

**Исследование влияния концентрации и свойств вещества на характеристики электрического тока в химических источниках питания.**

**Платонов А.А.**

Физика

7 класс, МОУ Быковская СОШ №14, рабочий поселок Быково, г. Раменское, Раменского района, Московской области

Научный руководитель: Макаренко Г.Ю., учитель химии, к.т.н.

**Введение.**

Сегодня очень большое место в нашей жизни занимает электричество. Я уже четвертый год занимаюсь в инженерном кружке, в частности электроникой и электрическими цепями и меня очень интересуют вопросы получения электрического тока. На занятиях кружка мы проводили эксперимент с медно-цинковым источником тока. Меня очень удивило, что от разных пластинок и уксуса зажегся светодиод.

Два года назад я делал проект, посвященный использованию альтернативных источников энергии и проводил сравнение разных методов получения электроэнергии, которые можно применять в домашних условиях. Я экспериментировал с солнечными батареями, ветрогенератором и химическим источником тока. В этом проекте в химическом источнике тока в качестве электролита я использовал столовый уксус – 9% раствор уксусной кислоты. Тогда же у меня возник вопрос – подходят ли еще какие-нибудь вещества для получения электрической энергии? И зависит ли вырабатываемый ток от вида электролита и концентрации электролитического вещества?

Целями моей научно-исследовательской работы можно назвать изучение характеристик электрического тока, который можно получить при использовании различных электролитов и различных концентраций этих электролитов. И создать источник света (фонарик), который может достаточно долго работать автономно и безопасно, например, в условиях похода или при отключении электроэнергии.

Для достижения этих целей, я поставил следующие задачи:

- провести анализ информации о химических источниках тока и веществах, способных давать электрический ток;
- изучить принцип работы химических источников тока и выбрать вещества и их концентрации, которые дали бы наилучшие результаты;
- сконструировать установку, с помощью которой можно получать электрический ток, а также выбрать измерительные приборы, с помощью которых можно осуществлять замеры в различных растворах электролитов;
- провести измерения в растворах различных электролитов и при различных концентрациях и на основе измерений и расчетов выявить самое эффективное вещество и его концентрацию, дающую наибольшее количество энергии для работы двух или трех светодиодов;
- сконструировать цепь, включающую источник энергии и светодиоды, питающийся от этого источника энергии, заключить их в оболочку, выполненную на 3D принтере для удобства использования (фонарик), который можно использовать при отсутствии электричества (например, в походе или при перебоях в электроснабжении).

В качестве объектов исследования можно указать химический способ выработки электричества. Предмет исследования – определение наиболее эффективного (дающего больше энергии) вещества и его концентрации в качестве альтернативного источника энергии.

### **Краткие теоретические сведения о химических источниках тока.**

Первый химический источник тока был изобретён итальянским учёным Алессандро Вольта в 1800 году [3]. Это был сосуд с серной кислотой, туда были опущены цинковая и медная пластинки, с проволочными электродами, по которым выводился электрический ток. Но от одного сосуда электрический ток был довольно слабым. Поэтому учёный собрал батарею из

этих элементов, которая впоследствии была названа «вольтовым столбом». Это изобретение использовали и другие учёные в своих исследованиях. Так, например, в 1802 году русский академик В.В. Петров сконструировал вольтов столб из 2100 элементов для получения электрической дуги.

В 1865 году французский химик Ж. Лекланше предложил свой гальванический элемент, состоявший из цинкового стаканчика, заполненного водным раствором хлористого аммония или другой хлористой соли, в который был помещён агломерат из оксида марганца (IV)  $MnO_2$  в качестве деполяризатора с угольным токоотводом. Модификация этой конструкции используется до сих пор в солевых батарейках для различных бытовых устройств [2].

Самый старый, поныне работающий гальванический элемент — серебряно-цинковая батарея, изготовленная в Лондоне в 1840 году. Подключенный к двум таким последовательно соединенным батареям звонок работает и по сей день в Кларендонской лаборатории Оксфорда.

### **Принцип действия**

Во всех химических источниках тока имеются два электрода: КАТОД – положительно заряженный электрод и АНОД – отрицательно заряженный электрод. Эти электроды расположены в среде, которая называется электролит. Между электродами устанавливается разность потенциалов — электродвижущая сила. Таким образом, поток отрицательно заряженных электронов по цепи идет от анода к катоду, то есть от отрицательного электрода (отрицательного полюса химического источника тока) к положительному [4, 5].

В современных химических источниках тока используются:

в качестве материала анода — свинец Pb, кадмий Cd, цинк Zn и другие активные металлы;

в качестве материала катода — медь Cu и другие менее активные металлы; оксид свинца(IV)  $PbO_2$ , оксид марганца (IV)  $MnO_2$  и другие;

в качестве электролита — растворы щелочей, кислот или солей [5, 6].

В моем проекте я буду рассматривать самый доступный медно-цинковый элемент, состоящий из медной и цинковой пластин, погруженных в электролит. В качестве катода в этом химическом элементе выступает медь, а в качестве анода – цинк.

**Краткие теоретические сведения о процессах, происходящих в растворах электролитов.**

Электролит — это вещество, расплав или раствор которого проводит электрический ток. Примерами электролитов могут служить кислоты, соли и основания (гидроксиды) и некоторые кристаллы (например, иодид серебра, диоксид циркония). Большинство органических соединений не проводят электрический ток и являются неэлектролитами.

Для объяснения свойств растворов электролитов шведским ученым С. Аррениусом в 1887 г была предложена теория электролитической диссоциации. Молекулы растворителя, в частности молекулы воды, полярны, то есть имеют на противоположных концах положительный и отрицательный полюса. При попадании вещества-электролита в окружение данных молекул, между ними и молекулами воды возникает слабое притяжение и молекулы воды как бы «отрывают» атомы или группы атомов. При этом в толще растворителя образуются положительно и отрицательно заряженные ионы. Само данное явление распада вещества на ионы под воздействием растворителя называется электролитической диссоциацией.

При этом не все молекулы вещества могут распадаться на ионы. И даже при распаде на ионы параллельно в растворе могут идти процессы соединения противоположно заряженных ионов с образованием нейтральных молекул, которые не будут участвовать в образовании электрического тока. Поэтому, в зависимости от числа распавшихся ионов, электролиты подразделяются на сильные, слабые и средней силы.

Сильные электролиты — это электролиты, которые диссоциируют полностью. Их сила не зависит от концентрации раствора. Сюда относятся подавляющее большинство неорганических растворимых солей, щелочи, а

также некоторые сильные кислоты, такие как соляная  $\text{HCl}$ , азотная  $\text{HNO}_3$ , серная  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Слабые электролиты — это электролиты, которые диссоциируют не полностью. Количество образованных ионов в растворах таких электролитов сильно уменьшается с ростом концентрации. То есть, чем больше концентрация раствора – тем меньше ионов будет образовываться. К ним относят воду, ряд слабых кислот, таких как плавиковая  $\text{HF}$ , органические кислоты (уксусная, лимонная и т.д.).

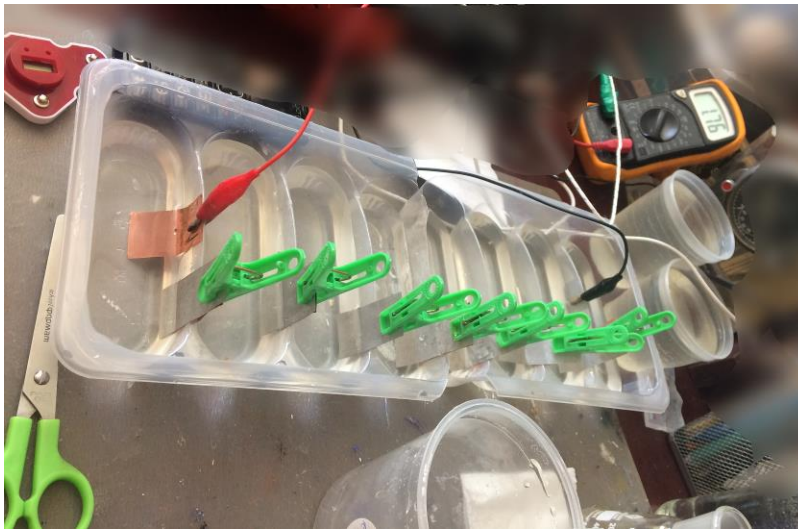
### **Проведение экспериментальной части.**

Для того чтобы проанализировать характеристики получаемого электрического тока при использовании различных растворов электролитов, я воспользовался Электронным конструктором «ЗНАТОК» с приложением «Альтернативные источники энергии». Содержащиеся в этом наборе детали позволяли собрать гальванический элемент на 4 емкости.

Таким образом, первоначально моя установка химического источника тока включала:

- 4 емкости для электролита;
- по 4 пластины – медных и цинковых;
- бельевые прищепки для обеспечения контакта пластин;
- 2 провода с зажимами типа «крокодил» для соединения концевых пластин с потребителем электрического тока;
- потребитель тока – светодиод или часы.

Но такая установка давала слишком мало энергии даже для работы одного светодиода, поэтому я увеличил установку до 8 емкостей и соответственно 8 пар медно-цинковых пластин. Конструкция установки собрана из подручных материалов. Установка с 8 емкостями представлена на рисунке 1.



*Рис. 1. Установка гальванического элемента с 8 емкостями.*

Для проведения исследования мною были выбраны следующие вещества:

- уксусная кислота;
- лимонная кислота;
- серная кислота  $H_2SO_4$ ;
- поваренная соль  $NaCl$ ;
- карбонат калия  $K_2CO_3$ ;
- калиевая щелочь  $KOH$ ;
- сахар (для подтверждения того, что не все вещества являются электролитами).

Для выявления значимых различий в характеристиках электрического тока я проверял следующие концентрации растворов (данные указаны для приготовления 100 г раствора):

- 20% – 20 г вещества и 80 мл воды;
- 10% – 10 г вещества и 90 мл воды;
- 5% – 5 г вещества и 95 мл воды;
- 1% – 1 г вещества и 99 мл воды.

В емкости заливалось суммарно примерно 800 мл раствора. Для приготовления растворов использовалась дистиллированная вода и чистые вещества, в случае с уксусной кислотой – 6% и 70% растворы.

Измерения осуществлялись:

- объем жидкостей – мерный цилиндр;
- масса веществ – лабораторные электронные весы Нір;
- параметры тока – цифровые мультиметры DT-838 и MAS830 (один из мультиметров подключался к установке стационарно, таким образом появлялась возможность следить за изменением напряжение (В) в течение времени).

#### **Данные полученные при проведении исследования.**

Сводные данные, полученные в результате исследований, представлены в таблицах 1-2. Диаграммы, иллюстрирующие данные по изменению силы тока и напряжению с нагрузкой в виде светодиода представлены на рисунках 2-3.

Так как некоторые показания цифровых мультиметров изменялись с течением времени (особенно силы тока) достаточно быстро, то в таблицах указаны средние значения.

Комментарии к таблице:

- Сопротивление электронных часов большое, поэтому сила тока при включении часов в цепь резко падала;
- В растворах 20% и 10% лимонной кислоты светодиод и дисплей часов светились очень слабо, почти незаметно;
- В 20% растворе лимонной кислоты светодиод стал светиться только после примерно 1-2 минут ожидания; показания вольтметра сразу после наполнения емкостей 0,6 В, после 2 мин ожидания 1,72 В;
- В растворе сахара ни одной из концентраций светодиод так и не загорелся, все показания приборов были равны 0.

- В растворе поваренной соли, карбоната калия и калиевой щелочи светодиод загорался очень ярко; по внешним признакам (состоянию дисплея) у часов был переизбыток энергии;
- В растворе карбоната калия и калиевой щелочи процесс около анода шел очень бурно, выделялись пузырьки газа, в случае карбоната калия – раствор достаточно активно мутнел вследствие того, что образовывалось нерастворимое вещество;
- В растворе калиевой щелочи реакции шли с бурным выделением газов, которые затрудняли дыхание, поэтому эту реакцию необходимо было проводить при открытых окнах (хорошей вентиляции);
- Реакция с серной кислотой, особенно 20% шла бурно;
- После экспериментов с растворами карбоната калия, калиевой щелочи и серной кислоты цинковые пластины сильно истончились и в них появились небольшие отверстия, они стали выглядеть как решето;
- Так как на протяжении всех опытов использовались одни и те же пластины, которые со временем получали новые отверстия, следовательно, уменьшалась их площадь поверхности, поэтому неизбежны погрешности моих измерений. Если провести аналогичную серию опытов, применяя каждый раз новую партию пластин, результаты будут, я думаю, немного другими;
- В растворах, которые давали наибольшее количество энергии, я подсоединял 2 и 3 светодиода, все они светились нормально, что дает основания предполагать, что собранный фонарик будет работать отлично;
- Емкости с 10% раствором уксусной кислоты я оставлял с нагрузкой в виде одного светодиода на сутки – напряжение при этом снижалось незначительно на 0,01-0,02 В и также незначительно изменялась сила тока; при этом светодиод продолжал светиться. Следовательно, у



собранного автономного фонарика может быть достаточно большой ресурс.

Таблица 1. Сравнительные данные напряжения (В) с включенным в цепь светодиодом при исследовании различных электролитов в зависимости от концентрации растворов.

Концентрация, %	Параметры электрического тока с включенным в цепь светодиодом, напряжение, В					
	Уксусная кислота	Лимонная кислота	Серная кислота	Поваренная соль	Карбонат калия	Калиевая щелочь
20	1,71	0,6	1,79	1,81	1,90	1,82
10	1,79	1,63	1,84	1,82	1,95	1,79
5	1,77	1,80	1,84	1,84	1,89	2,20
1	1,75	1,69	1,82	1,79	1,84	2,05

Таблица 2. Сравнительные данные силы тока (мА) с включенным в цепь светодиодом при исследовании различных электролитов в зависимости от концентрации растворов.

Концентрация, %	Параметры электрического тока с включенным в цепь светодиодом, сила тока, мА					
	Уксусная кислота	Лимонная кислота	Серная кислота	Поваренная соль	Карбонат калия	Калиевая щелочь
20	0,068	0,001	0,6	0,410	1,90	6,80
10	0,28	0,006	1,45	0,7	2,20	4,80
5	0,152	0,08	0,75	0,8	2,05	5,65
1	0,150	0,085	0,5	0,414	2,08	5,0

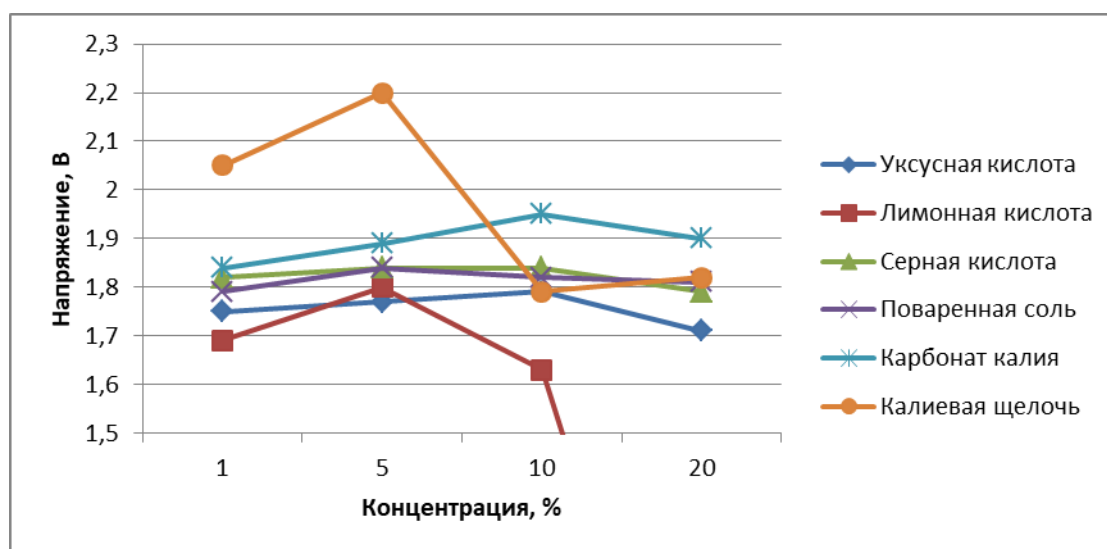
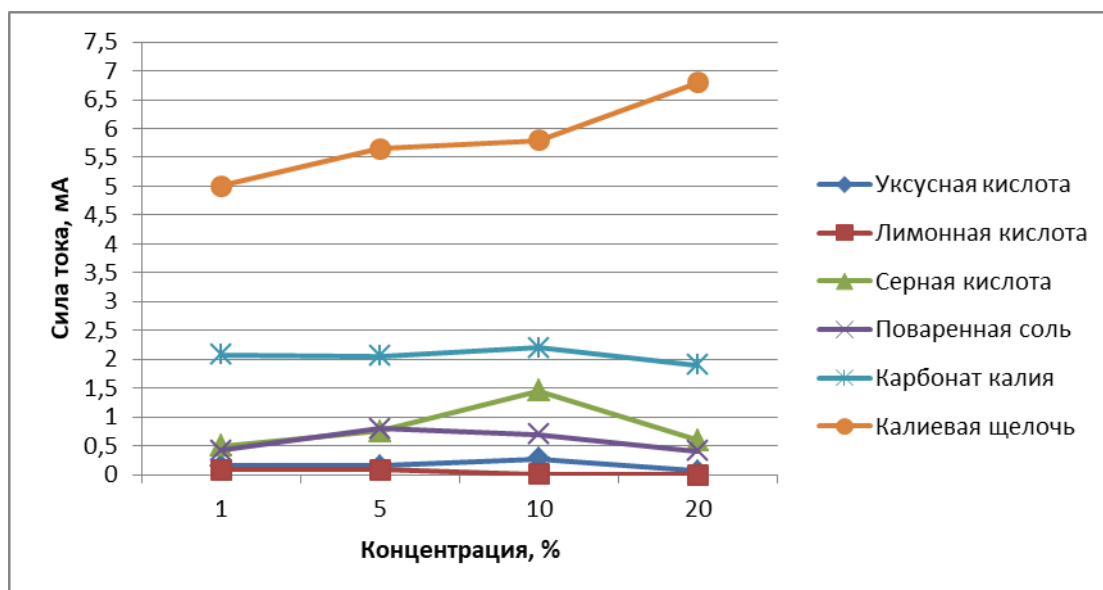


Рисунок 2. Диаграмма зависимости величины напряжения (В), от концентрации различных электролитов (с включенным светодиодом).



*Рисунок 3. Диаграмма зависимости величины силы тока (мА), от концентрации различных электролитов (с включенным светодиодом).*

### Выводы.

В результате моих исследований я получил следующую информацию:

- Характеристики получаемого электрического тока в гальванических элементах напрямую зависят от используемых в качестве электролитов веществ и их концентрации;
- Характеристики электрического тока, получаемого в результате химической реакции напрямую зависит от количества емкостей и электродов. Поэтому для эффективного использования энергии химической реакции необходимо большое количество раствора электролита и большое количество соединенных емкостей.
- В случае применения слабых электролитов, таких как уксусная и лимонная кислоты, наиболее эффективным являются концентрации 10% и 5% - большие и меньшие концентрации дают меньшее напряжение и меньшую силу тока;
- В случае применения сильных электролитов, таких как растворы сильных кислот, солей и щелочей, также наиболее эффективным являются концентрации 10% и 5% - большие концентрации дают

бурную реакцию и очень быстро растворяют материал анода, что сильно ограничивает срок службы батарейки;

- В процессе получения электрической энергии в результате химической реакции вещества (как электролит, так и материалы электродов необратимо расходуются (особенно вещества электродов), поэтому у данного источника энергии есть ограниченный ресурс;
- Слабые электролиты способны в концентрациях 10% выдавать небольшое, но достаточно постоянное количество энергии в течение длительного времени.

### **Конструкция фонарика, имеющего автономное питание.**

На основании всех полученных данных я сконструировал фонарик, имеющий автономное питание. Схема его представлена на рисунке 4, а внешний вид 3D модели на рисунке 5.

Фонарик включает в себя:

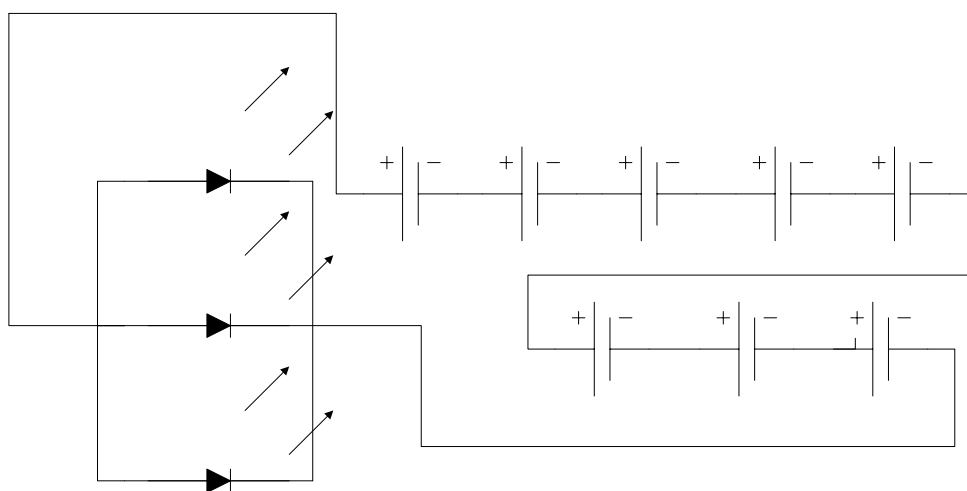
- 3 светодиода белого цвета;
- корпус, распечатанный на 3D принтере;
- соединительные провода;
- емкость для электролита с 8 ячейками.

В качестве источника питания я использовал гальванический элемент, включающий 8 емкостей. В качестве электролита я использовал раствор поваренной соли в концентрации 5% или 10%.

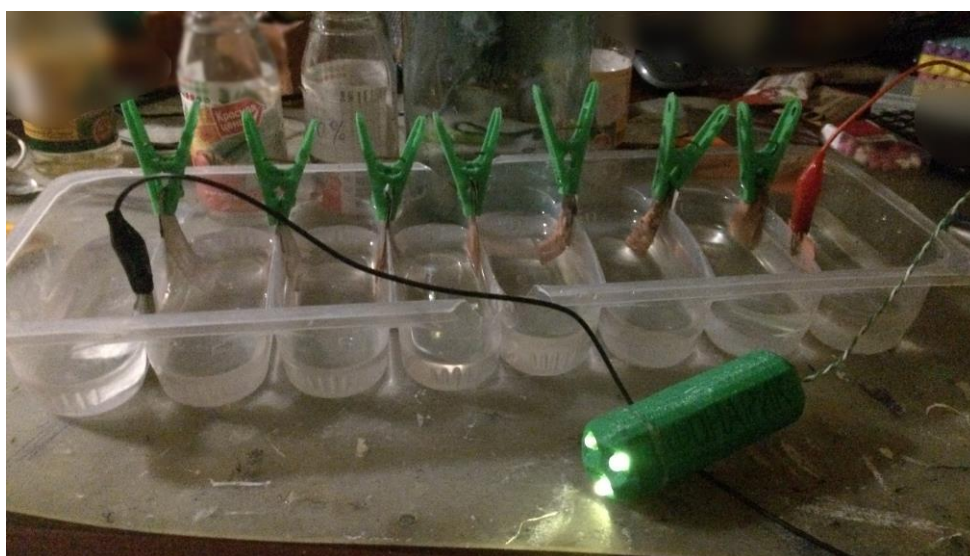
Преимущества данного электролита:

- поваренная соль достаточно сильный электролит, чтобы дать энергию фонарику с тремя светодиодами;
- в отличие от карбоната калия и калийной щелочи, поваренная соль не дает бурной реакции и газообразования, следовательно, этот электролит будет безопасен для применения в походе, а также материал пластин будет расходоваться меньше, батарейка прослужит дольше;

- даже в том случае, если раствор поваренной соли прольется, он безопаснее, чем растворы кислот и щелочи, которые являются едкими веществами;
- в случае если фонарик пригодится в походе, удобно взять с собой сухую соль (в сухом виде поваренная соль также не представляет опасности) и пластиковую мерную емкость. В случае необходимости раствор электролита можно приготовить из любой питьевой или кипяченой воды.



**Рисунок 4. Схема фонарика**



**Рисунок 5. Внешний вид собранного и подключенного фонарика.**

### Заключение.

Жизнь современного общества невозможно представить без использования химических источников энергии. Они нашли широчайшее применение как автономные источники электроэнергии для питания всевозможной электронной аппаратуры, компьютеров, радиотелефонов, часов и многого другого.

Это устройства, в котором химическая энергия НЕПОСРЕДСТВЕННО превращается в электрическую. Все другие устройства предполагают ОПОСРЕДОВАННОЕ превращение. Например, топливо сжигается, его химическая энергия превращается в тепло, за счет которого вода превращается в водяной пар, поток пара вращает турбину, которая генерирует электроэнергию. На всех этапах передачи энергия теряется, поэтому КПД таких устройств невелико.

Из всех альтернативных источников энергии химический — самый простой в осуществлении. Его преимущества следующие:

- в гальваническом элементе химическая энергия непосредственно превращается в электрическую – чем меньше звеньев, тем больше КПД;
- к химическому источнику тока не нужен контроллер и дополнительные подустройства – его сборка и эксплуатация очень проста;
- если грамотно подобрать электролит и пластины, то этот источник тока может работать очень и очень долго (пример: серебряно-цинковая батарея, изготовленная в Лондоне в 1840 году функционирует до сих пор);
- данный источник электрического тока может быть дешевым, для его устройства не нужны ценные или уникальные материалы.

Все это делает электрохимические источники тока очень важным изобретением, которым пользуются вот уже двести лет.

В своем проекте я исследовал занимавший меня вопрос зависимости характеристик электрического тока от различных электролитов и их концентраций. Я убедился, что природа вещества оказывает решающую роль в протекающих химических процессах. Было очень интересно наблюдать разнообразные реакции в растворах и убедиться, что гальванические элементы работают достаточно эффективно.

Единственный вопрос, который остался не выясненным мной до конца – влияет ли на параметры электрического тока: температура, количество электролита и площадь поверхности пластин? Если да, то насколько велика разница при изменении данных параметров?

Проанализировав данные, полученные в результате этого проекта, я создал модель фонарика, который можно безопасно использовать в отсутствие других источников электроэнергии (например: в походе или при перебоях с электроснабжением).

#### Список использованной литературы.

1. Даль, Эйвинд Нидал. Электроника для детей. Собираем простые схемы, экспериментируем с электричеством. / пер. с англ. И.Е. Сацевича – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017. – 288 с.
2. Чуриков А.В., проф., д.х.н., Казаринов И.А., проф.. Электронный вариант курса лекций «Современные химические источники тока» - Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, 2008. – 49 с.
3. [https://ru.wikipedia.org/Химические источники тока](https://ru.wikipedia.org/Химические_источники_тока)
4. ЛЕКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ по курсу «Общая и неорганическая химия». Тема №10 «Растворы электролитов», г. Ставрополь, 2017
5. Материалы учебной платформы Фоксфорд по теме электролиты
6. <https://elektrik-a.su/teoriya/himicheskie-istochniki-toka-1132> Химические источники тока – где применяются, и каков принцип действия