

Муниципальное учреждение дополнительного образования
«Волжский экологический центр»

**Определение возможных причин
гибели рыб летом 2021 года в заливе реки Волга
Куликово**

Выполнили:

Мичуков Глеб Николаевич, 11 кл.

Муниципальное учреждение
дополнительного образования
«Волжский экологический центр»

Научный руководитель:

*Мичукова Марина Валентиновна
педагог дополнительного
образования.,к.б.н.*

Волжск
2022

Содержание

Введение.....	3
1. Обзор литературы.....	5
1.1 Виды заморов рыб.....	5
1.2. Влияние различных химических веществ на рыб.....	6
1.3. Влияние экологических факторов на жизнедеятельность рыб.....	10
1.3.1. Температура.....	10
1.3.2. Газовый режим. Дефицит кислорода в рыбохозяйственных водоемах..	12
1.3.3. Кислотность (рН) среды.....	14
1.3.4. Влияние токсических водорослей на рыб.....	15
1.4 Биологические особенности обыкновенного окуня.....	16
2. Материалы и методы исследований.....	20
3. Результаты исследований.....	24
3.1 Места возникновения замора рыб в 2021г.....	24
3.2. Анализ видового состава погибших рыб на заливе Куликово реки Волги.....	27
3.3. Результаты опроса населения г. Волжска о причинах гибели рыб летом 2021г.	27
3.4. Анализ погодных условий в летний период 2021г. на территории Республики Марий Эл.....	28
3.5. Результаты частичного физико-химического анализа качества воды в заливе Куликово.....	30
Выводы.....	34
Список литературы.....	35

Введение

Летом 2021 года в средствах массовой информации и новостных пабликах различных социальных сетей не раз встречались публикации о массовой гибели рыбы в водоемах. Также встречались факты о наблюдении не массовом, но в значительном, обращающем на себя внимание, количестве погибших экземплярах рыбы. Все это порождало различные толки и догадки среди населения о причинах гибели рыбы на водоемах, часто говорили о токсичных сбросах сточных вод в реки.

На жизнедеятельность рыб влияет много экологических факторов: содержание кислорода и углекислого газа в воде, рН воды, наличие в воде токсичных веществ и патогенных организмов, температура, обеспеченность пищей и прочее. В этом году на Европейской части России погода летом отличалась наличием длительных периодов с повышенной температурой воздуха, не характерной для нашей климатической зоны с умеренно-континентальным климатом, а поскольку рыбы являются пойкилотермными животными, изменения температурного режима водоемов для них имеет особое значение (Экологические аспекты, 2022).

Все эти факторы могли оказать губительное воздействие на ихтиоценозы водоёмов и повлиять на появление фактов гибели рыб в них. Определить какой именно фактор оказал летальное воздействие, или исключить влияние некоторых из них, разобраться в причинах гибели рыбы летом 2021г. нам представляется очень важной задачей, решить которую необходимо не только для сохранения рыбных запасов, но и для проведения работы по экологическому просвещению населения, которое порой не обладая достаточными знаниями в области экологических закономерностей, делает некомпетентные выводы о нарушении экологического законодательства предприятиями или попустительстве и бездействии власти.

Цель нашего исследования – определить возможные причины гибели рыб летом 2021 года.

Задачи:

1. Изучить возможные причины гибели рыб по научным публикациям и провести социальный опрос населения по данной теме.
2. Определить места возникновения летней гибели рыб на реке Волга в окрестностях г. Волжска РМЭ.
3. Проанализировать публикации социальных сетей, и собственные данные наблюдений для обобщения информации о количестве и местах обнаружения фактов гибели рыб летом 2021 года на водоемах Европейской части России.
4. Изучить видовой состав погибших рыб на заливе Куликово реки Волги.
5. Провести частичный физико-химический анализ воды в заливе Куликово в период обнаружения фактов гибели рыб по показателям: t, рН, ХПК, содержание растворенного O₂

6. Проанализировать качество воды в р. Волга в летний период по данным физико-химического анализа ОАО «Водоканал» для выявления причин гибели рыб.

1. Обзор литературы

1.1. Виды заморов рыб

Замор рыбы - массовая гибель рыбы от удушья в результате кислородного голодания, вызванного недостатком или полным отсутствием растворённого в воде кислорода. В зависимости от различных условий выделяют три вида замора – летний, зимний и ночной.

Зимний замор рыбы – самый продолжительный из всех видов заморов. Протекает с января по март и связан с продолжительными морозами, что способствует поддержанию ледяного покрова водоема. Ледяной покров препятствует поступлению кислорода в водоем, из-за чего рыбам становится трудно дышать. Наиболее губительный процесс наблюдается, когда после длительных морозов от -15 до -25° C следует резкое потепление. Тогда показатель кислорода в воде падает до критических значений.

Летний замор рыбы возникает в жаркий период года июнь-июль. Причин замора может быть несколько: повышенная температура, цветение водоема, интенсивное размножение водорослей и их отмирание и гниение, сброс различных промышленных отходов в водоемы. При повышении температуры воды концентрация кислорода в воде снижается, также активно развиваются водоросли. В дневное время это не наносит ощутимого ущерба рыбам, однако в ночное время водоросли переключаются на дыхание, потребляя кислород, находящийся в воде. Цветение воды – развитие сине-зеленых водорослей. Вода становится зеленоватой и приобретает неприятный запах. Это опасно тем, что водоросли мешают поступлению в водоем солнечных лучей и кислорода.

Ночной замор рыбы обычно наблюдается в сильно заросших водной растительностью водоемах. Вся проблема заключается в прекращении процессов фотосинтеза в ночное время, и значительным потреблением растительностью кислорода, содержащегося в воде. (Летний замор, 2021)

1.2. Влияние различных химических веществ на рыб

Средой обитания рыбы является вода. Такие параметры воды, как плотность, освещённость, температура, растворённость в ней различных веществ, химических элементов, газов, оказывают влияние на жизнь и здоровье обитателей водоемов. Так, газовый режим водоема влияет на жизнедеятельность рыб больше, чем температура воды. Кислород, углекислота, сероводород, метан могут оказывать влияние не только на продуктивность, но и на отправление всех жизненных функций (Садковое рыбоводство, 2005). Соотношение растворенных в воде газов (газовый режим водоема) оказывает непосредственное влияние на жизнь рыб и других гидробионтов, в одних случаях вызывая их гибель, в других снижая их общую сопротивляемость и обуславливая их зараженность возбудителями заразных болезней.

Наиболее важным для рыб является **растворенный в воде кислород**, содержание которого меняется в зависимости от температуры воздуха, атмосферного давления, интенсивности ветрового перемешивания воды, а также от наличия фитопланктона и высших водных растений. При недостатке кислорода ухудшаются зоогигиенические условия в водоеме, создаются предпосылки к накоплению органических веществ и размножению сапрофитной микрофлоры, оказывающих отрицательное воздействие на рыб. Особенно отрицательно недостаток кислорода сказывается на рыбах в зимний период. Снижение кислорода до 2,5-3,0 мг/л вызывает угнетение рыб, затем они начинают беспокоиться и подниматься в верхние слои воды, в результате движений рыба истощается, в большей степени подвергается заражению различными эктопаразитами и гибнет (Исучаем водоемы, 1994).

Двуокись углерода попадает в воду из атмосферы, выделяется живыми организмами, появляется в результате разложения органического вещества. Увеличение в воде свободной кислоты отрицательно действует на рыб даже при достаточном содержании кислорода. Чувствительность разных видов рыб к углекислоте не одинакова. Отравление таких рыб, как окуня, плотвы, ерша, пескарей отмечается при ее содержании в 120 мг/л. Для лосося токсическая концентрация — 100 мг/л. Но уже при 30 мг/л многие рыбы проявляют беспокойство, выражающееся в нарушении координации движения. Для рыб важно не просто абсолютное содержание в воде кислорода и углекислоты, а их соотношение. Для карпа, например, губительно соотношение кислорода и углекислоты, приближающееся к 0,02 (Экологические аспекты..., 2022).

Сероводород в природных водах образуется за счет круговорота серы, в процессе размножения органических веществ. Кроме свободного (газообразного) растворенного в воде сероводорода в водоемах могут присутствовать гидросульфид-ионы (HS) и сульфид-ионы (S). Соотношения всех трех форм в воде может изменяться в зависимости от концентрации водородных ионов (рН) воды. При концентрации сероводорода в воде в количестве 1 мг/л у рыб снижается частота дыхания, и они при этом не способны усваивать кислород. Дыхательные движения становятся аритмичными, и рыба погибает. У рыб, подвергшихся токсическому воздействию сероводорода, снижается способность к возбудителям заразных болезней.

Активная реакция воды (рН). Большинство рыб переносят рН в диапазоне от 5 до 9, однако, оценивая значения рН, необходимо учитывать влияние этого показателя на вещества, токсичность которых зависит от рН (например, соединения аммония и серы). При интенсивном «цветении» воды рН обычно сдвигается в щелочную сторону, достигая 8-9 единиц и выше. В этом случае опасность для рыб представляет свободный аммиак, в который переходят ионы аммония при увеличении рН. Сдвиг рН в кислую сторону повышает токсичность сульфидов. При снижении рН до 4 единиц и ниже у

рыб возникает ослизнение кожных покровов и жабр. Очень чувствительны к кислой реакции среды карпы. При рН ниже 5 у них развивается кислотное заболевание, проявляющееся в разрушении жаберных лепестков.

Аммиак и соли аммония появляются в воде в результате разложения органического вещества, попадания в водоем хозяйственно-фекальных стоков, удобрений. Аммонийный азот выделяется рыбами в воду как конечный продукт метаболизма азотсодержащих веществ. Ионы аммония (NH_4^+) для рыб менее токсичны, чем свободный аммиак (NH_3). Предельно допустимая концентрация NH_4^+ для рыбохозяйственных водоемов равна 0,5 мг/л, а для NH_3 — 0,05 мг/л.

Нитриты (NO_2^-) образуются в процессе окисления азотсодержащих органических веществ и свидетельствуют о свежем органическом загрязнении водоема. Нитриты попадают в воду в результате загрязнения хозяйственно-бытовыми стоками, смывами с полей, при проведении удобрения прудов. При повышенном содержании нитритов обычно отмечают низкий уровень растворенного кислорода. Нитриты токсичны для рыб. Они нарушают связывание кислорода гемоглобином.

Нитраты (NO_3^-) образуются из нитритов в результате процесса нитрификации, либо попадают в водоемы в результате смыва удобрений с полей, с атмосферными осадками, различными стоками. Повышенный уровень нитратов свидетельствует о том, что в водоеме имело место в недалеком прошлом органическое загрязнение. Нитраты значительно менее токсичны, но их опасность обусловлена тем, что они могут переходить в нитриты.

Фосфаты — соли ортофосфорной кислоты. Соединения фосфора — важнейшие биогенные элементы. В зависимости от рН соединения фосфора в воде присутствуют в виде HPO_4^{2-} или в виде PO_4^{3-} . Повышенное содержание фосфатов — признак органического загрязнения водоемов.

Железо присутствует в воде в двух формах: закисной и окисной. Закисное железо опасно для молоди рыб, так как при его наличии в воде на жабрах рыб развиваются железобактерии.

Сульфаты в водоемах могут быть минерального происхождения (за счет вымывания сернокислых соединений и выветривания разных горных пород) и органического (за счет биохимических процессов в водоносных слоях и поступления в водоемы различных животных отбросов). Превышение концентрации сульфатов ухудшает зоогигиенические условия в водоеме, у рыб снижается способность как к неблагоприятным условиям среды, так и к возбудителям различных заболеваний.

Хлориды являются важным элементом, определяющим зоогигиенический фон в рыбоводных водоемах. Они могут быть

минерального (выщелачивание гипса, хлористого магния) или органического происхождения (животные отбросы, моча, сточные воды). Хлориды органического происхождения могут обуславливать снижение в воде кислорода, что отрицательно сказывается на жизни рыб.

Жесткость воды определяется в основном количеством растворенных в ней солей кальция и магния. Определяется она в градусах: 1 градус жесткости соответствует содержанию 10 мг окиси кальция в 1 л воды. Жесткость имеет определенное санитарно-гигиеническое значение, создавая щелочную среду и предотвращая закисание воды и ложа прудов. Наряду с этим жесткость воды оказывает опосредованное влияние на рыб и других гидробионтов путем снижения токсического действия многих солей щелочных, щелочноземельных и тяжелых металлов.

Окисляемость воды — это не только показатель наличия в воде веществ, способных окисляться, но и показатель естественного и антропогенного загрязнения воды органическими и минеральными веществами, на окисление которых также затрачивается кислород. К таким веществам относятся взвешенные и растворенные в воде органические вещества (трупы животных и растительные водные организмы, детрит, гуминовые вещества, продукты распада органических веществ и других объектов).

Как показывает статистика, около 90% всех случаев гибели рыбы в рыбхозах России связано с нарушениями кислородного режима, 5% гибели — следствие других нарушений гидрохимического состава воды, и остальные 5% — вирусологические, бактериологические и паразитологические заболевания обитателей водоемов (Из-за чего гибнет..., 2021).

1.3. Влияние экологических факторов на жизнедеятельность рыб (Экологические аспекты..., 2022)

1.3.1. Температура

Среди абиотических факторов водной среды, влияющих на жизнедеятельность гидробионтов, особую роль играет температура (Голованов, 2013а, б). Именно температура определяет ход и интенсивность процессов питания, роста, развития и выживаемости водных организмов. Кроме того, распределение и поведение рыб в естественных условиях также в большой степени зависит от температуры окружающей среды. Повышение температуры воды влечет за собой изменение условий обитания в водоемах. При этом может происходить снижение содержания кислорода в воде, увеличение выделения углекислого газа и сероводорода, повышение содержания в воде соединения железа, азота, аммония и др.

Степень влияния температуры на водные организмы зависит в основном от скорости её изменения и продолжительности действия изменившихся условий. Если изменение температурного режима имеют замедленный

характер, то stenothermные рыбы успевают избежать воздействие крайних температур, а эвритермные изменить интенсивность обмена и привести его в соответствие с новыми температурными условиями. Например: при осеннем охлаждении воды рыбы уходят с мелководий в более глубокие открытые зоны водоемов, а весной возвращаются обратно. Способность рыб переносить колебание температуры играет ведущую роль не только в определении уровня метаболизма и распределения рыб в водоеме, но и определяет их устойчивость к температурному фактору в случае его резких колебаний. В природных водоёмах средних широт температура воды в летний период чаще всего колеблется в пределах 20-25°C, а суточное колебание её не превышает 7°C, а чаще составляет 2-4°C. При таких колебаниях температуры обмен у рыб устойчив, и их жизнедеятельность протекает нормально. Известно, что внезапное повышение температуры воды на 5°C вызывает нарушение их жизнедеятельности.

Известны исследования в результате которых после постепенной акклиматизации рыб к высоким температурам было достигнуто повышение верхних температурных границ устойчивости рыб, например у речного окуня до 29-31° С. По терминологии Ф. Фрая это «верхние начальные минимальные летальные температуры», которые могут быть перенесены 50% испытуемых рыб после оптимальной адаптации.

Анализ исследований по изучению влияния температуры на жизнедеятельность рыб показывает, что разница между оптимальными (предпочитаемыми) и летальными температурами (вызывающие гибель 50% особей) для многих видов рыб составляет 5-7°C. У молоди рыб оптимальный температурный уровень в среднем на 5,3° С ниже летального температурного уровня.

Кроме того, чувствительность и устойчивость рыб к температурному фактору неодинакова на различных этапах онтогенеза, причем наиболее уязвимыми являются именно рыбы на ранних этапах развития (эмбриональный, личиночный, мальковый), а также во время нереста.

Интересные исследования скорости адаптации рыб к высоким температурам П. Дудорова и Д. Бретта. Они выявили, что повышение терморезистентности путем постепенно подъема температуры от умеренно низких к высоким достигается после 3-х дневного латентного периода. После адаптации к высоким температурам рыба теряет устойчивость и к относительно низким температурам, но после трехдневной реадaptации вновь становится устойчивой к этим температурам. Таким образом, действие высокой температуры на рыб в течение длительного более 3 дней периода не должно оказывать летального воздействия.

Известны исследования, которые показывают, что повышение температуры воды понижает устойчивость рыб к токсическим веществам (Балдин, Пауэре). И не только к ним, но и к недостатку кислорода, а также к избытку углекислоты. При повышении температуры возрастает степень проницаемости ткани к токсичным веществам, причем предварительная

адаптация к той или иной температуре не отражалась на степени проницаемости тканей (Кордые и Ворбе). Согласно результатам опытов В. Букштейга изменение температуры на 10⁰С (от 15 до 25) приводят к заметному сокращению времени проявления токсического эффекта у окуня.

1.3.2. Газовый режим. Дефицит кислорода в рыбохозяйственных водоемах.

Дефицит кислорода может возникать не только в результате усиленного его расходования на окислительные процессы, но и из-за угнетения фотосинтетических процессов водоеме, либо вследствие тех и других процессов вместе взятых.

Газовый режим имеет огромное значение для жизни в водоемах. Недостаток растворенного кислорода, так же как и избыток углекислого газа, действует угнетающе на многие организмы. Ряд видов рыб (форель, лосось) не переносят даже небольшую снижения в воде кислорода. Другие виды, такие, как сиг, ряпушка, снеток, также чувствительны к снижению кислорода. Легче переносят снижение кислорода карповые рыбы, Линь и карась приспособились к его дефициту.

Существенное влияние на уровень насыщения воды кислородом оказывает температура, поскольку с ее изменением меняется величина растворимости кислорода. Так, например при температуре, равной 20⁰С концентрация кислорода в воде равна 9,17 мг/л, а при 23⁰С — 8,68 мг/л. Данные получены при 100% насыщении воды сухим воздухом и нормальном атмосферном давлении. Дефицит кислорода приводит к массовым заморам рыб, нанося значительный ущерб рыбному хозяйству. Нередко заморы возникают и летом, главным образом ночью, из-за усиленного потребления кислорода водной растительностью или при массовом отмирании водорослей. Поскольку диффузия кислорода в воде крайне медленна, летние заморы возникают чаще всего в слабопроточных водоемах.

Приспособление к сниженному количеству кислорода идёт по пути усиления прокачивания воды через жабры, снижения активности, впадения в «спячку» и даже снижения питания и общего уровня обмена веществ. Всё это в итоге неблагоприятно отражается на жизнедеятельности водных организмов. Многие виды рыб могут существовать при концентрации кислорода в воде 1-2 мг/л и ниже. Однако это не значит, что такое количество его безвредно для них. При длительном низком содержании кислорода у рыб могут происходить изменение их физиологического состояния, понижается сопротивляемость к заболеваниям, снижается их резистентность к воздействию токсических веществ, находящихся в растворённом и взвешенном состоянии в воде. Например, тяжёлые металлы коагулируют плёнку слизи на жабрах рыб и затрудняют дыхание. При высоких концентрациях кислорода в воде рыба переносит это воздействие, при низких

— погибает. При малых концентрациях кислорода рыба менее способна противостоять воздействию углекислоты, низкому рН, которые препятствуют диффузии кислорода в кровь. В экспериментах В.С. Ивлева было установлено, что стойкость рыб к недостатку кислорода понижается с повышением температуры воды. Так, пороговая концентрация, ниже которой рыба гибнет от удушья, у окуня при 15°C равна 0,4 мг/л кислорода, а при 25°C — уже 1,4 мг/л, у плотвы соответственно — 0,6 и 1,6 мг/л, у щуки — 0,72 и 1,4 мг/л и т. д. При температуре от 0 до 20°C пороговая концентрация кислорода для разных рыб остаётся одинаковой.

По уровню чувствительности рыб к недостатку кислорода, т. е. По величине его критического напряжения, исследованных групп рыб можно распределить следующим образом: осетровые, лососевые, окунеобразные и карповые.

1.3.3. Кислотность (рН) среды

Концентрация водородных ионов, представляет собой важнейший показатель физико-химических свойств воды. Чистая вода характеризуется рН равной 7, однако природные воды, содержащие в своем составе различные растворенные вещества, обычно имеют слабокислую или слабощелочную реакцию. Концентрация водородных ионов в пресных водоемах равна 6,5-8,2, в большинстве пресных водоемов величина рН довольно устойчива благодаря наличию буферной системы, представленной бикарбонатами кальция и магния. Резкие изменения концентрации водородных ионов характерны для эвтрофированных, богатых биогенами водоемов, величина рН в которых колеблется от 6-10 единиц. Среди многих факторов, оказывающих влияние на величину рН в природных пресных водах отдельно можно выделить фактор интенсивности фотосинтетических процессов низшей и высшей водной растительностью. Днем в результате интенсивного фотосинтеза происходит усиленное поглощение растениями CO_2 , вплоть до полного его исчезновения из воды. Активная реакция воды при этом смещается в щелочную сторону и рН может достигать 10 единиц. Ночью напротив, водные растения в процессе дыхания потребляют кислород, а выделяют углекислый газ. Величина рН при этом может снизиться до 5,7 единицы, т. е. вода заметно подкисляется. Весьма существенные изменения величины рН (до нескольких единиц) имеют место в цветущих водоемах, т. е. при массовом развитии сине-зеленых водорослей и их последующем отмирании.

Пагубно отражается на нормальной жизнедеятельности рыб и может вызвать даже их гибель повышение концентрации свободной угольной кислоты в воде. Устойчивость рыб к углекислоте определяется многими факторами, важнейшими из которых следует признать температуру воды, ее жесткость и величину рН, а также видовые и экологические особенности рыб. В.С. Ивлев установил, что летальная концентрация CO_2 для карпа при 30°C оказалась в 2 раза ниже (60 мг/л), чем при 1°C (120 мг/л). В различных

исследованиях определены предельно допустимые изменения величины рН для рыб. Например, границы изменений рН для большинства устойчивых рыб находятся в пределах от 4,0 до 10,1; токсическая граница для большинства рыб находится в пределах от 4,8 до 9,2; область пригодная для жизни большинства рыб находится в пределах от 5,0 до 9,0; и диапазон от 9,0 -9,5 - опасно для окуня при длительном воздействии.

1.3.4. Влияние токсических водорослей на рыб

Чрезмерное развитие отдельных компонентов водорослевых сообществ оказывает существенное влияние на весь комплекс внутриводоемных процессов и конечную биологическую продуктивность экосистем водоема. Массовое развитие синезеленых водорослей приводит к резкому ухудшению газового и гидрохимического режимов водоема:

- снижается содержание кислорода;
- увеличивается количество углекислоты;
- накапливается органическое вещество на различных стадиях деструкции, изменяются концентрации водородных ионов, содержание аммиака, сероводорода.

Это приводит к снижению резистентности рыб. Синезеленые водоросли, как и жгутиковые и др. в процессе жизнедеятельности выделяют биологически активные экзогенные метаболиты, в том числе токсины, которые оказывают угнетающее действие на другие виды водорослей, а также на беспозвоночных и рыб. А.Я. Маляревская в своих исследованиях на сеголетках и годовиках окуня, годовиках судака, карася, язя и толстолобика показала, что внесение в воду синезеленых водорослей и их токсинов приводит к снижению содержания кислорода в аквариумах к моменту гибели рыб на 78,8-52,6% по отношению к исходному уровню. При внесении различных концентраций синезеленых водорослей в аквариумы с рыбой выявлено обратно-пропорциональная зависимость: чем больше водорослей поступает в аквариумы, тем меньше становится концентрация кислорода в воде. При внесении токсина синезеленых водорослей в концентрации, соответствующей 3,2 г/л синезеленых водорослей, содержание кислорода в воде остается близким к контролю. На основе этих данных А.Я. Маляревская приходит к выводу, что снижение концентрации кислорода в воде под влиянием синезеленых водорослей происходит прежде всего за счет усиленного потребления кислорода рыбой и процессами, вызываемыми синезелеными водорослями. в В цветущих водоемах, при массовом развитии сине-зеленых водорослей и их последующем отмирании происходят весьма существенные изменения величины рН (до нескольких единиц)(Требования..., 2021).

1.4 Биологические особенности обыкновенного окуня

Представитель семейства окуневых рыб, евроазиатский окунь (речной или обыкновенный окунь), обитает в пресноводных водоемах России, большей части Европы и в Северной Азии. (Попова, 1965). Максимальная длина тела может достигать 60 см, а масса до 5 кг, обычно 15 - 20 см и 200 - 300 г (Иванов, Ершова, 2014; Kottelat, Freyhof, 2007).

Тип: Хордовые (Chordata)

Класс: Лучеперые рыбы (Actinopterygii)

Отряд: Окунеобразные (Perciformes)

Семейство: Окуневые (Percidae)

Род: Пресноводные окуни (Percu)

Рыба приобретает зеленовато-желтую окраску тела, по бокам имеются 5 - 9 черных полос (Иванов, Ершова, 2014). На спине передний плавник, окрашен в сероватый цвет с черными пятнами, имеет колючие лучи. Задний спинной плавник зеленовато-желтого цвета приобретает мягкие лучи. Грудные плавники окрашены в желтый цвет. Остальные плавники рыб, такие как хвостовой, анальный и брюшной – в красный цвет (Решетникова, 2003). (рис. 1, прил.1)

По типу питания речной окунь относится к хищным рыбам. Личинки питаются зоопланктоном, предпочтение отдают ветвистоусым рачкам (Коблицкая, 1981). Затем во время первого лета молодь переходит на питание бентосными организмами, а взрослый окунь питается преимущественно молодью различных видов рыб (Покровский, 1951; Никольский, 1971; Поляков, 1975; Collete et al., 1977). В некоторых водоемах молодь окуня при длине 4 см может питаться и молодью других видов рыб (Попова, 1971, 1979). Однако в разных водоемах пища окуня значительно различается в связи с составом кормовой базы. В некоторых водоемах окунь в течение всей жизни потребляет зоопланктон, или остается бентофагом, не переходя на хищничество. В крупных озерах и водохранилищах с богатой и разнообразной кормовой базой и обилием подходящих для него биотопов окунь образует 2 или 3 экологических формы (расы), различающиеся местом обитания, составом пищи и темпом роста. Прибрежный мелкий окунь растет медленно и питается беспозвоночными, а глубинный растет быстро и ведет преимущественно хищный образ жизни (Никольский, 1963; Поддубный, 1971). Пищевой рацион окуня различен не только в разных водоемах, но также может значительно меняться в течение года в одном водоёме из-за изменения доступности кормовых организмов. Окунь достаточно легко переходит с одного корма на другой (Семёнов, 2005). Для окуня характерен каннибализм: взрослые особи зачастую поедают молодых особей. Наиболее часто каннибализм происходит осенью, когда молодь окуня покидает прибрежную зону, перемещаясь на зиму в более глубокие места. Каннибализм

наиболее характерен для водоёмов, населённых исключительно окунем (Wang, Eckmann, 1994). Онтогенетические изменения в использовании корма частично связаны с изменением среды обитания.

У евроазиатского окуня вылупившиеся предличинки обычно занимают пелагическую зону, питаясь планктоном в водной толще (Bystrom et al., 2003). Через какое-то время они мигрируют в прибрежную зону, начиная питаться макробеспозвоночными. Двухлетки окуня часто занимают литоральную зону водоема в высокой численности, в то время, как сеголетки, наоборот, занимают пелагическую зону в меньшей численности, по сравнению с двухлетками. Двухлетки окуня не только конкурируют друг с другом за макробеспозвоночных, но и нападают на окуней более ранних стадий развития. Крупные особи окуня обитают как в литоральной, так и в пелагической зоне. Однако, самые крупные окуни редко нападают на наименьших по размеру окуней (Lundvall et al., 1999; Bystrom et al., 2003). Во многих озерах популяция зрелых окуней разделяется на субпопуляции с разным местообитанием и питанием. Отдельные исследования экотипов показали, что трофическое перекрытие между литоральной и пелагической субпопуляциями окуней одного озера небольшое (Quevedo et al., 2009). Окунь из обеих зон питается рыбой, но особи, пойманные в пелагической зоне, питаются зоопланктоном в большей степени, чем макробеспозвоночными (Svanbäck, Eklöv 2002, 2003; Quevedo et al., 2009).

Кроме того, исследования, проведенные в пруду, показали, что в рационе питания у потомков, полученных от литоральных производителей, также отмечается большая пропорция литоральной пищи, чем у особей, полученных от производителей, обитавших в пелагиали. В результате этих наблюдений было предложено, что имеет место генетически закрепленное приспособление, влияющее на питание кормовыми организмами (Svanbäck, Eklöv, 2006). Морфологически две расы окуней также различаются: у пелагических – удлинённое веретенообразное тело, а у литоральных тело более плоское. Было установлено, что в аквариумных условиях каждая морфологическая раса предпочитает питаться свойственной ей rationом пищи (Svanbäck, Eklöv, 2002). Однако морфологические черты являются довольно пластичными и могут изменяться в течение определенного периода жизни в зависимости от наличия пищи (Olsson, Eklöv 2005; Eklöv, Jonsson, 2007). В реке Волге окунь является активным хищником, часто преследуя свою добычу на значительные расстояния, и становится настоящим хищником уже на первом году жизни (Лесонен и др., 2016), (Нгуен Тхи Хонг Ван, 2019).

2. Материалы и методы исследований

Натурные исследования фактов гибели рыб проводились в период с 24 августа по 11 октября 2021 года. Отбор проб воды производился в слабопроточном заливе реки Волги — Куликово 24.08.2021 года в 6.00 и 13.00.(рис.2, прил.1)

Данный период времени отбора проб воды нами был выбран из расчета фиксации изменения содержания растворенного кислорода в воде после ночного периода, когда отсутствуют процессы фотосинтеза, и в дневное время. В период исследования на заливе наблюдалось интенсивное «цветение» воды сине-зелеными водорослями, в период до отбора проб и 24.08.21 были зафиксированы случаи гибели рыб. (рис.3, прил. 2)

Нами был проведен анализ качества воды по следующим органолептическим и физико-химическим показателям: цвет и прозрачность воды, температура воды, химическое потребление кислорода в воде (ХПК), содержание растворимого кислорода в воде, рН.

Температура

Температуру на поверхности воды можно измерить обычным ванным термометром в деревянной оправе. Для этого следует опустить термометр на несколько минут в воду и, не вынимая из нее, определить температуру. Можно обойтись и обычным термометром, но при этом температура, скорее всего, будет несколько преувеличенной. Привяжите термометр к лоту и, опустив его на нужную глубину, выдержите 10 минут. Затем быстро поднимите термометр и сразу же запишите температуру воды. Повторите измерение температуры еще раз, запишите то и другое, а также среднее ее значение в полевой дневник

Растворенный кислород

Определение растворенного кислорода (РК) проводится методом Винклера. Метод Винклера основан на реакции РК с гидроксидом марганца (II) в щелочной среде с образованием соединения марганца (IV). При подкислении пробы в присутствии избытка иодида калия марганец (IV) окисляет иодид до свободного йода, количество которого эквивалентно концентрации растворенного кислорода и определяется титрованием раствором тиосульфата натрия. Массовую концентрацию РК в воде находят по формуле:

$$X = \frac{M \cdot C_m \cdot V_m \cdot V \cdot 1000}{V_2(V - V_1)}$$

где X - массовая концентрация растворенного кислорода в анализируемой пробе воды, мг/л;

C_m - молярная концентрация раствора тиосульфата натрия, моль/л;

V_m - объём раствора тиосульфата натрия, пошедший на титрование, см³;

V - объём кислородной склянки, см³;

V_1 - суммарный объём растворов хлорида марганца и йодида калия;

M - масса кислорода, равная 8 мг/ммоль;

V_2 - объём пробы, титруемой тиосульфатом, см³.

Молярная концентрация раствора тиосульфата натрия определяется по формуле:

$$C_m = \frac{C_d V_d}{V_m},$$

где C_d - молярная концентрация раствора дихромата калия, моль/л;

V_m - объём раствора тиосульфата натрия, пошедший на титрование, см³;

V_d - объём раствора дихромата калия, взятый для титрования, см³.

Степень насыщения воды РК вычисляется по формуле:

$$x = \frac{\bar{X} \cdot 100}{C_n},$$

где X найденная концентрация кислорода в воде, мг/л;

C_n - Равновесная концентрация растворенного кислорода, мг/л.

Химическое потребление кислорода

Основным методом определения ХПК является бихроматная окисляемость. В условиях этого метода большинство органических соединений окисляется на 95% и более, однако окисляются не все соединения. Катализатором окисления является сульфат серебра, который используется для ускорения реакции и повышения полноты окисления органических веществ. Избыток бихромата оттитровывается раствором соли Мора. Реакцию проводят в жестких условиях – в 50%-ной серной кислоте при кипячении. (рис. 4, прил. 2). Кроме натуральных наблюдений и проведения физико-химического анализа воды в ходе исследования были использованы следующие методы:

- анализ литературных данных о факторах, влияющих на жизнедеятельность рыб;
- социологический опрос населения (на странице в соцсетях);
- поиск информации о фактах замора рыб на территории Европейской части России;

- анализ показателей качества воды р.Волга, предоставленных ОАО «Водоканал»;
- анализ информации о погодных условиях летом 2022года по архивным данным метеостанции в Н. Вязовых.

3. Результаты исследований

3.1 Места возникновения замора рыб в 2021г.

В средствах массовой информации, постах социальных сетях летом 2021 года встречались публикации о заморах рыб в различных регионах России. Например: 4 августа в Самарской области зафиксирована массовая гибель волжской рыбы: «Многодохлой рыбы плывёт по Волге в эти дни, траванули похоже опять». При этом пользователи соцсетей сообщали, что такая ситуация наблюдается в разных районах Самарской области. В частности, массовый мор рыбы зарегистрирован на одном из волжских островов в районе поселка Прибрежный, а также на Куйбышевском водохранилище в Тольятти В Самарской области..., 2021)

Также в июле 2021 Росрыболовство объявило массовый замор рыбы в Таганрогском заливе и Азовском море. В результате чего в период замора рыбакам было разрешено ловить бычков без ограничений(Как летний..., 2021). В начале июля произошла массовая гибель рыбы в Цимлянском водохранилище в Ростовской области. Произошла из-за аномальной жары и цветения сине-зеленых водорослей. Об этом со ссылкой на региональное Минприроды сообщает ТАСС.(Рис. 5, прил. 2)

При обходе водных объектов расположенных на территории города Волжска нами были зафиксированы случаи гибели рыб в заливе реки Волга Куликово и на самой Волге (рис.6-7, прил. 3).

3.2. Анализ видового состава погибших рыб на заливе Куликово реки Волги.

Среди погибших рыб преобладал окунь, было встречено одна особь стерляди. Количественное соотношение погибших рыб по видам представлено в таблице 1(прил. 3).

Как видно из таблицы, наиболее подвержен гибели в результате воздействия экстремальных условий обитания, оказался вид — окунь речной. На втором месте — плотва, кроме них среди погибших особей были встречены представители видов: Елец, Ерш, Синец, Стерлядь. В основном это были мальки и сеголетки, но единично попадались и взрослые особи.(рис. 8, прил.4)

3.3. Результаты опроса населения г. Волжска о причинах гибели рыб летом 2021г.

При анализе публикаций в социальных сетях и других средствах массовой информации обсуждений случаев гибели рыб на водных объектах в черте г. Волжска нами обнаружено не было. Тем не менее такие случаи, как

уже было сказано выше имелись, и из частных бесед с учениками, их родителями можно сделать вывод о том, что многие из жителей города были обеспокоены положением дел и высказывали предположения о сбросе сточных вод в р.Волга ОАО «Марийский ЦБК». В связи с этим мы сформировали опрос жителей г. Волжска в социальной сети в ВК в закрытой группе «Рыбалка в г. Волжске» с количеством участников группы более 3 800 чел., в котором предложили ответить на вопрос: Как вы считаете, что послужило причиной гибели рыб в водоёмах летом 2021г.? В опросе поучаствовало 64 чел. Результаты представлены на рис. 9.(прил. 4)

Результаты опроса подтверждают, что самое распространенное мнение о причинах гибели рыбы летом является причина «сброса токсичных веществ в воду» так ответило почти половина респондентов. 28% респондентов осведомлены об отрицательном воздействии синезеленых водорослей на рыб и выбрали в качестве основной причины гибели рыб — «цветение воды». Таким образом, разобраться, какой же фактор оказал губительное действие на рыб летом 2021 года является важной задачей.

3.4. Анализ погодных условий в летний период 2021г. на территории Республики Марий Эл

И у нас на территории города Волжска погодные условия летом 2021 года отличались повышенными температурами в течении длительного периода. Согласно Эколого-географическому атласу Республики Марий Эл, климат характеризуется как умеренно-континентальный, при котором средняя температура воздуха летом равняется 20⁰С. Средняя температура как в июле, так и в августе 2021 года равнялась 21.5⁰С. Также была высокой и максимальная температура за день, как видно из графика 1 (за июль) температура выше 24⁰С держалась около двух недель. Максимальный показатель температуры равен 29.8⁰ С. На втором графике (август) можно увидеть перепады температуры, однако также есть промежутки где максимальная температура не опускалась ниже 24⁰С, в течение 16 суток! и достигала отметки в 35.9⁰С!(19.08.2021г) (Рис.10, прил. 5).

В целом, за июль — август 2021 года было 5 периодов температурой воздуха выше 25⁰С. Общей продолжительностью 34 дня, что составляет более 50% времени, причем в августе 9 дней температура воздуха была выше 30⁰С, из них 6 дней в период с 17-го по 22 августа температура воздуха не опускалась ниже 30⁰С ни на 1 день (Рис.11, прил. 5).

3.5. Результаты частичного физико-химического анализа качества воды в заливе Куликово.

24.08.2021 года нами были взяты пробы воды на содержание растворенного кислорода, ХПК, рН. При этом была измерена и температура воды. Результаты анализа представлены в таблице2(прил. 6).

Исходя из данных, проведенного нами частичного физико-химического анализа, можно говорить о пониженном содержании растворенного кислорода в воде как в утреннее время, так и в дневное время. Однако, значение этого показателя не является критичным, так как окунь хорошо нагуливает массу (среднесуточный прирост 0,4 г/сут) в рыбохозяйственных водоемах и при меньшем количестве растворенного кислорода в воде (Нгуен Тхи Хонг Ван, 2019) (рис.11). Условия по показателям содержания кислорода, температуры воды и рН среды приближены к условиям за июль по данным Исаева,1959 в которых содержание кислорода было еще ниже — 5,9, в нашем случае оно было гораздо выше. Отличалась величина концентрации водородных ионов, которая была выше в наших исследованиях.

Тем ни менее величина концентрации ионов водорода в воде соответствовала физиологической норме для вида речной окунь и она входила в диапазон области пригодной для жизни большинства рыб: от 5,0 до 9,0; и не входит в диапазон от 9,0 -9,5, который по результатам исследований многих авторов, опасен для окуня при длительном воздействии.

Анализируя данные исследований других авторов, мы пришли к выводу, что и относительно высокая температура воды (23⁰С) не могла вызвать гибель рыб, поскольку авторы (Экологические аспекты...2021) утверждают, что в природных водоёмах средних широт температура воды в летний период чаще всего колеблется в пределах 20-25⁰С, а суточное колебание её не превышает 7⁰С, а чаще составляет 2-4⁰С. (рис. 12, прил. 6)

При таких колебаниях температуры обмен у рыб устойчив, и их жизнедеятельность протекает нормально. И только при внезапном повышении температуры воды на 5⁰С происходит нарушение их жизнедеятельности. В нашем же случае температура повышалась постепенно в результате длительного периода жаркой погоды. А при длительном воздействии высоких температур у рыб возникает адаптация: по исследованиям Ф. Фрая после постепенной акклиматизации рыб к высоким температурам у речного окуня было достигнуто повышение верхних температурных границ устойчивости до 29-31⁰ С. Поэтому, повышение температуры воды в водоеме в летний период (без учета влияния этого фактора на другие показатели) можно исключить из списка факторов, оказывающих влияние на повышение смертности рыб в водоеме.

В связи с этим мы решили проанализировать результаты полного физико-химического анализа воды в р. Волга в периоды, когда в ней наблюдались случаи гибели рыб по данным физико-химического анализа ОАО «Водоканал» (табл.3, прил. 6)

Предельно допустимая концентрация NH_4^+ для рыбохозяйственных водоемов равна 0,5 мг/л, а для NH_3 — 0,05 мг/л. Превышение ПДК на 4% по этому показателю было обнаружено 14.07.21 г.

Предельно допустимая концентрация NO_3^- для рыбохозяйственных водоемов равна 40мг/л, а для NO_2^- — 0,08 мг/л. Превышение этих показателей летом 2021 г. не зафиксировано

Таким образом, по данным анализа ОАО «Водоканал» мы наблюдаем однократное превышение ПДК по показателю NH_4 и постоянное превышение БПК₅ (ПДК — 2,1 мг/дм³) в 1,5 раза, что говорит о повышенном содержании органических веществ в воде. Токсичные вещества и тяжелые металлы обнаружены не были.

Таким образом, мы пришли к выводу, что такие факторы (каждый по отдельности) как: повышенная температура, пониженное содержание кислорода в воде, повышенное содержание концентрации ионов водорода не могли оказать влияние на гибель рыб в заливе Куликово. А поскольку вода в заливе Куликово и р. Волга в период наших исследований была подвержена интенсивному цветению синезелеными водорослями, (что сказалось и на повышении уровня рН до 8,4 единиц), то можно предположить, что на гибель рыб оказали влияние специфичные токсины синезеленых водорослей.

Кроме того, на смертности рыб могло сказаться совокупное действие перечисленных выше факторов, которые при длительном воздействии могут вызывать у рыб изменение их физиологического состояния, понижая сопротивляемость к заболеваниям, снижая их резистентность к воздействию токсических веществ, находящихся в растворённом и взвешенном состоянии в воде.

Выводы

1. По данным научной литературы 90% всех случаев гибели рыбы в рыбхозах России связано с нарушениями кислородного режима, 5% гибели — следствие других нарушений гидрохимического состава воды, и остальные 5% — вирусологические, бактериологические и паразитологические заболевания обитателей водоемов.

2. По мнению 48% опрошенных респондентов - жителей г. Волжска, причиной гибели рыб летом 2021 года являлся «сброс токсичных веществ в воду». 28% респондентов выбрали в качестве основной причины гибели рыб — «цветение воды».

3. Основное место гибели рыб в окрестностях г. Волжска стал слабопроточный залив р. Волга - Куликово

4. Наиболее подвержен гибели в результате воздействия экстремальных условий обитания в летний период оказался вид — окунь речной. На втором месте — плотва, кроме них среди погибших особей были встречены представители видов: Елец, Ерш, Синец, Стерлядь.

5. Частичный физико-химический анализ воды в заливе Куликово по показателям: t, pH, ХПК, содержание растворенного O₂ не позволил определить отдельный фактор, повлиявший на гибель рыб.

6. Вероятнее всего причиной гибели рыб в заливе Куликово стало воздействие специфичные токсинов синезеленых водорослей и снижение устойчивости рыб к заболеваниям и токсинам в результате совокупного действия, измененных в результате повышенной температуры воды условий обитания.

Список литературы

1. В Самарской области зафиксирована массовая гибель рыбы [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/4918002> (26.07.2021)
2. Из-за чего гибнет рыба в наших водоемах [Электронный ресурс] - Режим доступа: [https://tmvl.ru/poleznovsem/vazhno-znat/iz-za-chego-gibnet-ryba-v-nashikh-vodoemakh/\(20.12.2021\)](https://tmvl.ru/poleznovsem/vazhno-znat/iz-za-chego-gibnet-ryba-v-nashikh-vodoemakh/(20.12.2021))
3. Изучаем водоемы: как исследовать озера и пруды. Вологда: ВГПИ, издательство «Русь», 1994. — 148 с.
4. Кузнецов В.А. Рыбы Волжско-Камского края. - Казань, 2005. 208 с.
5. Как летний замор в Таганроге скажется на рыбалке и других животных [Электронный ресурс] - Режим доступа: [Последствия замора рыбы в Таганрогском заливе летом 2021: чего опасаться ученым и рыбакам - КР.Ru](#) (26.09.2021)
6. Летний замор рыбы [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.moktu.ru/news/mo/2019-07-22-184443> (20.12.2021)
7. Нгуен Тхи Хонг Ван, Морфофизиологические индикаторы состояния обыкновенного окуня в естественной среде обитания и в условиях аквакультуры, Диссертация на соискание ученой степени канд. с-х н., Астрахань, 2019 — 180с.
8. Пресноводные рыбы: [Справ.]. - М.: ООО «Изд-во Астрель», 2001.-288 с.
9. Садковое рыбоводство / авт.-сост. С.Н. Александров. — С14 М.: АСТ; Донецк: Сталкер, 2005. - 270с.
10. Требования к качеству и свойствам воды рыбохозяйственных водоёмов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://studme.org/101908/geografiya/trebovaniya_kachestvu_svoystvam_vody_ryb_ohozyaystvennyh_vodoyomov (22.12.2021)
11. Экологические аспекты ихтиотоксикологии [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://portaleco.ru/ekologicheskie-aspekty-ihtiotoksikologii.html> (12.01.2022)

Приложение №1



Рисунок 1. Речной окунь

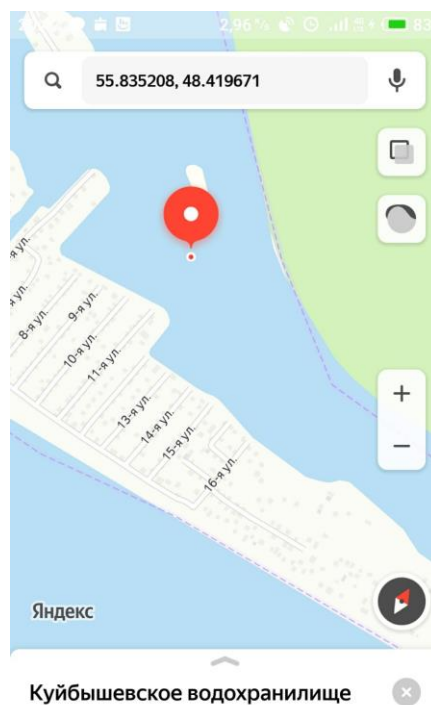


Рисунок 2. Место отбора пробы воды на анализ качества, время отбора 6.00.

Приложение №2



Рисунок 3. Береговая линия на заливе Куликово в день отбора проб.



Рисунок 4. Определение ХПК в лаборатории МУДО «ВЭЦ».

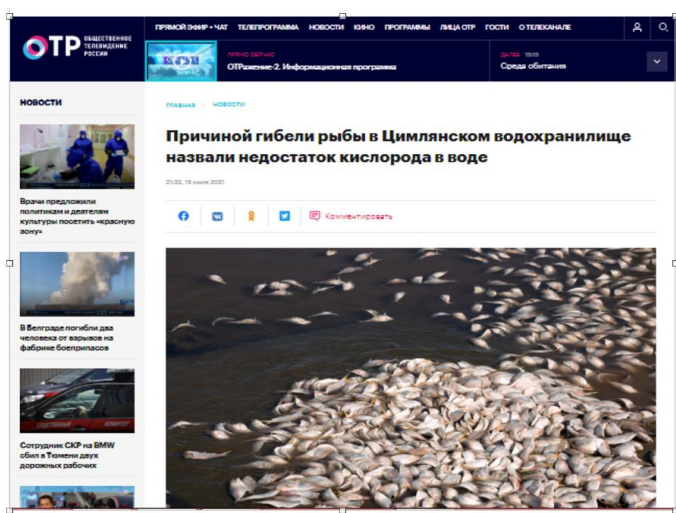


Рисунок 5. Новостная статья в интернете о заморе рыб в Цимлянском водохранилище.

Приложение №3



Рисунок 6. Гибель рыбы в заливе р. Волга Куликово. 24.08.2021г.



Рисунок 7. Погибшие рыбы на р. Волга

Вид рыбы	Окунь	Елец	Ерш	Синец	Плотва	Стерлядь
У берега 24.08.21 в 6.00	11	1	1		1	1
в 13.00 (с нарастанием)	29	1	1		6	1
В середине залива в 6.00	18	0	2	1	3	0

Таблица 1. Численность погибших рыб по видам.

Приложение №4

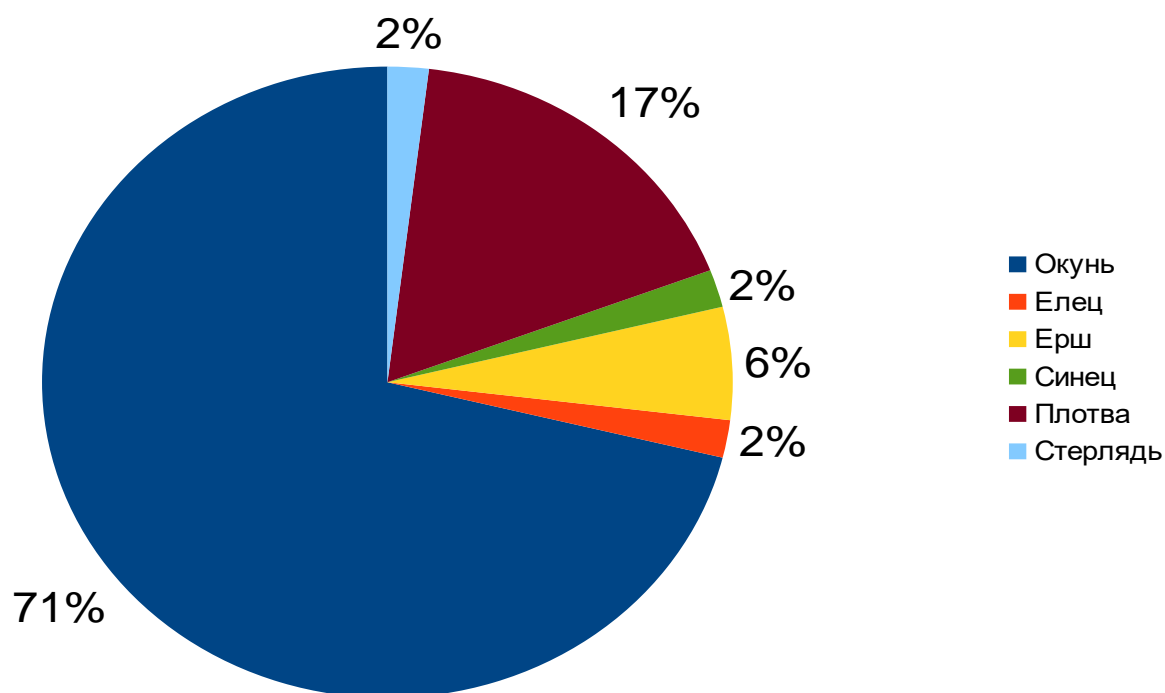


Рисунок 8. Соотношение видов погибших рыб в %

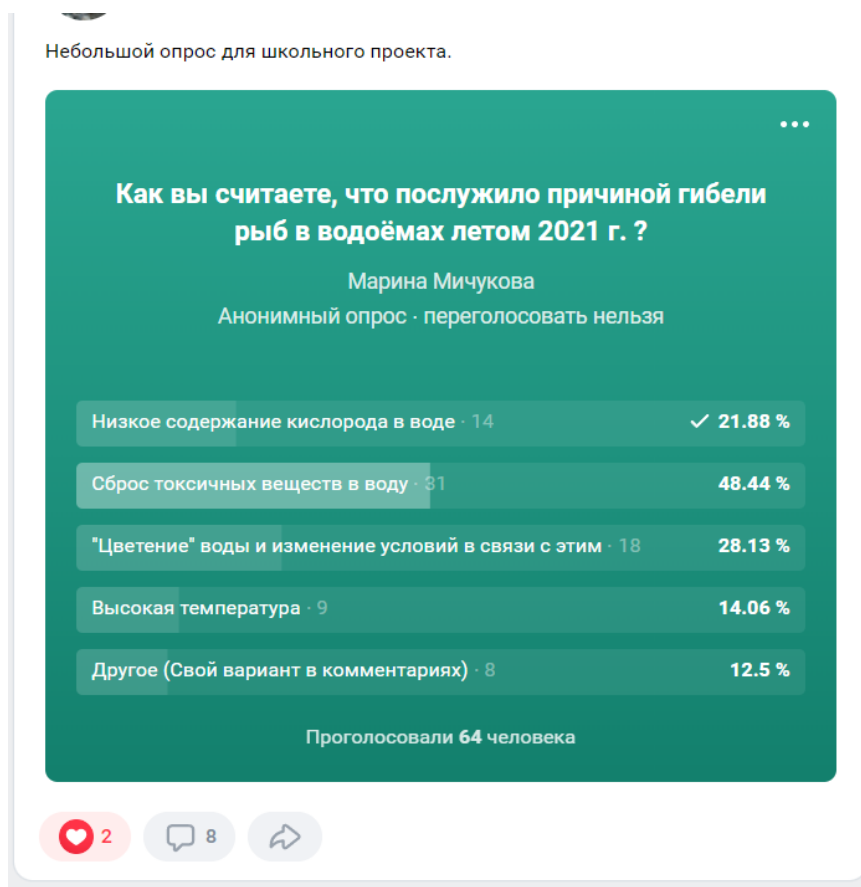


Рисунок 10. Результаты опроса в социальных сетях

Приложение №5

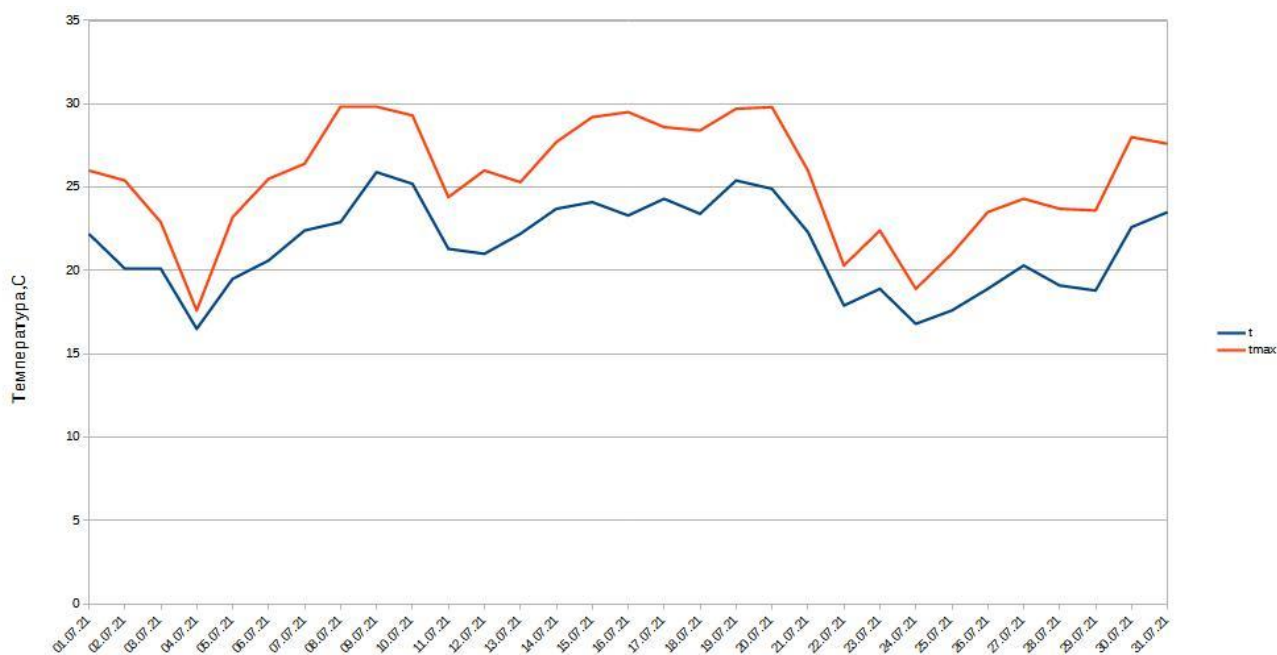


Рисунок 10. Температура воздуха (по данным метеостанции Н.Вязовые) в июле 2021г.



Рис. 11. Температура воздуха (по данным метеостанции Н.Вязовые) в августе 2021г.

Приложение №6

Время отбора проб	Температура воды °C	Растворенный кислород мг/дм ³	ХПК мгО ₂ /дм ³	pH
24.08.2021				
в 6:00	23	7,6	30	8,4
в 13:00	22	7,8	26,5	8,2

Таблица 2. Результаты частичного-физико-химического анализа

Гидрохимические показатели в бассейнах были благоприятными для развития объекта выращивания (ГОСТ-1986; Пономарев и др., 2002) (таблица 14). Значение активной реакции воды pH составило 7,0 – 8,0. Повышение концентрации нитратного азота за стандартными пределами отмечалось в утренние часы дня. Существует взаимосвязь между содержанием азота и растворенного в воде кислорода: при повышении содержания азота за пределы нормы наблюдается уменьшение растворенного в воде кислорода (Исаев, 1959).

Таблица 14 – Гидрохимические показатели в бассейнах

Периоды в годовом цикле	Температура воды, °C	Содержание кислорода мг/л	Водородный показатель (pH)	Азот аммонийный NH ₄ ⁺ , мг/л	Аммиак мг/л	Азот нитритный, мг/л	Азот нитратный, мг/л
Июнь	21	6,0	8	0	0	0,0	2,5
Июль	22	5,9	7,5	0	0	0,1	2,0
Август	19,5	6,0	7	0	0	0,2	2,0
Сентябрь	19,5	6,0	7,5	0	0	0,1	5,0
Октябрь	19	7,0	7,5	0	0	0,1	10
Ноябрь	17	7,2	7,5	0	0	0,1	5,0
Декабрь	13	8,0	7,5	0,25	0	0,0	5,0
Январь	10	7,9	7,5	0	0	0,1	2,5
Февраль	9	7,5	7	0	0	0,1	2,5
Март	10	7,2	7	0	0	0,2	2,5
Апрель	14	7,5	8,0	0,25	0	0,2	3,5
Май	19	6,5	7,5	0,25	0	0,2	5,0
Технологическая норма			6,0 – 8,0	≤0,5	≤0,1	≤0,1	≤1,0

Рис. 12. Фрагмент диссертации Нгуен Тхи Хонг Ван Морфофизиологические индикаторы состояния обыкновенного окуня в естественной среде обитания и в условиях аквакультуры

	PO ₄ мг/дм ³	NO ₂ мг/дм ³	NO ₃ мг/дм ³	pH	NH ₄ мг/дм ³	O ₂ мг/дм ³	ХПК мгО ₂ /дм ³	Фенолы	Zn	Cu	БПК5 мгО ₂ /дм ³	t °C
14.07.2021	0,067	0,069	2,6	7,14	0,52	9,8	14,1	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	3,47	22
11.08.2021	0,012	0,046	2,22	8,08	0,36	7,76	24,5	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	3,58	22
,8.09.2021	0,096	0,053	1,95	7,91	0,43	8,24	22,17	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	3,41	9

Таблица 3. Данные физико-химического анализа воды в р. Волга (ОАО «Водоканал»)