

Научно-исследовательская работа  
Предмет - ЭКОЛОГИЯ

**Оптимизация процесса самоочищения воды в аквариуме  
путем развития микроорганизмов  
на искусственных носителях**

Выполнил:

**Алыев Артур Эльдарович,**

Учащийся 3 класса

МАОУ Лицей № 9, Россия, г. Пермь

Научный руководитель:

**Комбарова Мария Михайловна**

ведущий инженер кафедры

«Охрана окружающей среды»

ФГОУ ВО «Пермский национальный

исследовательский политехнический

университет» (ПНИПУ)

г. Пермь, 2020

## Введение

### Самоочищение водоемов

Каждый водоем — это сложная живая система, где обитают бактерии, водоросли, высшие водные растения, различные беспозвоночные животные. Совокупная их деятельность обеспечивает самоочищение водоемов. В условиях девственной природы, если в водоем попадают, например, химические примеси, процесс самоочищения протекает быстро, поэтому одна из важнейших природоохранных задач — поддерживать эту способность. Факторы самоочищения водоемов многообразны.

Самоочищение речной воды происходит в результате разбавления ее чистой водой и свежими притоками. Поступившие загрязнения разбавляются водой водоема, взвешенные в воде вещества постепенно оседают на дно, а органические вещества подвергаются окислению за счет растворенного в воде кислорода. Обеззараживанию воды также способствует ультрафиолетовое излучение.

Огромная роль в самоочищении водоемов принадлежит биологическим факторам, действие которых обусловлено сложными взаимоотношениями гидробионтов. Гидробионты — растительные и животные организмы, приспособленные к жизни в водной среде. К ним относятся микробы, зеленые водоросли, простейшие, бактериофаги и др. Простейшие поглощают из водоемов взвеси и микробов, в том числе и патогенных. Одна инфузория за 1 ч переваривает до 30000 микробов. Погибшие простейшие и водоросли в свою очередь служат пищей для сапрофитных бактерий.

О степени загрязненности водоема и активности процессов самоочищения можно судить по наличию определенного количественного и качественного состава различных микроорганизмов.

## Актуальность работы

Содержание аквариума — это интересное хобби, которое имеет массу преимуществ. Многочисленные исследования показывают, что наличие дома аквариума окажет положительное влияние как на физическое (увлажняет воздух) так и на психологическое здоровье человека. Многие люди хотят иметь красивый аквариум, мечтают, как они будут любоваться прекрасным подводным пейзажем, здоровыми обитателями – настоящим самостоятельным миром, уголком природы в собственном доме.

И каждый начинающий аквариумист невольно задумывается, с чего начать, чтобы аквариум был максимально приближенным к естественной среде. Для того, чтобы рыбки и другая живность не погибли, нужны не только качественное питание, достаточное освещение, регулярная чистка аквариума и, конечно, фильтрация воды.

Как правило, начинающие и недостаточно опытные аквариумисты используют в своих домашних аквариумах механические или химические системы очистки воды. Они в большом разнообразии продаются в зоомагазинах и дают, как правило, ожидаемый результат. Но фильтры зачастую засасывают мелких рыбок, моллюсков, где они и гибнут. Также перегруженные фильтры становятся инкубатором для массового развития патогенных микроорганизмов и тогда биологическое равновесие в аквариуме нарушается.

Однако опытные аквариумисты умеют достигать в своих искусственных водоемах идеальной чистоты воды без рукотворных фильтров. Делают они это исключительно за счет налаживания в аквариуме естественного процесса водоочистки.

Превосходным биофильтром являются густые заросли водных растений, высаженные в тех местах емкости, где освещение особо яркое и насыщенное и

есть принудительная продувка воздуха (аэратор). В этих растительных джунглях расселяются микроскопические организмы (разные инфузории, коловратки) и мелкие водные червячки, пищей которым служат бактерии и органическая взвесь воды. Прикрепляясь к растениям, такие микроорганизмы фильтруют воду, очищая и осветляя её. Этот процесс и называется самоочищением воды.

Однако, микроорганизмы, прикрепляясь к водным растениям и заселяясь на стенках аквариума становятся легкой добычей аквариумных рыб, которые с удовольствием их поедают с открытых мест. Поэтому особо ценным растением в аквариуме выступает яванский мох – он образует рыхлые заросли, куда рыбам не добраться и там микроорганизмы-фильтраторы находятся в относительном укрытии. К сожалению, яванский мох зимой в аквариумах страдает от нехватки света в короткие зимние дни, деградирует и зачастую погибает. В связи с чем и появляется необходимость в искусственных носителях, устойчивых и долговечных, на которых в безопасности будут развиваться микроорганизмы, участвующие в процессе самоочищения воды.

## **Цель и задачи**

**Цель:** Оптимизация процесса самоочищения воды в аквариуме.

**Задачи:**

1. Работа со специальной литературой и другими источниками информации по тематике работы;
2. Планирование эксперимента по росту и развитию микроорганизмов-фильтраторов на искусственных носителях: выбор материалов для носителей, выбор формы материалов и мест их размещения, подбор дополнительных материалов, препятствующих поеданию рыбами гидробионтов;

3. Проведение эксперимента с применением разных искусственных носителей: поролон с ячейками разных размеров, стекловолокно, стекло предметное, нетканый материал;
4. Наблюдение и фиксация результатов эксперимента (визуальный осмотр, микроскопия с фотографированием микроорганизмов, анализ воды по органолептическим свойствам);
5. Анализ результатов эксперимента по качественным и количественным показателям сообщества гидробионтов, развившихся на искусственных субстратах и органолептическим показателям воды;
6. Выводы по итогам эксперимента;
7. Заключение.

**Рабочая гипотеза:** на искусственных носителях разовьются разные сообщества микроорганизмов, участвующих в процессе самоочищения воды

### **Планирование и постановка эксперимента**

#### **Подбор искусственных материалов, на которых будут развиваться гидробионты**

Подбор материалов для искусственных носителей нами подбирался с учетом следующих критериев:

- Материал должен быть нейтральным, то есть не выделять в воду вредные вещества.
- Материал по физическим свойствам не должен представлять опасность для обитателей аквариума (острые шипы и грани, глубокие каверны, хрупкость)

- Материал должен быть устойчивым к воздействию воды имеющей РН 5,5. Слабо-кислая среда в аквариуме обусловлена гуминовыми кислотами, образующимися при деструкции отходов жизнедеятельности рыб и моллюсков. А также быть устойчивым к воздействию света и воздуха, не разлагаться. В связи с этим нами не использовались природные материалы: дерево, х/б нити и пр.
- Материал должен выглядеть эстетически и не портить внешний вид аквариума

### **Таким образом, нами были выбраны следующие материалы:**

Стекловолокно, которое представляет собой белый, рыхлый но очень прочный материал, похожий на вату. Учитывая, что стекловолокно имеет эффект рыболовных сетей – имеется в виду, что рыбы могут запутаться между волокон и погибнуть, мы дополнительно использовали мелкую пластиковую сетку поверх стекловолокна.

1. Использование сетки предотвратило застревание в волокне аквариумных рыб и моллюсков
2. Поролон с разными размерами ячеек от 0,5 мм до 5 мм был взят нами из губки для мытья посуды бытового назначения. Поролон ярко-розового цвета дополнен жесткими абразивными волокнами темно-зеленого цвета. На бело-розовом образце одна часть (бледно-розового цвета) напоминает перепутанную сеть, с ячейками 2-5 мм.

Рис. 3. Поролон с разными размерами ячеек от 0,5 мм до 5 мм.

3. Стекло предметное для микроскопии. Было выбрано нами за свой внешний вид, который сливался с окружающей средой в аквариуме и таким образом стекло было почти невидимым. Также мы планировали убедиться, действительно ли рыбы видят микроорганизмов-фильтраторов и поедают их с открытой поверхности.

4. Нетканый текстильный материал, представляет собой произвольно переплетающиеся волокна целлюлозы. Волокна переплетены неплотно, материал полупрозрачный, но прочный.

Рис. 5. Нетканый материал

### Закладка эксперимента

В аквариуме размещены: два лоскута из нетканого материала размером 2\*8 см, два куска поролона ярко-розового цвета 3\*3см, два куска поролона белорозового цвета 3\*3см, два устройства из стекловолокна в пластиковой сетке, два покровных стекла.

Устройства из поролона, нетканого материала, стекловолокна располагаются на поверхности воды. Стекла предметные установлены в аквариуме вертикально, одним концом закреплены в грунте.

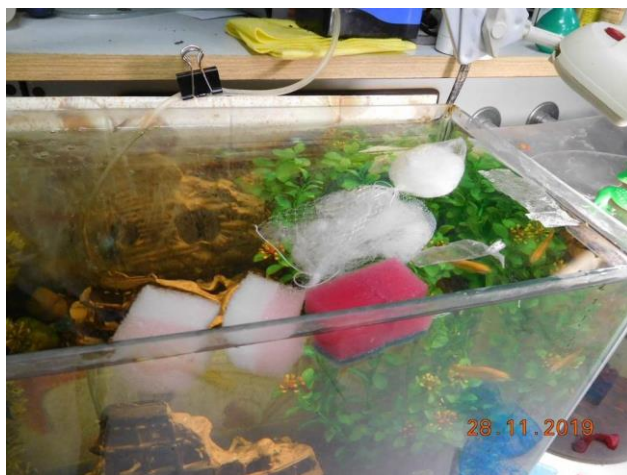


Рис.1. Размещение искусственных носителей в аквариуме. Вид сверху

**Время общей экспозиции** (проведения эксперимента) \_\_\_30\_\_\_ суток.

Время начала фиксации результатов эксперимента – каждую неделю, начиная со второй недели от закладки эксперимента

## **Использование светового микроскопа со встроенной цифровой видеокамерой при выполнении научно-исследовательской работы**

Кладем препарат на предметный столик микроскопа и зажимаем в цанге. Включаем освещение. Выбираем нужный объектив. Макровинтом фокусируемся на препарате. С помощью микровинта доводим фокусировку до наилучшей видимости. Челночными движениями с помощью винта, движущего столик, мы изучаем не менее десяти полей видимости. Проводим фото и видеосъемку микроорганизмов и их сообществ. Выключаем освещение. Поднимаем объектив макровинтом, убираем препарат из цанг и сразу промываем покровное и предметное стекла.

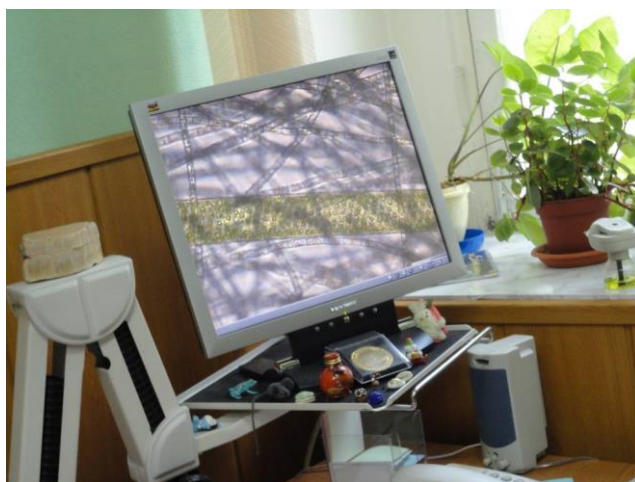


Рис. Монитор, на который передается изображение с микроскопа посредством встроенной цифровой видеокамеры.



Рис. Световой микроскоп «Karl Zeiss» со встроенной цифровой видеокамерой находится на кафедре ООС ПНИПУ, где выполнял работу автор.



## Фиксация результатов эксперимента

Фиксация результатов эксперимента путем микроскопии на световом микроскопе Karl Zeiss со встроенной цифровой видео-камерой позволила получить 240 фотографий микроорганизмов.

**Носитель – стекловолокно** изменило цвет на соломенно-желтый. Обнаружены следующие микроорганизмы: коловратки, инфузории сувойки, амёбы раковинные, черви планарии, амёбы солнечники, крупные цисты.

Рис.2. Коловратка. Хорошо виден сверху чувствительный палец, а в теле развитый яичный мешок. Ув. 15\*40.



**Носитель – нетканый материал** изменил цвет на бежевый. Обнаружены следующие микроорганизмы: амёбы раковинные, черви планарии, инфузории бокальчиковые, коловратки разных видов (не менее трех).



Рис.3. Коловратка. Состояние отличное. Виден чувствительный палец. Ув. 15\*40.

**Носитель – стекло.** Обнаружены следующие микроорганизмы: сувойки, примитивные инфузории рода *Кольпидиум*, плотное развитие бактерий, жгутиконосцы не менее четырех таксонов, амёбы раковинные, диатомовая водоросль.

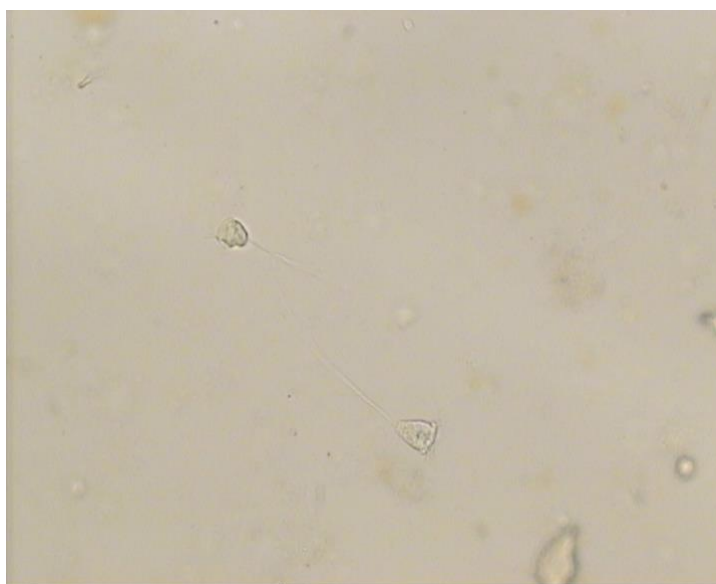


Рис. 4. Сувойки угнетенные, мельче нормальных размеров. Ув. 15\*20.

**Носитель – поролон с крупными порами.** Обнаружены следующие микроорганизмы: мелкие и колониальные жгутиконосцы, актиномицеты, примитивные инфузории.

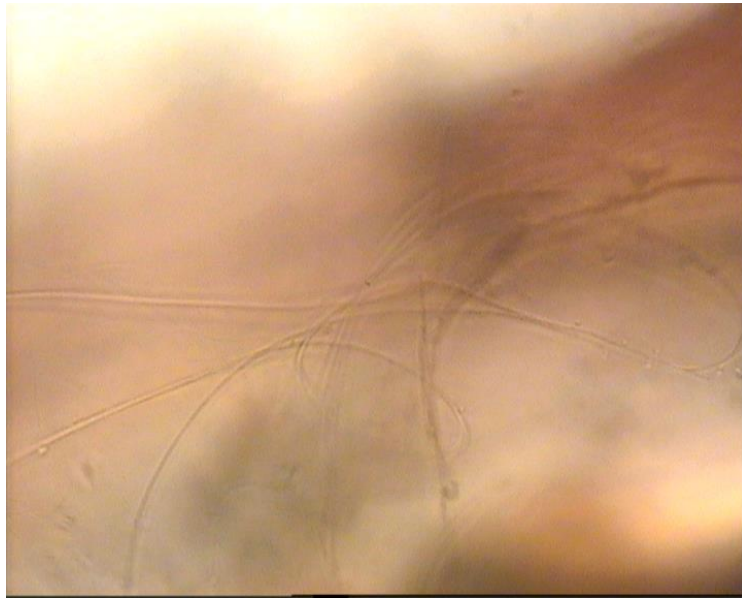


Рис.5. Актиномицеты. Ув. 15\*90.

**Носитель – поролон с порами среднего размера.** Обнаружены следующие микроорганизмы: мелкие жгутиконосцы, актиномицеты, нити грибов, кладки яиц планарий, амёбы раковинные, крупные жгутиконосцы

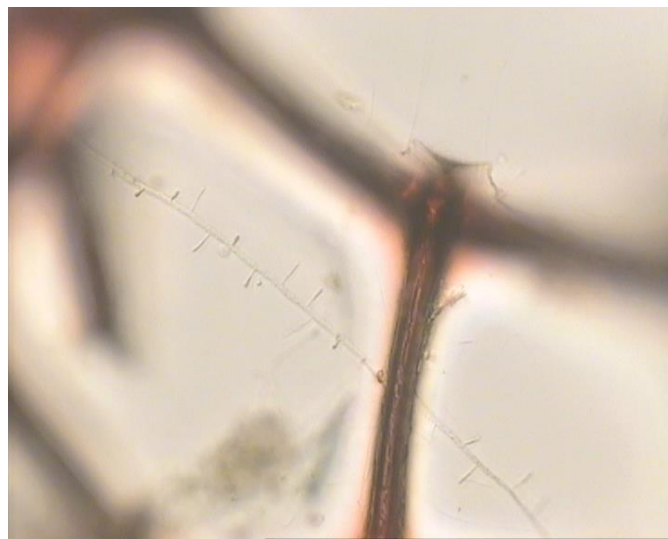


Рис.6. Гифы гриба. Ув. 15\*20.

**Носитель – поролон с мелкими порами.** Обнаружены микроорганизмы: мелкие жгутиконосцы, актиномицеты, нити грибов, бактерии свободные, угнетенные амёбы раковинная, крупные окрашенные жгутиконосцы, колониальные жгутиконосцы, коловратки панцирные.

## Анализ результатов эксперимента

Таблица. Количественный и качественный состав гидробионтов, выросших на носителях.

Искусственный носитель	Таксоны микроорганизмов	Наличие микроорганизмов-фильтраторов	встречаемость
стекловолокно	коловратки, крупные цисты коловраток сувойки-оперкулярии и вортицеллы, амёбы раковинные, черви планарии, амёбы солнечники,	Фильтраторы есть	Развитие коловраток и сувоек, средняя встречаемость
нетканый материал	коловратки панцирные, амёбы раковинные, черви планарии, инфузории бокальчиковые, коловратки чехликовые	Фильтраторы есть	Массовое развитие коловраток разных видов
стекло предметное	сувойки, инфузории рода <i>Кольпидиум</i> , плотное развитие бактерий, мелкие жгутиконосцы 3 таксонов, амёбы раковинные, диатомовые водоросли.	Фильтраторы есть	Все микроорганизмы мельче нормальных размеров
поролон крупными порами	мелкие жгутиконосцы, актиномицеты, мелкие инфузории, колониальные жгутиконосцы	Фильтраторов нет	Средняя встречаемость. Доминанты - актиномицеты
поролон порами среднего размера	мелкие жгутиконосцы, актиномицеты, нити грибов, кладки яиц планарий, амёбы раковиннае, крупные жгутиконосцы	<b>Фильтраторов нет</b> —	Средняя встречаемость всех
поролон мелкими порами	мелкие жгутиконосцы, актиномицеты, нити грибов, бактерии свободные, раковинные амёбы угнетенные, крупные окрашенные жгутиконосцы, колониальные жгутиконосцы, коловратки панцирные.	Фильтраторы есть	Средняя встречаемость. Коловратки — единичная встречаемость

Из данных представленных в таблице, мы можем сделать вывод, что на всех искусственных носителях развились микроорганизмы, участвующие в процессе самоочищения воды, в том числе гидробионты-фильтраторы. представленные различными видами инфузорий и коловраток.

Только **на поролоне** со средними порами фильтраторов обнаружено не было. Отметим, что на поролоне с разными размерами пор фильтраторы обнаруживаются лишь единично, а в основном микробная картина здесь по видам и их численности приближается в показателям воды существенно загрязненной: мелкие жгутиконосцы, грибы и актиномицеты.

Удовлетворительные результаты развития микроорганизмов обнаруживаются **на стекле**. Но обнаруженные на стекле фильтраторы существенно мельче нормы. Это можно объяснить тем, что крупных особей со стекла легко поедают рыбы и потому в целом здесь микроценоз характеризуется невысокой численностью.

Хорошие результаты развития гидробионтов отмечены **на стекловолокне**. Там обнаруживаются не только коловратки разных видов, но и такие фильтраторы как сувойки родов Оперкулярия и Вортицелла. Однако и коловратки и сувойки на стекловолокне показывают всего лишь частую встречаемость, ниже, чем на нетканом материале.

По соотношению микроорганизмов-фильтраторов к другим типичным представителям водоемов и их численности, мы делаем вывод, что наиболее подходящим носителем для **массового развития наиболее ценных представителей процесса самоочищения воды является нетканый материал**. На нем отмечается массовое развитие таких сравнительно крупных, а соответственно и мощных фильтраторов, как коловратки.

## ВЫВОДЫ

**1. Чтобы выполнить свою работу, я изучил четыре книги, одна из них** являлась научным изданием. А также работал с Интернет-источниками. Очень пригодились устные лекции и консультации моего научного руководителя.

**2. При планировании эксперимента, для выбора искусственных** носителей, мы разработали следующие критерии: материал не должен выделять в воду вредные вещества, должен быть безопасным для обитателей аквариума, без острых граней, без глубоких полостей. Материал должен быть устойчивым к воздействию воды, выглядеть эстетически и не портить внешний вид аквариума.

**3. Материалами для искусственных носителей были выбраны:** поролон с разными размерами пор, стекло предметное, нетканый материал, стекловолокно. Все материалы оформлены в виде нетравматичных для рыб носителей.

**4. Всего за время эксперимента получено 240 фотографий** с цифровой камеры микроскопа и фотоаппарата, позволяющих оценить качественный и количественный состав развившегося на носителях микробоценоза. По прошествии тридцати суток после закладки эксперимента органолептические показатели улучшились: вода приобрела едва уловимый соломенный цвет и большую прозрачность, запах свежих огурцов и скошенной травы усилился.

**5. Экспериментально подтвердилось, что на всех носителях развиваются** микробоценозы, состоящие в основном из раковинных амёб, инфузорий, коловраток, актиномицетов и грибов. **Наиболее подходящим субстратом для массового развития микроорганизмов – фильтраторов, участвующих в процессе самоочищения воды, является нетканый материал.**

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наша гипотеза о том, что на искусственных носителях разовьются сообщества микроорганизмов, участвующих в процессе самоочищения воды, подтвердилась.

Цель эксперимента достигнута: на большинстве искусственных субстратах развились гидробионты-фильтраторы, представленные различными видами инфузорий и коловраток.

В перспективе – работа с другими материалами и изменение формы носителей.

### Список используемой литературы

1. Жизнь животных. Том 1. Простейшие. Кишечнополостные. Черви. Под ред. Ю. И. Полянского, Издание второе переработанное. Москва "Просвещение", 1987 – 507 с., ил.

2. Райков Б.Е., Римский-Корсаков М.Н. Зоологические экскурсии – М.: Топикал, 1994 – 640 с., ил.

3. Шерфиг.Х. Пруд. Перевод с датского Л.Ф.Поповой. Л. Гидрометеиздат. 1978. 104 стр. с илл.

4. Википедия — общедоступная многоязычная универсальная интернет-энциклопедия. Статья о самоочищении водоемов. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org). Дата обращения 24 апреля 2020г.

5. Словари и энциклопедии на сайте <https://dic.academic.ru> , использованные для понимания научных терминов. Дата обращения 16 мая 2020 г.