

## **Эффективность самодельного биофильтра для очистки воды в акватеррариумах**

*Выполнила:*

**Черненко Анастасия,**

ученица 10 класса

МБОУ Школа № 166 г.о. Самара и

ГБОУ ДОД СОДЭБЦ г.о. Самара

*Научные руководители:*

**Осипова И.А.**

зав. областной детской микробиологической лабораторией, педагог дополнительного образования

ГБОУ ДОД СОДЭБЦ

г.о. Самара

**Черненко Т.Г.**

зав. отделом, педагог дополнительного образования

ГБОУ ДОД СОДЭБЦ г.о. Самара

*Научный консультант:*

**Соловьёв Д.Л.**

Заместитель директора, педагог дополнительного образования

ГБОУ ДОД СОДЭБЦ г.о. Самара

## Аннотация

**Актуальность исследования.** Использование биофильтров для очистки воды в замкнутых аквасистемах очень актуально, так как благодаря им восстанавливается баланс биоценоза и улучшается качество воды при помощи микроорганизмов, поселяющихся на поверхности фильтрующих наполнителей. **Цель исследования.** Очистка воды в акватеррариумах при помощи самодельного биофильтра. **Методы и материалы:** Конструирование биофильтра осуществляли согласно научным рекомендациям и согласно проведенным экспериментам. *Физико-химические свойства воды* – согласно классическим методикам. *Цветность и прозрачность* (по шрифту по Снеллену), *pH*–pH-метром Checker HI 98103. *Концентрации ионов и анионов*– методом титрования и на спектрофотометре ПЭ 5300 ВИ. *Микробиологическое загрязнение воды* –методом предельных загрязнений на МПА и среде Чапека. *Микробиоценоза биопленок поверхности фильтрующих наполнителей* биофильтра – по методу Виноградского на гелевых пластинах. Идентификацию микроорганизмов производили под микроскопом Биомед-4Т с иммерсионным объективом (10x100x), при помощи видеокамеры DCM-510 и программы ScorePhoto. *Титра и индекс кишечной палочки* в воде –двухфазным бродильным методом на питательной среде Эйкмана. *Эффективность очистки воды*, ее экономии в результате внедрения биофильтра – при помощи математических расчетов.

### ВЫВОДЫ:

1. Биофильтр пороговой конструкции замкнутого типа по очистке воды в террариумах разработан и внедрен в действие.
2. Результаты органолептических и гидрохимических свойств воды показали значительное улучшение качества воды, приближенное к норме, по истечению 7 месяцев эксперимента.
3. Через 7 месяцев непрерывной работы биофильтра количество микроорганизмов в воде сократилось более, чем в 3,6 раза. Видовой состав микроорганизмов также уменьшился. Коли-индекс воды до начала использования биофильтра за 7 месяцев работы увеличился в 22 раза, а коли-титр уменьшился в 25 раз.
4. На поверхности биопленки фильтрующих элементов обнаружены нитрифицирующие и нитробактерии, что свидетельствует о продуктивной работе биофильтра.
5. С внедрением в работу биофильтра по очистке воды в акватеррариумах экономия воды в учреждении составила за 1 месяц 28 821 л водопроводной воды, а за 9 месяцев - 259 389 л.

*Практическая значимость проекта* в том, что внедрение в действие биофильтра, состоящего из доступных фильтрующих наполнителей, позволяет получить большую экономию расхода воды в действующих акватеррариумах, при этом улучшить качество воды и надолго сохранить улучшенные характеристики.

## Содержание:

№ п/п	Наименование главы/раздела	Номер страницы
	Аннотация	2
	Содержание	3
	Введение	3
1.	Биофильтрация и биофильтры	5
2.	Материалы и методы эксперимента	6
2.1.	Разработка и конструкция биофильтра	6
2.2.	Методы определения показателей воды	6
2.3.	Определение микробиологического загрязнения воды	7
2.4.	Определение микробиоценоза биопленок	7
2.5.	Экономический расчет расхода воды в результате внедрения био- фильтра в систему очистки воды	8
3.	Результаты и обсуждения	8
3.1.	Разработка биофильтра пороговой конструкции замкнутого типа	8
3.2.	Качественные показатели воды	9
3.3.	Микробиологическая оценка воды	11
3.4.	Оценка микробиоценоза биопленок фильтрующих наполнителей	12
3.5.	Экономический расчет расхода воды в результате внедрения био- фильтра в систему очистки воды	12
	Выводы	13
	Список использованной литературы	14
	Приложение	15

## ВВЕДЕНИЕ

*Актуальность исследования.* В водных объектах естественного происхождения осуществляется очистка воды, обусловленная биогеоценозом. В замкнутых аквасистемах вода может очищаться при помощи различных фильтров. Использование биофильтров для очистки воды в этих условиях очень актуально, так как они восстанавливают баланс биоценоза и улучшают качество воды при помощи специальных живых микроорганизмов, поселяющихся на поверхности фильтрующих наполнителей.

*Цель исследования.* Очистка воды в акватеррариумах для пресмыкающихся и для земноводных при помощи самодельного биофильтра.

*Задачи исследования.*

1. Разработать, сконструировать, собрать и внедрить в действие биофильтр для очистки воды в акватеррариумах для рептилий и для земноводных.
2. Произвести оценку гидрохимических свойств воды в акватеррариумах для рептилий и для аксолотля в сравнении до внедрения биофильтра и в ходе его работы.
3. Произвести микробиологический анализ воды в акватеррариумах в сравнении с периодом до начала внедрения самодельного биофильтра и в ходе его работы.
4. Провести оценку микробиоценоза биопленок поверхности фильтрующих наполнителей биофильтра до начала его первичного использования и в ходе его работы.
5. Произвести расчет экономии воды в результате внедрения самодельного биофильтра для очистки воды в акватеррариумах для рептилий и для аксолотля.

*Объекты исследования.* Вода из акватеррариумов для рептилий и для аксолотля и микробиоценоз биопленок с поверхности фильтрующих наполнителей.

*Предмет исследования.* Очистка воды при помощи самодельного биофильтра.

*Гипотеза исследования.* При помощи биофильтра с разными фильтрующими наполнителями можно улучшить качество воды в акватеррариуме, при этом, значительно сэкономив расход используемой проточной воды из городского водопровода.

*Методы исследования.* *Теоретический* (анализ информационных источников, сравнение результатов). *Эмпирический* (мониторинг, лабораторные наблюдения). *Экспериментальный* (постановка опыта). *Математический* (расчет, стат. обработка, анализ).

*Время и место проведения исследования.* Работа проводилась с апреля 2018 по январь 2019 года в Областной детской микробиологической лаборатории Самарского областного детского эколого-биологического центра. Акватеррариум размером (ДШГ, м) 0,7х0,33х0,4, объемом 90 л для красноухих черепах *Trachnys scripta elegans* и акватеррариум размером (ДШГ, м) 0,60х0,24х0,35 объемом 50 л для аксолотля *Axolotl*, находящиеся в этом же учреждении.

*Практическая значимость* применения биофильтра, состоящего из доступных фильтрующих наполнителей, позволяет получить большую экономию расхода воды в действующих акватеррариумах, при этом улучшить качество воды и надолго сохранить улучшенные характеристики. При этом разработанный биофильтр, имея сложную конструкцию, не требует частой замены фильтрующих элементов в ходе своей работы, а учитывая открытый доступ к фильтрующим наполнителям, не представляет сложности полной или частичной их замены в случае возникшей необходимости.

*Научная новизна.* В изученной нами литературе [3,4,7,17] для очистки воды использовались биофильтры с разным составом фильтрующих наполнителей, различной

конструкции. В нашей работе, помимо четко отработанной и продуманной системы заполнения биофильтра различными фильтрующими наполнителями, имеет место сложная конструкция самого фильтра, обеспечивающая ток и распределение воды по всей поверхности фильтрующих элементов, фильтрацию от механических и химических примесей, а также создание биогеоценоза в закрытой аквасистеме, благодаря полезным микроорганизмам, активно развивающимся на поверхности фильтрующего материала.

## **1. БИОФИЛЬТРАЦИЯ И БИОФИЛЬТРЫ**

В закрытых аквариумах и террариумах, где обитают декоративные рыбки, рептилии и земноводные всегда находятся органические отходы их жизнедеятельности. Разложение отходов, остатков корма, действия болезнетворных бактерий способствует выделению аммиака, который, растворяясь в воде, оказывает вредное воздействие на подводных обитателей [18]. Учитывая, что аммиак и некоторые его соединения являются ядовитыми, необходимо уменьшать концентрацию их в воде [8]. С этой целью можно регулярно заменять часть воды на свежую, снижая, тем самым, концентрацию аммонийных соединений. При этом происходит регулярное нарушение сформировавшегося баланса водной экосистемы в закрытых аквасистемах и постоянный лишний расход воды, а для водных обитателей такие действия вызывают большой стресс [5,14]. Чтобы повысить качество воды в закрытых водоемах, не нарушая комфортную жизнь гидробионтов, требуется подключить микроорганизмы и их способность перерабатывать аммиак и аммонийные соединения в более безопасные нитриты и нитраты, которые не являются для водных обитателей токсичными [5]. Микроорганизмы, конечно, присутствуют на стенках акватеррариумов, на гравии и на аквариумном оборудовании, но их небольшое количество не способно справиться с высокой концентрацией продуктов обмена [4]. Таким образом, необходимо создать условия для заселения и размножения больших колоний полезных микроорганизмов, которые справились бы с задачей по нейтрализации азотистых соединений в водных системах. Создание биофильтра с его фильтрующими элементами, на поверхности и в пористой структуре которых поселяются микроорганизмы, поможет справиться с этой задачей. При постоянной циркуляции воды через фильтрующие слои биофильтра создаются благоприятные условия для заселения на их поверхностях колоний полезных микроорганизмов, которые, в свою очередь, и будут справляться с задачей по снижению концентрации аммиака и аммонийных соединений в воде. При круговороте воды через субстрат с бактериями, заселившими фильтрующие наполнители, качество воды будет улучшаться. После чего эти бактерии начинают бороться с аммонийными соединениями, осуществляя процесс нитрификации, тем самым, устанавливая идеальное биологическое равновесие [7].

## 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

### 2.1. Разработка и конструирование биофильтра

Конструирование самодельного биофильтра для очистки воды в акватеррариуме осуществляли согласно рекомендациям [3,7,20] и при помощи личного проведения ряда экспериментов и испытаний, оценивая производительность работы устройства, степень очистки воды, а также анализируя результаты микробиоценоза биопленок поверхности фильтрующих наполнителей биофильтра на наличие нитрифицирующих бактерий. И пришли к выводу, что биофильтр эффективнее сделать пороговой конструкции замкнутого типа. Материалы для конструирования биофильтра (Приложение): - *резервуар*, выполненный из поливинилхлорида (ПВХ), прямоугольной формы размерами (ДШГ) 300 x 200 x 100 мм; - *перегородки* из жесткого ПВХ размерами (ДШТ) 296 x 196 x 2 мм в количестве 9 единиц (Приложение. Основной вид); - *трубка* диаметром 10 мм (толщина стенок 1 мм) и длиной 95 см из гибкого ПВХ; - *трубка* диаметром 12 мм (толщина стенок 1 мм) из жесткого ПВХ длиной 28 см, по длине которой просверлены отверстия округлой формы диаметром 3 мм (Приложение. Вид детали 3); - *заглушка* из полиуретана диаметром 12 мм для предотвращения выливания воды из него (Приложение. Вид детали 3. Деталь 5); - *помпа аквариумная Laguna 150P* (размеры 4x4,5x4,5 см, мощность 3,1 Вт, производительность 250 л/ч, объем воды в бассейне 50 л) и *помпа аквариумная Laguna 350P* (размеры 4x4,5x4,5 см, мощность 3,6 Вт, производительность 350 л/ч, объем воды в бассейне 90 л); - *фильтрующие наполнители*: а – *гравий* природный речной, крупный, размеры фракций от 10 до 20 мм, общая пористость 44,7 %, масса 585 г; б – *керамические кольца*, сверхпористые, площадь 255 мм<sup>2</sup>, масса 245 г; в – *керамические кольца*, пористые, площадь от 91 мм<sup>2</sup> до 165 мм<sup>2</sup>, масса 250 г; г – *поролон* (пенополиуретан), крупнопористый (мелко порезанные фрагменты) масса 6,31 г; д – *гравий* природный речной, средний, размеры фракций от 5 до 10 мм, общая пористость 44,7 %, масса 630 г; е – *синтепон* листовой JBL Symec VL Filtervlies 80x25x3 см, масса 12,32 г; ж – *цеолит* природный, размер фракции 3-5 мм, масса 155 г; з – *поролон* мелкопористый (мелко порезанные фрагменты), масса 7,72 г; и – *песок кварцевый*, речной, среднезернистый, размер фракций – 0,8-1,6 мм, насыпная плотность 1300-1500 г/см<sup>3</sup>, масса 530 г; л – *синтепон* листовой JBL Symec VL Filtervlies 80x25x3 см, масса 12,32 г (Приложение. Вид 2) ; - *крышка* из твердого ПВХ (ДШГ,мм) 300x200x10 для предотвращения высыпания наполнителя (Рис.1).

### 2.2. Методы определения показателей воды

Пробы отбирали с 24 апреля 2018 года по 18 января 2019 года за исключением августа 2018 года с периодичностью в 2 недели на следующий день после кормления

рептилий и аксолотля, исследование проводили в трехкратной повторности. Определение органолептических свойств и гидрохимического состава воды производили согласно классическим методикам. *Цветность и прозрачность (по шрифту по Снеллену)*: определяли визуальным методом. *pH*: определяли при помощи pH – метра Checker HI 98103. *Растворенный в воде кислород* – методом титрования тиосульфатом натрия. *Хлорид-ионы* – методом титрования раствором нитрата серебра. *Общая жесткость, ионы кальция и магния, карбонат- и гидрокарбонат-ионы* – методом титрования раствором Трилона Б. *Ионы аммония, сульфат-, нитрит-, нитрат-, фосфат-ионы, катионы железа общего*: при помощи химических реактивов на спектрофотометре ПЭ 5300 ВИ с применением градуировочных графиков. [1,6,9,11,12,15,16,22].

### **2.3. Определение микробиологического загрязнения воды**

Пробы отбирали в стерильные контейнеры с 24 апреля 2018 года по 18 января 2019 года за исключением августа 2018 года с периодичностью в 2 недели, исследование проводили в трехкратной повторности. В работе использовали термостат сушевоздушный Incubator UT-2160, электронные прецизионные весы Acculab Vicon VIC-610 dr, бинокулярный микроскоп Биомед-4Т. Определение микробиологического загрязнения воды производили методом предельных загрязнений на питательных средах МПА и Чапека (температура в камере термостата 27,5 °С, 4 суток). Идентификацию микроорганизмов производили при помощи окрашивания по Граму и рассматривания под иммерсионным объективом микроскопа Биомед-4Т (10x100x), при помощи видеоокуляра и видеокамеры DCM-510 выводили на экран телевизора и, благодаря компьютерной программе ScopePhoto, фиксировали изображение. Определение титра и индекса кишечной палочки в воде производили двухфазным бродильным методом, используя метод предельных разведений на питательной среде Эйкмана (температура в камере 43 °С, в течение 7 часов), затем делали пересев на розаловый дифференциальный агар, добавляли бромтимоловый синий, 5% раствор розаловой кислоты, стерилизовали (температура в камере термостата 37 °С в течение 24 часов) [1,2,10,21].

### **2.4. Определение микробиоценоза биопленок**

Определение микробиоценоза биопленок поверхности фильтрующих наполнителей самодельного биофильтра для выявления бактерий нитрификации определяли по методу Виноградского на гелевых пластинах (пластины кремнекислого геля на чашках Петри и минеральную основу среды Виноградского) с применением Incubator UT-2160 (температура в камере 29-30 °С, 14 суток) [21]. Для определения продуктов жизнедеятельности бактерий проводили пробу на аммиак с реактивом Несслера и пробу на нитрит-ион с реактивом Грисса. Выявление бактерий нитрификации производили по Теп-

пер [21]. Полученный таким образом микропрепарат рассматривали по методу п.2.3.

### **2.5. Экономический расчет расхода воды**

Оценку эффективности очистки воды, ее экономии в результате внедрения биофильтра для очистки воды в акватеррариумах производили при помощи математических расчетов. При этом учитывали производительность работы самодельного устройства, оценку качества воды (с точки зрения гидрохимии и микробиологии) в ходе работы биофильтра, объем сэкономленной воды за 1 месяц и за 9 месяцев.

## **3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА**

### **3.1. Разработка биофильтра пороговой конструкции замкнутого типа**

Биофильтр пороговой системы замкнутого типа представляет собой резервуар, выполненный из ПВХ, прямоугольной формы размерами (ДШГ, мм) 300x200x100 (Приложение). Внутри к боковым стенкам резервуара и перпендикулярно к ним приклеены продольные перегородки из ПВХ размерами (ДШТ, мм) 296x196x2, расположенные параллельно относительно друг друга в количестве 9 единиц на расстоянии 30 мм от стенок резервуара и 20 мм друг от друга, разделяя резервуар на 10 секций (Приложение. Основной вид). Перегородки приклеены таким образом, что нижние стороны 1,3,5,7,9 – ой перегородок плотно прилегают к задней стенке устройства, но верхние их стороны на 10 мм не доходят до верха конструкции, а нижние стороны 2,4,6,8-ой перегородок на 10 мм не достают дна резервуара, образуя щель между дном, но верхние их стороны доходят до верха устройства, что создает пороговую систему (Приложение. Вид сбоку). Потоки воды направляются вглубь фильтрующего материала первой секции (гравий крупный), проходят сквозь щель под 1 перегородкой, разделяющей первую и вторую секции, затем пропитывая фильтрующий материал второй секции (керамические кольца) от дна фильтра, переходят через порог 2 перегородки, разделяющей вторую и третью секции, затем направляются вглубь третьей секции через фильтрующий материал (керамические кольца) к дну фильтра, через щель под 3 перегородкой проходят к четвертой секции и таким образом до десятой секции, после чего профильтрованная вода выводится через отверстия округлой формы, расположенные на нижней стенке фильтра в бассейн (Рис.1). На боковой стенке с правой стороны конструкции ближе к верхнему левому краю имеется отверстие округлой формы диаметр 10 мм для осуществления подачи воды из террариума (Приложение. Вид сбоку и Вид 1). Через это отверстие проходит трубка диаметром 10 мм и длиной 95 см из гибкого ПВХ, один конец которой соединен с помпой, при помощи которой вода нагнетается в биофильтр из террариума (Рис.1), а другой конец соединен с трубкой диаметром 12 мм из жесткого ПВХ длиной 280 мм, в которой имеются отверстия округлой формы диаметром 3 мм



для ламинирования потока воды и равномерного ее распределения по всей поверхности фильтрующего наполнителя (Приложение. Вид детали 3). Второй конец этой трубки имеет заглушку из полиуретана для предотвращения выливания из нее воды (Приложение. Вид детали 3). Секции наполнены фильтрующими наполнителями (Приложение. Вид 2). По отношению к горизонтальной поверхности биофильтр располагается под углом 80° и на высоте 25 см над поверхностью воды в террариуме. Помпа располагается в толще воды акватеррариума на глубине 20 см, прикреплена присосками к его стенкам.



Рис.1  
Внешний вид биофильтра в рабочем состоянии в бассейне для рептилий *Trachrynus scripta elegans* (слева) и террариуме для аксолотля *Axolotl* (справа)  
(Фото автора)

### 3.2. Качественные показатели воды

Результаты физико-химических исследований проб воды в террариуме для *Trachrynus scripta elegans* (т.к. значения более показательны по сравнению с результатами воды в террариуме для *Axolotl*) до начала эксперимента и в ходе работы биофильтра для очистки воды, представлены в таблице 1.

Таблица 1

#### Результаты физико-химических исследований проб воды в акватеррариуме для рептилий *Trachrynus scripta elegans*

№ п/п	Наименование определяемых показателей	Единицы измерения	ПДК Сан-ПиН 2.1.4.1 116-2	Результаты физико-химического анализа							Нормативные документы на методы
				14.05. 2018	11.06. 2018	12.07. 2018	14.09. 2018	16.10. 2018	13.11. 2018	18.12. 2018	
1	Запах при 20° С	балл	0/1	5	4	3	2	1	1	0	ГОСТ 3351-74
2	Цветность	град. Pt-Co шкалы	20	90	75	50	30	25	20	20	ГОСТ Р 52769-2007
3	Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	< 3÷4	>30	10÷30	30÷90	5÷6	5÷6	< 3÷4	< 3÷4	РД 52.24.468-2005
4	Прозрачность	см	> 30	8 Очень мутная	15 Мутная	23 Средне мутная	27 Слабо мутная	25 Слабо мутная	30 Прозрачная	30 Прозрачная	РД 52.24.468-2005

5	Жесткость общ.	мг-экв/л	7,0	12,5	9,0	8,5	8,0	7,0	7,0	7,0	ГОСТ Р 52407-2005
6	Водородный показатель	ед. рН	6,5-8,5	8,31	8,5	7,61	7,33	8,25	7,38	6,73	ПНДФ 14.1:2:3:4.12-1-2004
7	Железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	0,3	2,55	1,65	1,33	1,15	0,97	0,45	0,3	МВИ № 14-09 от 14.04.2009
8	Медь	мг/дм <sup>3</sup>	до 1,0	0,9	0,8	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	ПНДФ 14.1:2:4.50
9	Кальций	мг/дм <sup>3</sup>	130	240	230	190	120	120	110	115	ПНДФ 14.1:2:95-97
10	Магний	мг/дм <sup>3</sup>	65	120	115	95	60	60	55	57	ПНДФ 14.1:2:4.50
11	Сульфат-ионы	мг/дм <sup>3</sup>	250	110	150	140	130	160	155	170	ПНДФ 14.1:2:4.132-2008
12	Хлорид-ионы	мг/дм <sup>3</sup>	250	80	110	140	115	110	120	115	ПНДФ 14.1:2:4.132-2008
13	Нитрат-ионы	мг/дм <sup>3</sup>	45	30	32	38	43	45	48	45	ПНДФ 14.1:2:4.132-2008
14	Нитрит-ионы	мг/дм <sup>3</sup>	1,0	0,7	0,9	1,2	1,3	1,4	1,5	1,3	ПНДФ 14.1:2:4.132-2008
15	Аммоний	мг/дм <sup>3</sup>	0,39	4,50	2,34	1,15	0,78	0,46	0,30	0,23	МВИ № 101 -08 от 24.11.2008
16	Карбонат-ионы	мг/дм <sup>3</sup>	Не норм	56,0	6,8	9,8	12,4	7,5	8,3	7,5	ГОСТ Р 52963-2008
17	Гидрокарбонат-ионы	мг/дм <sup>3</sup>	30-400	167	110	225	183	305	330	370	ГОСТ Р 52963-2008
18	Фосфат-ионы	мг/дм <sup>3</sup>	3,5	5	4,5	3	2,3	2,2	1,8	1,6	ПНДФ 14.1:2:4.132-2008
19	Растворенный кислород	мг/дм <sup>3</sup>	15	5,1	4,8	5,2	5,4	6,7	8,6	11,2	РД 52.24.419-2005

Результаты органолептических и гидрохимических исследований проб воды в аквариуме для *Trachnys scripta elegans* показывают, что до внедрения в работу биофильтра большинство показателей имели значительные отклонения от нормы ПДК. По органолептическим показателям: вода имела ярко выраженный сильный гнилостный запах, показатели цветности превышали норму на 70 °Ц по Pt-Co шкале, вода оценивалась, как очень мутная, в 10 раз превышая количество взвешенных веществ, очень жесткая, превышая нормальные значения на 5,5 °Ж. По гидрохимическим показателям содержание ионов железа общего превышало в 8,5 раз норму ПДК, ионов кальция и магния – превышало в 2 раза, ионов аммония превышало в 11,5 раз, фосфат-ионов – превышало в 1,4 раза, а количество растворенного в воде кислорода – меньше норм ПДК в 3 раза. Через 6 месяцев работы биофильтра пробы

воды показали значительные улучшения по качеству воды. По органолептическим показателям: вода приобрела стойкое отсутствие запаха, показатели цветности, прозрачности, жесткости, содержание взвешенных веществ, приблизились к нормальным значениям норм ПДК. Сократилось содержание ионов железа, кальция и магния, нитритов, фосфатов и аммония, содержание растворенного в воде кислорода увеличилось больше, чем в 2 раза.

### 3.3. Микробиологическая оценка воды

Отбор проб из террариумов для *Trachrynus scripta elegans* и для *Axolotl* производили через 3 дня после кормления животных с апреля по декабрь 2018 года в стерильные контейнеры. Посевы на питательные среды МПА и Чапека производили в объеме 1 мл при разведении 0,001. Внешний вид микроорганизмов (краситель – фуксин и генцианвиолетт), Биомед-4Т, иммерсионный объектив (10x100x), представлен на Рис. 2

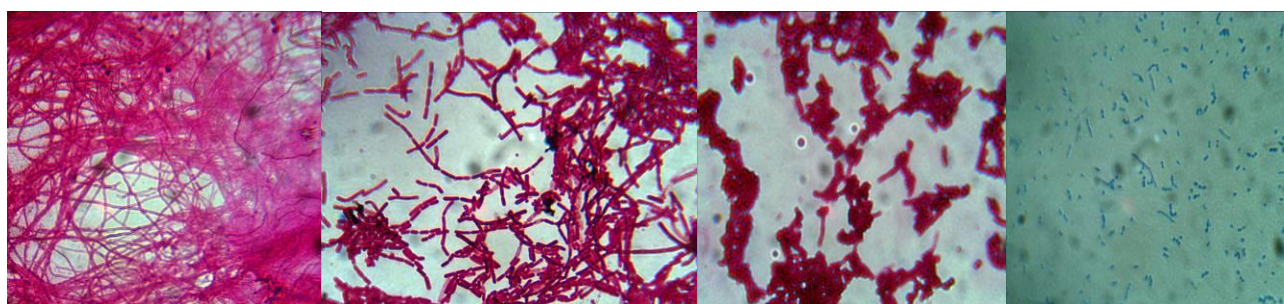


Рис. 2

*Микроорганизмы исследуемой воды под микроскопом (слева-направо: плесневые грибы, палочковидные бактерии (стрептобациллы), стафилококки, кокки) воды (Фото автора)*

Результаты исследования воды из бассейна для *Trachrynus scripta elegans* (т.к. более показательны) на содержание микроорганизмов представлены в таблице 2:

Таблица 2

#### Оценка микробиологического состава воды в бассейне для рептилий

Дата отбора проб						
14.05.2018	11.06.2018	12.07.2018	14.09.2018	16.10.2018	13.11.2018	18.12.2018
Количество микроорганизмов в 1 мл исследуемой воды						
1 420 000	1 380 000	1 110 000	980 000	760 000	530 000	390 000
Виды микроорганизмов						
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Кишечная палочка;</li> <li>- Плесневые грибы;</li> <li>- Actinomyces;</li> <li>- Кокки;</li> <li>- Стрептококки;</li> <li>- Стафилококки;</li> <li>- Палочковидные бактерии</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Кишечная палочка;</li> <li>- Плесневые грибы;</li> <li>- Кокки;</li> <li>- Стрептококки;</li> <li>- Палочковидные бактерии</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Кишечная палочка;</li> <li>- Кокки;</li> <li>- Стрептококки;</li> <li>- Палочковидные бактерии</li> </ul>	

Как видно из таблицы 2, до начала работы биофильтра количество микроорганизмов в 1 мл воды равнялось 1 420 000 ед., они были представлены тремя морфологическими формами (палочки, шаровидные бактерии, грибы) и 7 видами (палочковидные бактерии, включая кишечную палочку, кокки, стафилококки, стрептококки, плесневые грибы, актиномицеты). Через 6 ме-

сяцев после начала работы биофильтра количество микроорганизмов сократилось более, чем в 3,5 раза по сравнению с первоначальным значением (390 000 ед.) и было представлено 4 видами (кокки, стрептококки, палочковидные бактерии, включая кишечную палочку). Учитывая, что на поверхности панциря, кожи, клоаки рептилий имеется постоянный видовой состав микроорганизмов, полностью избавиться от микрофлоры воды в террариуме не представляется возможным. Но наряду с этим, работа биофильтра помогла сократить их количество в воде. Учитывая, что сами кишечные палочки - непатогенные, но их присутствие в воде свидетельствует о ее загрязнении патогенными микроорганизмами. Определим коли-индекс и коли-титр кишечной палочки в воде. Результаты исследования представлены в таблице 3

Таблица 3

**Показатели коли-индекса и коли-титра кишечной палочки в воде террариума с рептилиями**

Коли-индекс/ коли титр для объема воды в 1 мл	Дата отбора проб						
	14.05.2018	11.06.2018	12.07.2018	14.09.2018	16.10.2018	13.11.2018	18.12.2018
	Коли-индекс						
	100	500	400	600	700	800	2 200
	Коли-титр						
10	2	2,5	1,66	1,43	1,25	0,4	

В пробах воды до начала использования биофильтра коли-индекс соответствовал 100, а коли-титр – 10. Через 7 месяцев эксперимента было обнаружено значительное сокращение количества кишечной палочки: коли-индекс стал равен 2 200, а коли-титр – 0,4.

### 3.4. Оценка микробиоценоза биопленок с поверхности фильтрующих элементов

В результате определения микробиоценоза биопленок поверхности фильтрующих наполнителей (гравий крупный и мелкий, биокерамика крупная и мелкая, поролон, цеолит и песок кварцевый) биофильтра в полученных микропрепаратах обнаружили мелкие угловатые клетки *Nitrobacter*, овальные клетки *Nitrosospirae* и *Nitrosomonas*.



Рис. 3

*Микроорганизмы Nitrosomonas (слева) Nitrosospirae (справа) под микроскопом (Фото автора)*

### 3.5. Экономический расчет расхода воды в результате внедрения биофильтра

Производительность биофильтра с учетом фильтрующих наполнителей – в террариуме для *Trachrynys scripta elegans* – 300 л/час; в террариуме для *Axolotl* – 200 л/час. До начала эксперимента водопроводную воду подавали в течение 4 часов ежедневно (объем

10 л за 2,5 минуты) в террариум для *Trachnys scripta elegans*, разбавляя прежнюю воду от азотистых соединений, откуда она стекала в канализацию. С периода внедрения биофильтра при условии постоянной его работы, вода в террариуме обменивалась на водопроводную на 1/3 объема 1 раз в месяц, что составило 30 литров в месяц. В остальное время вода очищалась при помощи биофильтра. До внедрения в работу биофильтра вода в террариуме для *Axolotl* обменивалась на 1/3 объема (17 литров) 1 раз в неделю. После внедрения биофильтра воду в террариуме стали обменивать на водопроводную 1 раз в месяц так же на 1/3 объема.

Наименование объекта/ временной период	Без использования биофильтра		С применением биофильтра	
	за 1 месяц, л	за 9 мес., л	за 1 месяц, л	за 9 мес., л
Террариум для <i>Trachnys scripta elegans</i>	28 800	259 200	30	270
Террариум для <i>Axolotl</i>	68	612	17	153
ИТОГО:	28 868	259 812	47	423

Таким образом, с внедрением в работу биофильтра в акватеррариумах для *Trachnys scripta elegans* и для *Axolotl*, экономия воды в Самарском детском эколого-биологическом центре составила за 1 месяц - 28 821 л водопроводной воды, а за 9 месяцев эксперимента - 259 389 л.

#### ВЫВОДЫ:

1. В условиях Самарского областного детского эколого-биологического центра был разработан, сконструирован и внедрен в работу биофильтр по очистке воды пороговой конструкции замкнутого типа в акватеррариумах для *Trachnys scripta elegans* и для *Axolotl*.
2. Результаты физико-химических свойств воды показали значительные отклонения от нормы ПДК по большинству показателей до внедрения биофильтра в работу и существенное улучшение качества воды, приближенное к норме, по истечении 7 месяцев эксперимента.
3. До внедрения биофильтра в 1 мл воды в террариуме было обнаружено 1 420 000 единиц микроорганизмов, представленных 7-ю видами, а через 7 месяцев непрерывной его работы – снизилось до 390 000 единиц, представленных 4-мя видами. Коли-индекс воды до начала использования биофильтра соответствовал 100, коли-титр – 10. Через 7 месяцев эксперимента коли-индекс - 2 200, а коли-титр – 0,4, что показывает сокращение количества кишечной палочки.
4. Оценка микробиоценоза биопленок показала присутствие на поверхности фильтрующих наполнителей нитрифицирующих и нитробактерий *Nitrobacter*, *Nitrosospirae* и *Nitrosomonas*, что говорит о проходящем в биофильтре процессе нитрификации. Причем, на поверхностях наполнителей первых 5-ти секций имеется больше этих бактерий, чем на последующих слоях.
5. С внедрением в работу биофильтра по очистке воды в акватеррариумах для *Trachnys scripta elegans* и для *Axolotl*, экономия водопроводной воды в Самарском областном детском эколого-биологическом центре составила за 1 месяц - 28 821 л, а за 9 месяцев - 259 389 л.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев С.В. Практикум по экологии. –4-е изд., перераб. и доп. -М.: АО МДС, 2012
2. Аникеев В.В., Лукомская К.А. Руководство к практическим занятиям по микробиологии. –2-е изд.–М.: Просвещение,1983
3. Ботук Б.О. Погружные дисковые вращающиеся биологические фильтры. // Водоснабжение и санитарная техника.– М.: Знание1975
4. Вавилин В.А. Основы теории аэробной биологической очистки, и унифицированная модель для расчета аэротенков и биофильтров. / Доклады АН СССР, Т. 256.– М.: Госстройиздат, 1981
5. Васильев Д.Б. Черепахи. Содержание, болезни и лечение. –М.: Аквариум, 2005
6. Воды производственные тепловых электростанций. Методы определения фосфатов. РД 34.37.523.9-88. /утв. Минэнерго СССР 15.12.1988/. – М.: 1988
7. Воронов Ю.В. Погружные биофильтры. -В кн.: "Исследования по очистке сточных вод". – М.: Изд. МИСИ, 1975
8. Гасанов,М.В., Амирова С.М., Рукавишникова Л.А, Курбанова Ф. А. Влияние микроорганизмов биопленки на работу аэрофильтра Три очистке городских стоков. / Труды ВНИИ ВОДГЕО, N17, 1980,
9. ГОСТ 33045-2014. Вода питьевая. Методы определения нитратов. М.: ИПК Издательство стандартов, 2014
10. Жданов В.М., Выгодчиков Г.В., Ершов Ф.И., А.А. Ежов, Коростелев Н.Б. Занимательная микробиология. –М.: Знание,1967
11. Жилин Д.М. Организация полевой аналитической лаборатории для дополнительной сети экологического мониторинга. –/Сост. Башкинова Е.В., Егорова Г.Ф., Заусаев А.А.- Самара, СамГТУ, 2011
12. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации сульфат-ионов в пробах природных и сточных вод. – ПНД Ф 14.1: 2.159-2000. М.: 2005
13. Криксунов Е.А., Пасечник В.В. Экология. –М.: Дрофа, 2014
14. Мартышин А.В., Ковальчук Н.М. Микологическое и микробиологическое исследование организма рептилий: науч.-практ. рекомендации / Краснояр. гос. аграр. ун-т. - Красноярск, 2013
15. Новиков Ю.В. и др. Методы исследования качества воды водоемов. – Под ред. Шицковой А.П.–М.: Медицина, 2010
16. ПНД Ф 14.1; 2.50-96.Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации общего железа в природных и сточных водах фотометрическим методом. М.: 2004
17. Ресурсосберегающие технологии в системах водного хозяйства промышленных предприятий: Учеб. пособие. / Л.И. Соколов. – М.: Издательство АСВ, 1997
18. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб: Гидрометеиздат, 1992
19. Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. – М.: ДеЛи принт, 2004
20. Старостина В.Ю. Биологический фильтр с модифицированной загрузкой для очистки сточных малых объемов, Иркутск, 1996
21. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии: учебное пособие для вузов / под ред. В.К. Шильниковой. –6-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2005
22. Унифицированные методы анализа вод. Методика определения нитритов с реактивом Грисса. - Под ред. Ю.Ю. Лурье. -М.: Химия, 2003
23. Федорос Е.И., Нечаева Г.А. Экология в экспериментах: учебное пособие для учащихся 10-11 классов общеобразовательных учреждений. –М.: Вентана-Граф, 2007

