

Школьная проектная работа на тему:

**«СОЗДАНИЕ ГИДРОПОННОЙ УСТАНОВКИ
В УСЛОВИЯХ ШКОЛЬНОГО БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
КОМПЛЕКСА»**

Трачук Леся Анастасьевна, преподаватель биологии

МОУ «Бородино», г.о. Подольск

Полянский Сергей Михайлович, преподаватель дополнительного
образования МОУ СОШ № 29 г.о. Подольск

Исаева Елизавета Антоновна, ученица 9в класса

МОУ «Бородино», г.о. Подольск

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ.....	2
2. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	
2.1 Общая характеристика метода гидропоники	
2.1.1 Преимущества гидропоники по сравнению с традиционным земледелием.....	4
2.1.2 Наполнители для гидропонного выращивания растений.....	5
2.1.3 Способы подачи питательного раствора к корням.....	5
2.1.4 Необходимые компоненты питательного раствора.....	6
2.2 Технология аквапоники	
2.2.1 Общая характеристика аквапоники.....	6
2.2.2 Африканский клариевый сом как объект аквакультуры.....	7
3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.....	8
4. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ	
4.1 Школьная установка для гидропоники.....	10
4.2 Усовершенствование способов аэрации и гидратации корней.....	12
4.3 Совмещение гидропонной установки с аквакультурой.....	14
4.4 Контроль биологического равновесия в аквапонной системе.....	16
4.5 Продуктивность гидропонной культуры.....	17
5. ВЫВОДЫ.....	19
6. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	19

1. ВВЕДЕНИЕ

Современная цивилизация сталкивается с целым рядом глобальных экологических проблем, среди которых загрязнение и деградация почв, дефицит пресной воды, перенаселение, изменения климата Земли. Все вместе они вызывают цепную реакцию, способную привести к гибели человечества. По прогнозам экологов, к 2050 году в засушливых районах с нехваткой воды

и бедными почвами (а значит, под угрозой голода) будет жить до 45% населения Земли [3].

В 2018 году по инициативе ООН в масштабах планеты было проведено исследование, по итогам которого предложена рекомендация «ограничить сельскохозяйственные загрязнения почв» во всех странах мира и использовать более экологичные подходы для выращивания культурных растений [1].

Среди современных подходов культивирования растений выделяется гидропоника – технология выращивания растений без почвы. Последние двадцать лет заметна мировая тенденция перехода стран от традиционного земледелия к использованию гидропоники [5].

В России первые опыты по гидропонике начались ещё в 1867 году под руководством Климентия Аркадьевича Тимирязева [4]. В настоящее время в нашей стране набирает обороты городское фермерство с использованием автоматизированных многоярусных гидропонных установок «Сити фермер» [5, 6], в масштабах регионов в зонах рискованного земледелия создаются Всероссийские центры гидропоники (Иркутск и республика Бурятия).

Учитывая общемировые тенденции, популяризация знаний о методах современных агротехнологий, - гидропонике и аквапонике, среди подрастающего поколения в России является актуальной. Для развития навыков и компетенций школьников в области передовых технологий в 2019 году на базе МОУ СОШ № 29 г.о. Подольск был построен биоэнергетический Комплекс площадью 200 м² [8]. Тема настоящей проектной работы соответствует общей идее, положенной в основу создания этого уникального практико-ориентированного образовательного модуля.

Проблема исследования:

Одним из ключевых принципов функционирования биоэнергетического Комплекса является его самодостаточность и экологичность. Поэтому в процессе внедрения гидропоники возник вопрос

как без дополнительных финансовых затрат обеспечить культивируемые растения корневым питанием.

Цель работы: разработать высокотехнологичную экологически безопасную установку для выращивания растений школьниками.

Задачи:

- 1) изучить современные методы выращивания растений с использованием гидропонных установок и аквапоники;
- 2) сконструировать школьную гидропонную установку с автоматической подачей питательного раствора;
- 3) создать экологичную систему культивирования растений с использованием аквапоники.

Объект исследования: гидропонное культивирование растений.

Предмет исследования: влияние разных режимов гидратации корней и состава питательного раствора на развитие зелёной массы растений.

2. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

2.1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДА ГИДРОПОНИКИ

2.1.1 Преимущества гидропоники по сравнению с традиционным земледелием

Гидропоника (от древне-греческих слов «вода» и «работа») - это способ выращивания растений без [почвы](#) с использованием питательного раствора, окружающего [корни](#) [5, 6].

Выращивание растений этим способом менее трудоёмко, чем в почвенной культуре. Вода и питательные вещества расходуются экономнее. В условиях гидропоники отпадает необходимость борьбы с сорняками, то есть не нужны гербициды. Также к достоинствам этого метода можно отнести возможность автоматизации и полного контроля за развитием растений, снижение потребности в пестицидах, существенное увеличение выхода биомассы за счёт сокращения сроков и увеличения количества циклов вегетации. В современных теплицах концентрация и соотношение

минеральных компонентов рабочего раствора контролируются автоматически с помощью специальных сенсоров. Урожай получается «чище», чем при почвенном земледелии.

Современные установки для гидропоники могут иметь горизонтальную или вертикальную ориентацию и включают в себя специально оборудованное помещение, где поддерживаются благоприятные для растений микроклимат. Физические параметры воздушной среды – температура, влажность, освещенность, концентрация углекислого газа, интенсивность циркуляции воздуха подбираются с учётом естественных биоритмов и этапов вегетации растений [5]. Среда для корнеобразования включает две составляющие: искусственный субстрат (наполнитель) и питательный раствор, который так или иначе подаётся к корням [6].

2.1.2 Наполнители для гидропонного выращивания растений

В качестве наполнителей используются различные природные и искусственно созданные материалы [6].

Ценными свойствами обладают такие экологически чистые субстраты как агроперлит и вермикулит, которые часто используют в качестве гидропонных наполнителей в сочетании 1:1. Перлит – силикатный материал вулканического происхождения, который в процессе переработки измельчают и нагревают до высокой температуры, в результате чего он приобретает беловатый оттенок и лёгкость. Этот материал хорошо удерживает воду и растворённый в ней кислород, имеет выраженную продольную капиллярность, однако из-за своей лёгкости он способен вымываться в гидропонные системы и засорять их. Вермикулит – минерал из группы гидрослюд; в результате нагревания до высоких температур он приобретает слоистую структуру и выраженные аэрационные свойства. В состав вермикулита входят соединения кальция, магния, алюминия, железа и кремния, которые после увлажнения этого субстрата становятся доступны растениям и активно влияют на их рост: на поверхности гранул происходит ионный обмен – растение постепенно получает нужные ему вещества. Оба

субстрата имеют высокую впитывающую способность, устойчивость против различных патогенов; они химически инертны и безопасны для растений [6].

2.1.3 Способы подачи питательного раствора к корням

В зависимости от системы подачи питательного раствора к корням растений выделяют несколько разновидностей гидропоники, из которых наиболее распространён метод водной культуры [5]. При использовании этого метода применяются различные режимы подачи питательного раствора. В большинстве из них решается задача доставки к корням растений не только минерального питания, но и кислорода воздуха. Недостаточная аэрация корней ослабляет растения, замедляет развитие биомассы.

2.1.4 Необходимые компоненты питательного раствора

Питательный раствор должен содержать все макро- и микроэлементы, необходимые для развития растений: прежде всего это азот, фосфор, калий, кальций и магний [7].

Для выращивания растений в зимнее время растению требуется особенно много азота, который необходим для биосинтеза белков. Благодаря корневому питанию, растение без вреда для себя способно усваивать этот элемент в составе аммиака, нитритов и нитратов, растворённых в воде. Потребление азота корнями актуально при росте растения и накоплении биомассы; оно постепенно ослабевает с началом формирования генеративных органов [2].

Водородный показатель pH для большинства гидропонных растений является оптимальным в диапазоне 5,5-6,5. Изменение pH в щелочную сторону ухудшает поглощение растением некоторых жизненно важных элементов, а при закислении некоторые питательные вещества выпадают в осадок и становятся недоступными для корневого питания [2].

2.2 ТЕХНОЛОГИЯ АКВАПОНИКИ

2.2.1 Общая характеристика аквапоники

Аквапоника — высокотехнологичный способ ведения сельского хозяйства, сочетающий гидропонику и аквакультуру. Она известна

человечеству со времён Древнего мира и в настоящее время широко применяется в разных странах мира. В России аквапоника не столь распространена [2].

Суть данной технологии в том, что человек создаёт замкнутую микро-экосистему, в которой растения, бактерии и гидробионты образуют симбиоз. Гидробионты (рыбы, ракообразные, моллюски) выделяют токсичные для них вещества: аммониевые, калийные, фосфатные соединения и углекислый газ; бактерии (в частности, нитрифицирующие) преобразуют токсичные продукты метаболизма (особенно аммиак) в менее токсичную для животных форму (например, аммиак – в нитриты и нитраты), а растения утилизируют их, очищая среду обитания гидробионтов [2].

Окисление аммиака нитрифицирующими бактериями включает две основные стадии:

- 1) $2\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{HNO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Q};$
- 2) $2\text{HNO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{HNO}_3 + \text{Q}.$

Полученную энергию бактерии используют для биосинтеза органических веществ из углекислого газа. Для нормальной жизнедеятельности нитрифицирующих бактерий необходимо поддерживать pH 7,6-8,6 [2].

2.2.2 Африканский клариевый сом как объект аквакультуры

Африканский клариевый сом *Clarias gariepinus* является популярным объектом аквакультуры. Природный ареал обитания – от Нила до Западной Африки и от Алжира до Южной Африки; места обитания - пресные водоёмы с большим содержанием тины. Эта рыба всеядна, но преимущественно ведёт хищнический образ жизни. Главная особенность клариевого сома – наличие дополнительного органа дыхания, напоминающего лёгкое с разветвлённой сетью кровеносных сосудов. Этим объясняется способность этих рыб обитать в среде с дефицитом кислорода и даже использовать для дыхания атмосферный кислород [2].

В аквакультуре клариевый сом быстро приспосабливается, хорошо чувствует себя в непрозрачной воде, любит тень, не боится плотной посадки, устойчив к болезням. Оптимальная температура для жизнедеятельности – 25-26 °С, наиболее комфортный диапазон pH – 6,0-8,5. На производстве клариевых сомов кормят сбалансированными по составу комбикормами; рацион должен составлять 4,5-5% от общей биомассы. Товарный вес клариевого сома – 800-1200 г. Основной продукт метаболизма – аммиак. Нормативное требование к содержанию $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ - до 0,5 мг/л [2].

3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Схемы установки создавались с использованием программы Microsoft Paint. Для фотофиксации использовали Android.

В помещении биоэнергетического Комплекса объёмом около 200x100x300 м циркуляция воздуха обеспечивалась за счёт вентиляционной системы. Температура 21-22 °С поддерживалась с помощью централизованного отопления.

Для сборки гидропонной установки использовали металлический стеллаж с четырьмя полками (180x40x100 см); расстояние между полками – 48 см. На трёх нижних полках устанавливали по два пластмассовых лотка с крышками (39x35x8 см). В крышках проделывали по 10-20 лунок диаметром 5,5 см для пластмассовых стаканчиков на 100 мл. В нижней части каждого стаканчика проделывали отверстия для проникновения питательного раствора к субстрату; в рабочем состоянии в каждый стаканчик помещали четыре слоя марли, поверх которых засыпали смесь субстратов агроверлита и вермикулита в соотношении 1:1. Наружную часть лотков и верхнюю часть крышек снаружи покрывали слоем непрозрачной клейкой ленты; прозрачные полиуретановые шланги диаметром 0,8 см покрывали непрозрачным кожухом из пластмассы. Для освещения растений использовали лампы Фотон 93 мА/ч в режиме 15 ч в сутки. Для гидратации и питания корней использовали способ «приливов» и «отливов». Общий объём одноразовой

загрузки установки питательным раствором - 24 л. Чередование процессов подачи и удаления питательного раствора осуществлялось автоматически. Для программирования режимов работы ламп освещения и насоса использовался пульт управления из пяти выключателей С10 и С6А и двух реле времени БЛ-65 М1. Для подачи питательного раствора использовался насос АТ-104S - он автоматически включался на 6 минут каждый час; после завершения работы насоса включался кран с электроприводом NEPTUN PROFI 128 ½, 12 В, 150 Ма, который открывал сливные отверстия во всех лотках и раствор полностью удалялся из гидропонной установки в затемнённую ёмкость с крышкой на 40 л или в субмодуль с рыбами. С учётом режима работы, установка потребляет 1 кВт энергии в сутки.

Для пилотных экспериментов с гидропонным культивированием использовали концентрат HelthLife: компонент А – акварин плодово-ягодный, Mg_2SO_4 , хелат-Zn, H_3BO_3 ; компонент В – $Ca(NO_3)_2$, хелат-Fe.

Основной объект культивирования: мягкая пшеница *Triticum aestivum*
Семейство: Злаки (Poaceae)
Род: Пшеница (Triticum)
Класс: Однодольные (Monocotyledoneae)

Семена растений: салат сорта «Четыре сезона» фирмы АЭЛИТА, пшеница, смесь рожь-вика высевали непосредственно в стаканчики с наполнителем и марлей. При исследовании динамики роста гидропонных культур измерялась высота наиболее активно растущих растений; все проростки срезались одновременно через каждые две недели. При изучении продуктивности растений мы высевали одинаковое количество семян каждого растения (по 30 г) на один контейнер с одинаковым количеством стаканчиков; биомассу первых двух генераций срезали через три недели. Для взвешивания вегетативной массы использовали электронные весы MH-Series Pocket Scale.

Объект аквакультуры: африканский клариевый сом *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)

Род: Кларии

Семейство: Клариевые

Отряд: Сомообразные (Siluriformes)

Класс: Лучепёрые рыбы (Actinopterygii)

Объект биофильтра: бактерии из родов *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrobacter*, *Nitrosovibrio*, *Nitrospira* и *Nitrococcus* [2].

Рыбная мини-ферма включала водный субмодуль на 400 л с 8 клариевыми сомами весом до 500 г, аэрируемый биофильтр с биоагрузкой на 300 л и два отстойника для нерастворимых частиц на 30 и 2 л. Наполняемость ёмкостей поддерживалась за счёт добавления водопроводной воды с концентрацией солей 380 промилле (мг/л) в объёме до 10%. Для подкормки гидробионтов использовали сбалансированный комбикорм для прудовых рыб; количество корма рассчитывали по нормативным таблицам [2].

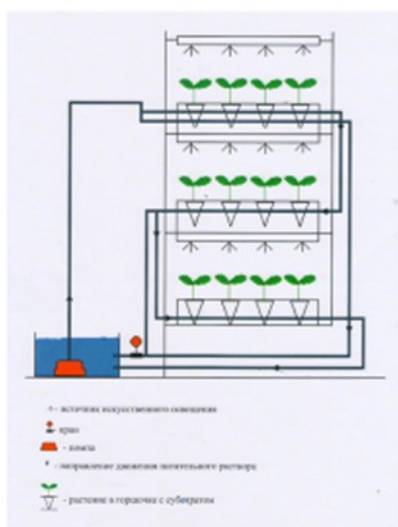
Для измерения концентрации азотистых соединений и водородного показателя pH использовали капельный тест НИЛПА, полоски лакмусовой бумаги, тестер МгН 17004. Для поддержания pH в слабощелочной области использовали растворы борной кислоты и гидроксида калия.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

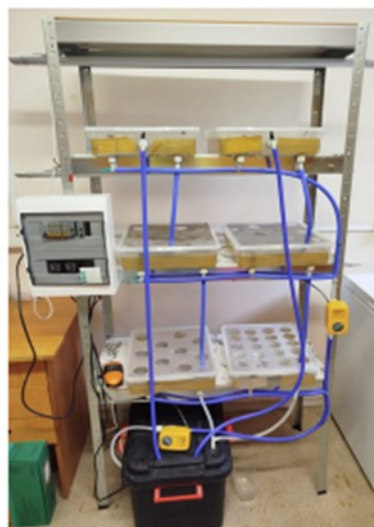
4.1 ШКОЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ГИДРОПОНИКИ

При создании установки мы ориентировались на функциональность, компактность, доступность для использования школьниками и дешевизну процесса эксплуатации. Трёхуровневая конструкция содержит достаточно ячеек для выращивания растений и при этом не требует много места для размещения в школьной лаборатории или в биоэнергетическом Комплексе. Шесть отдельных контейнеров позволяют выращивать одновременно несколько видов растений, что удобно для постановки экспериментов. А общая высота установки даёт возможность школьникам фиксировать наблюдения за растениями на всех трёх полках (Рис. 1).

Основные рабочие узлы установки – клапаны для подачи питательного раствора, кран с электроприводом и панель управления (Рис. 2).



А



Б

Рис. 1 Конструирование школьной гидропонной установки: А – проектная схема; Б – собранная автономная установка.



А



Б



В

Рис. 2 Рабочие узлы гидропонной установки: А - клапаны для подачи питательного раствора; Б – кран с электроприводом; В – панель управления.

Расстояние ламп освещения до растений, их цветовая температура и режим работы задавались так, чтобы круглогодично обеспечивать нормальное протекание процессов биосинтеза хлорофилла и фотосинтеза растений в течение суток. Известно, что спектр белого холодного освещения включает излучение с длиной волн 420 и 600 нм, необходимое для формирования корней и полноценной работы растительных фотосистем [4, 5].

Пилотные эксперименты показали, что шланги для подачи раствора и контейнеры установки активно зарастают микробиотой тёмно-зелёного цвета. Жизнедеятельность микроскопических водорослей может нарушать химический состав питательного раствора, формировать плёнку на корнях культивируемых растений и негативно влиять на их развитие. Поэтому, чтобы замедлить появление нежелательной микрофлоры, мы затемнили шланги и контейнеры непрозрачной самоклеющейся лентой, а также систематически контролировали водородный показатель pH питательных растворов, удерживая его в пределах нейтральных и слабощелочных значений.

4.2 УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ АЭРАЦИИ И ГИДРАТАЦИИ КОРНЕЙ

В предварительных испытаниях работы гидропонной установки мы использовали метод непрерывного погружения корневой системы в питательный раствор (Рис. 3А). В течение первой недели мы наблюдали дружное появление всходов. Однако, уже через три недели опытные растения выглядели больными и их вегетативная масса была незначительной. Мы предположили, что причиной угнетения роста и развития растений является нарушение дыхания корней. Для всасывания питательных веществ корневым волоскам необходима энергия, которую корень может получить только за счёт процесса дыхания. Очевидно, при заданных условиях в закрытом контейнере корни не получали достаточно кислорода. Это привело к нарушению водоснабжения и питания всех органов растения.



А



Б

Рис. 3 Подбор режима гидратации корней салата: А – постоянное погружение корней; Б – погружение корней в режиме 6 мин./ч

Чтобы решить эту проблему, мы разработали способ гидратации корневой системы путём чередования «приливов» и «отливов» (Рис. 4).

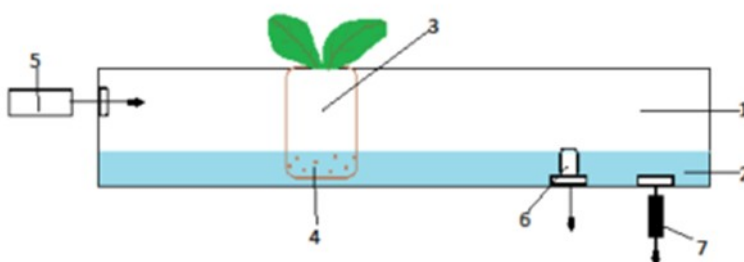


Рис. 4 Схема гидратации корней в режиме «приливов» и «отливов»: 1- контейнер с крышкой; 2 – питательный раствор; 3 – стаканчик с наполнителем; 4 – отверстия; 5 – насос для подачи раствора; 6 – трубка со сливом; 7 – кран слива.

Продолжительность «прилива» (6 мин./ч) позволяет свежей порции питательного раствора полностью смочить и наполнитель в стаканчике и корни, тогда как всё остальное время стаканчик и корневая масса находятся в воздушной среде. Так мы отрегулировали дыхание корневой системы и восстановили водоснабжение и питание всех остальных органов растения. В результате, состояние культивируемых растений салата заметно улучшилось (Рис. 3Б). При этих же условиях пшеница росла в три раза быстрее, чем салат и давала несколько генераций проростков (Рис. 5).

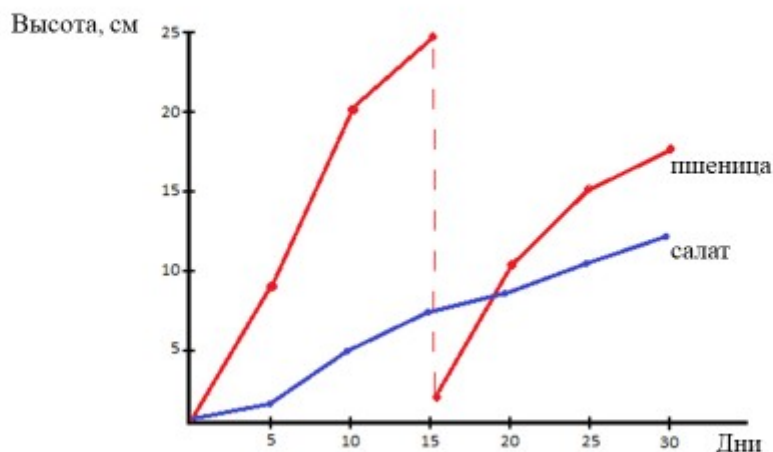


Рис. 5 Динамика роста гидропонных культур. Через каждые 15 дней проростки пшеницы срезали.

Поддержанию равновесного режима дыхания и гидратации корней дополнительно способствовал выбор наполнителя: аэрационные свойства вермикулита, а также хорошая продольная капиллярность и гигроскопичность перлита [6]. Чтобы предотвратить постепенное засорение шлангов гидропонной системы мелкими частичками перлита, мы уменьшили отверстия в стаканчиках для наполнителя, а также использовали дополнительные пористые фильтры на сливах. Так же хороший результат дало использование для загрузки наполнителя новых капроновых чайных пакетиков вместо марли.

4.3 СОВМЕЩЕНИЕ ГИДРОПОННОЙ УСТАНОВКИ С АКВАКУЛЬТУРОЙ

Для удешевления процесса выращивания растений мы применили простой подход: последовательно соединили гидропонную установку с мини-фермой для выращивания рыб африканских клариевых сомов *Clarias gariepinus* (Рис. 6).



Рис. 6 Рыбная мини-ферма по выращиванию африканских клариевых сомов *Clarias gariepinus* в условиях школьного биоэнергетического Центра.

Получилась замкнутая экосистема, в которой растения питаются отходами жизнедеятельности рыб (Рис. 7). При этом растения без вреда для себя очищают воду от веществ, опасных для здоровья животных – прежде всего, азотсодержащих соединений [2].

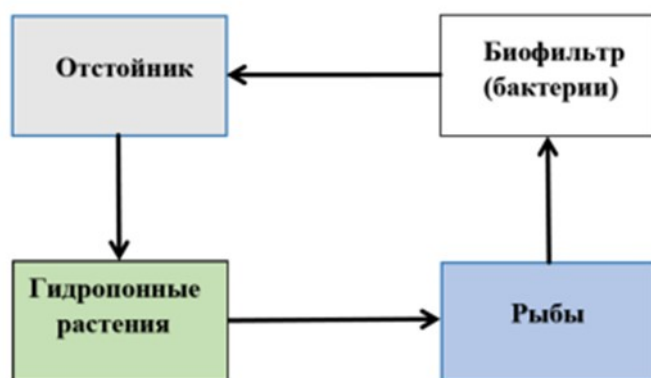


Рис. 7 Элементы школьной аквапонной системы.

Важным звеном этой экосистемы являются нитрифицирующие бактерии: размножаясь в аквариуме, а также на поверхности плавающих цилиндрических элементов, размещённых в отдельном субмодуле, они превращают особенно ядовитый для рыб аммиак ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) в нитриты (NO_2^-) и нитраты (NO_3^-). Ферменты бактерий-хемоавтотрофов катализируют окисление аммонийных и нитритных соединений ради получения энергии,

которая им нужна для синтеза органических веществ [2]. Дополнительная аэрация воды в биофилтре благоприятна не только для бактерий, но и для растений и рыб.

Включение в аквапонную систему отстойников помогло уменьшить засорение рабочих элементов установки взвешенными частицами корма и экскрементов.

4.4 КОНТРОЛЬ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ В АКВАПОННОЙ СИСТЕМЕ

Измерение содержания азотистых соединений в аквариуме до подключения гидропоники показало, что биофилтр на этапе превращения $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ в NO_2^- работает эффективно (в среде нами было зафиксировано лишь следовое количество аммиака), однако через три недели мы наблюдали увеличение концентрации нитрит-ионов вдвое по сравнению с нормой и концентрации нитрат-ионов - до верхней границы нормы (Таблица 1).

Таблица 1. Содержание азотистых веществ в рыбном субмодуле.

Продукты жизнедеятельности и сомов	Без гидропоники, мг/л		С гидропоникой, мг/л**	Норма, мг/л [НИЛПА]
	Замер 1	Замер 2*		
$\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$	0,054	0,054	0,054	до 0,5
NO_2^-	0,05	0,20	0,10	0,10
NO_3^-	10	20	5	до 20

*Замер 2 проводили через три недели после Замера 1

**Измерения проводили через месяц после начала проращивания семян растений в гидропонной установке

Нитраты – конечный продукт окисления аммиака нитрифицирующими бактериями; здесь азот проявляет максимально возможную степень окисления +5. Поэтому тенденция к его накоплению в замкнутой среде обитания рыб закономерна.

После подключения гидропонного модуля в аквариуме наблюдалось четырёхкратное уменьшение концентрации нитрат-ионов (Таблица 1). При этом гидропонная установка была загружена активно растущими растениями семейства Злаковые (3 контейнера), смесью злаковых и бобовых (1 контейнер), семейств Паслёновые (1 контейнер) и Крестоцветные (1 контейнер) (Рис. 8).

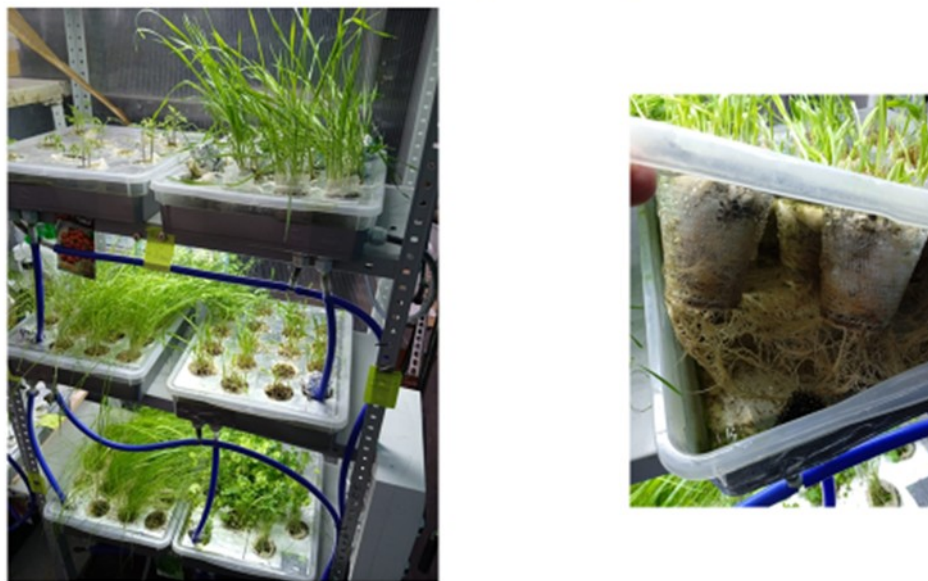


Рис. 8 Культивирование гидропонных растений в системе аквапоники.

Полученные данные подтверждают, что на момент проведения измерений, при pH 7.5-8.0, аквапонная система находилась в состоянии биологического равновесия. Такой диапазон pH оптимален для жизни сомов и нитрифицирующих бактерий и не на много выше, чем требуется для пшеницы и смеси рожь-вика [2].

4.5 ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИДРОПОННОЙ КУЛЬТУРЫ

Взвешивание молодых зелёных побегов пшеницы и смеси рожь-вика, полученных в результате первой и второй генераций показало, что продуктивность этих культур в аквапонной системе практически одинакова: при посеве 30 г семян в зимнее время, с одного лотка можно получить в месяц около 150 г зелёной массы (Таблица 2), что в пересчёте на всю установку составляет 900 г. При этом, выход вегетативной массы пшеницы

сопоставим с массой проростков, полученных при использовании универсального питательного раствора HelthLife.

Таблица 2. Выход вегетативной массы гидропонных культур из 30 г семян.

Питательный раствор	Культура	Сбор 1, г	Сбор 2, г	Всего, г/месяц
Аквапоника: аквариум*	Пшеница	92	70	162
	Рожь+вика	77	57	134
Healthlife	Пшеница	105	44	149

*Раствор отбирали из рыбного субмодуля

Молодые зелёные побеги пшеницы первой и второй генераций содержат комплекс биологически активных веществ – витаминов, минералов, ферментов и белков с незаменимыми аминокислотами и используются как сырьё для изготовления продуктов здорового питания человека и животных [5]. Зимой в условиях школьного биоэнергетического Комплекса ростки зерновых культур послужили полезной подкормкой для кроликов школьного живого уголка (Рис. 9).



Рис. 9 Свежие проростки пшеницы – отличная подкормка для кроликов школьного живого уголка зимой.

5. ВЫВОДЫ

- 1) В условиях школы впервые создана гидропонной установка с оригинальным способом подачи питательного раствора.
- 2) Экологичность установки обеспечивается за счёт использования природных субстратов и технологии аквапоники.
- 3) В аквапонной системе получено столько же вегетативной массы пшеницы, как и при использовании универсального питательного раствора HelthLife.
- 4) Созданная гидропонная установка может использоваться школьниками для выполнения проектных работ как в составе аквапоники, так и в автономном режиме.

6. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глобальный симпозиум по загрязнению почв : Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединённых наций. – Рим, 2018. – www.fao.org [сайт] (дата обращения: 05.06.2024) - Текст: электронный.
2. Забелина, А.В. Создание и использование аквапонной установки для выращивания африканского клариевого сома *Clarias gariepinus* : Выпускная квалификационная работа : Российский государственный гидрометеорологический университет. – Санкт-Петербург, 2020. – 61 с. – URL: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/rid_93e957d1405f44049d7f1ce9dacbddee.pdf (дата обращения: 10.09.2024). – Текст: электронный.
3. Загрязнение почвы человеком: основные источники и причины, пути решения проблемы : реферат. – РГПУ им. А.И.Герцена. – www.kp.ru [сайт] / Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций : Глобальный симпозиум по загрязнению почв. URL: <https://www.fao.org/about/meetings/> (дата обращения: 20.05.2024). – Текст: электронный.
4. Климент Аркадьевич Тимирязев: разгадка тайны фотосинтеза и создание первой гидропонной теплицы в России : Сити-фермер – канал о городском

растениеводстве. – 4 мая 2022 - URL: <https://dzen.ru/city-farmer.ru?ysclid=m7briewq5r838876200> (дата обращения: 23.05.2024). – Текст: электронный.

5. Промгидропоника : [сайт] : Разновидности гидропоники. – URL: <https://www.promgidroponica.ru/raznovidnostigidropniki> (дата обращения: 15.05.2024). – Текст: электронный.

6. Субстраты, применяемые в гидропонике : Уроки для начинающего. – Новосибирск – Copyright 2008-2023. – URL: <https://gidronom.ru> (дата обращения: 30.05.2024). – Текст: электронный.

7. Тейлор, Д., Грин, Н., Стаут, У., Биология : в 3 т. Т.1; под ред. Сопера, Р.; пер. 3-го англ. изд. – 14-е изд. – М. : Лаборатория знаний, 2022. - 454 с. : ил. - ISBN 978-5-93208-270-6.

8. Центр компетенций в области биотехнологии и возобновляемой энергетики. : Фонд президентских грантов : Поддержка проектов в области науки, образования, просвещения : Заявка 18-1-017952 от 27.03.2018. : президентскиегранты.рф [сайт] (дата обращения 12.01.2025) - Текст: электронный.