

Всероссийский конкурс юных исследователей
окружающей среды им. Б.В. Всесвятского

Секция: Юные исследователи

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ
СИНЕ-ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ**

Сведения об авторе:

Катяков Павел Константинович, МБОУ «СОШ № 47» г.
Чебоксары,
6 класс

Научный руководитель:

Котлова Вероника Юрьевна, учитель биологии
МБОУ «СОШ № 47»
г. Чебоксары

г. Чебоксары, 2025г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ	3
2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	4
2.1 Получение электрического тока с помощью гальванических пар	4
2.2 Получение электрического тока с помощью однокамерного топливного элемента.....	6
2.3 Получение электрического тока с помощью двухкамерного топливного элемента.....	8
2.4 Экономический расчет	11
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	12
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	13
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	14

1. ВВЕДЕНИЕ

В современном мире постоянно идет поиск новых устройств получения энергии, причем идет упор на разработку экологически чистых источников. Благодаря таким устройствам, как биотопливные элементы вырабатывается электрическая энергия за счет биохимических катализаторов в процессе окисления органических и некоторых неорганических веществ. Интенсивный рост численности населения и увеличение производственных предприятий привели к значительному накоплению локальных антропогенных отходов, в том числе и органических, большую часть которых можно использовать как источник энергии. Массовое размножение цианобактерий (сине-зеленых водорослей) на поверхности водоемов в летний период представляет собой еще один пример подобных источников, прочно укоренившийся в нашей повседневной реальности. И если с цианобактериями трудно бороться, то почему бы не разработать стратегию получения выгоды?

Так появилась тема нашего исследования «Разработка новых топливных элементов на основе сине-зеленых водорослей».

Актуальность исследования: возрастание необходимости в разработке новых способов получения энергии, основанных на возобновляемых источниках, а также возможность использования разработки для очистки сточных вод, утилизации загрязняющих веществ.

Целью исследования является изучение эффективных технологий использования сине-зеленых водорослей в качестве основы для получения электроэнергии.

Задачи:

- изучить и проанализировать научную информацию по теме;
- спроектировать и собрать небольшие и недорогие топливные элементы;
- провести исследования, которые покажут возможность эффективного использования фитомассы сине-зеленых водорослей: получение электроэнергии;
- провести анализ результатов испытаний и сделать вывод.

Объектом исследования является биомасса сине-зеленых водорослей (Cyanophyta) (научное название – цианобактерии Oxyphotobacteriobionta), собранная в период цветения акватории Чебоксарского водохранилища.

Предмет исследования: способы использования биомассы сине-зеленых водорослей для получения электроэнергии.

Практическая значимость: результат исследования может быть использован для получения небольших и недорогих топливных элементов, и оздоровления реки Волги: интенсивное использование водорослей устранит в ряде случаев вред, наносимый ими окружающей среде.

Новизна: в литературе не описывается использование сине-зеленых водорослей в качестве топливного элемента

Гипотеза исследования: предполагается, что эффективное использование фитомассы сине-зеленых водорослей для получения электроэнергии возможно.

Методы исследования: изучение научных исследований и публикаций, проведение практических опытов по изучению технологий получения электроэнергии на основе сине-зелёных водорослей.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Микробный топливный элемент — это биотехнологическое устройство, преобразующее энергию химических связей органических веществ в электричество посредством микроорганизмов. Также, как и топливный элемент микробный топливный элемент является теоретически весьма высокоэффективным устройством, но в отличие от топливных элементов, работающих на водороде или метаноле, могут использовать сточные воды городов, предприятий, что делает их весьма эффективными средствами не только для производства электрической энергии, но и защиты окружающей среды от загрязняющих веществ содержащихся в данных субстратах. [3]

2.1 Получение электрического тока с помощью гальванических пар

Цель: получение электрической энергии из фитомассы сине-зеленых водорослей за счет химических реакций

Для опыта применялись следующие реактивы и оборудование:

- реактивы: дистиллированная вода 1,2л, водопроводная вода 1,2л, речная вода с фитомассой сине-зеленых водорослей 1,2л;
- оборудование: пластиковые ёмкости объемом 200мл в количестве 6 штук, медные пластинки в количестве 6 штук площадью 32,5см² (размер одной пластинки 6,5х5см), оцинкованные пластинки в количестве 6 штук площадью 14см² (размер одной пластинки 7х2см), набор токопроводящих проводов длиной 30см с крокодилами, цифровой мультиметр, светодиоды зеленого (2,4В, 0001А) и красного спектра (2,4В, 0,06А).

Проведение опыта:

К каждой пластиковой ёмкости прикрепили электроды, различающихся величиной φ -потенциалов. Электрод с наименьшим значением φ -потенциала (оцинкованная пластина) является анодом, а электрод с наибольшим значением φ -потенциала (медная пластина) - катодом. Разность потенциала анода и катода называется напряжением – работой электрического тока по перемещению единичного электрического заряда.

Каждый элемент (анод и катод) были последовательно соединены токопроводящими проводами, это позволило увеличить напряжение, так как общее напряжение батареи равно сумме напряжений элементов. Для того, чтобы замкнуть цепь гальванического элемента установили цифровой мультиметр.

При замыкании внешней цепи (соединении цинковой и медной пластинок металлическим проводником) электроны начинают перемещаться с электрода с более отрицательным зарядом (цинкового) на электрод с более положительным зарядом (медный). В проводнике возникает электрический ток. В результате на цифровом мультиметре мы смогли наблюдать значения силы тока I, mA и напряжения U, V .

Первоначально в контрольном опыте в качестве электролита были использованы:

1) дистиллированная вода: $I=0,04 mA, U=4,97 V$.

2) вода из водопровода: $I=0,589 mA, U=5,69 V$.

Для того, чтобы наглядно убедиться в гальваническом элементе создается электрический ток мы присоединили к схеме светодиод. Для питания светодиода минимальное необходимое напряжение — около $2,4 V$, а исходя из эксперимента данное значение у нас имелось. Светодиод пропускает электрический ток только в одном направлении, поэтому при подключении мы внимательно следили за полярностью: к положительному контакту светодиода подключали медный электрод гальванического элемента (+), к отрицательному — оцинкованный (-) электрод.

При использовании в качестве электролита водопроводной воды у нас загорелся один светодиод зеленого спектра, но горел он тускло.

Следующим тестовым этапом мы заменили контрольный электролит на речную воду с фитомассой из сине-зеленых водорослей. И повторили эксперимент. После замыкания цепи мы получили следующие данные: $I=1,17 mA$ ($I_{\text{кратковременное}}=7,14 mA$), $U=5,74 V$. Значения силы тока в тестовом этапе с электролитом из фитомассы сине-зеленых водорослей в 2 раза превысило значение силы тока в контрольном этапе при электролите из водопроводной воды.

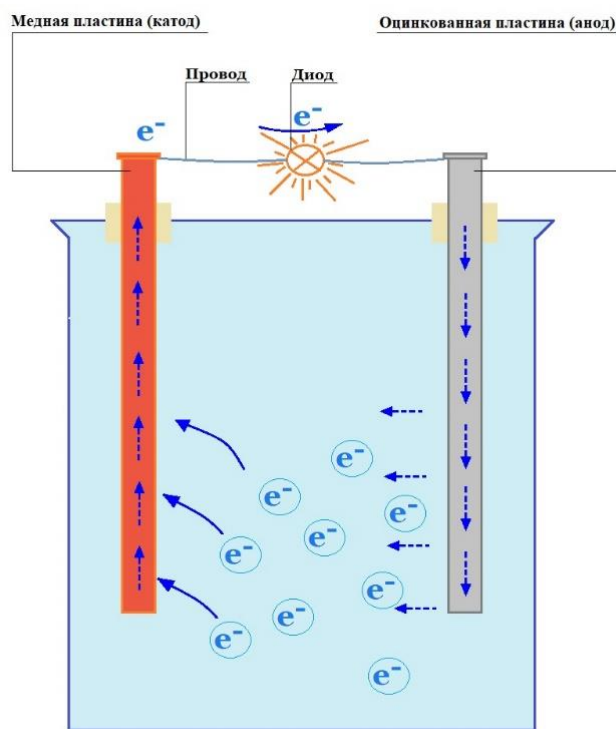


Рис.1 Получение электрического тока с помощью гальванических пар

И в этот раз мы смогли подключить к гальваническому элементу по 3 светодиода красного спектра и по 3 светодиода зеленого спектра. Свечение светодиодов было очень ярким. За полученной установкой, с подключенными светодиодами, мы оставили для дальнейшего наблюдения. В ходе 5 дневного наблюдения было зафиксировано непрерывное свечение светодиодов.

Вывод:

Применение фитомассы сине-зеленых водорослей в качестве электролита в гальванических элементах продемонстрировало значительное превосходство над другими вариантами при прочих равных условиях. Измеренная сила тока в тестовом опыте в 2 раза больше, чем в контрольном опыте с водопроводной водой и в 29 раз больше, чем при использовании в качестве электролита дистиллированной воды. Полученные результаты позволяют успешно применять данную технологию для питания светодиодов, обеспечивая их автономную работу до 5 дней.

2.2 Получение электрического тока с помощью однокамерного топливного элемента

Цель: получение электрической энергии за счет разложения фитомассы сине-зеленых водорослей.

Для опыта применялись следующие реактивы и оборудование:

- реактивы: дистиллированная вода 1,5л, водопроводная вода 1,5л, речная вода с фитомассой сине-зеленых водорослей 1,5л;
- оборудование: пластиковая ёмкость объемом 1500мл, углеродный войлок, графитовый стержень длиной 8см, оцинкованный шуруп длиной 18см, набор токопроводящих проводов длиной 30см с крокодилами, резиновые держатели с прорезями, цифровой мультиметр.

Для хранения органической среды (фитомассы сине-зеленых водорослей) мы выбрали пластиковую ёмкость с крышкой. В крышку ёмкости вставили резиновые держатели с прорезями для надёжной фиксации и возможности регулировки положения электродов. На дно ёмкости мы уложили более плотные сине-зеленые водоросли и углеродный войлок, который обладает свойствами необходимыми для топливного элемента: он обладает высокой электропроводностью и обеспечивает эффективную прямую передачу зарядов и имеет большую площадь поверхности, что позволяет закрепить большое количество электрогенной микрофлоры. В роли электродов использовали оцинкованный болт (анод) и графитовый стержень (катод), которые подсоединили с помощью проводов к мультиметру. Анод погрузили в углеродистый войлок, в котором должны разлагаться сине-зеленые водоросли, выделяя протоны, электроны и углекислый газ. Электроны по аноду должны переходить в цепь и по цепи попадать в катод, который расположен в верхних слоях элемента. Верхний слой в установке - кислородосодержащий- это

речная вода с фитомассой сине-зеленых водорослей, которая должна фотосинтезировать и выделять кислород. В итоге электроны должны объединиться с кислородом и поднявшимися протонами. Процесс должен сопровождаться выделением воды, в то время как по сети должен появиться электрический ток.

В контрольном опыте были использованы:

- 1) дистиллированная вода: $I=0,041 \text{ mA}$, $U=0,765 \text{ V}$.
- 2) вода из водопровода: $I=0,488 \text{ mA}$, $U=0,856 \text{ V}$.

Первоначально в тестовом этапе с фитомассой сине-зеленых водорослей замер показателей показал следующие результаты: $I=0,517 \text{ mA}$, $U=0,992 \text{ V}$.

После настаивания в течение трёх дней в системе сложилась экосистема, которую можно поделить на две части – нижние слои, представленные сине-зелеными водорослями, графитовым войлоком и водой – представляли собой бескислородную среду, место обитания бактерий различных видов и верхние кислородсодержащие за счёт жизнедеятельности водорослей слои. Замер показал заметный рост результатов: $I=0,85 \text{ mA}$, $U=1,072 \text{ V}$.

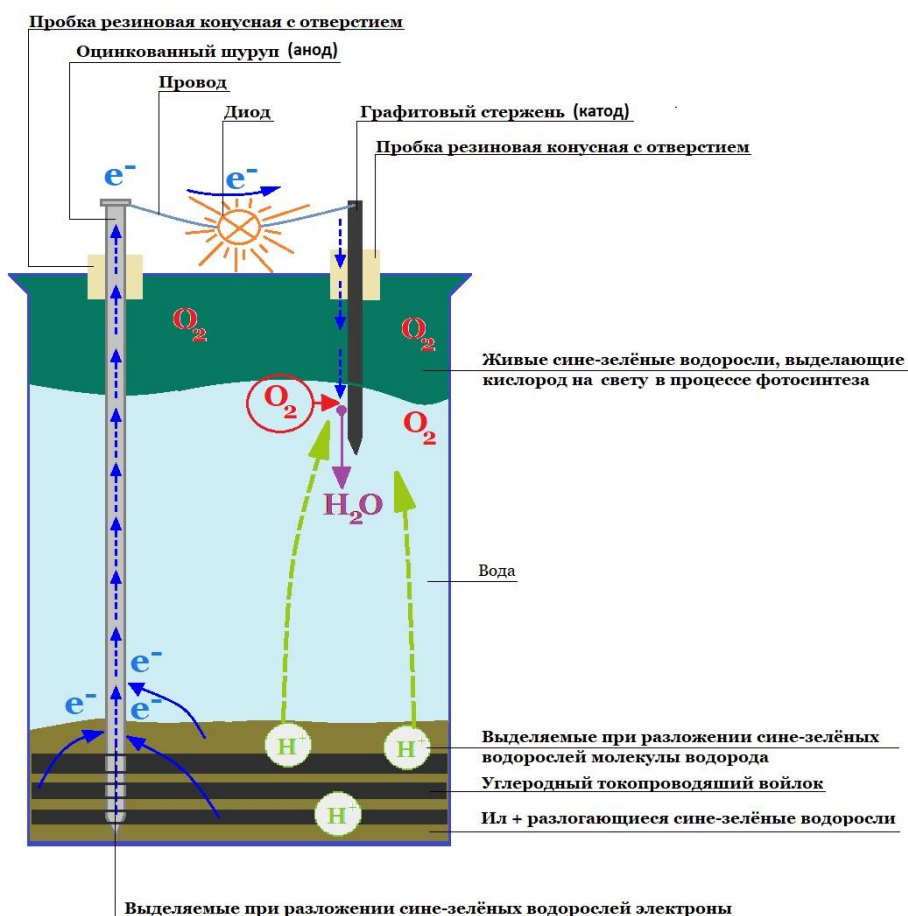
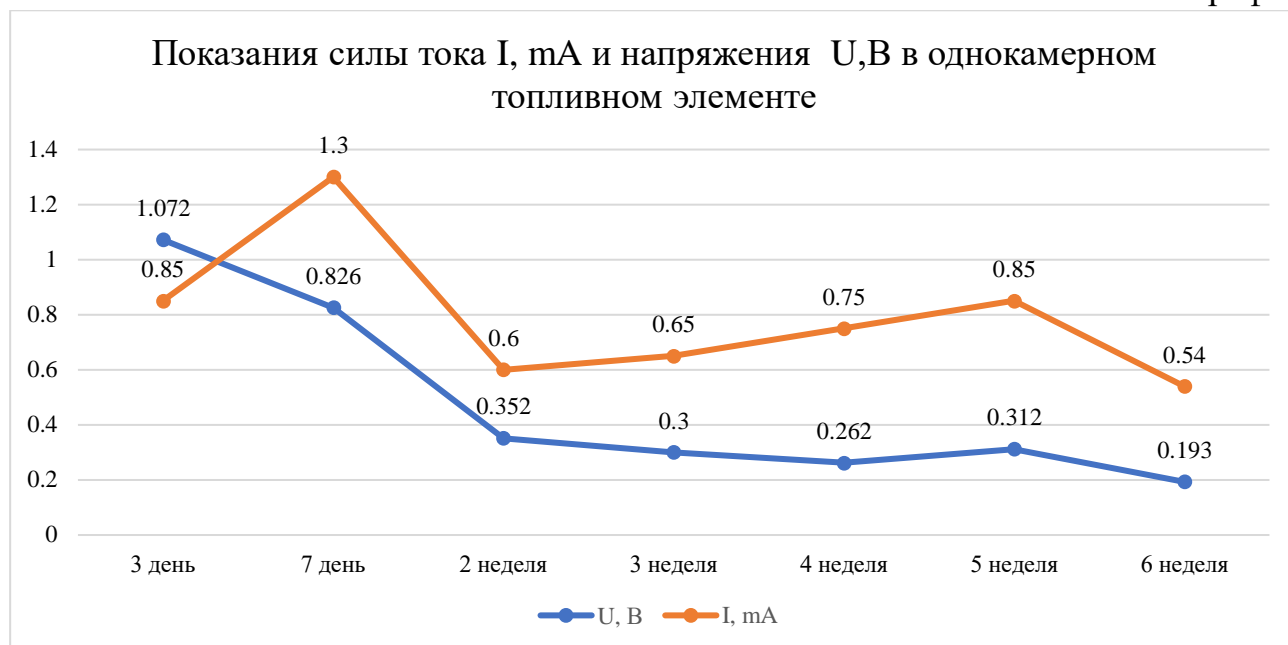


Рис.2 Получение электрического тока с помощью однокамерного топливного элемента

Всего наблюдение за однокамерным топливным элементом проходило в течении 45 дней. Результаты представлены в виде графика.

График 1



Для подключения светодиода в системе не хватило величины напряжения в сети (минимально необходимое значение напряжения — около 2,4 В).

Вывод:

Мы спроектировали и изготовили собственный вариант однокамерного топливного элемента, способного отдавать электроэнергию, он прост в эксплуатации, но требует частой смены окислительной среды (от трех до семи дней). Для получения эффекта необходимо собирать конструкцию из нескольких систем.

2.3 Получение электрического тока с помощью двухкамерного топливного элемента

Цель: получение электрической энергии из фитомассы сине-зеленых водорослей за счет химических реакций

Для опыта применялись следующие реактивы и оборудование:

- реактивы: дистиллированная вода 2,7л, водопроводная вода 1,8л, речная вода с фитомассой сине-зеленых водорослей 1,8л; сода, соль.
- оборудование: 2 пластиковые ёмкости объемом 900мл, набор токопроводящих проводов длиной 30см с крокодилами, 2 резиновых держателя с прорезями, 2 обратных клапана, 2 графитовых стержня, протонообменная мембрана, цифровой мультиметр.

Анодные и катодные камеры были собраны из двух пластиковых ёмкостей объемом 900мл. В каждой камере были просверлены круглые отверстия диаметром 3см. Между камерами, у отверстий мы установили протонообменную мембрану, через которую будут проходить протоны водорода, и прочно скрепили ёмкости термоклеем. Крышки ёмкостей также были прочно склеены термоклеем. В верхнюю часть ёмкости вставили резиновые держатели с прорезями для надёжной фиксации и возможности регулировки положения электродов, а также обратные клапаны для долива.

Топливный элемент с протонообменной мембраной преобразует химическую энергию, высвобождающуюся в ходе электрохимической реакции водорода и кислорода, в электрическую энергию.

Поток водорода поступает на анодную сторону микроэлектромеханической системы. На анодной стороне он каталитически расщепляется на протоны и электроны. Образовавшиеся протоны проникают через протонообменную мембрану на сторону катода. Электроны перемещаются по внешней цепи нагрузки на катодную сторону системы, создавая токовый выход топливного элемента. Тем временем на катодную сторону системы подается поток кислорода. На катодной стороне молекулы кислорода вступают в реакцию с протонами, проникающими через мембрану из полимерного электролита, и электронами, поступающими по внешней цепи, образуя молекулы воды, тем самым замыкая цепь. Поток электронов через внешнюю нагрузку генерирует электрический ток.

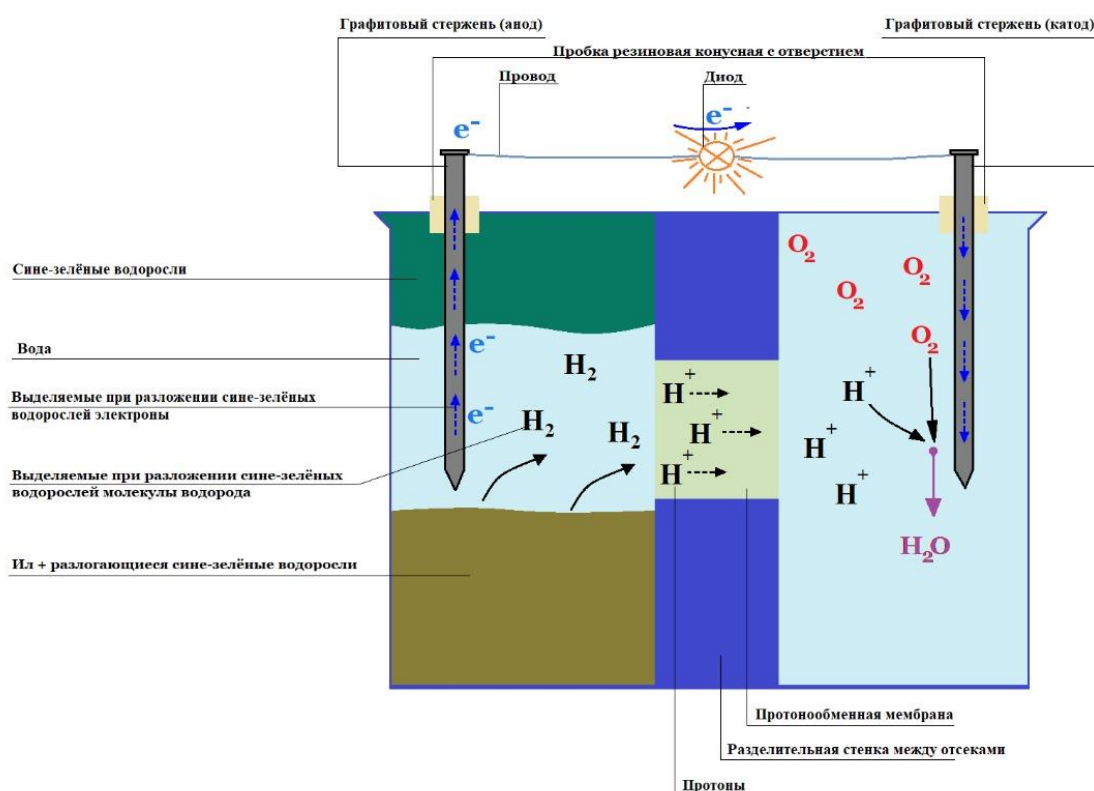


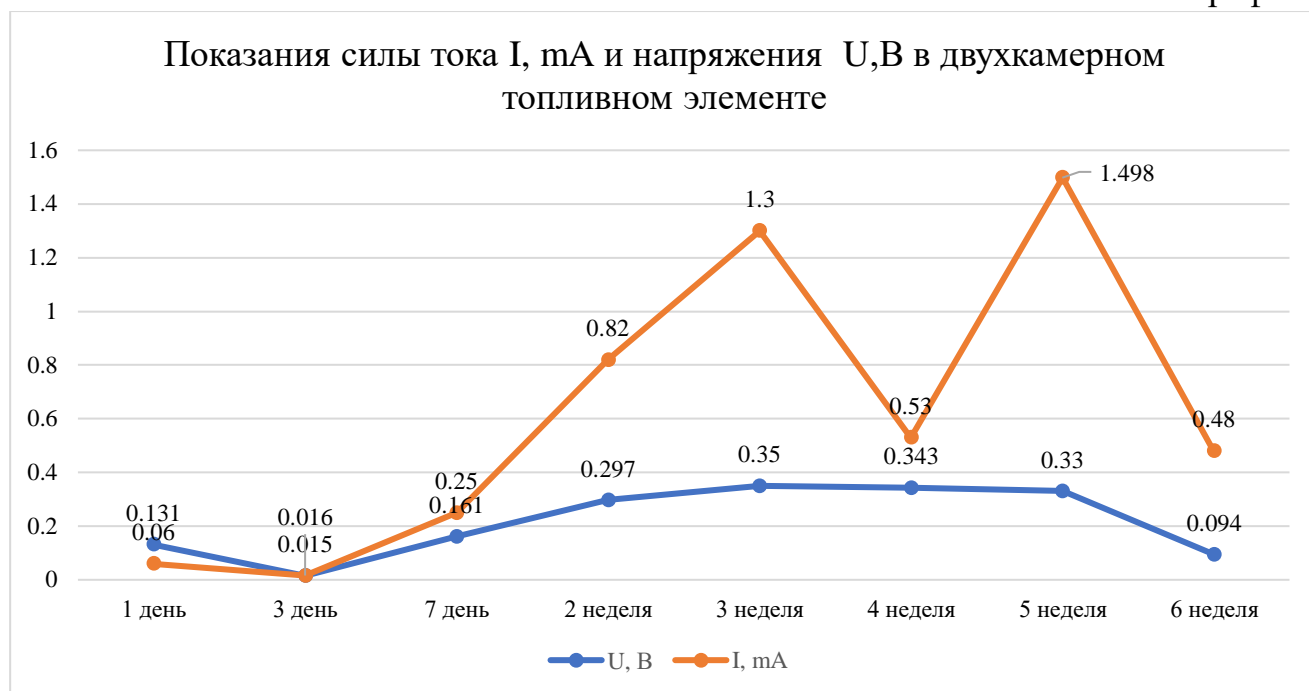
Рис.3 Получение электрического тока с помощью двухкамерного топливного элемента

Первоначально в контрольном опыте были использованы:

- 1) дистиллированная вода в обеих камерах системы: $I < 0,001 \text{ mA}$, $U = 0,04 - 0,07 \text{ V}$.
- 2) 1 камера – дистиллированная вода, 2 камера – водопроводная вода: $I < 0,001 \text{ mA}$, $U = 0,006 - 0,009 \text{ V}$.

В тестовом этапе мы добавили фитомассу сине-зеленых водорослей в анодную камеру и водопроводную воду с добавлением соли и соды в катодную камеру. Первоначально система показала следующие результаты: $I = 0,03 \text{ mA}$, $U = 0,85 \text{ V}$. Всего наблюдение за однокамерным топливным элементом проходило в течении 45 дней. Результаты представлены в виде графика.

График 2






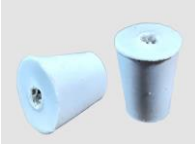


Как видно из графика, напряжение в системе было равномерным, а показания силы тока резко поднимались и опускались. Показания силы тока поднимались, когда топливный элемент подвергался механическому воздействию. Для подключения светодиода в системе не хватило величины напряжения в сети (минимально необходимое значение напряжения — около 2,4 В).

Вывод:

Мы спроектировали и изготовили собственный вариант двухкамерного топливного элемента, способного отдавать электроэнергию, он прост в эксплуатации, не требует смены веществ. Для получения эффекта необходимо собирать конструкцию из нескольких систем.

2.4 Экономический расчет

Мы решили подсчитать себестоимость топливных элементов для подключения одного светодиода зеленого спектра (2,4В, 0001А).

Поз.	Наименование	Закупочная стоимость общая, руб.	Стоимость оборудования для проведения опыта, руб.	Эскиз	Комплектация
Опыт №1. Гальваническая пара					
1	Рулон медного листа, металлическая фольга 2000 мм x 50 мм* 0,1 мм	277,00	27,01		3 пластины по 32,5см ²
2	Лента монтажная (крепежная) 0,5x20мм, L=50 метров оцинкованная	926,00	15,56		3 пластины по 14см ²
3	Набор проводов с крокодилами 20шт. разных цветов	248,00	49,60		4 провода
4	Пластиковые ёмкости объёмом 200мл	6,00	6,00		3 ёмкости
ИТОГО			98,16		
Опыт №2. Однокамерный топливный элемент					
1	Пластиковые ёмкости объёмом 1500мл	240,00	240,00		3 ёмкостей
2	Пробка резиновая конусная пищевая №4 с отверстием 20шт	345,00	103,50		6 штук
3	Углеродный войлок 1*1м	162,00	9,72		6 листов по 100см ²
4	Стержень микрографический, 12 грифелей	203,00	50,75		3 штуки

5	Оцинкованный шуруп, 5 шт	74,00	44,40		3 штуки
6	Набор проводов с крокодилами 20шт. разных цветов	248,00	49,60		4 провода
ИТОГО			497,97		
Опыт №3. Двухкамерный топливный элемент					
1	Пластиковые ёмкости объёмом 900мл	560,00	560,00		14 ёмкостей
2	Набор проводов с крокодилами 20шт. разных цветов	248,00	99,20		8 проводов
3	Пробка резиновая конусная пищевая №4 с отверстием 20шт	345,00	241,50		14 штук
4	Обратный клапан аквариумный зелёный бочонком 20 штук	280,00	196,00		14 штук
5	Стержень микрографический, 24 грифеля	406,00	236,83		14 штуки
6	Протонообменная мембрана DuPont N117 50*50мм	1605,00	11235,00		7 штук
ИТОГО			12568,53		

Вывод: для подключения одного светодиода зеленого спектра при использовании гальванической пары необходимо затратить 98,16 руб., при использовании однокамерного топливного элемента - 497,97 руб., двухкамерного топливного элемента -12 568,53 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, мы добились той цели, которую ставили перед собой в начале исследования – мы изучили эффективные технологии использования сине-зеленых водорослей в качестве основы для получения электроэнергии.

Таким образом, мы полностью подтвердили выдвинутую нами в начале исследования **гипотезу** о том, что эффективное использование фитомассы сине-зеленых водорослей для получения электроэнергии возможно.

На основании практической части мы сделали **вывод**, что результат исследования может быть использован для получения небольших и недорогих топливных элементов, и оздоровления реки Волги: интенсивное использование водорослей устранит в ряде случаев вред, наносимый ими окружающей среде.

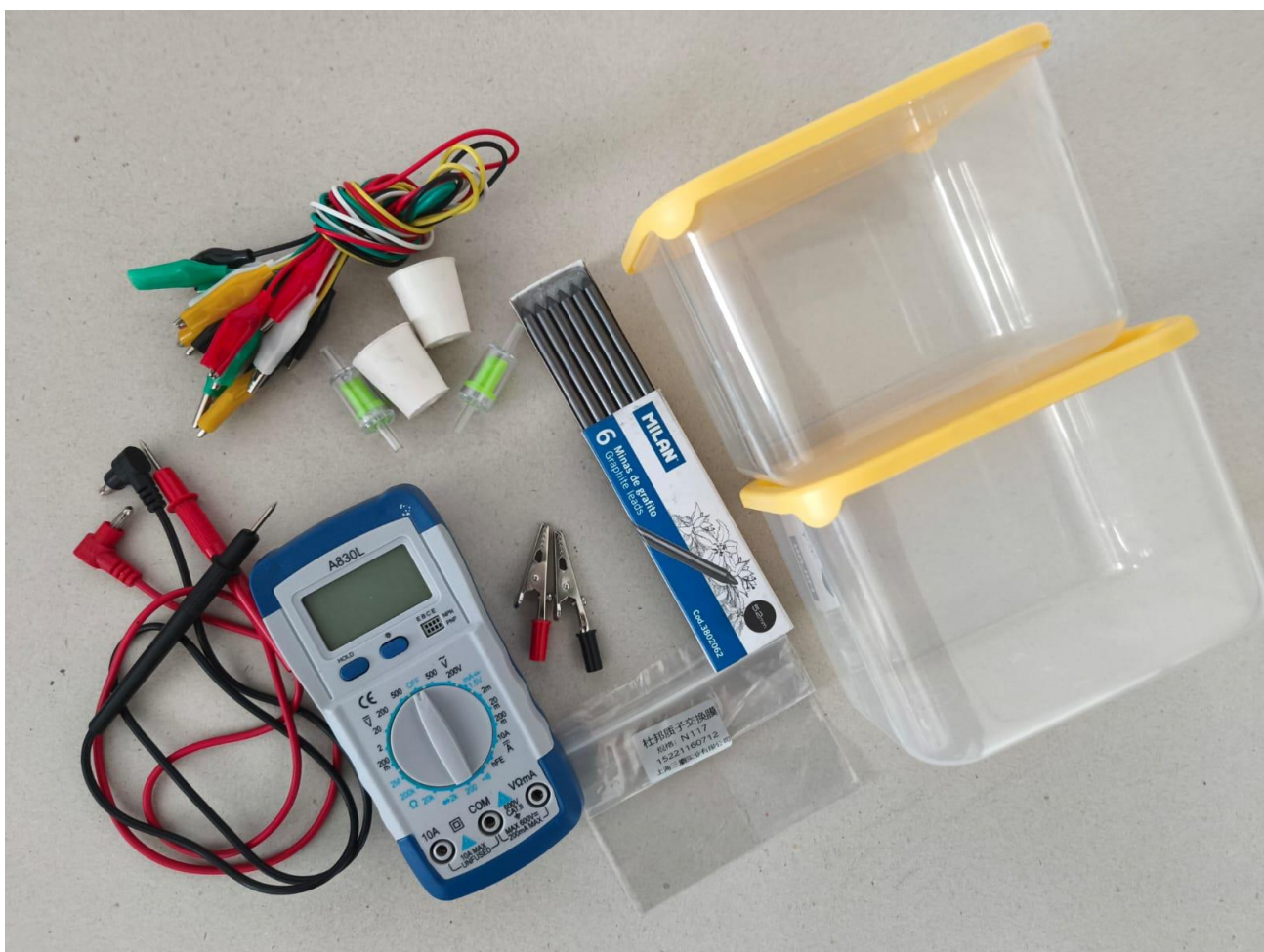
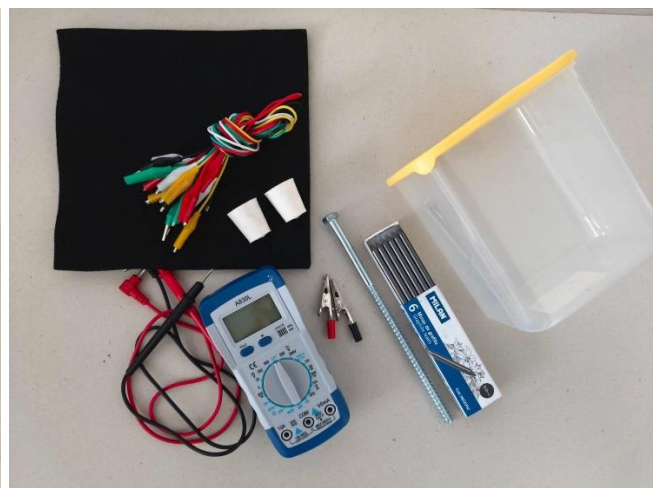
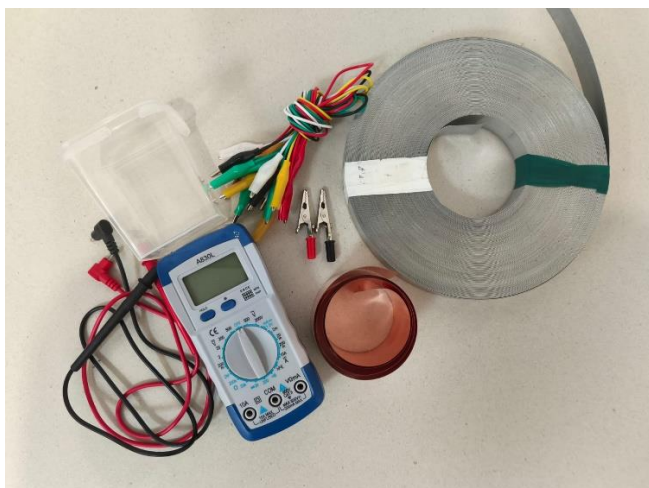
Все полученные отходы от наших опытов можно использовать в качестве удобрений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цианобактерии и их метаболиты/ Поляк М.С., Сухаревич В.И. - Санкт-Петербург: Издательство «Нестор-История», 2012.-328с.: ил.
2. www.school-science.ru. Катяков П.К. Эффективное использование сине-зеленых водорослей
3. https://ru.wikipedia.org/wiki/Микробные_топливные_элементы - интернет-энциклопедия

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Оборудование для проведения опытов



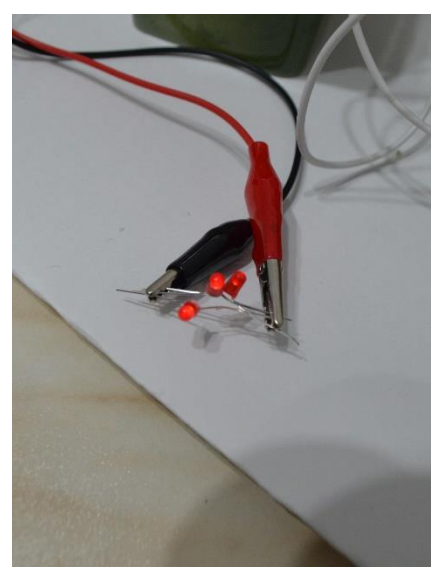
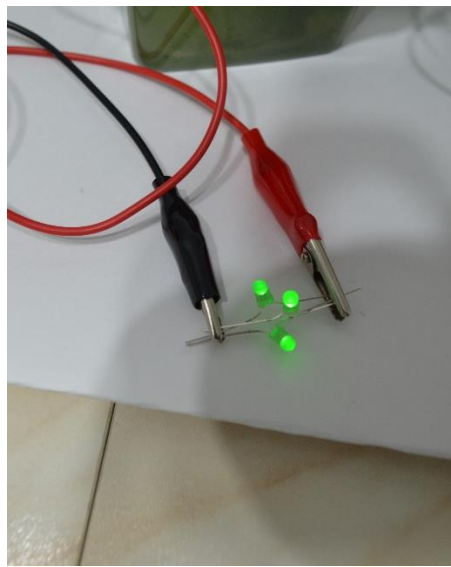
Приложение 2. Сбор сине-зелёных водорослей



Приложение 3. Получение электрического тока с помощью гальванических пар









Приложение 4. Получение электрического тока с однокамерного топливного элемента







Приложение 5. Получение электрического тока с двухкамерного топливного элемента

