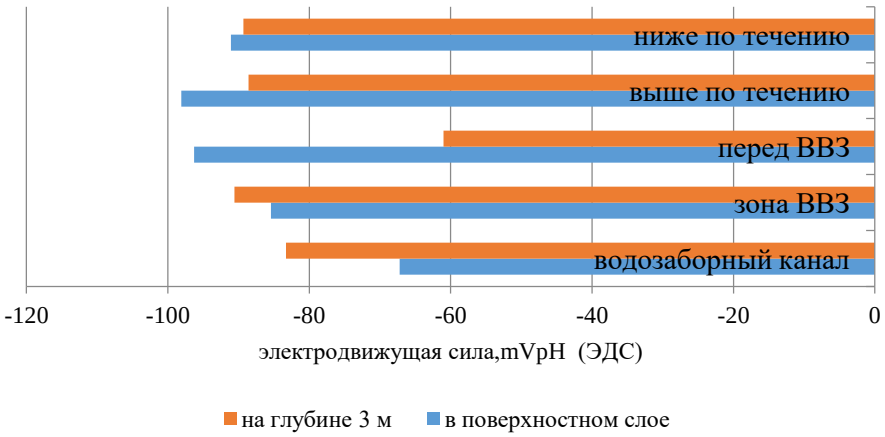


Рис. 10. Электродвижущая сила (ЭДС,mVpH) водыв августе в районе РЗС типа водо-воздушная завеса
**Источник: составлено автором.*

Fig.10. Electromotive force (EMF, mVpH) of water in August in the area of the water-air curtain type RZS
Source compiled by the author

Аналогично характеризовался участок ВВЗ и по ОВП (рис.11): в поверхностном и придонном слое (107,8 мВ у поверхности; 107,4 мВ на глубине 3 м), по сравнению с контрольными участками, где показатель варьировал у поверхности от 111,2 до 131,0 и на глубине 3 м от 128,0 до 132,7).

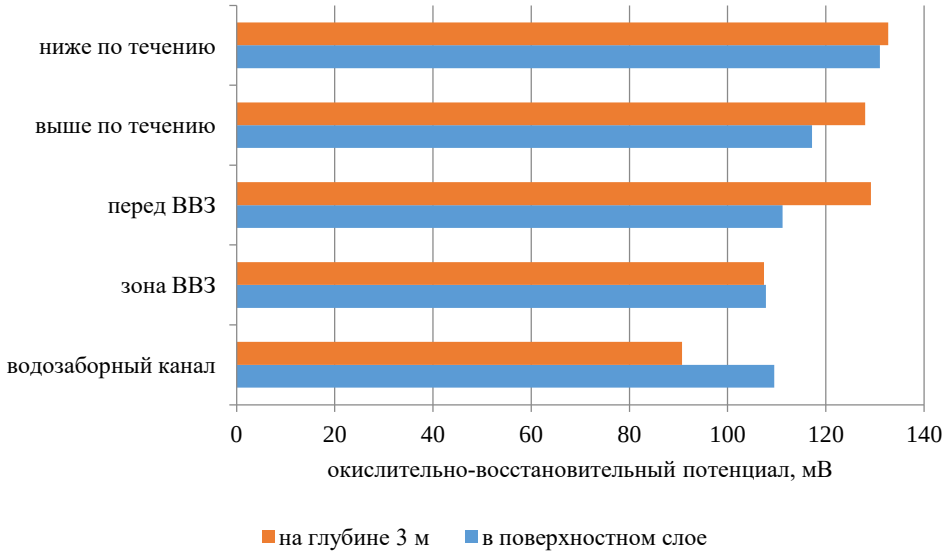


Рис. 11. Окислительно-восстановительный потенциал (мВ) воды в августе в районе РЗС типа водо-воздушная завеса

Fig.11. Oxidation-reduction potential (mV) of water in August in the area of the water-air curtain type RZS

Результаты исследований позволяют прийти к выводу: рыбозащитное сооружение (РЗС) по типу водовоздушной завесы является многофункциональным техническим решением, которое в процессе работы изменяет физико-химические характеристики состояния экосистемы, особенно в придонном слое.

Исследования зоопланктона Заинского водохранилищав в начале XXI столетия выявили доминирование веслоногих рачков в структуре зоопланктона [13, 14], как по численности, так и по биомассе. Средняя биомасса зоопланктона за вегетационный период составляла 0,83 г/м^3.В состав зоопланктона входили 69 видов организмов зоопланктона: 26 видов коловраток, 17-ветвистоусых и 26-веслоногих рачков, количественные характеристикикоторых по [13, 14] представлены на рисунке 12.

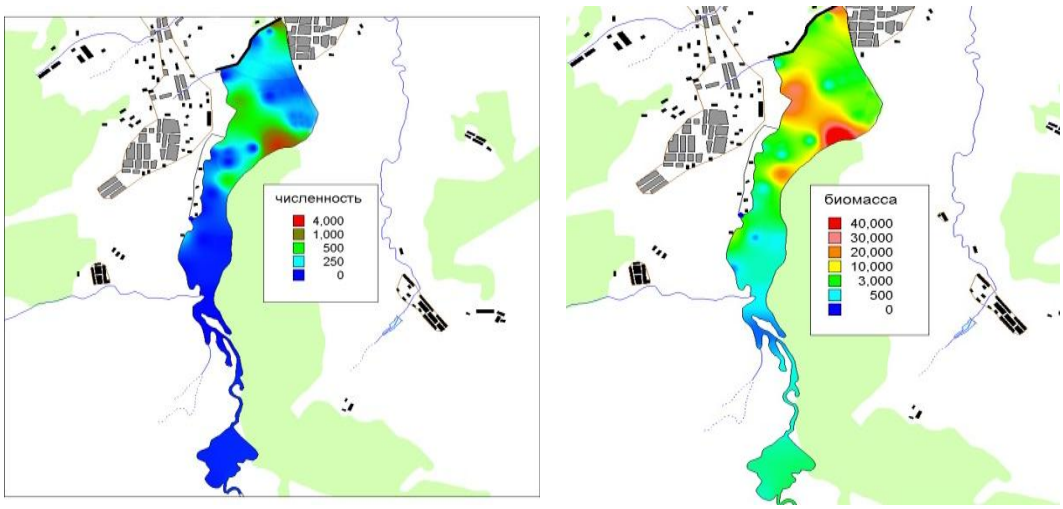
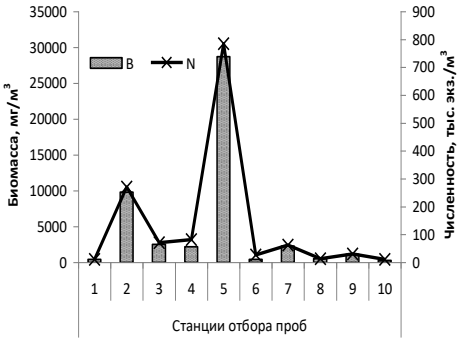


Рис. 12. Распределение численности (тыс. экз./м^3) и биомассы (мг/м^3) зоопланктона вЗаинском водохранилище (тыс. экз./м^3)
**Источник: составлено автором.*

Fig.12. Distribution of abundance (thousands of specimens/m^3) and biomass (mg/m^3) of zooplankton in the Zainsk Reservoir (thousands of specimens/m^3)
Source compiled by the author

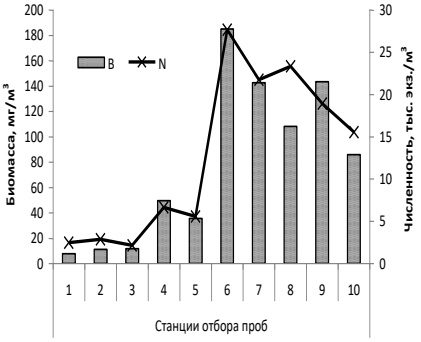
На следующем этапе исследований в 2014 году [15] в составе зоопланктона Заинского водохранилища были выявлены 31 вид, из которых ветвистоусыхракообразных – 13, веслоногих – 3 и коловраток – 15 видов. Был сделан вывод о ротаторно-кладоцерном характере зоопланктонаЗаинского водохранилища. Как в качественном, так и в количественном отношении наиболее богато были представлены группы коловраток и ветвистоусых ракообразных. Постоянным компонентом зоопланктона на всех

исследованныхстанциях являлисьнауплиальные и копеподитныестадии развития веслоногих рачков.Количественные показатели развития зоопланктона в проведенных исследованиях[13, 14,15] представлены на рис.13. Обращает на себя внимание разница в количественных характеристиках зоопланктона в пробах разных лет: если в материалах начала XXI столетия максимальная численность зоопланктона составляла около 800 тыс.экз./м^3 при максимальной биомассе около 28 г/м^3, то в 2014 г. максимальная численность зоопланктона составляла около 30тыс.экз./м^3 при максимальной биомассе около 0,2 г/м^3.



по [13, 14]

Рис.13.Количественные показатели развития зоопланктона вЗаинском водохранилище (N – численность, тыс. экз./м^3, B – биомасса, мг/м^3)



по [15]

Fig.13. Quantitative indicators of zooplankton development in the Zainsk Reservoir (N – number, thousand specimens/m^3, B – biomass, mg/m^3)

Из данных рисунка 13 видно, что наибольшие показатели численности и биомассызоопланктонапо [13, 14] отмечалисьв Верхнем плесе, минимальные значения наблюдались в Срединном и Нижнем плесе. Доминировали веслоногие ракообразные.Количественные показатели зоопланктона в 2014 году по [15]колебались по численности от 2,16 до 27,64 тыс. экз./м^3, составляя в среднем 12,68 тыс. экз./м^3, по биомассе, соответственно, от 7,79 до 184,77 мг/м^3 и 78,04мг/м^3 (рис. 13). Наибольшие показатели численности и биомассыотмечены на участках Нижнего плеса.

Проведенное нами исследование в 2022 году выявило всоставе зоопланктона в августе 16 видов и форм, из которых 3 относились к коловраткам, 4 – ветвистоусым, 6 – веслоногим рачкам, кроме которых в пробах отмечались раковинные амебы, яйца мшанок и планктонные стадии личинок хирономид (табл.1).

Таблица 1

Table 1

Встречаемость видов и форм зоопланктона Заинского водохранилища в районе водозабора Зай ГРЭС, по материалам августа 2022 г

The occurrence of zooplankton species and forms of the Zainsky reservoir in the area of the ZYGRES water intake, based on materials from August 2022

Вид и форма	Станции				
	1	2	3	4	5
Тип *Rotifera*					
Класс *Eurotatoria*					
Отряд *Ploima*					
Сем. *Trichotriidae*					
Trichocercacapucina(Wierzejski&Zacharias, 1893)	+				
Сем. *Brachionidae*					
Keratellavalga (Gosse, 1851)	+	+	+	+	+
Сем. *Synchaetidae*					
Polyarthravulgaris (Carlin,1943)			+	+	
Яйцо коловратки		+		+	
Надкласс *Crustacea*					
Класс *Branchiopoda*					
Подкласс *Diplostraca*					
Надотряд*Cladocera*					
Отряд *Anomopoda*					

Продолжение таблицы 1
Continuation of table 1

Сем. *Bosminidae*					
Bosminalongirostris (O.F. Muller, 1785)	+	+	+	+	+
Сем. *Daphniidae*					
Ceriodaphniaaffinis(Dana, 1853)	+	+	+	+	+
Daphniacucullata (Sars, 1862)	+	+	+	+	+
Сем. *Moinidae*					
Moinamacrocopa (Straus, 1820)		+	+	+	+
Яйцо *Cladocera*		+		+	
Покоящееся яйцо	+	+	+		+
Класс *Maxillopoda*					
Подкласс *Copepoda*					
Инфракласс *Neocopepoda*					
Надотряд *Podoplea*					
Отряд *Cyclopoida*					
Сем. *Cyclopidae*					
Cyclopskolensis (Lilljeborg,1901)	+		+	+	+
Mesocyclopsleuckarti (Claus, 1857)	+	+	+	+	+
Mesocyclopscrassus (Fisher,1853)	+	+	+	+	+
Ahanthocyclopslanguidoides	+	+	+	+	+
Copepodita	+	+	+	+	+
Nauplii	+	+	+	+	+
Яйца	+				+
<u>Прочие виды и формы</u>					
Тип *Amoebozoa*					
Класс *Tubulinea*					
Сем. *Difflugiidae*					
Difflugiaoblonga	+				
Тип *Bryozoa*					
Plumatellafungosa яйцо		+			
Тип *Arthropoda*					
Класс *Insecta*					
Chironomidaesp					+
Всего видов и форм	**14**	**14**	**13**	**14**	**14**

**Источник: составлено автором.* *Source compiled by the author*

Из коловраток наиболее часто в водоёме встречались Keratellavalga; изветвистоусых рачков – Bosminalongirostris, Ceriodaphniaaffinisи Daphniacucullata; из веслоногих рачков – науплиальные и копеподитные стадии,Mesocyclopsleuckarti, Mesocyclopscrassus, Ahanthocyclopslanguidoides. Частота встречаемости этих видов и форм на всех станциях составила 100%.

Если для зоопланктона р.Волга соотношение (%)«коловратки – ракообразные» до зарегулирования составляло 61,4 – 70,3% к 38,6 - 29,7%, после зарегулирования – соответственно 40 к 60%, то на исследуемом участкеЗаинского водохранилища в среднем по станциям соотношение «коловратки – ракообразные»составило 15% к 85% (рис.14), что характеризует зоопланктон этого участка как лимнофильный.

Численность зоопланктона варьировала от 24,0 тыс. экз./м^3 до 51,6 тыс. экз./м^3 и в среднем составляла 38,2 тыс. экз./м^3.Основу численности составляли ракообразные. В среднем на долю веслоногих ракообразных приходилось 60,7% от общей численности, на долю ветвистоусыхрачков – 34,5% (рис. 15). По численности доминировали копеподитные стадии веслоногих ракообразных (7,9 тыс. экз./м^3), Ceriodaphniaaffinis (7,1 тыс. экз./м^3) иMesocyclopsleuckarti (6,1 тыс. экз./м^3). Среди коловраток по численности доминировала Keratellavalga, ее численность в среднем по станциям составляла 0,6 тыс. экз./м^3.

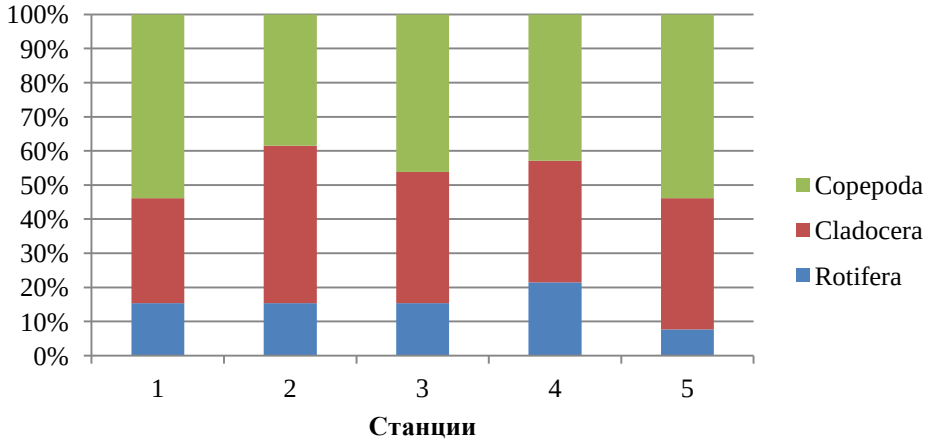


Рис. 14. Соотношение по числу видов основных групп зоопланктона в районе водозабора Зай ГРЭС, по материалам августа 2022г

**Источник: составлено автором.*

Fig.14. The ratio of the number of species of the main groups of zooplankton in the water intake area of Zai State District Power Plant, based on materials from August 2022

Source compiled by the author

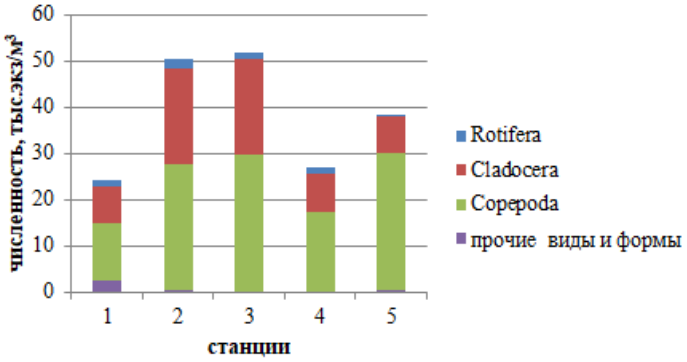


Рис.15.Численность зоопланктона в районе водозабора Зай ГРЭС в августе 2022г

**Источник: составлено автором.*

Fig.15. The number of zooplankton in the water intake area of Zai SDPP in August 2022

Source compiled by the author

Анализ данных показывает, что в районе функционирования ВВЗ отмечена максимальная численность зоопланктона – около 50 тыс.экз/м^3. Сравнивая наши данные с данными по [13, 14,15] можно отметить, что без ВВЗ на данном участке отмечалась численность зоопланктона 20-30 тыс.экз/м^3. Как видно из данных рисунков13 и 14 в районе функционирования ВВЗ численность зоопланктона возрастает за счет развития всех групп.

Известно, что общая численность циклопов и изменение их возрастного состава служат показателем качества воды: чем меньше отношение числа науплиев к количеству взрослых особей (0,35), тем ниже качество вод. На благополучных станциях, как правило, это отношение составляло 1,24 - 1,60 [21]. С увеличением степени загрязнения снижалась общая численность циклопов. Соотношение численности науплий к численности взрослых циклопов на участке в районе функционирования РЗС по типу ВВЗ представлено на рисунке 16.

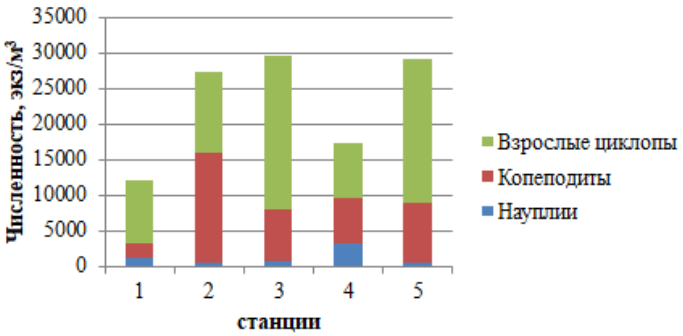


Рис.16.Численность (экз/м^3) разновозрастных стадий веслоногих рачков

**Источник: составлено автором.*

Fig.16. Number (individuals/m^3) of different age stages of copepods

Source compiled by the author

Как видно из данных рисунка 16 для участка функционирования ВВЗ характерно увеличение численности копеподитных стадий циклопов.

Биомасса зоопланктона на станциях варьировала от 1,0 г/м^3 до 2,3 г/м^3 и в среднем составляла 1,6 г/м^3. Основу биомассы составляли ракообразные: на ветвистоусыхракообразных приходилось 50,2% от общей биомассы, на веслоногих – 46,1% (рис.17).

Следует отметить, что наибольшие численность и биомасса зоопланктона отмечались на станциях у водовоздушной завесы (Ст.2 и Ст.3).

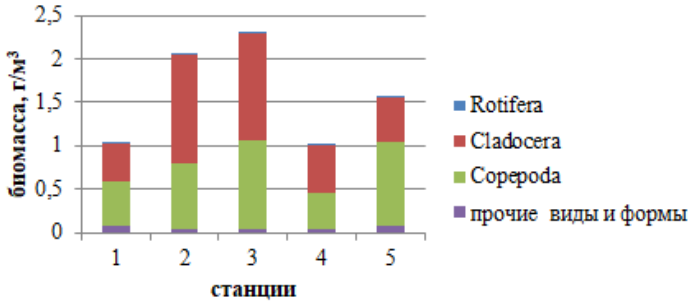


Рис.17. Биомасса зоопланктона в районе водозабора Зай ГРЭС в августе 2022 г

**Источник: составлено автором.*

Fig.17. Zooplankton biomass in the water intake area of Zai SDPP in August 2022

Source compiled by the author

По биомассе доминировали *Ceriodaphniaaffinis* (0,43 г/м^3) и *Mesocyclopsleuckarti* (0,25 г/м^3). Среди коловраток по биомассе так же доминировала Keratellavalga, ее биомасса в среднем по станциям составляла 3,2 мг/м^3. Анализ данных показывает, что в районе функционирования ВВЗ отмечена максимальная биомасса зоопланктона – около 2,2г/м^3. Как видно из данных рис.15в районе функционирования ВВЗ биомасса зоопланктона возрастает в основном за счет развития ветвистоусых рачков.

Для оценки состояния водных экосистем широко использовался информационный индекс видового разнообразия Шеннона (ИВР) в модификицакииВильма и Дорриса[16, 17]. Индекс является комплексным и позволяет учесть количество видов (видовую плотность) и их выравненность. ИВР зоопланктона на изученном участке представлен на рисунке 18.

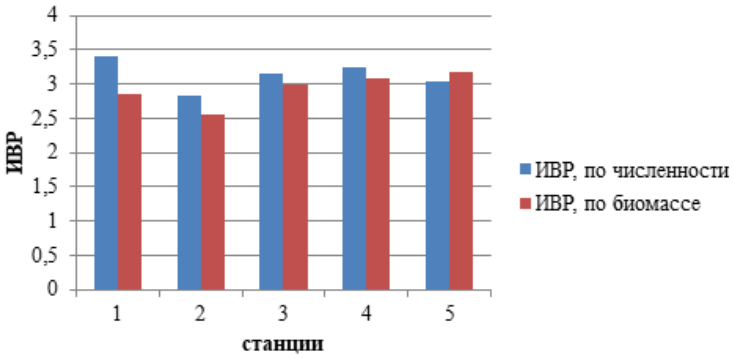


Рис.18. Индекс видового разнообразии Шеннона, рассчитанный по численности и биомассе зоопланктона, в районе функционирования ВВЗ Зай ГРЭС

**Источник: составлено автором.*

Fig.18. Shannon's species diversity index, calculated based on the abundance and biomass of zooplankton in the operating area of the Zai State District Power Plant

Source compiled by the author

Индексы видового разнообразия (около 3 бит) свидетельствуют о высоком качестве вод на этом участке.

По индексам сапробности, рассчитанным по индикаторным видам зоопланктона по [18, 19], участок функционирования ВВЗ относится к олигосапробной (чистой) зоне (рис.19). При этом лучшее качество воды отмечено в районе водозабора (ст.1).

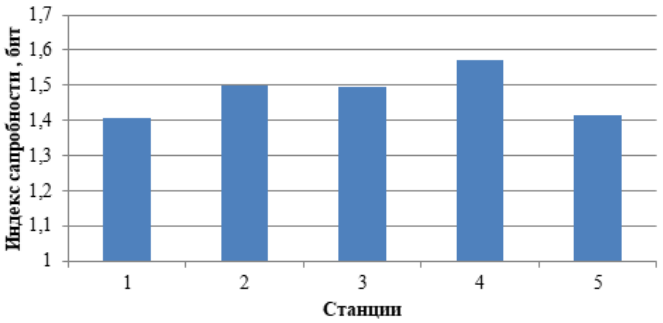


Рис. 19. Индекс сапробностив районе функционирования ВВЗ Зай ГРЭС

Fig.19. Saprobity index in the area where the WAC of Zai SDPP operates

Таким образом, проведенное исследование качественного и количественного состава зоопланктона в районе рыбозащитного сооружения типа водовоздушная завеса(ВВЗ) в сравнении с контрольными точками выше и ниже по течению выявили следующие особенности:

В составе зоопланктона в августе 16 видов и форм, из которых 3 относились к коловраткам, 4 – ветвистоусым, 6 – веслоногим рачкам, кроме которых в пробах отмечались раковинные амебы, яйца мшанок и планктонные стадии личинок хирономид.

Снижения видового разнообразия зоопланктона в районе функционирования ВВЗ не отмечается.Видами – доминантами являлись из коловраток -*Keratellavalga*; изветвистоусых рачков – *Bosminalongirostris, Ceriodaphniaaffinisu Daphniacucullata*; из веслоногих рачков – *науплиальные и копеподитные стадии, Mesocyclopsleuckarti, Mesocyclopscrassus, Ahanthocyclopslanguidoides.*

Соотношение «коловратки – ракообразные» составило 15% к 85%.

Численность зоопланктона варьировала от 24,0 тыс. экз./м^3 до 51,6 тыс. экз./м^3 и в среднем составляла 38,2 тыс. экз./м^3.Основу численности составляли ракообразные. В среднем на долю веслоногих ракообразных приходилось 60,7% от общей численности, на долю ветвистоусых рачков – 34,5%.

Биомасса зоопланктона на станциях варьировала от 1,0 г/м^3 до 2,3 г/м^3 и в среднем составляла 1,6 г/м^3. Основу биомассы составляли ракообразные: на ветвистоусых ракообразных приходилось 50,2% от общей биомассы, на веслоногих рачков – 46,1%.

В районе функционирования ВВЗ отмечена максимальная численность и биомасса зоопланктона, соответственно около 50 тыс.экз/м^{3}и более 2 г/м^3.

Наблюдения за состоянием экосистемы в районе действия водовоздушной завесы и оценка качества вод по гидробиологическим показателям выявили высокое качество вод на участке в районе функционирования ВВЗ, улучшение экологической ситуации, снижение цветения воды в зоне РЗУ.

Заключение(Conclusions)

При повышении эффективности рыбохозяйственных работ на водохранилищах - организации мероприятий по направленному формированию ихтиоценозов, пастбищной аквакультуре - повышается роль рыбозащитных устройств при заборе воды [1-4].Основной элемент РЗУ типа «водовоздушная завеса» обеспечивает формирование водо-воздушную смеси с пузырьками воздуха диаметром 1...3 мм за счет использования гидродинамического кавитационного аэратора, устанавливаемого на берегу на линии обратного сброса воды [3]. Проведено исследованиефактического состояния водной экосистемы по физико-химическим характеристикам и уровню развития зоопланктона в зоне функционирования РЗУ типа «водовоздушная завеса». Впервые изучены качественные и количественные особенности состояния зоопланктона в зоне реально функционирующей ВВЗРЗС предприятия энергетики в сравнении с контрольными участками водохранилища.

Показано, что в период максимальных температур в районе ВВЗ отмечается большая мутность воды и наибольшая выравненность температуры в поверхностном слое и у дна по сравнению с контрольными участками Заинского водохранилища.Максимальная концентрация кислорода в придонном слое была отмечена в зоне ВВЗ, отмечаются также более выровненные значения ЭДС (mVpH) в поверхностном и придонном слое (- 85,4 у поверхности; -90,6 на глубине 3 м), по сравнению с контрольными участками, где показатель варьировал у поверхности от -91,1 до -98,1 и на глубине 3 м от -61,0 до -89,3.Аналогично характеризовался участок ВВЗ и по ОВП.В целом рыбозащитноеустройство по типу водовоздушной завесы является многофункциональным

техническим решением, которое в процессе работы изменяет физико-химические характеристики состояния экосистемы, особенно в придонном слое.

На собранном гидробиологическом материале в период максимальных температур показано, что в качественномсоставе зоопланктона в районе функционирования ВВЗ встречались 16 видов и форм, из которых 3 относились к коловраткам, 4 – ветвистоусым, 6 – веслоногим рачкам, кроме которых в пробах отмечались раковинные амебы, яйца мшанок и планктонные стадии личинок хирономид. Снижения видового разнообразия зоопланктона в районе функционирования ВВЗ не отмечается. Видами – доминантами являлись из коловраток - *Keratellavalga*; из ветвистоусых рачков – *Bosminalongirostris, Ceriodaphniaaffinis* и *Daphniacucullata*; из веслоногих рачков – науплиальные и копеподитные стадии, *Mesocyclopsleuckarti, Mesocyclopscrassus, Ahanthocyclopslanguidoides*.

Численность зоопланктона варьировала от 24,0 тыс. экз./м3 до 51,6 тыс. экз./м3 и в среднем составляла 38,2 тыс. экз./м3. Основу численности составляли ракообразные. В среднем на долю веслоногих ракообразных приходилось 60,7% от общей численности, на долю ветвистоусых рачков – 34,5%.Биомасса зоопланктона на станциях варьировала от 1,0 г/м3 до 2,3 г/м3 и в среднем составляла 1,6 г/м3. Основу биомассы составляли ракообразные: на ветвистоусых ракообразных приходилось 50,2% от общей биомассы, на веслоногих рачков – 46,1%. В районе функционирования ВВЗ отмечена максимальная численность и биомасса зоопланктона, соответственно около 50 тыс.экз/м3 и более 2 г/м3.

Наблюдения за состоянием экосистемы в районе действия водовоздушной завесы и оценка качества вод по гидробиологическим показателям выявили высокое качество вод на участке в районе функционирования ВВЗ, улучшение экологической ситуации, снижение цветения воды в зоне РЗУ.

Литература

1.Калайда М. Л., Саетов А. Р. Рыбозащитные сооружения на водоемах объектов энергетики как важное мероприятие по сохранению стада рыб. - Международный водно-энергетический форум-2018: сборник материалов докладов/ в 2 т. Т.1.-Казань: Казан.гос.энерг.унт, 2018.- 373 с.- С.108-113.

2.Калайда М.Л., Саетов А.Р. Экологическая составляющая эксплуатации рыбозащитных устройств филиала АО «Татэнерго» -Заинская ГРЭС.-XXV Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика: сборник материалов конференции. - В 3-х томах. /Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова .- Казань, 2022. С. 388-391.

3.Калайда М.Л., Саетов А.Р. Водные биологические ресурсы в структуре экологических проблем энергетических объектов/Проблемы энергетики, 2022, т.24, №2.- С.175-185.

4.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.

5. Калайда М.Л., Шарафутдинов Р. Г. Особенности изменений водных биоресурсов Куйбышевского водохранилища в современных климатических и гидрологических условиях // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2023. Т.25. № 3. С. 150-167. doi:10.30724/1998-9903-2023-25-3-150-167.

6. Хамитова, М.Ф. Исследование изменений гидробиологических характеристик в условиях локальных загрязнений в регионе Средней Волги / М.Ф. Хамитова, М.Л. Калайда. – LAP LAMBERT AcademicPublishing (OmniScriptumGmbH&Co.KG), Saarbrücken, Germany/ Германия, 2018. – 310 с

7. Калайда М.Л., Гордеева М.Э. Особенности физико-химического состояния вод водоемов объектов энергетики. - Международный водно-энергетический форум -2018: сборник материалов докладов/ в 2 т. Т.1. -Казань: Казан.гос.энерг.унт, 2018. 373 с. С.284-290.

8. Калайда М.Л., Шарафутдинов Р. Г. Современное состояние водных биоресурсов Куйбышевского водохранилища.- Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации: материалы VIII национальной научно-практической конференции с международным участием, Керчь, 4-6 октября 2023 г. / под ред. И.В. Поддубной; Вавиловский университет. – Саратов, 2023. – 259 с.

9. ФАО. 2020. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2020. Меры по повышению устойчивости. Рим, ФАО. – 223 с.

10. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры: достижение целей устойчивого развития 2018 // Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. URL: http://aquacultura.org/upload/files/pdf/library/fao/Состояние202018.pdf (дата обращения: 20.02.2020).

11. Махнин В.Г. Рыбохозяйственное освоение Заинского водохранилища. Сб. науч. трудов. Л., 1988, вып. 280, с. 75-83.

12. Киткина Ж.В. Экологическая ситуация и процессы самоочищения вЗаинском водохранилище Республики Татарстан// Материалы III межвузовской студенческой научно-практической конференции. Экологическая политика: проблемы и перспективы. Пермь, 2015, с. 110-113.

13. Горшкова А.Т. Пространственный анализ биологического потенциала устойчивости водных экосистем (на примере поверхностных вод РТ): Автореф. дис. кан. геогр. наук. – Ярославль, 2003.- 24 с.

14. Горшкова А.Т. Использование показателя комбинаторики видовой структуры сообществ гидробионтов в качестве оценочного критерия Эколого-биоценотического равновесия водной среды/Биоразнообразие и роль животных в экосистемах// Сборник трудов 4 международной научной конференции.-Днепропетровск: Изд-во ДНУ, 2007.-63-66с.

15. Лапин А.А. Киткина Ж.В. Исследование зоопланктона Заинского водохранилища республики Татарстан. Сб. науч. трудов. М., 2016, вып. 23, с. 157-161.

16.Woodiwiss, F. S. The biological system of stream classification used by Trent River Board // Chemistry and Industry. – 1964. – Vol. 11. – P. 443–447.

17. Wilhm J. L., Dorris T. C. Biological parametris for water quality enteric // Biosciense .- 1968.- Vol. 18 .- N 6'.- P. 477 - 480.

18.ZelinkaM.,Marvan P. ZurPrazisierung der biologischenKlassifi-kation der ReinheitfliessenderGewasser // Arch.f. Hydrobiol.-1961 .-Bd. 57.-N3.-S. 389-407.

19. ZelinkaM.,Marvan P. Verh. Internat.Verein. Limnol.- 1966.- N 16.-P. 817-822.

20. Заинская ГРЭС (Татарстан) занялась зарыблением Куйбышевского водохранилища [Электронный ресурс]// регнумURL: https://regnum.ru/news/167512 (дата обращения: 30.06.2023).

21. Иванова М.Б. Влияние загрязнения на планктонных ракообразных и возможность их использования для определения степени загрязнения рек / М.Б. Иванова// Методы биологического анализа пресных вод .-Л.-1976.-С.68-80.

Авторы публикации

Марина Львовна Калайда – д-р биол. наук, профессор; зав кафедрой водных биоресурсов и аквакультуры; Казанский государственный энергетический университет; kalayda4@mail.ru.

Айнур Расихович Саетов – аспирант, Казанского государственного энергетического университета, Россия, 420066, Казань; saetov67@mail.ru.

ХамитоваМадинаФархадовна **–** канд.биол.наук., доцент кафедры «Водные биоресурсы иаквакультура», Казанский государственный энергетический университет; it-sk@bk.ru.

References

1. Kalaida M. L., Saetov A. R. Fish protection structures on reservoirs of energy facilities as an important measure for the conservation of fish population. - International Water and Energy Forum-2018: collection of materials of reports/ in 2-vols. Vol.1.-Kazan: Kazan State Energy University, 2018. - 373 p.- p.108-113.

2. Kalaida M. L., Saetov A. R. Environmental component of the operation of fish protection structures of the branch of JSC Tatenergo - Zainsk SDPP.- In the collection: XXV All-Russian postgraduate and master's scientific seminar dedicated to Power Engineer's Day. Conference materials. In 3 volumes. Under general editorship of E.U. Abdullazyanov . Kazan, 2022. P. 388-391.

3. Kalaida M. L., Saetov A. R. Aquatic biological resources in the structure of environmental problems of energy facilities / Problems of energy, 2022, vol.24, №2.- P.175-185.

4. Kalaida M. L., Sharafutdinov R. G. Modern hydrological characteristics of the Kuibyshev reservoir as a basis for the development of aquatic biological resources // News of higher educational institutions. Problems of energy. 2023. Vol.25. № 1. P. 166-183. doi:10.30724/1998-9903-2023-25-1-166-183.

5. Kalaida M. L., Sharafutdinov R. G. Features of changes in aquatic biological resources of the Kuibyshev reservoir in modern climatic and hydrological conditions // News of higher educational institutions. Problems of energy. 2023. Vol.25. № 3. P. 150-167. doi:10.30724/1998-9903-2023-25-3-150-167.

6. Khamitova M.F., Kalaida M.L. Investigation of changes in hydrobiological characteristics under conditions of local pollution in the Middle Volga region. LAP LAMBERT Academic Publishing (OmniScriptum GmbH & Co. KG), Saarbrücken, Germany/ Germany.2018, 310 p.

7. Kalaida M. L., Gordeeva M.E. Features of the physico-chemical state of water in reservoirs of energy facilities. - International Water and Energy Forum -2018: collection of reports / in 2volumes. Vol.1. - Kazan: Kazan State Energy University, 2018. 373 p. P.284-290.

8. Kalaida M. L., Sharafutdinov R. G. Current state of aquatic biological resources of the Kuibyshev Reservoir.- State and ways of development of aquaculture in the Russian Federation: materials of the VIII national scientific and practical conference with international participation, Kerch, 4-6 October 2023 / edited by I.V. Poddubnaya; Vavilov University. – Saratov, 2023. – 259 p.

9. FAO. 2020. The state of world fisheries and aquaculture – 2020. Measures to increase sustainability. Rome, FAO. – 223 p.

10. The state of world fisheries and aquaculture: achieving the Sustainable Development Goals 2018 // Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: http://aquacultura.org/upload/files/pdf/library/fao/State202018.pdf (accessed: 02/20/2020).

11. Makhnin V.G. Fishery development of the Zainsk reservoir. Collection of scientific works. L., 1988, issue. 280, p. 75-83.

12. Kitkina J.V. Ecological situation and self-purification processes in the Zainsk reservoir of the Republic of Tatarstan // Materials of the III Interuniversity Student Scientific and Practical Conference. Environmental policy: problems and prospects. Perm, 2015, p. 110-113.

13. Gorshkova A.T. spatial analysis of the biological potential of the sustainability of aquatic ecosystems (using the example of surface waters of the Republic of Tatarstan): Author's abstract PhD thesis on geography – Yaroslavl, 2003.- 24 p.

14. Gorshkova A.T. Using the combinatorics indicator of the species structure of aquatic communities as an assessment criterion for the Ecological-biocenotic balance of the aquatic environment / Biodiversity and the role of animals in ecosystems // Collection of works of 4 international scientific conference.- Dnepropetrovsk: Publishing House of DNU, 2007.-63-66p.

15. Lapin A.A. Kitkina J.V. Study of zooplankton in the Zainsky reservoir of the Republic of Tatarstan. Collection of scientific works. M., 2016, issue. 23, p. 157-161.

16. Woodiwiss, F. S. The biological system of stream classification used by Trent River Board // Chemistry and Industry. – 1964. – Vol. 11. – P. 443–447.

17. Wilhm J. L., Dorris T. C. Biological parametris for water quality enteric // Biosciense .-1968.- Vol. 18 .- N 6'.- P. 477 - 480.

18. Zelinka M., Marvan P. Zur Prazisierung der biologischen Klassifi-kation der Reinheitfliessender Gewasser // Arch. f. Hydrobiol.-1961 .-Bd. 57.-N3.-S. 389-407.

19. Zelinka M., Marvan P. Verh. Internat. Verein. Limnol.- 1966.- N 16.-P. 817-822.

20. Zainsk SDPP (Tatarstan) began stocking the Kuibyshev reservoir with fish [Electronic resource]// Regnum URL: https://regnum.ru/news/167512 (date of access: 30.06.2023).

21. Ivanova M.B. The effect of pollution on planktonic crustaceans and the possibility of using them to determine the degree of river pollution / M.B. Ivanova // Methods for biological analysis of fresh water. - L.-1976.-P.68-80

Authors of the publication

Marina L. Kalaida – Doctor of Biology, Professor; Head of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture; Kazan State Power Engineering University; Russia, 420066, Kazan; kalayda4@mail.ru.

Aynur R. Saetov – Postgraduate Student of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture; Kazan State Power Engineering University; Russia, 420066, Kazan; saetov67@mail.ru.

Madina F. Khamitova – PhD of Biology, Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Kazan State Energy University; Russia, 420066, Kazan, it-sk@bk.ru.

Шифр научной специальности: 2.10.2 Экологическая безопасность.

Получено ***10.12.2023 г.***

Отредактировано ***15.12.2023 г.***

Принято ***22.12.2023 г.***