

Государственное бюджетное нетиповое образовательное учреждение  
«Санкт-Петербургский государственный дворец творчества юных»  
Эколого-биологический центр «Крестовский остров»

Исследовательская работа:

«Исследование физико-химических показателей состава воды в аквариумах»

Выполнили: Ксенофонтова Дарья Викторовна, 11 класс  
Желанникова Софья Сергеевна, 11 класс  
Сивакова Ольга Алексеевна, 10 класс

Детское объединение: Лаборатория аналитической химии

Руководитель: заведующий лабораторией  
ЭБЦ «Крестовский остров»  
Ширяев Валерий Алексеевич

Санкт-Петербург  
2023-2024 гг.

## Оглавление

<b>1. Введение.....</b>	<b>3</b>
Литературный обзор.....	4
1.1. Аквариумы.....	4
1.2. Циклы ионов в гидросфере.....	4
1.2.1. Цикл азота.....	4
1.2.2. Цикл фосфора.....	5
1.3. Влияние ионов на рыб.....	6
1.3.1. Гидрохимические показатели. ПДК.....	6
1.3.2. Влияние ионов и растворенных веществ на рыб.....	6
1.3.3. Влияние кислотности, щелочности и жесткости воды на рыб.....	8
1.4. Водоросли как индикатор изменения гидрохимических показателей аквариумов.....	9
1.5. Заключение по литературному обзору.....	9
<b>2. Практическая часть.....</b>	<b>10</b>
2.1. Материалы и методы.....	10
2.1.1. Карпы кои.....	10
2.1.2. Красные Попугаи (Цихлида попугай).....	10
2.1.3. Модель бассейна реки Парагвай.....	11
2.1.4. Аквариум с различными видами семейства Cyprinidae.....	12
2.1.4. Модель бассейна реки Джардин.....	13
2.1.5. Модель подземных вод пещеры Куэва-Чика.....	14
2.1.7. Модель реки Амазонки.....	15
<b>3. Полученные результаты.....</b>	<b>17</b>
3.1. Мониторинг содержания фосфатов и нитратов в воде аквариума с карпами кои.....	17
3.2. Мониторинг содержания фосфатов и нитратов в воде аквариума с красными попугаями.....	18
3.3. Содержание кислорода в различных аквариумах утром и вечером... 18	
3.4. Общая щелочность вод в различных аквариумах.....	19
3.5. Содержание гидрокарбонат-иона в различных аквариумах.....	20
3.6. Общая кислотность в различных аквариумах.....	20
3.7. Общая жесткость в различных аквариумах.....	21
3.8. Обсуждение результатов.....	21
<b>4. Выводы.....</b>	<b>22</b>
<b>5. Заключение.....</b>	<b>22</b>

<b>Список литературы.....</b>	<b>22</b>
<b>Приложение 1 - Методики анализа.....</b>	<b>26</b>

# 1. Введение

На сегодняшний день для оценки состояния рыб в различных жизненных условиях — природных водоемах, в рыбоводных хозяйствах, домашних аквариумах и научных лабораториях — используются различные методы: от более простых визуальных наблюдений до сложнейших биохимических и генетических исследований. Прежде всего состояние рыб определяется гидрохимическими показателями воды, то есть ионным составом, а также её жесткостью, кислотностью и содержанием растворенных газов. Для стабилизации состава воды в аквариумы помещают фильтры и водоросли, которые очищают его. В аквариумистике зачастую для контроля состава воды используются экспресс-тесты, чьи показания бывают недостаточно точны для ориентировки последующих этапов содержания рыб.

**Гипотеза** — общие методы анализа вод применимы к аквариумным системам.

**Цель работы** — адаптировать методы анализа гидрохимических показателей вод для применения их в аквариумах. В современном мире имеется масса методов для анализа вод, но чаще всего используются наиболее доступные из них — экспресс-тесты. Они не могут дать результатов, основываясь на которых можно координировать дальнейшие действия. Таким образом, для решения проблемы оценки состояния вод были выдвинуты следующие **задачи**:

1. Изучить различные методы анализа вод, с помощью которых можно исследовать такие показатели вод, как содержание нитратов, фосфатов, гидрокарбонат-ионов, растворенного кислорода, а также кислотность, жесткость и щелочность.
2. Выбрать из них самые простые и доступные.
3. Провести анализ согласно выбранным методам в различных аквариумах.

# Литературный обзор

## 1.1. Аквариумы

Аквариумистика — моделирование природных экосистем. Она может быть как хобби, так и одним из видов профессиональной деятельности человека. Аквариумы заселяют различными видами рыб, беспозвоночными животными, растениями, поэтому аквариумная вода содержит огромное количество бактерий и микроорганизмов, а также примесей, которые образуются в процессе жизнедеятельности гидробионтов. Аквариум — искусственный водоем, имеющий определенные биологические условия для жизнедеятельности водных организмов. В аквариумах должны создаваться и поддерживаться такие параметры, которые будут максимально соответствовать природным. Этого можно достичь путем применения аквариумной техники и специальных приспособлений, которые претерпели ряд важных этапов в своем развитии, пока не достигли современного уровня. Первые аквариумы представляли собой стеклянный короб, у которого отсутствовала верхняя крышка. Продукты жизнедеятельности удалялись при помощи улиток или замены воды. Но способность улиток очищать стенки аквариумов от разросшихся водорослей не всегда приводила к желаемым результатам, поэтому важным событием для аквариумистики стало открытие способа фильтрации.

## 1.2. Циклы ионов в гидросфере

### 1.2.1. Цикл азота

Одним из показателей способности водоема к самоочищению является соотношение различных форм азота. Превращения различных форм происходят под влиянием микроорганизмов. Данные процессы отражены на рисунке 1.

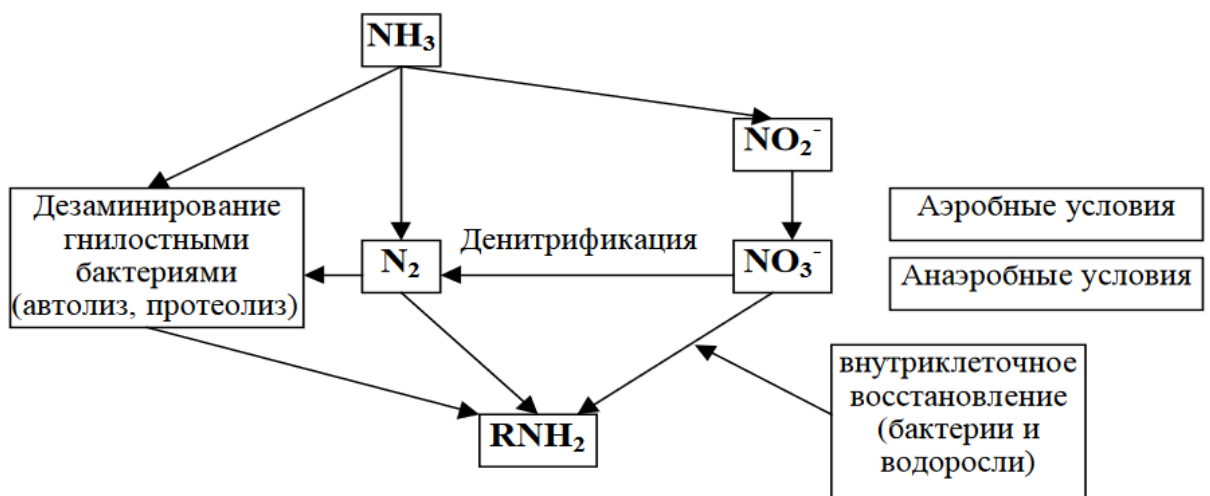
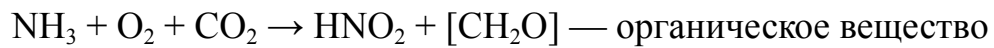


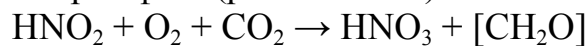
Рис.1 – Превращения форм азота в водоемах

Аммиак выделяется и накапливается в воде в процессе дезаминирования (удаления аминогрупп из молекул) в результате протеолиза, представляющего собой гидролиз, катализируемый ферментами протеазами или пептидгидролазами белков, осуществляемого бактериями вследствие апоптоза клеток. Затем аммиак окисляется до нитратов — процесс нитрификации. Протекает в 2 фазы в анаэробных условиях и осуществляется двумя группами бактерий: *p.Nitrosomonas* и *p.Nitrobacter*.

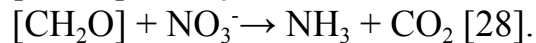
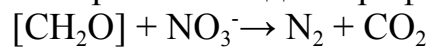
Первая фаза осуществляется *p.Nitrosomonas* и окисляет аммиак до нитритов:



Вторая фаза (*p.Nitrobacter*) — окисление до нитратов:



Восстановление нитратов в анаэробных условиях происходит под действием организмов денитрификаторов:



### 1.2.2. Цикл фосфора

В природных водах фосфор представлен тремя основными группами: растворимый неорганический, растворимый нереакционноспособный органический фосфор и фосфор в частицах. Фосфор является одним из ключевых биогенных элементов, круговорот которого включает в себя минерализацию органического фосфора до фосфатов, которые в воде находятся в виде остатков фосфорной кислоты. За счет того, что фосфор, как было указано ранее, является биогенным элементом, увеличение его концентраций вызывает прирост биомассы, что в свою очередь является причиной эвтрофикации поверхностных водоемов. Глобальный цикл фосфора приведен на рисунке 2.



Рис.2 – Глобальный круговорот фосфора

Фосфор входит во все части зеленых растений и принимает участие в процессе фотосинтеза, переходя в состав молекулы АТФ, которая впоследствии расщепляется до АДФ с фосфорной кислотой с выделением энергии:  $АТФ \rightarrow АДФ + Н_3РО_4 + Q$ . Образовавшиеся АДФ поступают на митохондрии, где присоединяют фосфорную кислоту с образованием молекулы АТФ:  $АДФ + Н_3РО_4 \rightarrow АТФ$ . Растения накапливают фосфор, впоследствии снабжая им животных. При этом выделяемая энергия идет на осуществление клеточных процессов, таких как передача нервных импульсов, обмен углеводов, мышечные сокращения и т.д. [29-30].

### 1.3. Влияние ионов на рыб

В аквариумах находится водопроводная вода, прошедшая необходимую фильтрацию и соответствующая СанПиН 2.1.3684-21.

#### 1.3.1. Гидрохимические показатели. ПДК

В соответствии с перечнем рыбохозяйственных нормативов, ОСТ 15.372-87 и СанПиН 2.1.4.1074-01:

Аммиак растворенный ( $NH_3 \times nH_2O$ ) — 0,05 мг/л.

Аммоний ( $NH_4^+$ ) — 0,5 мг/л.

Нитраты ( $NO_3^-$ ) — 40 мг/л. /9 в пересчете на азот/

Нитриты ( $NO_2^-$ ) — 0,08 мг/л. /0,02 в пересчете на азот/

Хлор свободный ( $Cl_2$ ) — 0,00001 мг/л.

Хлориды ( $Cl^-$ ) — 300 мг/л.

Йодиды ( $I^-$ ) — 0,4 мг/л.

Фосфаты ( $PO_4^{3-}$ ) — 0,05 мг/л (по Р) - олиготрофные; 0,15 мг/л (по Р) - мезотрофные; 0,2 мг/л (по Р) - эвтрофные водоемы [17, 27]

#### 1.3.2. Влияние ионов и растворенных веществ на рыб

Кислород необходим для различных жизненно необходимых окислительных процессов, происходящих в клетках, разложения биологических соединений. Кроме того, снижение уровня кислорода влечет за собой ряд негативных последствий, таких как эвтрофикация, вымирание аэробных организмов, а также рост концентрации легко окисляемых органических примесей.

Нитраты и нитриты, попадающие в воду различными путями, способны накапливаться в тканях, главным образом в печени. Нитраты под действием фермента ксантиндегидрогеназы преобразуются в нитриты. Нитриты, в свою очередь, могут необратимо связываться с гемоглобином, образуя метгемоглобин, не имеющий кислородпереносящей активности. Также нитриты, реагируя со вторичными аминами, образуют нитрозоамины, оказывающие бластомогенную опасность, в т.ч. канцерогенность.

Диоксид азота, взаимодействуя с ненасыщенными жирными кислотами, разрушает их. Также он способен взаимодействовать с биогенными фенолами по гидроксильной группе, в результате чего нарушается ток крови и нервная трофика, и, в результате чего страдают стенки сосудов.

Аммиак — основной продукт микробиологического разложения отходов жизнедеятельности рыб. При наличии кислорода в воде, аэробные бактерии переводят аммиак и его производные амины в нитраты и нитриты, что снижает токсичность. Снижение уровня токсичности для рыб происходит путем поглощения растениями соединений нитратов для собственного питания. Такое аэробное превращение аммиака в нитраты является важной функцией и носит название нитрификация. Ион аммония является для рыб токсикантом гемолитического и нейропаралитического действия,

Необходимо также отметить влияние азотсодержащих неорганических веществ (катионов аммония, нитрат- и нитрит-ионов) на состояние воды: в результате быстрой утилизации синезелеными водорослями данных соединений образуются цианотоксины. Некоторые из них могут образовываться внутриклеточно, а затем попадать в водоемы посредством лизиса клеток (полного или частичного их разрушения), вызывая отравление рыб и других живых существ, взаимодействующих с загрязненной водой.

Накопление нитритов в мышцах обитателей аквариумов также отражается и на внешнем их состоянии: при повышенном содержании нитритов в мышцах отмечается возбужденное состояние, нарушение координации движений. При изучении состава крови, можно выявить повышение нейтрофилов, полиморфноядерных гранулоцитов, моноцитов, а также уменьшение уровня содержания лимфоцитов [4].

Далеко не первую роль в оценке качества вод играет водородный показатель рН. Как известно, он характеризует кислотность и щелочность воды. Любое колебание водородного показателя в ту или иную сторону влечет ухудшение состояния здоровья, а затем и гибель живых существ. Понижение рН в кислую сторону приводит к закислению воды, что в свою сторону уменьшает способность крови переносить кислород и приводит к удушью. Повышенное содержание хлора также приводит к закислению среды, усугубляя риски развития асфиксии [3].

Кальций оказывает большое влияние на формирование различных биологических структур (например, панцирей беспозвоночных животных и т.д.). А карбонат- и гидрокарбонат-ионы могут функционировать как буферная система и питательные вещества. Карбонат кальция может выпадать в осадок. В природных водоемах колебания концентрации кальция очень низкие, но в искусственных экосистемах ситуация другая из-за относительно небольшого объема резервуара. Кроме того, необходимо отметить, что в аквариумах высокие концентрации органических веществ, фосфатов, большое количество беспозвоночных и водорослей, процесс жизнедеятельности которых также может оказать влияние на содержание карбоната кальция в воде.

С показателем содержания гидрокарбоната и карбоната кальция неразрывно связана другая характеристика качества воды – щелочность (п.2).

Фосфаты сами по себе для рыб не опасны, но при повышенном их содержании в воде начинается неконтролируемое увеличение биологической продуктивности, а следовательно, усиленное цветение воды и увеличение

количества цианобактерий, продуцирующих токсины. Кроме того необходимо отметить, что поглощающие их водоросли и цианобактерии в процессе жизнедеятельности выделяют гепато-, нейро- и цитотоксины, которые могут вызывать нехватку кислорода, мор рыбы, отравление живых систем аквариумов.

### **1.3.3. Влияние кислотности, щелочности и жесткости воды на рыб**

Данный параметр напрямую связан с наличием в воде свободной углекислоты, а также ее растворимых солей, которые под воздействием гидролиза способны образовывать свободные кислоты. Активная (обусловленная наличием свободных кислот) и вторичная кислотности (обусловленная солями, гидролизуемыми до свободных кислот) в совокупности образуют общую кислотность, которую также принято называть аналитической или титруемой. Нейтральной среда считается при рН 7,0. Именно это значение, как правило, является оптимальным для большинства рыб и растений. Значение рН может колебаться в значительных пределах. Как правило, это от 6,0 до 8,0. Повышенная кислотность уменьшает способность крови рыб переносить кислород, что в свою очередь повышает вероятность развития асфиксии. Из мер по снижению рН можно выделить насыщение воды углекислым газом и использование различных подкисливающих материалов, например торфа. Кислотность необходимо регулировать, чтобы дать возможность гидробионтам существовать в привычных для них условиях [25].

Щелочность воды (кН). Щелочность - способность воды нейтрализовать кислоту. Она определяется суммарной концентрацией карбонат- и гидрокарбонат-ионов, соединениями слабых органических кислот и ионов  $\text{OH}^-$ ,  $\text{HSO}_3^-$ ,  $\text{SO}_2^{2-}$ ,  $\text{HSiO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{Na}^+$ , измеряется в градусах. Разумными рамками кН, не требующими принятия каких-либо особенных мер, считаются кН от 2-3 до 14-16. При более высоких значениях ее нужно снижать (использование осмоса или дистиллированной воды для подмен, удаление из аквариума грунта или декора, повышающего жесткость), при низких — повышать. Чтобы повысить жесткость в аквариум помещают более жесткую воду, фильтр или материалы, повышающие жесткость (известняк, коралловую крошку и т.д.) При низких значениях кН, как правило, рН достаточно низкий, и наоборот. Поэтому эти два параметра регулируются комплексно. Карбонатная жесткость также служит для поддержания стабильного значения кН. Щелочность выступает своего рода буфером, который препятствует быстрым и значительным изменениям рН. Слишком низкая или, наоборот, высокая карбонатная жесткость не дает растениям возможности нормально развиваться по многим причинам [23].

Общая жесткость (gН) представляет собой сумму временной и постоянной жесткости воды. Временная жесткость (карбонатная) обусловлена карбонатами и гидрокарбонатами кальция и магния, тогда как постоянная (некарбонатная) представлена солями азотной, серной и соляной кислот этих металлов. По содержанию солей принята классификация на мягкую, средней жесткости, жесткую и очень жесткую воду. Характеристика gН измеряется в

градусах. Пределы нормы общей жесткости шире, чем у карбонатной – до 20 градусов. Методы регулировки – подмена либо мягкой, либо более жесткой водой. Отрицательное влияние завышенной постоянной жесткости не так существенно, как у карбонатной, однако слишком высокие ее значения отрицательно сказываются на живых организмах: соли кальция и магния соединяются с белками, оседают на стенках пищевода животных, вызывая дисбактериоз, снижают моторику желудка и дают осложнение на сердечно-сосудистую систему. Кроме того, высокий уровень gH снижает способность организма к выработке различных ферментов, вызывает накопление солей. [24].

#### **1.4. Водоросли как индикатор изменения гидрохимических показателей аквариумов**

Любое отклонение и изменение концентраций ионов в аквариумной воде сказывается и на водорослях тоже. Как известно, водорослевые сообщества обладают быстрым ответом на изменения среды, за счет этого являясь удобным и достаточно эффективным объектом для биомониторинга. Так, отклонение в сторону нитратов приводит к появлению и значительному увеличению количества зеленых водорослей, тогда как отклонение в сторону фосфатов вызывает увеличение численности синезеленых водорослей. Нитриты, так же как и нитраты, стимулируют чрезмерный рост водорослей (зарастание аквариумов). Повышенное содержание аммония, так же как и на рыбах, негативно сказывается и на растительности аквариумов. Таким образом, водоросли в аквариуме могут служить естественным индикатором, отражающим колебания содержания ионов, но только при резких изменениях в широком диапазоне значений. Для получения более точных данных наиболее простым и доступным способом является применение тестов на необходимые ионы, но водоросли могут служить первым признаком нарушения необходимого баланса [8, 26, 32].

#### **1.5. Заключение по литературному обзору**

Большинство видов живых организмов, населяющих аквариумы, негативно реагирует на увеличение или уменьшение концентрации содержащихся в воде ионов и различные показатели состава вод. Для определения направления дальнейших действий необходимо знать значения некоторых показателей с наиболее высокой точностью. Экспресс-тесты недостаточно точны вследствие узкого диапазона измерений, хотя у них есть и преимущество в виде скорости проведения анализа, однако же точность играет более важную роль в жизни аквариумистов.

## 2. Практическая часть

### 2.1. Материалы и методы

Модельными экосистемами являлись аквариумы, населенные различными гидробионтами.

#### 2.1.1. Карпы кои

Карпы Кои в природе не встречаются, они были выведены. Данные рыбы неприхотливы к корму, спокойны, достаточно неприхотливы к содержанию. В большом аквариуме рыбы могут жить 27-30 лет, но продолжительность жизни может сократиться из-за неподходящих условий. Некоторые гидрохимические показатели, необходимые для осуществления процессов жизнедеятельности: температура воды +28,2 °С; рН=6,43 и содержание растворенного кислорода не менее 0,5 мг/л (критически низкий показатель), для нормального жизнеобеспечения 2,5-3 мг/л [9].

#### 2.1.2. Красные Попугаи (Цихлида попугай)



Рис.3. Цихлида попугай

Эти рыбы также не встречаются в природе, т.к. являются гибридами различных цихлазом. Разводить этот вид рыб нужно в закрытом аквариуме (так как рыбы могут выпрыгивать) с хорошими фильтрацией и аэрацией, при рН=6,5-7, температуре воды 25-28 °С и жесткости воды в пределах от 1,8 до 7,1 °Ж.

### 2.1.3. Модель бассейна реки Парагвай



Рис. 4. Модель бассейна реки Парагвай

В аквариуме проживают рыбы и водоросли.

*Lepidosiren paradoxa* (американский чешуйчатник) — двоякодышащая рыба. Бассейн реки Парагвай характеризуется щелочностью, колеблющейся в пределах от 0,6 до 0,8 мг\*экв/л на разных участках реки; содержании кислорода от 6,08 до 7,39 мг/л; температуре воды от 28 до 30 °С и кислотности воды при показателях, находящихся между 7 и 7,20 (нейтральная среда) [1].

*Hyphessobrycon anistis* (тетрагоноптерус, тетра-плотвичка) — небольшие стайные рыбы, живущие в группах от 8-10 особей, отличительной чертой которых является черная полоса, тянущаяся от основания хвоста. Животные хорошо уживаются практически со всеми видами растений и рыб, требуют хорошей фильтрации воды, а также ее регулярной подмены. Необходимые гидрохимические показатели в аквариуме, населенном тетрагоноптерусами: рН 6,5-8; температура 22-24 °С; жесткость воды от 8 до 20 °Ж.

*Rineloricaria sp.* (лорикария) — данный вид имеет широкий диапазон распространения: от Коста-Рики до Рио-де-Ла-Плата в Аргентине. Организмы обладают высокой адаптационной способностью, что позволяет им заселять даже сильно загрязненные водоемы. Особи предпочитают небольшие ручьи с быстрым течением, каменным или песчаным дном (большое количество укрытий). Ведут преимущественно ночной образ жизни. Гидрохимические показатели места обитания: температура от 28 до 30°С; содержание растворенного кислорода от 6,41 до 7,63 мг/л и кислотности, соответствующей нейтральной среде [2].

*Corydoras paleatus* (коридорас крапчатый) — рыбы обитают в условиях высокой освещенности, однако показатели питания и состава воды могут сильно варьироваться, что обусловлено широким и разнообразным по составу ареалом мест обитания. некоторые гидрохимические показатели, необходимые для нормального функционирования организмов рыб: температура от 21 до 23 °С; рН=8,31—8,8; содержание растворенного кислорода от 9 до 11 мг/л или приближенно к этим показателям [22].

## 2.1.4. Аквариум с различными видами семейства Cyprinidae



Рис. 5. Модель бассейна реки Нильвала

*Barbus titteya* (вишнёвый барбус) — для содержания данного вида в аквариумах необходимо хорошее озеленение аквариума с темным субстратом. Вода в аквариуме нужна умеренно жесткая (жесткость до 7,1 °Ж); от кислой до щелочной (среда близка к нейтральной): pH от 6 до 8; температура в пределах от 23 до 27 °C [11].

*Pethia nigrofasciata* (чёрный барбус) — данный вид обитает в местах с относительно низким процентом растительности — примерно 5% (более низкие показатели также допустимы), однако процент диатомовых водорослей разных родов (основа рациона) колеблется около 81%. Температура, pH и содержание растворенного кислорода варьируется в пределах 19-26,5 °C; 6,2-7,1 и 7,8-9,8 мг/л соответственно [10].

*Sahyadria denisonii* (барбус Денисона) — в природе рыбы обитают в водоемах с быстрым течением со скалистым дном и густой нависающей зеленью по берегам. Для содержания в аквариумах, необходимо поддерживать постоянную аэрацию, достаточное разнообразие растений, а также слой грунта не менее 5 см. Вода должна соответствовать таким критериям, как: pH 7-7,5; температура от 26 до 28 °C; растворенный кислород 5,0-6,8 мг/л, а также щелочность воды эквивалентная от 20 до 25 мг\*экв/л [12, 13, 14].

*Cryptocoryne wendtii* (крипторина Вендта) — одно из самых востребованных в аквариумистике растений. Данный вид обладает высоким сортовым разнообразием, причем некоторые культуры могут обладать отличным от материнских количеством хромосом. Крипторина Вендта предпочитает мягкую воду, пониженную освещенность и почву от торфа и грязи до камней и песка. Слишком кислая среда может быть губительна: необходимо поддерживать концентрацию диоксида углерода около 15 мг/л, температуру воды 22-28 °C; кислотность 6,5-8 и жесткость 2,9-5,7 °Ж.

#### 2.1.4. Модель бассейна реки Джардин



Рис. 6. Модель бассейна реки Джардин

*Melanotaenia trifasciata* (полосатая радужница) — тропическая рыба, нетребовательная к условиям обитания и живущая в медленнотекущих ручьях, быстротекущих реках и болотистых водоемах. Естественная среда обитания рыб характеризуется температурой от 24 до 33 °С; жесткостью воды 2,9-7,1 °Ж; рН 6,5-6,9.

*Hygrophila corymbosa angustifolia* (гигрофила иволистная) — неприхотливое водное растение, в природной среде произрастает в тропиках, поэтому для хорошего развития и роста растения необходимы такие условия как жесткость воды 8-10 °Ж, оптимальную температуру 24-28 °С, а также рН 6-7.

*Nymphaea stellata* (нимфея стеллата) — распространенное водно-болотное растение, чувствительное к изменениям климата, в природе произрастающее преимущественно в тропическом или субтропическом климате. Допустимые гидрохимические показатели воды: рН 6,9-7,3 (в некоторых местах обитания водородный показатель может достигать 8,6); температура 25-30 °С; растворенный кислород от 6,96 до 9,1 мг/л [17-18].

*Salvinia natans* (сальвиния плавающая) — однолетний разноспоровый папоротник, в природе свободно плавающий в мелких пресноводных хорошо прогреваемых водоемах. Жесткость воды колеблется в пределах от 1,50 до 7,79 °Ж; рН 7,2-8,6; общая минерализация 0,20-0,87 мг\*экв/л [19- 20].

*Vallisneria nana* (валлиснерия нана, валлиснерия мини) — многолетнее зеленое растение, обитающее в тропической и субтропической зонах. При содержании в аквариумах требуется внесение удобрений, богатых железом, а кроме того обеспечить подачу CO<sub>2</sub>. Растение светолюбивое, имеет широкий диапазон гидрохимических показаний воды. Наиболее комфортные условия для жизнедеятельности растения: рН 5-7; жесткость воды 0,7-2,8 °Ж; температура 22-27 °С [22].

### 2.1.5. Модель подземных вод пещеры Куэва-Чика



Рис. 7. Модель подземных вод пещеры Куэва-Чика

*Astyanax mexicanus* (слепая тетра) — слепые, лишенные пигмента в окраске рыбы, в природной среде обитания живут в подземных водоемах. Мальки имеют нормально развитые глаза с черным пигментом, которые на 18 день деформируются и к 3 месяцам полностью редуцируются. Параметры воды должны удовлетворять следующим условиям: рН=6-7,8; температура воды 18-24 °С; жесткость воды до 10,7 °Ж.

### 2.1.6. Модель реки Конго



Рис. 8. Модель реки Конго

*Phenacogrammus interruptus* (тетра конго) — пресноводная лучеперая рыба, достаточно чувствительная к качеству и чистоте воды, что обуславливает необходимость подмены 20-25% воды раз в неделю. Конго тетра необходимо содержать в аквариуме, температура воды в котором колеблется в пределах 23-28 °С, кислотность не должна превышать показатели рН 6-7,5, жесткость воды может варьироваться 1,1-6,4 °Ж.

*Bolbitis heudelotii* (конголезский папоротник) — высшее папоротниковое растение, которое в аквариуме должно занимать полутемные участки среди камней. Растение неприхотливо и удовлетворительно чувствует себя в любой температуре. Однако, лучше всего растение произрастает в умеренно теплом или тропическом аквариуме, при температуре 22-28 °С. Растение не переносит жесткую воду, поэтому показатель не должен превышать 2,1 °Ж (максимально

допустимая жесткость 2,8 °Ж). Оптимальная кислотность аквариумной воды 6,5-7.

***Chlorophyta*** (зеленые водоросли) — группа низших растений, на данный момент самый обширный раздел водорослей. При нарушении естественного баланса колония начинает бесконтрольно расти, образуя зеленый налет в аквариуме. Понижение температуры ниже 22 °С растения прекращают свой рост, замедляются жизненные процессы, однако, при температуре воды выше 27 °С колония начинает активнее размножаться. Следовательно, температура воды в аквариумах должна быть в пределах от 22 до 27 °С (оптимально 24-26 °С). Кроме того, на численность водорослей оказывают влияние концентрации фосфатов и нитратов, вследствие чего важно поддерживать содержание фосфатов не более 0,5 мг/л и нитратов в пределах до 20 мг/л.

#### 2.1.7. Модель реки Амазонки

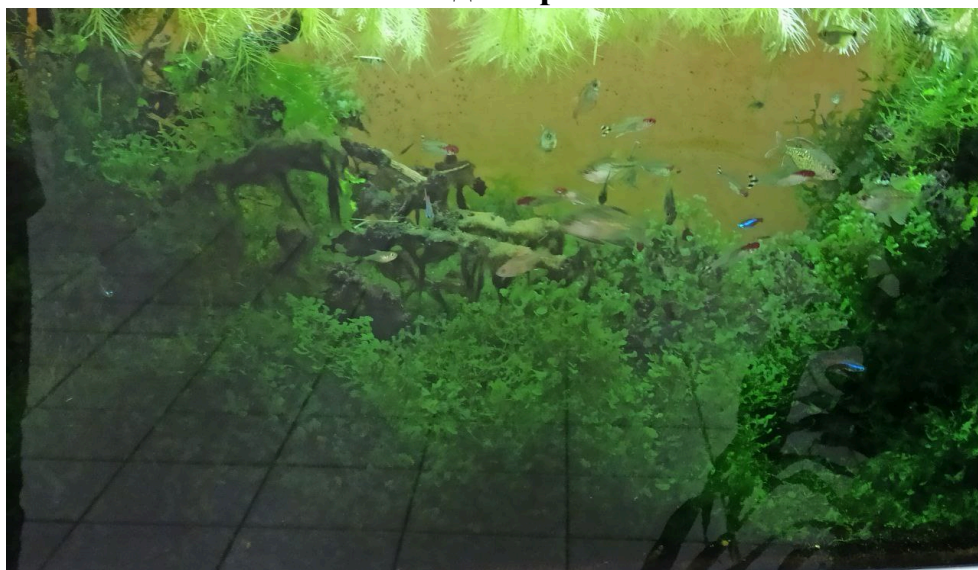


Рис. 9. Декоративный аквариум — модель реки Амазонки

***Moenkhausia pittieri*** (тетра бриллиантовая) — обитает в медленно текущих притоках и заросших частях озер. Тетры стайные рыбы, поэтому к содержанию рекомендуют колонию от 10 особей. Необходимы фильтрация, аэрация, а также еженедельная подмена четверти воды. Рыбы хорошо приспосабливаются к различным условиям, но оптимальными гидрохимическими показателями аквариумной воды являются: температура воды 24-28 °С; pH 5,5-7; жесткость 1,8-4,3 °Ж.

***Paracheirodon innesi*** (голубой неон) — небольшая стайная рыба, чувствительная к массивным подменам воды. К составу воды, как правило, животные неприхотливы, но следует избегать резких изменений температуры. Оптимальная температура воды 21-28 °С. Рыбы предпочитают слегка кислую, не жесткую воду: pH=4-7,5; жесткость воды до 4,3 °Ж.

***Hyphessobrycon sweglesii*** (красный фантом) — небольшие стайные рыбки, неприхотливые к условиям, однако, чувствительны к повышению концентраций фосфатов и нитратов, поэтому необходимо следить за балансом.

Оптимальные гидрохимические показатели воды для содержания красного фантома: жесткость до 4,3 °Ж; pH 6-7,5; температура 22-26 °С.

*Hyphessobrycon megalopterus* (черный фантом) — Обычно обитает в стоячих и медленно текущих протоках и заводях, в том числе в прудах и небольших озерах, где образует скопления вокруг участков прибрежной растительности или затопленных корней деревьев, должна содержаться в группах численностью от 8 особей. Вид предпочитает мягкую воду, хотя может существовать и в более жесткой. Вода в аквариуме должна отвечать следующим требованиям: среда от кислой до слабощелочной (pH от 6 до 7,5); температура 22-28 °С; вода от мягкой до умеренно жесткой (жесткость до 6,4 °Ж). Однако наиболее благоприятна для жизнеобитания рыб вода с жесткостью не менее 3,6 °Ж и pH менее 7 [15].

*Hemigrammus rhodostomus* (родостомус) — рыба из семейства Харациновые. В аквариуме может использоваться в качестве индикатора состояния воды: при изменениях баланса воды, в частности изменении содержания O<sub>2</sub>, рыбы проявляют беспокойство. Оптимальная температура воды 23-25 °С, жесткость до 12 °Ж (но наиболее благоприятными являются показатели в диапазоне не более 6-7 °Ж), pH 6-7. Необходимы также фильтрация, аэрация, а также еженедельная подмена четверти воды.

*Audouinella* (вьетнамка) — водоросли, зачастую обитающие в аквариумах с большим количеством водных растений, где используются железосодержащие удобрения, так как Fe положительно влияет на рост и, следовательно, на численность вьетнамки. Оптимальным является уровень железа от 0,05 - 0,1 мг/л (при превышении данного показателя резко возрастает численность водорослей). Также на резкое увеличение численности растений, так же как и в случае с Chlorophyta, может быть вызвано избытком нитратов и фосфатов. Нормы концентраций составляют у фосфатов 0-0,25 мг/л, а у нитратов до 10 мг/л. При этом pH должно быть менее 7,5, так как превышение данного показателя также ведет к увеличению численности растений.

*Lomariopsis lineata* (ломариопсис линеата) — гаметофит, относящийся к семейству Ломариопсисовые. Ломариопсис линеата хорошо переносит совсем слабое освещение, губительное для многих других растений. Данный представитель ломариопсисовых не требователен к внешним условиям, приспосабливается к широкому диапазону освещенности, температуры и других гидрохимических показателей. Наиболее благоприятными для роста и развития ломариопсиса являются pH 4-7, температура 15-30 °С, жесткость воды до 5 °Ж.

*Pistia* (пистия) — многолетнее травянистое растение, относящееся к семейству Ароидные. Пистия является природным биофильтром: собирает грязевые частицы, потребляет тяжелые металлы, при избытке фосфатов и нитратов снижает их содержание в воде. Растение не отличается морозостойкостью, поэтому температура воды в аквариуме должна быть 24-30 °С. Остальные параметры воды не имеют сильного влияния на рост и развитие

растения, но наиболее благоприятна будет вода с кислотностью 6,5-7,5 и жесткостью, не превышающей отметку в 4,3 °Ж.

*Anubias* (анубиас) — вид тропических водных растений, обладающий высокой адаптивностью и совместимое практически со всеми видами рыб и других растений. Гидрохимические показатели, необходимые для жизнедеятельности растения: температура воды 26-28 °С; рН от 6 до 7,5; щелочность 1,15-1,39 мг\*экв/л; растворенный кислород 3,8-7,4 мг/л и жесткость воды в промежутке от 33,9 до 37,5 °Ж [31].

### 3. Полученные результаты

#### 3.1. Мониторинг содержания фосфатов и нитратов в воде аквариума с карпами кои

Сбор данных о содержании нитратов осуществлялся в период с 03.06.2023 до 17.09.2023. В первой половине июля концентрация нитратов снижается с 22 до 16 мг/л. Далее до 20.07. идет равномерное и быстрое повышение концентрации до 84 мг/л с небольшим плато со значениями 39-45 мг/л в середине июля. Вероятно, такое повышение концентрации связано с гибелью одного из гидробионтов.

Сбор данных о содержании фосфатов осуществлялся в период с 15.04.2023 до 17.09.2023. С момента начала мониторинга до 31.05 концентрация фосфатов, сильно превышающая предельно допустимую, снижается с 72 до 57 мг/л. 31.05. рыбы были переселены в другой аквариум, где концентрация фосфатов составляла 5 мг/л. После этого в первом аквариуме была произведена подмена воды, где концентрация фосфатов составляла 6 мг/л. 06.06. рыб поместили в первый аквариум, где концентрация фосфатов равномерно возрастает.

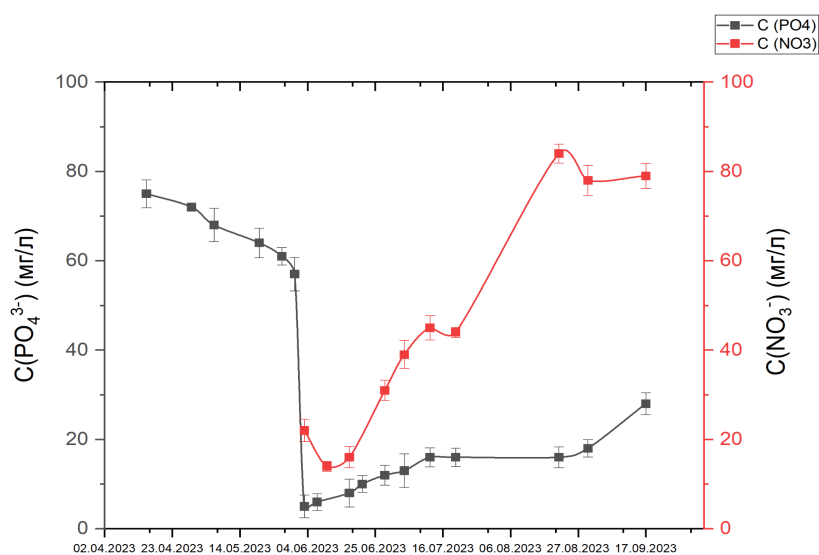


Рис.10 – Изменение концентраций фосфатов и нитратов у карпов кои

### 3.2. Мониторинг содержания фосфатов и нитратов в воде аквариума с красными попугаями

Сбор данных о содержании нитратов осуществлялся с 20.05.2023 до 17.09.2023. В период с начала измерений до 03.06. концентрация нитратов резко возрастает с 93 до 152 мг/л ввиду того, что абсорбирующая способность грунта оказалась исчерпана. После этого концентрация понижается до 141 мг/л и снова возрастает до 162 мг/л. Затем к 12.07. концентрация снизилась до 111 мг/л, что, возможно, связано с подменой воды. Далее до 21.08. концентрация снова возрастает до 127 мг/л, так как долго не производилась подмена воды, убывает до 114 мг/л к 28.08. и возрастает до 127 мг/л к 17.09.

Сбор данных о содержании фосфатов осуществлялся с 15.04.2023 до 17.09.2023. Изначальная концентрация, составлявшая 66 мг/л, сильно превышала ПДК, вследствие чего была произведена подмена воды, из-за которой концентрация фосфатов к 20.05. снизилась до 37 мг/л. Далее концентрация равномерно возрастает и 03.06. составляет 41 мг/л. Далее, после небольшого убывания, возрастание продолжается и концентрация снова составляет 41 мг/л 28.06, после чего содержание фосфатов уменьшается до 32 мг/л к 04.07, возрастает до 37 мг/л к 20.07. После этого наблюдается уменьшение концентрации до 26 мг/л к 30.08 с последующим возрастанием до 36 мг/л к 17.09.

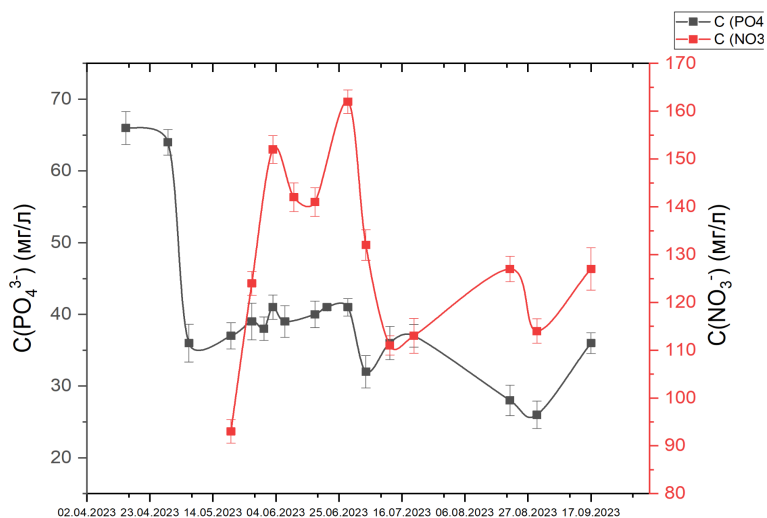


Рис.11 – Изменение концентраций фосфатов и нитратов у цихлид-попугаев

### 3.3. Содержание кислорода в различных аквариумах утром и вечером

Как можно заметить из диаграммы, содержание растворенного в воде кислорода уменьшается к вечеру, что связано с такими гидробионтами, как водоросли. Поскольку они являются растениями, они способны к фотосинтезу. Данный процесс можно разделить на две фазы: световую и темновую. В процессе световой фазы вследствие фотолиза воды кислород выделяется из растительных клеток в свободном виде, в то время как в темновой фазе он

поглощается для клеточного дыхания, т.к. без света, т.е. вечером, фотосинтез невозможен. От аквариума к аквариуму динамика концентраций примерно одинакова, что странно в отношении аквариума-модели подземных вод пещеры Куэва-Чика, где растений вовсе нет. Вероятно, такие показатели обеспечены погрешностью измерений и активностью рыб. В аквариуме-модели реки Парагвай.

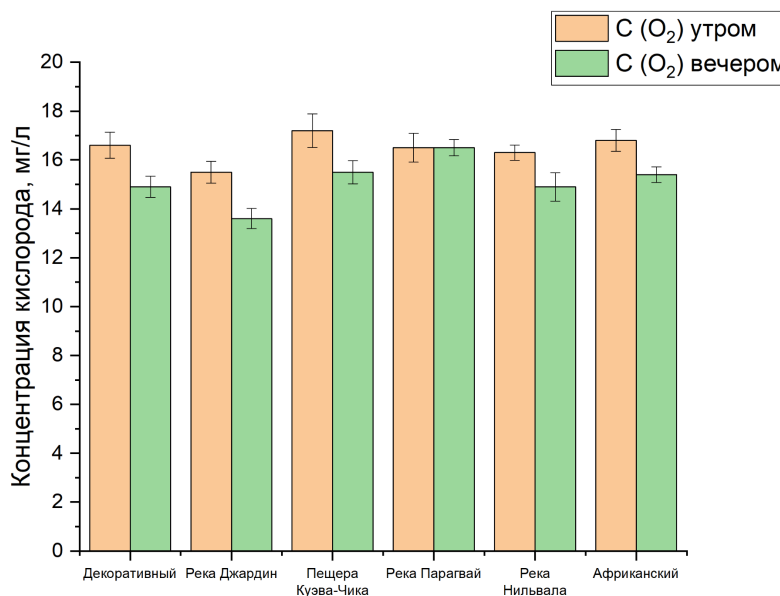


Рис.12 – Содержание кислорода утром и вечером

### 3.4. Общая щелочность вод в различных аквариумах

Наиболее высокая щелочность наблюдается в аквариуме-модели бассейна реки Джардин и в аквариуме-модели реки Конго (африканском). Это связано с высокой концентрацией гидрокарбонат-аниона. В остальных аквариумах щелочность низкая. Интервал значений щелочности 1,2-2 мг\*экв/л пригоден для большинства рыб и растений. Таким образом, превышение предельно допустимого значения щелочности достигнуто только в одном аквариуме.

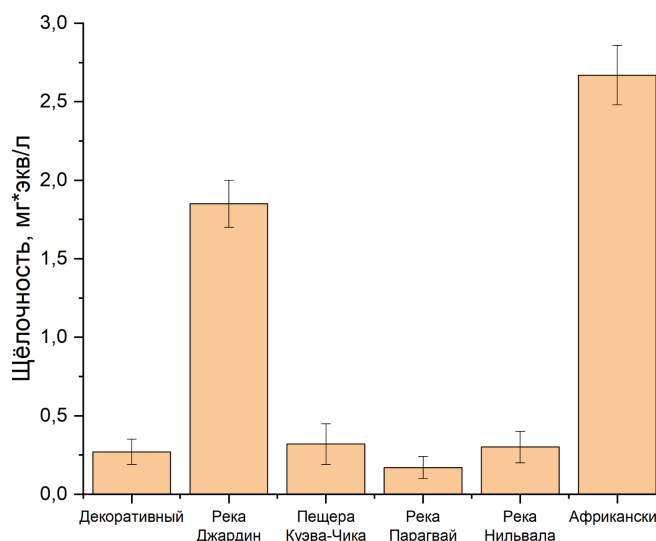


Рис.13 – Сравнение щелочности в разных аквариумах

### 3.5. Содержание гидрокарбонат-иона в различных аквариумах

Как было сказано выше, наиболее высокая концентрация гидрокарбонат-иона в аквариумах-моделях рек Джардин и Конго. Это связано с особенностями грунта и с количеством гидробионтов, в частности, процессами растворения  $\text{CO}_2$ , образующегося при гидролизе карбонатных составляющих грунта и при дыхании гидробионтов. Так как гидрокарбонаты выступают в роли одной из составляющих буферной системы, незначительное превышение/понижение оптимального показателя не отражается на состоянии растений и животных.

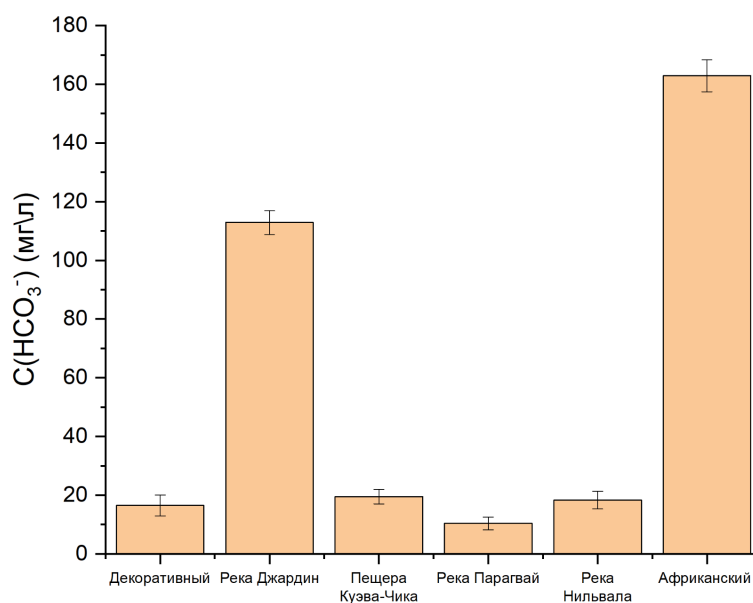


Рис.13 – Концентрация гидрокарбонат-иона

### 3.6. Общая кислотность в различных аквариумах

Наиболее высокая кислотность в аквариумах-моделях вод реки Парагвай и пещеры Куэва-Чика. Это связано с высокими концентрациями различных анионов, в т.ч. нитратов, а также с особенностями грунта и проживающих там живых организмов. В аквариуме-модели пещеры нет растений, которые могли бы поглощать выделяемый рыбами углекислый газ, который обеспечивает такой показатель кислотности вследствие реакции с водой с образованием гидрокарбонат-аниона, который может быть связан катионами, образующимися в процессе гидролиза горных пород грунта, и катиона водорода.

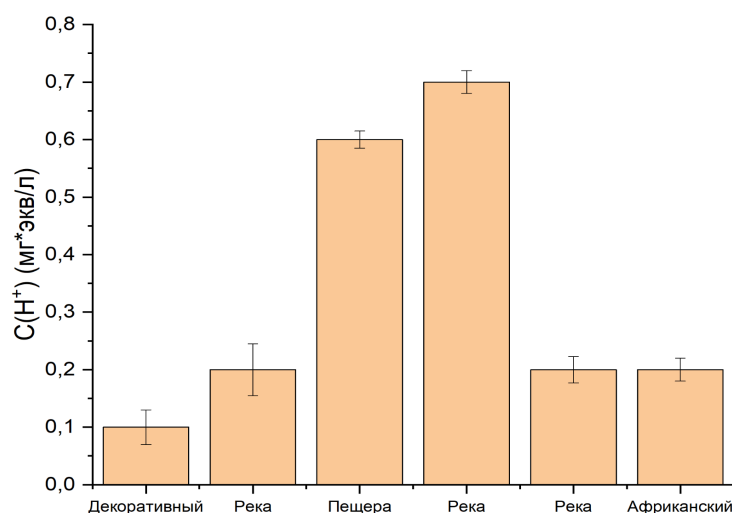


Рис.14 – Сравнение общей кислотности воды

### 3.7. Общая жесткость в различных аквариумах

Жесткость вод наиболее высока в аквариумах-моделях вод реки Парагвай и пещеры Куэва-Чика. Это, так же, как и предыдущие показатели, связано с количеством ионов щелочно-земельных металлов, продуцируемых грунтом, и диоксидом углерода, выделяемым гидробионтами.

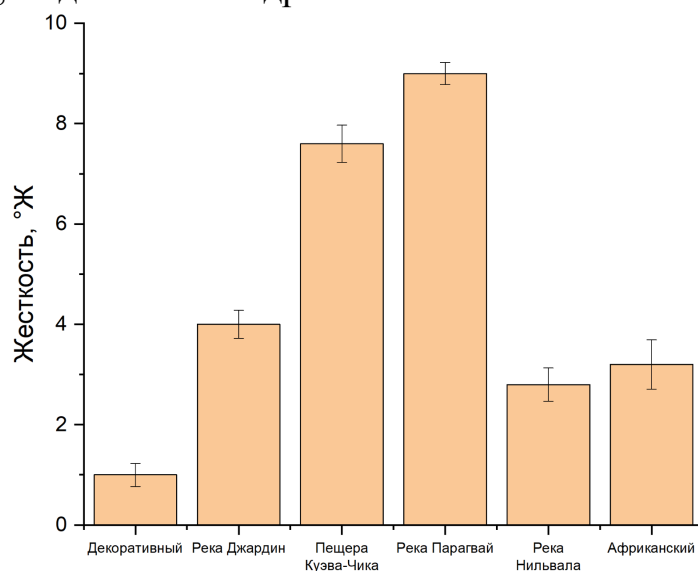


Рис.15 – Сравнение общей жесткости воды

### 3.8. Обсуждение результатов

Для оценки методов определения фосфатов и нитратов был проведен мониторинг содержания данных ионов в аквариумной воде. Полученная динамика изменения концентраций соответствовала состоянию рыб. ПДК данных ионов в модельных аквариумах были превышены, и с использованием методов аналитической химии удалось узнать более точное значение превышения показателей, чем с использованием экспресс-тестов, предел обнаружения которых лишь немного выше ПДК. Также с помощью методов аналитической химии удалось получить соответствующие значения

щелочности, жесткости, кислотности, концентраций кислорода и гидрокарбонат-иона. Показатели соответствовали состоянию аквариумов и проживавших в них организмов

## 4. Выводы

Были изучены различные методы количественного определения ионов и других гидрохимических показателей вод. Всего рассмотрено семь методов: определение фосфатов с аскорбиновой кислотой для пробоподготовки и молибдатом аммония, определение нитратов с салицилатом натрия, определение растворенного кислорода по методу Винклера, определение гидрокарбонат-иона, определение кислотности, жесткости и щелочности.

Выбранные методы были наиболее доступными по таким параметрам, как затраты средств, сложность покупки реактивов, сложность и время проведения анализов.

Адаптации методов не потребовалось, так как они дали ожидаемые результаты, причем значения показаний были довольно точны.

## 5. Заключение

В заключение можно отметить, что исследование вод аквариумов с помощью методов аналитической химии позволит обеспечить наиболее комфортные условия для содержания рыб и водорослей. Контроль состава вод является важным аспектом деятельности аквариумистов, без которого невозможно создание аквариума как качественной модели того или иного участка природы.

В процессе исследования были изучены различные методы анализа вод, и можно предположить, что общие методы определения других показателей тоже смогут дать удовлетворительные результаты. Точность рассмотренных методов обеспечивается способностью химических соединений реагировать в количественном соотношении и способностью современных приборов, таких как фотоколориметр и бюретка, определять изменения, которые человеческий глаз не в состоянии различить.

В целом, данная научная работа подтверждает преимущества использования методов аналитической химии и вносит вклад в такую популярную сферу деятельности человека, как аквариумистика.

## Список литературы

1. Peter Zeilhofer, Eliana Beatriz Nunes Rondon Lima, Gilson Alberto Rosa Lima Spatial Patterns of Water Quality in the Cuiabá River Basin, Central Brazil/<https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-005-9114-4>

2. Rodriguez, Mónica S.; Miquelarena; Amalia Maria A new species of Rineloricaria (Siluriformes: Loricariidae) from the Paraná and Uruguay River basins, Misiones, Argentina/<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/30759>
3. Корниенко А.Д., Гурнак Е.Е. Гидрохимический Состав воды в аквариумах с живой рыбой - влияние на качество и безопасность продукции/<https://elibrary.ru/item.asp?id=49417473>
4. Шахмурзов М.М. Влияние нитратов и нитритов на рыб при их выращивании в зоне интенсивного сельскохозяйственного производства/<https://elibrary.ru/item.asp?id=17773937>
5. Шилено Н.А., Соколова С.А., Анисова С.Н., Лесников Л.А., Лебедев А.Т., Семенова И.В. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение/<https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293833/4293833060.htm>
6. Петросян В.С., Шувалова Е.А., Лухтанов В.Т., Кульнев В.В. Предотвращение загрязнения природных водоёмов цианотоксинами с помощью микроводоросли *chlorella vulgaris* ИФР №С-111/<https://elibrary.ru/item.asp?id=23138370>
7. Иванов А.А. Физиология рыб — 2011
8. Харкевич Н.С. Некоторые данные о влиянии гуминовых веществ на развитие фитопланктона /<http://resources.krc.karelia.ru/library/doc/articles/nekotoryedannye.pdf>
9. Павлов М.В. Изучение этологических особенностей карпов кои в аквариумных условиях/<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23751353>
10. De Silva, K.H.G.M.; Somarathne, R.M.D. Food and feeding biology of the endemic carplets *Barbus cumingi* and *B.nigrofasciatus* (Oateichthyes, Cyprinidae) of Sri Lanka/<http://dl.nsf.gov.lk/handle/1/7764>
11. *Puntius titteya* Tropical Fish Keeping/<https://www.tropicalfishkeeping.com/threads/puntius-titteya.193761/>
12. T. V. Anna Mercy, S. Sajan and V. Malika Captive breeding and developmental biology of *Sahyadria denisonii* (Day 1865) (Cyprinidae), an endangered ish of the Western Ghats, India
13. A.M.A.N. Adikari, U. Edirisinghe1, E.D.M. Epasinghe, H.M.P. Kithsiri, V. Phalawatthaarachchi and T.A.D.W. Karunarathne Development of an Artificial Breeding and Hatchery Technique for Exotic Ornamental Fish *Sahyadria denisonii* (Day, 1865)/[https://dl.nsf.gov.lk/bitstream/handle/1/24295/PGIATAR\\_29\\_4\\_313.pdf?sequence=2](https://dl.nsf.gov.lk/bitstream/handle/1/24295/PGIATAR_29_4_313.pdf?sequence=2)
14. Atul Kumar Jain, T. V. A. Mercy, Abhinika Jain Issues on the inclusion of *Puntius denisonii* (Day), a freshwater ornamental fish of global value, as Schedule-I species under the Wild Life (Protection) Amendment Act, 2021 of India/<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2022.944680/full>

15. Black Phantom Tetra (*Hyphessobrycon megalopterus*)/<https://www.tropicalfishkeeping.com/threads/black-phantom-tetra-hyp-hessobrycon-megalopterus.191049/>
16. СанПиН 2.1.4.1074-01/<https://files.stroyinf.ru/Data1/9/9742/index.htm>
17. NeBIO Vol. 4, No. 2, April 2013, 29-33
18. A.K.M. Nurul Islam, Moniruzzaman Khondker, Ashrafi Begum, Nasima Akter Hydrobiological studies in two habitats at Dhaka/[https://www.researchgate.net/publication/259659360\\_Hydrobiological\\_studies\\_in\\_two\\_habitats\\_at\\_Dhaka](https://www.researchgate.net/publication/259659360_Hydrobiological_studies_in_two_habitats_at_Dhaka)
19. Кособокова С.Р., Барабанщикова Н.С. ОСОБЕННОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ САЛЬВИНИИ ПЛАВАЮЩЕЙ *SALVINIA NATANS* (L.) ALL/<https://elibrary.ru/item.asp?id=23640928>
20. Ефремов, А. Н., Свириденко, Б. Ф., Свириденко, Т. В., Мурашко, Ю. А. Сальвиния плавающая *Salvinia natans* (L.) All. в Омской области/<https://elar.urfu.ru/handle/10995/96424>
21. Naomi Rea, Peter Dostine, Samantha Cook, Ian Webster, David Williams Environmental Water Requirements of *Vallisneria nana* in the Daly River Northern Territory/<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=e2a94e8fbff2941bfaa79424fa6c67ba8fec160e>
22. Andrea Bertora, Maria S. Fontanarrosa, Fabian Grosman, Pablo Sanzano, Juan J. Rosso Trophic ecology of the Neotropical tolerant fish *Corydoras paleatus* under the influence of contrasting environmental conditions in a prairie stream/<https://www.scielo.br/j/aabc/a/dLpck7LPbNfsyfHFkCdy8PM/?lang=en>
23. Туйчиева М. Показатели качества воды/<https://cyberleninka.ru/article/n/pokazateli-kachestva-vody>
24. Горобец С.Н. Методы определения общей жесткости воды. Сравнительный анализ/<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49435978>
25. Шевченко А.С., Булгаков Д.В., Рогова Е.В., Никитина Е.И. ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ НА ОСНОВЕ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ЕЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ/<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45767548>
26. Сборник материалов VII межвузовской студенческой научно-практической интернет-конференции с международным участием Шаланда И.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРΟΣЛЕЙ-ИНДИКАТОРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ НЕМАН г. ГРОДНО/[www.grsmu.by/files/file/%D0%A1%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F\(2\).pdf#page=258](http://www.grsmu.by/files/file/%D0%A1%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F(2).pdf#page=258)
27. ГОСТ 15.572-87 Вода для рыбоводных хозяйств. Общие требования и нормы./<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiatZz18J6CAxWGExAIHUkoBVMQFnoEAgQAQ&url=https%3A%2F%2Ffiles.stroyinf.ru%2FData2%2F1%2F4293735%2F4293735887.pdf&usg=AOvVaw17xEvSQLMRz9fjH7aUMNLP&opi=89978449>

28. Бобизода Г.М., Саидов Т. ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ В ГИДРОСФЕРЕ/<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44123582>
29. Савицкий М.А., Бежин Н.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСТВОРЕННОГО НЕОРГАНИЧЕСКОГО ФОСФОРА В МОРСКОЙ ВОДЕ/<https://uios.fedcdo.ru/wp-content/uploads/2022/01/Savickij-M.A.-JuIOS-FE-2022-1.pdf>
30. Шишкин Е.А. БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ ЦИКЛ ПРЕВРАЩЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ФОСФОРА/[envjournal.ru/ecolab/sbor/0933.pdf#page=142](http://envjournal.ru/ecolab/sbor/0933.pdf#page=142)
31. Ghughuskar M.M. STANDARDIZATION OF FEEDING FREQUENCY AND FEEDING RATION OF GOLD FISH (*Carassius auratus*) USING COMMERCIAL SHRIMP FEED/[https://www.researchgate.net/profile/M-Ghughuskar/publication/353972890\\_STANDARDIZATION\\_OF\\_FEEDING\\_FREQUENCY\\_AND\\_FEEDING\\_RATION\\_OF\\_GOLD\\_FISH\\_Carassius\\_auratus\\_USING\\_COMMERCIAL\\_SHRIMP\\_FEED/links/611ce7480c2bfa282a5146e7/STANDARDIZATION-OF-FEEDING-FREQUENCY-AND-FEEDING-RATION-OF-GOLD-FISH-Carassius-auratus-USING-COMMERCIAL-SHRIMP-FEED.pdf#page=128](https://www.researchgate.net/profile/M-Ghughuskar/publication/353972890_STANDARDIZATION_OF_FEEDING_FREQUENCY_AND_FEEDING_RATION_OF_GOLD_FISH_Carassius_auratus_USING_COMMERCIAL_SHRIMP_FEED/links/611ce7480c2bfa282a5146e7/STANDARDIZATION-OF-FEEDING-FREQUENCY-AND-FEEDING-RATION-OF-GOLD-FISH-Carassius-auratus-USING-COMMERCIAL-SHRIMP-FEED.pdf#page=128)
32. Макеева Е.Г. Распространение зеленых водорослей в некоторых соленых озерах Республики Хакасия/<http://algology.ru/1738>
33. Новиков Ю.В. Методы исследования качества воды водоемов

# Приложение 1 - Методики анализа

Метод определения фосфатов по ГОСТ 18309-2014 заключается в способности фосфат-ионов в кислой среде образовывать фосфорно-молибденовое координационное соединение с молибдатом аммония, окрашивающего раствор в синий цвет. Далее на фотометре измеряется оптическая плотность растворов, по которой рассчитывается концентрация содержащихся в воде фосфатов.

Метод определения нитратов по ГОСТ 18826-73 основан на их способности образовывать соли нитросалициловой кислоты желтого цвета при реакции с салициловокислым натрием в кислой среде. Концентрацию нитратов определяют по калибровочному графику.

Закон Бугера-Ламберта-Бера позволяет с помощью определения оптической плотности окрашенных растворов на фотоколориметре рассчитать концентрации фосфатов и нитратов.

Определение растворенного в воде кислорода по методу Винклера (ПНД Ф 14.1:2.101-97) заключается в способности кислорода в щелочной среде количественно окислять  $Mn^{2+}$  до  $MnO(OH)_2$ . Далее в кислой среде оксигидроксид марганца способен восстанавливаться йодидами до  $Mn^{2+}$  с выделением свободного йода, который может быть оттитрован тиосульфатом натрия.

Жесткость воды, обусловленная ионами кальция и магния, определяется комплексонометрическим титрованием по ГОСТ 31954-2012. В щелочной среде (рН=10)  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  с эриохромом черным Т образуют комплексное соединение красно-фиолетового цвета. Последующее титрование этилендиаминтетраацетатом динатрия обеспечивает хелатирование катионов, а индикатор, в свою очередь, становится синим.

Щелочность воды, обусловленная наличием катионов, находящихся в равновесии с гидроксид-ионами и анионами слабых кислот, определяется сильной кислотой, которую раствор может нейтрализовать. Расход сильной кислоты на титрование эквивалентен общему содержанию вышеназванных анионов в воде — общей щелочности. Свободная и общая щелочность находятся в стехиометрической зависимости. Количество кислоты, необходимое для достижения рН=8,3 эквивалентно свободной щелочности, для достижения рН=4,5 — общей.

Концентрация гидрокарбонатов эквивалентна величине гидрокарбонатной жесткости и рассчитывается, исходя из значения щелочности воды: умножая общую щелочность на 61,02, получаем значение содержания гидрокарбонатов (мг/л).