

# Повторное использование, переработка аккумуляторных батарей в России

Круглый стол:  
«Актуальные вопросы производства и переработки  
источников тока для электротранспорта»:

«Мегаполисресурс» Владимир Мацюк  
Электротранспорт 2024



# Задачи оптимизации

## Замена материала анода

Традиционно в литий-ионных аккумуляторах используется литий в качестве материала анода.

Замена лития на натрий (Na) – это перспективный подход к сокращению использования лития, так как натрий более доступен и дешевле. Однако, натрий имеет более высокую электрохимическую активность, что может привести к более быстрому разложению электролита.

## Замена материала катода

Существуют различные альтернативные материалы для катода, такие как NMC, LFP, LMO, NCA, LTO. Эти материалы отличаются по своим электрохимическим свойствам и стоимости, что позволяет подобрать оптимальный вариант для конкретного приложения. Например, LFP имеет более низкую плотность энергии, но более высокую стабильность и срок службы. NMC, наоборот, обладает высокой плотностью энергии, но может иметь более короткий срок службы.

# Повторное использование

1

## Повторное использование BMS (Battery Management System)

Система управления батареей (BMS) имеет ресурс выше отдельных ячеек, а потому возможно её повторное использование с полной или частичной заменой элементов BMS контролирует заряд/разряд аккумулятора, температуру и другие параметры. Набирает популярность в условиях ограниченного доступа к батареям в сборке

2

## Повторное использование элемента

Отдельные элементы литий-ионных батарей могут быть повторно использованы в системах с меньшими требованиями к емкости.

Например, старые элементы могут быть использованы в системах резервного питания или устройствах с низким энергопотреблением, отдельные элементы одноразовых электронных сигарет пригодны для питания маломощных потребителей

3

## Повторное использование батареи

Целые батареи могут быть повторно использованы в системах, где требования к емкости и мощности не столь высоки, как в электромобилях.

Батареи с меньшей емкостью могут быть использованы в качестве источников питания для электрических скутеров, велосипедов или складской техники.

# Повторное использование BMS (Battery Management System)



Применение в электромобилях  
«Гаражный» сервис формирует устойчивый спрос на формирование ремонтного и подменного фонда.



Применение в беспроводном электроинструменте  
BMS и корпус сборки используются повторно при полной или частичной замене элементов



Применение в электроприборах  
Наиболее популярная группа – роботы пылесосы

# Повторное использование отдельных элементов

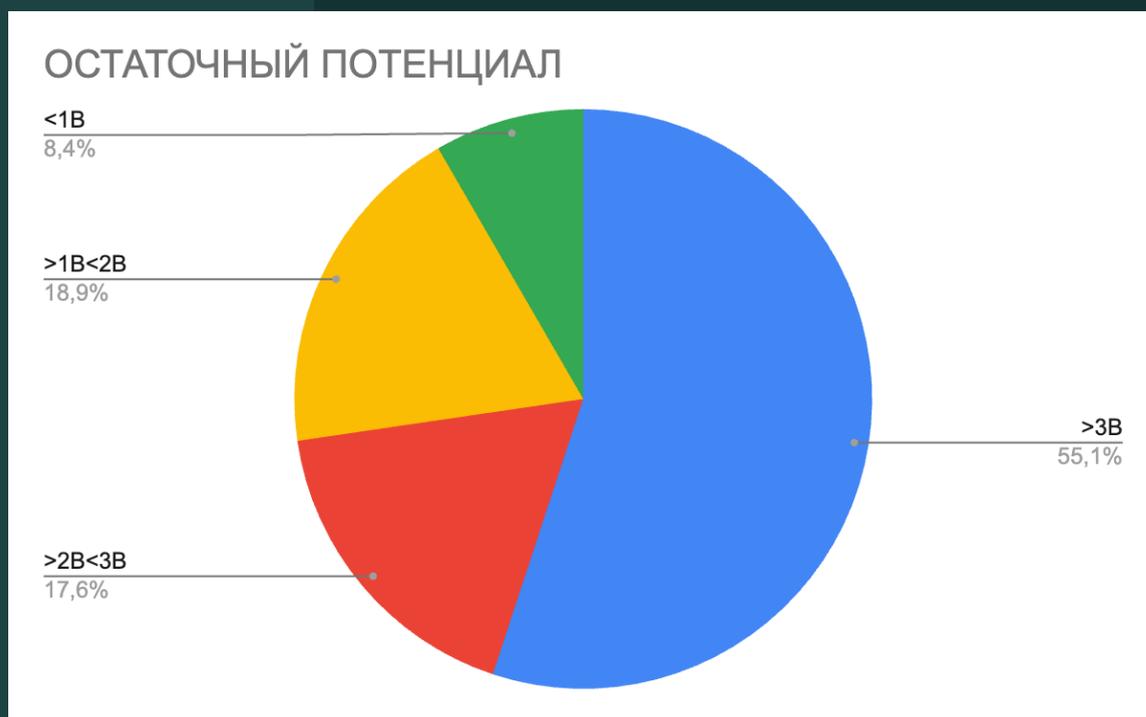
## Возможности повторного использования

Отдельные элементы литий-ионных батарей, в том числе из одноразовых электронных сигарет, могут быть переосмыслены для применения в низкоэнергетических устройствах.

К примеру, аккумуляторы из одноразовых электронных сигарет с емкостью 120–3000 мАч могут использоваться для питания маломощных устройств вроде датчиков, часов или портативных фонариков, или в сборках для дронов



# Остаточный потенциал батарей от одноразовых электронных сигарет



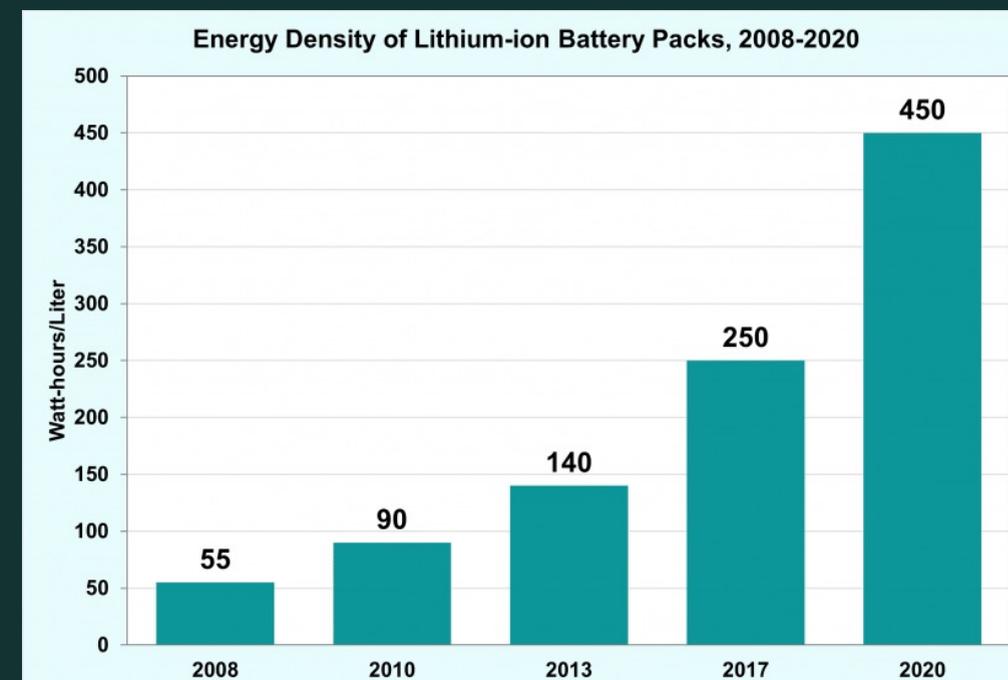
Одноразовые электронные сигареты содержат литий-ионные аккумуляторы, которые можно повторно использовать, поскольку они прошли единственный цикл заряда/разряда. Отсутствие защиты от глубокого разряда делает 27% из них неисправными после использования.

Практические данные свидетельствуют, что около 55% батарей из одноразовых электронных сигарет имеют остаточный потенциал выше 3В. Это означает, что они могут быть использованы повторно. Примерно 18% батарей имеют потенциал от 2В до 3В, а 19% - от 1В до 2В. Батареи с потенциалом ниже 1В составляют 8% и их ресурс слишком мало для повторного использования.

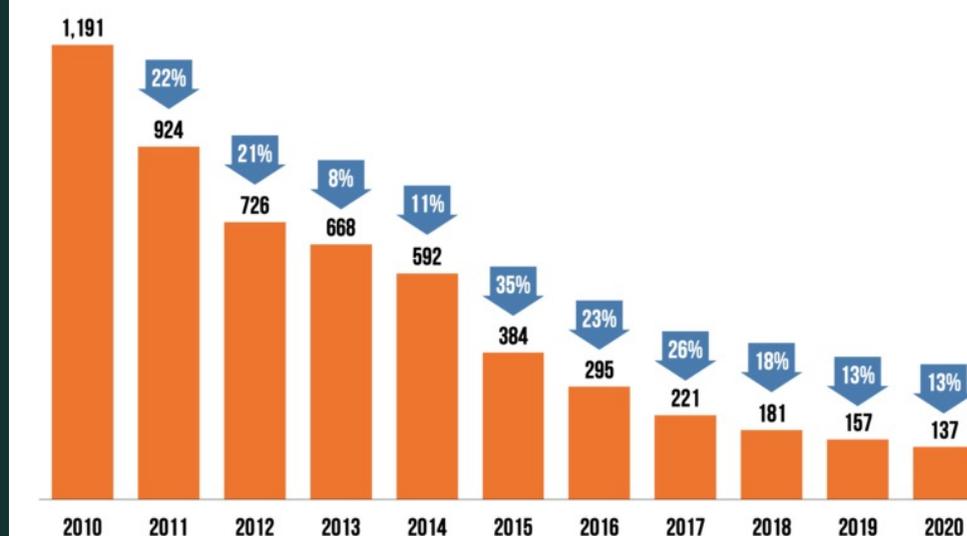
# Повторное использование батареи

Возможность повторного использования батареи продиктована стремительным развитием технологии и как следствие плотностью энергии батарей. За время гарантийного срока службы в 8 лет с 2013 года удельная ёмкость серийных батарей выросла практически на 200%

Одновременное снижение стоимости батарей в 4 раза делает оправданным технологический переход на более новые батареи там где это возможно в мобильных приложениях и перевод высвобождающихся батарей в стационарные системы хранения энергии



PRICE OF A LI-ION BATTERY PACK, VOLUME-WEIGHTED AVERAGE  
Real 2020 dollars per kilowatt hour



Source: BloombergNEF



# От мобильности к стационарному использованию

Повторное использование литий-ионных аккумуляторов из электромобилей (EV) в стационарных системах хранения энергии (ESS) представляет собой перспективное направление, позволяющее продлить жизненный цикл батарей и минимизировать их влияние на окружающую среду.

Например, Tesla Powerwall планировал использовать устаревшие сменные батареи автомобилей Tesla, обеспечивая резервное питание домов и предприятий, в то время как ENBW (Energie Baden-Württemberg AG) использует батареи автомобилей, прошедших 1-2 года эксплуатации, которые были повреждены в дорожно-транспортных происшествиях.



# Утилизация

- Подходы к переработке литий-ионных аккумуляторов во многом детерминированы не производящей отраслью, а рынком восстановления свинца из свинцово-кислотных аккумуляторов.
- Свинцово-кислотные аккумуляторы в их современном виде выпускаются с 1890 года, что составляет 134 года серийного производства.
- Литий-ионные аккумуляторы выпускаются в современном виде с 1991 года, что составляет 34 года серийного производства.
- Таким образом, утилизация литий-ионных аккумуляторов находится на начальной стадии развития, и требуется разработка новых технологий и методов.

# Факторы риска

## Свинцово-кислотные аккумуляторы

Свинцово-кислотные аккумуляторы представляют краткосрочный риск отравления окружающей среды серной кислотой. Долгосрочный риск связан с хроническим воздействием свинца, которое проявляется в виде повреждения нервной системы, почек и других органов.

## Литий-ионные аккумуляторы

Литий-ионные аккумуляторы подвержены риску возникновения пожара в случае механического повреждения или неправильного обращения с ними. Долгосрочные риски связаны с загрязнениями мелкодисперсными кобальтом и никелем, которые являются канцерогенными.

**NO SMOKING**  
**BATTERY CHANGING**  
**AREA**

Ensure there are no sources of ignition





## Свинцово-кислотный аккумулятор

В современных свинцово-кислотных АКБ свинцовый металл составляет около 60% от общей массы.

Оптовая стоимость свинцово-кислотного аккумулятора только в два раза выше стоимости свинца в нём, что отражает невысокую стоимость технологического передела.

# Полезные фракции отходов литий-ионного АКБ

## Литий

Литий является ключевым компонентом, определяющим емкость батареи. Его вес составляет около 2,5% от общей массы. Формат выпуска карбонат и фосфат лития.

## Алюминий

Алюминий используется в качестве корпуса батареи и в качестве проводника. Его доля составляет около 10% от общей массы в виде подложки и до 5% в виде материала корпуса. Алюминий катодной фольги тяжело отделяемая в металлическом виде фракция

## Медь

Медь используется в качестве подложки анода в батареях. Доля этой меди составляет 8% от общей массы. Медь извлекается механическими и гидрометаллургическими методами с высоким выходом в готовую продукцию.

## Кобальт

Кобальт является ключевым и наиболее дорогим компонентом катода и определяет производительность батареи. Доля кобальта варьируется от 0 до 25% в зависимости от химического состава катода.

# Неизвлекаемые фракции



## Графит

Графит является анодным материалом в литий-ионных батареях.



## Электролит

Электролит представляет собой жидкую или твердую среду, которая обеспечивает перенос ионов лития между анодом и катодом.

Электролит, как правило, представляет собой сложный состав, включающий различные органические растворители, соли лития и добавки.



## Сепараторы

Сепаратор – это пористая мембрана, которая разделяет анод и катод, предотвращая короткие замыкания в батарее.

Сепараторы обычно изготовлены из полимеров, которые не всегда поддаются переработке.

# Черная масса (Black mass)

Черная масса, или Black mass, является основным продуктом, получаемым при переработке литий-ионных аккумуляторов. Она представляет собой смесь анодного и катодного материала, а также их подложек.

Черная масса образуется после удаления материала корпуса, электролита и сепараторов. После механической и химической обработки черная масса может быть разделена на отдельные компоненты, такие как литий, кобальт, никель, марганец, алюминий и медь. Эти материалы могут быть повторно использованы для производства новых аккумуляторов.



# Сырьевая база

## Ноутбуки

Ноутбуки – один из основных источников качественного сырья.

## Мобильные телефоны и смартфоны

Мобильные телефоны и смартфоны являются массовым источником литий-ионных батарей. Они отличаются относительно небольшим размером батарей, но их количество огромно.

## Электросамокаты и велосипеды

Электросамокаты и велосипеды, популярность которых возросла в период пандемии COVID-19, стали новым источником литий-ионных батарей. Их батареи отличаются относительно большой емкостью и высоким спросом на переработку из-за их недолговечности и быстрого износа.

## Беспроводной электроинструмент и бытовая техника

Беспроводной электроинструмент и бытовая техника все чаще используют литий-ионные батареи.

# Электротранспорт



# Сложности сортировки и идентификации

Маркировка в продающих обозначениях

Отсутствие единой маркировки



# Универсальный продукт

Порошковая медь является ценным компонентом, присутствующим в литий-ионных аккумуляторах различного типа. Она используется в качестве проводящего материала в аноде и катоде, обеспечивая эффективный ток и перенос заряда.

Переработка медных компонентов из отработанных аккумуляторов позволяет получить высококачественную порошковую медь. Она может быть использована в различных отраслях, например, в производстве электроники, сварки и металлургии.



# Накопление и транспортировка



группа компаний

**МЕГАПОЛИС**  **РЕСУРС**

# Спасибо за внимание!

Владимир Мацюк

[matsyuk@eco2eco.ru](mailto:matsyuk@eco2eco.ru)  

+79227100033

