

## БАТАРЕЙКА КАК ХИМИЧЕСКИЙ ИСТОЧНИК ТОКА: ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Тесленко А.Е.

г. Задонск Липецкой обл., МБОУ СОШ № 1 г., 9 А класс

Руководитель: Тадтаева Д.О., учитель химии, МБОУ СОШ № 1, г. Задонск Липецкой обл.

В современной жизни с батарейками мы сталкиваемся ежедневно – в пульте дистанционного управления телевизором, в электронных часах, в детских игрушках и карманных фонариках. Как-то в очередной раз, покупая батарейки для бытовых предметов дома, я задумался над вопросом: а какие батарейки будут более эффективными и долговечными: солевые или щелочные? Решил, что приобрету оба типа батареек. Дома обратил внимание на значок, изображенный на корпусе батарейки, в виде перечеркнутого мусорного бака. Выходит, что батарейку нельзя выбрасывать в мусорное ведро. Что же тогда с ней делать? И какая из батареек – солевая или щелочная нанесет меньший вред окружающей среде?

Проблема: какие батарейки обладают лучшими энергетическими характеристиками и наносят меньший вред окружающей среде?

Предмет исследования: энергетические характеристики солевых и щелочных пальчиковых батареек, а также их влияние на окружающую среду при неправильной утилизации.

Объект исследования: пальчиковые батарейки (солевые и щелочные).

Цель работы: сравнить энергетические характеристики солевых и щелочных батареек, а также оценить вред от неправильной утилизации химических источников тока и проинформировать одноклассников и знакомых о правилах использования батареек.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

1. Расширить и углубить знания о химических источниках тока, их химическом составе и принципе работы.

2. Определить экспериментально энергетические характеристики батареек с помощью специальных приборов.

3. Осуществить химические эксперименты по оценке влияния химических источников тока на окружающую среду.

4. Сформулировать выводы о том, какая из батареек является более энергетически и экономически более выгодной. А также отметить, какой вред наносят химические источники тока окружающей среде.

5. Сформулировать практические рекомендации по правильной утилизации химических элементов питания.

### Актуальность исследовательской работы

На сегодняшний день существует множество разных типов батареек, среди которых все сложнее ориентироваться. Поэтому будет весьма полезным отметить для себя и всех окружающих, какой из двух типов батареек (солевые и щелочные) более энергетически и экономически выгодный.

К сожалению, в современном мире далеко не все знают, как утилизировать отработанные батарейки, и какой вред они могут нанести человеку и окружающей его среде.

### Методы исследования, используемые в работе

Теоретические: проведен обзор литературы с целью изучения понятия «химический источник тока», принципа работы и химического состава солевых и щелочных батареек, а также влияния химических элементов питания на окружающую среду и здоровье человека.

Эмпирические: с помощью мультиметра DT832 и устройства заряда-разряда IMAX B6 экспериментально определены энергетические характеристики солевых и щелочных батареек. В условиях школьной лаборатории проведены химические эксперименты, подтверждающие негативное влияние химических источников тока на окружающую среду.

Практическая значимость состоит в возможности применения данной исследовательской работы при выборе батареек для бытовых приборов дома, а также с целью составления рекомендации по использованию и утилизации батареек.

### Теоретическая часть

#### *Батарейки как химический источник тока*

Первый химический источник тока был изобретен итальянским учёным Алессандро Вольта в 1800 году. Это был элемент Вольта – сосуд с солёной водой с опущенными в него цинковой и медной пластинка-

ми, соединенных проволокой. Затем учёный собрал батарею из этих элементов, которая была названа Вольтовым столбом.

В 1865 году французский химик Ж. Лекланше предложил свой гальванический элемент (элемент Лекланше), состоявший из цинкового стаканчика, заполненного водным раствором хлористого аммония или другой хлористой соли, в который был помещён агломерат из оксида марганца (IV)  $MnO_2$  с угольным токоотводом. Модификация этой конструкции используется до сих пор в солевых батарейках для различных бытовых устройств [3].

Химический источник тока – это устройство, непосредственно преобразующее энергию химической реакции, протекающей между анодом и катодом, в электрическую энергию. Все химические источники по способности к повторному использованию подразделяются на две большие группы: первичные источники тока и вторичные источники тока. Первичные источники тока обеспечивают только разряд и не могут заряжаться – они используются однократно. К ним и относятся солевые и щелочные батарейки. Вторичные источники тока (аккумуляторы) могут заряжаться и использоваться многократно в циклическом режиме «заряд-разряд» [7].

Химические источники тока состоят из электродов и электролита, который находится в емкости. Электрод, на котором окисляется восстановитель (отдает свои электроны), называется анодом. Электрод, на котором восстанавливается окислитель (принимает электроны), называется катодом. В итоге получается электрохимическая система.

Результатом протекающей в системе электрохимической реакции становится возникновение тока. Восстановитель передает электроны на окислитель, который восстанавливается. Электролит, находящийся между электродами, нужен для протекания реакции.

Анод, как правило, изготавливается из порошкового цинка (Zn) с латунным сердечником, выведенным на дно батарейки, то есть к минусу. Катод выполнен из порошкового диоксида марганца ( $MnO_2$ ), с добавлением угольного порошка (С). Угольный порошок способствует лучшей проводимости.

Важно знать, что любой гальванический элемент выдаёт строго постоянный ток, так как он всегда направлен от плюса к минусу и не имеет синусоиды изменений [12].

К основным характеристикам батареек как химических источников тока относятся: разрядное напряжение (это установленное нормативами значение напряжения, до ко-

торого допускается его снижение при разряде батареи током определенной величины); мощность; разрядный ток (значение тока, при разряде которым при нормальной температуре определяют емкость батареек); емкость – то количество энергии, которое источник выдает при общем разряде; температурный интервал работы; время службы – наибольший срок хранения и работы батареек; механическая прочность; герметичность.

Основное достоинство батареек как химических источников тока состоит в отсутствии обслуживания. Это значит, что перед эксплуатацией их необходимо просто осмотреть и определить срок годности. При включении в цепь нельзя путать полярность и допускать повреждения контактов [10].

#### *Устройство и характеристики солевых и щелочных батареек*

##### *Солевые батарейки*

К наиболее распространенным автономным химическим источникам тока относятся солевые батарейки, которые также имеют название марганцево-цинковые и угольно-цинковые. При их изготовлении используется пассивный уголь (С) и двуокись марганца ( $MnO_2$ ).

Отличительной чертой таких батареек является состав электролита, в качестве которого применяются неорганические соли: хлористый аммоний ( $NH_4Cl$ ) или хлористый цинк ( $ZnCl_2$ ) [11]. Заявленное напряжение солевой батарейки – 1,5v (Вольт).

Корпус такого элемента питания состоит из цинка и выступает в качестве отрицательного электрода. Положительным элементом служит брикет прессованной активной массы, смоченный электролитом. Для герметизации и экранирования токовода в верхней его части применяют обжимы и прокладки.

Избежать протекания электролита, коррозионных и окислительных процессов удается с помощью плотного футляра-корпуса, в который и помещаются все элементы солевой батарейки. Дополнительно корпус (стакан) снабжается этикеткой, где публикуется наиболее важная информация о химическом источнике тока [1].

Следует отметить, что химический состав электролита солевых батареек может немного варьироваться – в «мощной» версии используется электролит с преобладанием хлорида цинка ( $ZnCl_2$ ). Впрочем, слово «мощный» применительно к ним можно писать разве что в кавычках – ни одна из разновидностей солевых батареек на серийную нагрузку не рассчитана: в фонаре

их хватит на четверть часа, а в фотоаппарате может не хватить даже на выдвигание объектива. Следовательно, назначение солевых батареек – это пульта дистанционного управления, часы, электронные термометры, то есть устройства, энергопотребление которых укладывается в единицы, в крайнем случае, в десятки миллиампер.

#### *Щелочные батарейки*

Работы над улучшением потребительских свойств первичных источников тока привели в шестидесятых годах 20 века к началу производства щелочных батареек. Название этот вид батареек получил по веществу электролита – концентрированному щелочному раствору. Для производства электролита используется гидроксид калия (KOH), реже гидроксид натрия (NaOH). Сегодня щелочные батарейки часто называют щелочными из-за надписи на корпусе батареек, выпущенных за рубежом «Alkaline» (щелочь). Другие участники электрохимической реакции в щелочной батарейке такие же, как и у солевой батарейки – отрицательный электрод из цинка (Zn) и положительный электрод из оксида марганца ( $MnO_2$ ). Применение в качестве электролита раствора щелочи вместо раствора соли позволяет значительно улучшить эксплуатационные свойства батареек. Напряжение щелочных батареек составляет 1,5v (Вольт) [13].

Во время электрохимической реакции электролит (щелочь) расходуется очень незначительно, поэтому его требуется меньше, чем при производстве солевой батарейки.

Отрицательный электрод представляет собой цинковый порошок, занимающий 20-30% объема, а не стакан как у солевой батарейки. Конструкция батарейки дает возможность значительно увеличить срок службы и повысить максимальный ток, отдаваемый в нагрузку.

Отрицательный электрод, расположенный в центральной части батарейки, представляет собой пасту из цинкового порошка, электролита и загустителя. Для предотвращения коррозии применяется цинк высокой чистоты, имеющий специальные добавки других металлов (алюминий и висмут). Что позволяет отказаться от применения ртути. Внутри порошка находится латунный стержень, выполняющий функцию токоотвода.

В щелочной батарейке находится в полтора раза больше оксида марганца, чем в солевой батарейке. Отсутствие выделения газов при электрохимической реакции в щелочной батарейке позволяет делать ее корпус герметичным. В нижней части корпуса расположен защитный клапан, за-

щищающий батарейку от взрыва. Если при прохождении химических процессов или из-за нагрева внутри будут накапливаться газы, то откроется защитный клапан и часть электролита выйдет наружу, герметичность будет нарушена [9].

Щелочные элементы питания могут работать в жестких погодных условиях. Температура их хранения и эксплуатации находится в интервале от -20 до +50°C. Хотя некоторые производители пишут более широкие рамки.

Алкалиновые химические источники питания можно использовать для работы следующих приборов и устройств: кухонных и настольных весов, дистанционных пультов управления, часов настенных и настольных, детских игрушек, медицинских приборов (тонометров, термометров), радиоприемников, портативных колонок и многих других приборов.

#### *Влияние химических источников тока на окружающую среду*

Взглянув на обычную пальчиковую батарейку, можно увидеть на ней значок в виде перечёркнутого мусорного бака, который означает, что её нельзя выбрасывать вместе с остальными бытовыми отходами в мусорное ведро, а необходимо сдать в специализированный пункт утилизации. И этот знак на батарейке стоит неспроста!

В химических источниках тока содержится множество различных металлов и их соединений (литий, марганец, цинк и др.), а также органических соединений (бумага, картон, крахмал, графит), которые имеют свойство накапливаться в тканях животных и человека и наносить непоправимый вред здоровью. Всего лишь одна выброшенная пальчиковая батарейка создаёт опасное для жизни загрязнение земли площадью 20 квадратных метров и отравляет 400 литров воды [5].

Чем же опасны находящиеся в батарейках тяжёлые металлы и как они могут попасть в наш организм?

На полигонах бытовых отходов химические источники тока становятся опасными сразу после вскрытия – повреждения оболочки источника тока. Как правило, это происходит в течение 6–7 недель, поскольку на батарейки воздействует повышенная температура и кислый (с pH меньше 7) фильтрат полигона. На протяжении всего времени существования полигона ТБО фильтрат служит постоянным источником загрязнения подземных вод.

Корпус отработанных и выброшенных батареек под воздействием окружающей среды разрушается и содержащиеся в ней

химические вещества, обладающие ядовитыми свойствами, попадают в почву и грунтовые воды. Из почвы и воды эти вещества поглощаются растениями и животными, а из них (в виде пищи) оказываются в нашем организме. Губительный эффект может стать очевидным для человека через несколько лет, вызвав хроническое отравление, раковые заболевания или генетические мутации [8].

Таким образом, можно сделать вывод, что одновременно с огромной пользой, которую нам приносят батарейки, они являются одним из самых опасных источников ухудшения экологической обстановки, загрязнения окружающей среды, что связано с масштабами их применения. Из всего объема производимых батареек в мире перерабатывается всего 3%, при этом прослеживается неоднородность этого показателя по странам мира.

В России процесс организации сбора отработанных химических источников тока идет очень медленными темпами, и даже имеет тенденцию к замедлению [2].

В связи с тем, что утилизация батареек необходима для сохранения окружающей среды и здоровья будущего поколения и является глобальной экологической проблемой, необходимо ее реализовать государством в рамках полномочий субъекта РФ и муниципального района.

### Экспериментальная часть

#### *Экспериментальное исследование энергетических характеристик солевых и щелочных батареек*

Для того чтобы установить, какая из батареек (солевая или щелочная) является более эффективной и энергетически выгодной, мы решили экспериментально определить некоторые из характеристик этих химических источников тока (разрядное напряжение, максимальный ток и емкость) [3]. При проведении экспериментов использовались следующие приборы:

1. Цифровой мультиметр DT832. Универсальный прибор, который совмещает в себе вольтметр, амперметр, омметр. Разрешающая способность – 0,1 V (Вольт).

2. Устройство заряда-разряда IMAXB6. Результаты экспериментального определения основных характеристики солевых и щелочных батареек представлены в таблице.

Исходя из результатов, представленных в таблице, можно сделать следующие выводы:

1. Разрядное напряжение исследуемых химических источников тока соответствует 1,5 V как для солевых, так и для щелочных батареек. То же разрядное напряжение для пальчиковых батареек тока приведено в литературных источниках.

2. Значения максимального тока являются наибольшими для щелочных батареек.

3. Емкости солевых батареек Panasonic и Varta находятся в пределе от 400-450 mA/h, что соответствует данным, приведенным в литературных источниках.

4. Емкости щелочных батареек Energizer и Duracell находятся в пределе от 1200 – 1350 mA/h, что немного ниже значений, приведенных в литературных источниках.

5. Сравнение таких характеристик химических элементов питания как максимальный ток и емкость для солевых и щелочных батареек позволило сделать вывод, что наиболее энергетически выгодными будут щелочные источники тока, емкость которых в 3 раза больше емкости солевых. С точки зрения экономической выгоды солевые батарейки уступают щелочным.

#### *Экспериментальное исследование влияния состава солевых и щелочных батареек на окружающую среду*

В данной части исследовательской работы отражены результаты экспериментов, доказывающих отрицательное влияние использованных солевых и щелочных батареек на окружающую среду.

#### Экспериментально определенные характеристики солевых и щелочных элементов питания разных фирм производителей (с указанием стоимости)

Характеристики химического источника тока	Солевые батарейки		Щелочные батарейки	
	Panasonic (15 руб)	Varta (15 руб)	Energizer (40 руб)	Duracell (50 руб)
Разрядное напряжение, V (Вольт)	1,65 ± 0,1	1,57 ± 0,1	1,60 ± 0,1	1,59 ± 0,1
Максимальный ток, A (ампер)	1,57	1,36	1,74	1,86
Емкость, mA/h(миллиампер/час)	444	394	1257	1339

*Эксперимент № 1 «Влияние загрязненной воды на растительные организмы»*

Описание эксперимента: химические стаканы заполнить водопроводной водой. В каждый опустить по отростку комнатного растения. В первый и второй стаканчик погрузить очищенные от пленки батарейки – солевую и щелочную соответственно. Третий стакан оставить контрольным, для сравнения результатов. Через 3 дня оценить результаты эксперимента.

Оборудование и реактивы: химический стакан – 3 шт., маркер, водопроводная вода, солевая и щелочная батарейки, отростки комнатного растения.

Результаты эксперимента: по окончании эксперимента нами установлено, что отростки растения, стоящего в стаканах № 1 и № 2 с загрязненной использованным химическими источниками тока водой, завяли. А отростки, стоящие в стакане с чистой водой, не изменились и остались в прежнем состоянии. Можно сделать вывод, что вода, загрязненная выделяющимися из батареек химическими соединениями и элементами, отрицательно влияет на растительные организмы.



*Рис. 1. Фото проведенного эксперимента № 1, подтверждающего негативное влияние использованных химических источников тока на растительные организмы*

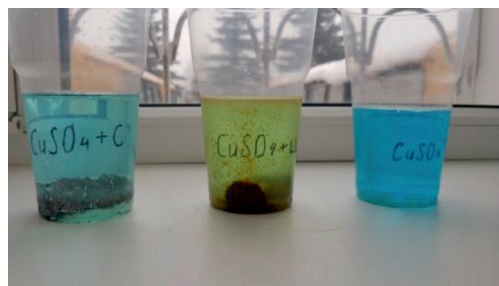
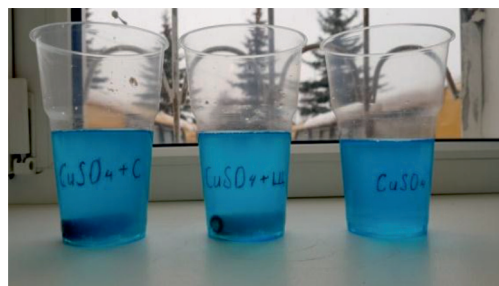
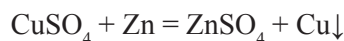
Вывод: металлическая оболочка под действием воды корродирует и разрушается, а вредные химические элементы и их соединения, содержащиеся в батарейках, попадают в воду, загрязняя ее и оказывая губительное воздействие на живые организмы.

*Эксперимент № 2 «Влияние щелочной среды на корпус батарейки»*

Описание эксперимента: почвы окружающей нас среды могут иметь, как кислую, так и щелочную среды. Чтобы выяснить, как влияет щелочная среда на химические источники тока, попавшие, например, на полигон ТБО, мы провели данный эксперимент. Для его осуществления нам необходимо было приготовить раствор медного купороса ( $\text{CuSO}_4$ ), среда которого является щелочной, и поместить на некоторое время в данный раствор использованные солевую и щелочную батарейки.

Оборудование и реактивы: химический стакан – 3 шт., маркер, водопроводная вода, медный купорос ( $\text{CuSO}_4$ ), солевая и щелочная батарейки.

Результаты эксперимента: помещенные в раствор медного купороса (щелочная среда) солевая и щелочная батарейки начали темнеть, затем на их поверхности образовалась ржавчина. Голубой цвет исходного раствора медного купороса изменился. В случае контакта с солевой батарейкой интенсивность окраски уменьшилась, а в случае со щелочной батарейкой окраска изменилась на зелено-голубую. Эти внешние признаки подтвердили тот факт, что произошла химическая реакция замещения – ионы металлов, входящих в состав батарейки заместили ионы меди в медном купоросе. Образовались, предположительно, соли (сульфаты) цинка и марганца:



*Рис. 2. Фото проведенного эксперимента № 2, подтверждающего образование вредных химических соединений при контакте батареек со щелочной средой*

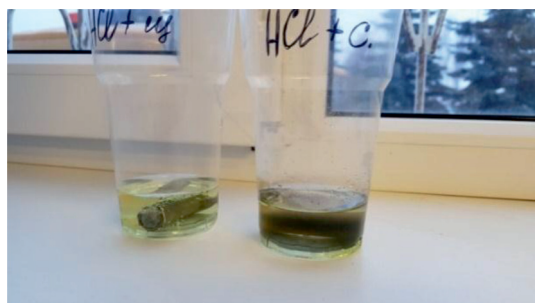
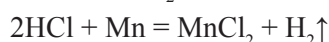
Вывод: в естественных условиях в результате попадания химических источников тока в щелочную среду образуются соли тяжелых металлов, загрязняющие почву и грунтовые воды.

*Эксперимент № 3 «Влияние кислой среды на корпус батарейки»*

Описание эксперимента: для изучения влияния кислой среды на химические источники тока, мы поместили солевую и щелочную батарейки в раствор соляной кислоты (HCl). После помещения батареек в раствор наблюдали выделение газа. При поджигании этого газа издается глухой хлопок, что является качественной реакцией на выделяющийся газообразный водород.

Оборудование и реактивы: химический стакан – 2 шт., маркер, разбавленный раствор соляной кислоты (HCl), солевая и щелочная батарейка, спички.

Результаты эксперимента: в результате помещения в раствор соляной кислоты солевой и щелочной батарейки начала протекать химическая реакция замещения иона водорода (H<sup>+</sup>) соляной кислоты на катионы металлов, входящих в состав химических источников тока. Образовались соли тяжелых металлов (что подтверждалось появляющейся зеленой окраской, а также образовался газ водород – H<sub>2</sub>.



*Рис. 3. Фото проведенного эксперимента № 3, подтверждающего образование вредных химических соединений при контакте батареек с кислой средой*

Вывод: в естественных условиях в результате попадания химических источников

тока в кислую среду, образуются соли тяжелых металлов, загрязняющие почву и грунтовые воды, а также выделяется газ водород (H<sub>2</sub>), который в смеси с кислородом воздуха называется «гремучим газом», взрывающимся при контакте с огнем или электрической искрой.

В результате проведенных нами экспериментов установлено, что неправильная утилизация химических источников тока (батареек) приведет к загрязнению окружающей среды. Выкидывая батарейку в мусорное ведро, мы увеличиваем концентрацию вредных веществ, попадающих в почву и воду.

Если же химические источники тока упадут на мусоросжигающий завод, то их утилизация в виде сжигания приведет к выделению в воздух огромного количества диоксидов (MnO<sub>2</sub>). Эти вещества, в свою очередь, способны накапливаться в различных органах человеческого организма и вызывать необратимые процессы, приводящие к различным заболеваниям. От них невозможно избавиться никаким кипячением, ведь это не микробы и бактерии [4].

Как же быть с батарейками после того, как они перестали работать? Ответ очевиден: правильно утилизировать эти химические источники тока. Не выкидывать их в мусорное ведро, а собирать. После чего сдавать в специализированные пункты приема отработанных химических источников тока, где им найдут правильное применение.

### Заключение

Подводя итоги теоретического и экспериментального исследований, я могу с уверенностью сказать, что щелочные батарейки действительно обладают лучшими энергетическими характеристиками, нежели солевые (емкость которых оказалась меньше в три раза).

Химические источники питания действительно содержат вредные компоненты, которые пагубно влияют на окружающую среду и здоровье человека. Под воздействием кислой и щелочной сред почв нарушается целостность корпуса химического источника тока, и содержащиеся в нем вредные элементы и их соединения попадают в почву, подземные воды, и как следствие, в организм человека и животных. Все это происходит из-за неправильной утилизации элементов питания.

По результатам исследования сделаны следующие предложения, имеющий прикладной характер:

1. Щелочные батарейки обладают лучшими энергетическими характеристиками и соответствующей этим характеристикам ценой.

2. Необходимо следить за сроком годности батареек, а также правильно их эксплуатировать с целью продления срока службы.

3. Утилизировать химические источники питания нужно правильно. Запрещается выкидывать батарейки в мусорное ведро. Для сбора отработанных батареек необходимо использовать специальные ёмкости (пластиковые бутылки или полиэтиленовые пакеты) или сдавать их в специальные пункты сбора.

Если каждый из нас будет собирать отработанные батарейки отдельно от бытового мусора, сдавать их на утилизацию, мы будем пить чистую воду, дышать чистым воздухом и наслаждаться природой.

#### Список литературы

1. Багоцкий В.С. Химические источники тока. М.: Энергоиздат, 1981. 351 с.
2. Бельдеева Л.Н. Утилизация отработанных малогабаритных химических источников тока марганцево-цинковой системы // Ползуновский вестник. 2004. № 3. С. 212-214.
3. Варенцов В.К. Химия. Электрохимические процессы и системы: учебно-методическое пособие. НГТУ, 2013. 60 с.
4. Гальперштейн Л.Я. Забавная физика. Знай и умей. М.: Детская литература, 1994. 255 с.
5. Горбунова В.В. Сбор и переработка отработанных химических источников тока // Химическая технология. 2005. № 9. С. 33-41.
6. Гринин А.С. Промышленные и бытовые отходы: хранение, утилизация, переработка. М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002. 336 с.
7. Дамаскин Б.Б. Электрохимия. Учебник для вузов. М.: Химия, 2001. 624 с.
8. Ефремов Б. Что нужно знать пользователю химических источников тока (марганцево-цинковых гальванических элементов) // Электронные компоненты. 2001. № 1. С. 56-61.
9. Коровин Н.В. Химические источники тока: справочник. М.: МЭИ, 2003. 740 с.
10. Миронов С. Химические источники тока на все случаи жизни: литиевые батарейки // Новости электроники. 2013. № 3. С. 32-38.
11. Назартаганов Д.Н. Исследование пальчиковой батарейки // Международный школьный научный вестник. 2017. № 5-2. С. 194-201.
12. Химические источники тока. Виды и особенности. Устройство и принцип работы <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/jelektropitanie/khimicheskie-istochniki-toka>.
13. Щелочные (алкалиновые батарейки) <http://xn--80aabspfh9bq.xn--p1ai/alkaline.php>.