

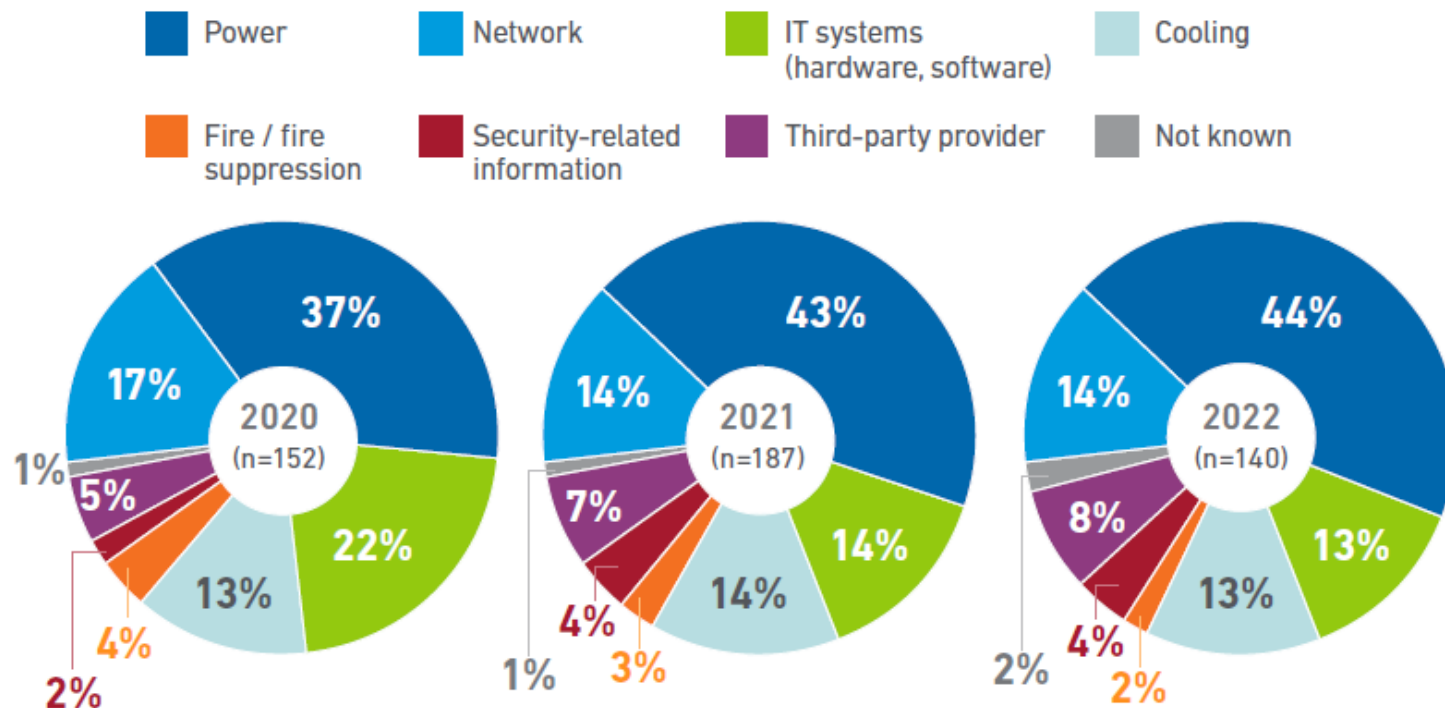


АКБ для ЦОД

свинцовое настоящее литиевого тренда

Александр Барсков, директор по контенту, ИКС-МЕДИА

ПРИЧИНЫ ИНЦИДЕНТОВ В ДАТА-ЦЕНТРАХ



Источник: Uptime Institute, 2023





ПРИЧИНЫ ИНЦИДЕНТОВ В ДАТА-ЦЕНТРАХ

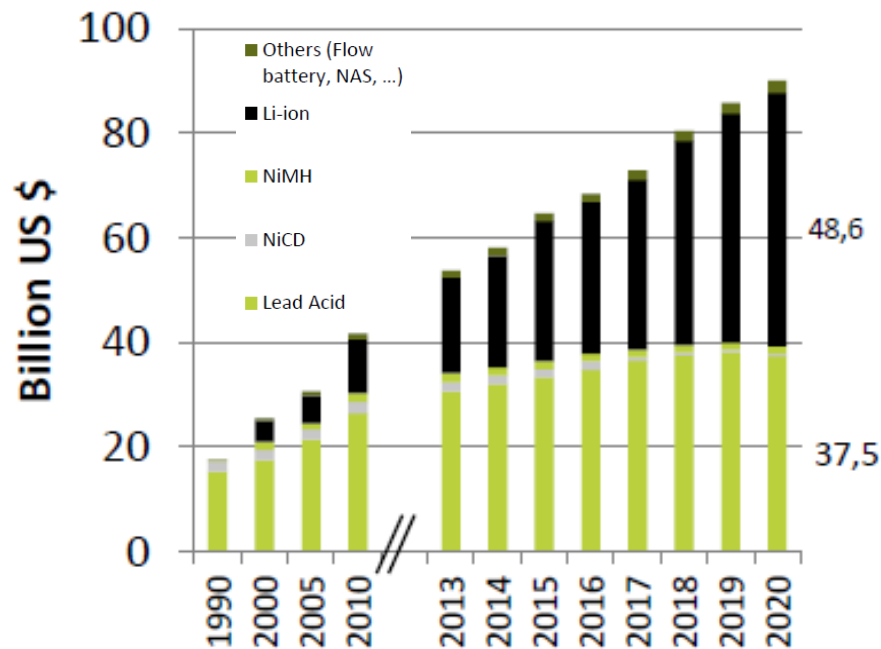
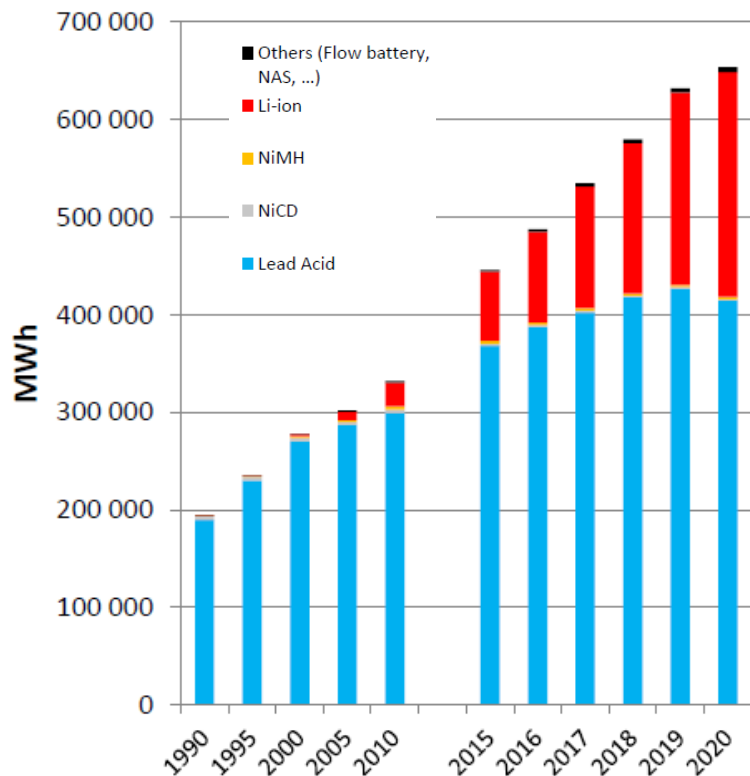


Источник: Ponemon Institute, Vertiv

АКБ – один из основных источников перебоев и незапланированных отключений в ЦОДах



РЫНОК АКБ



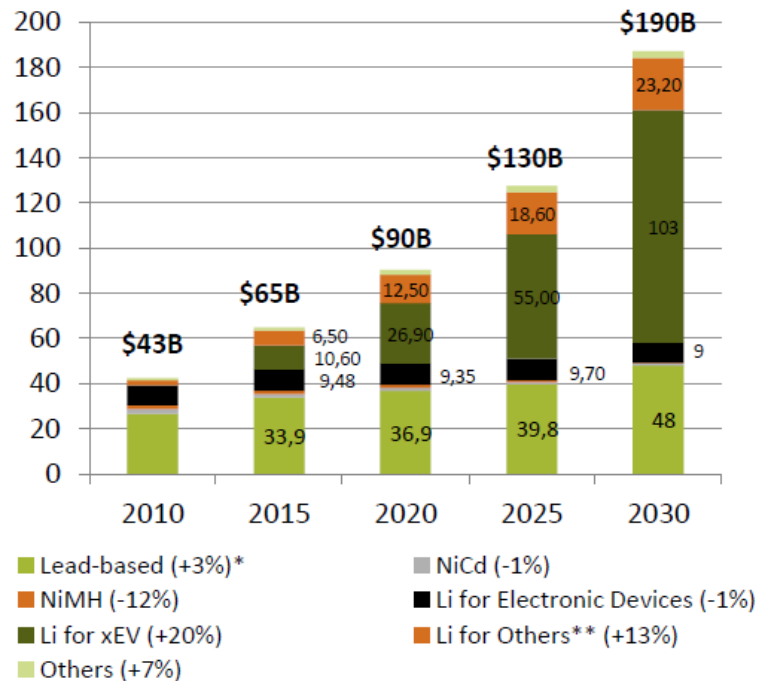
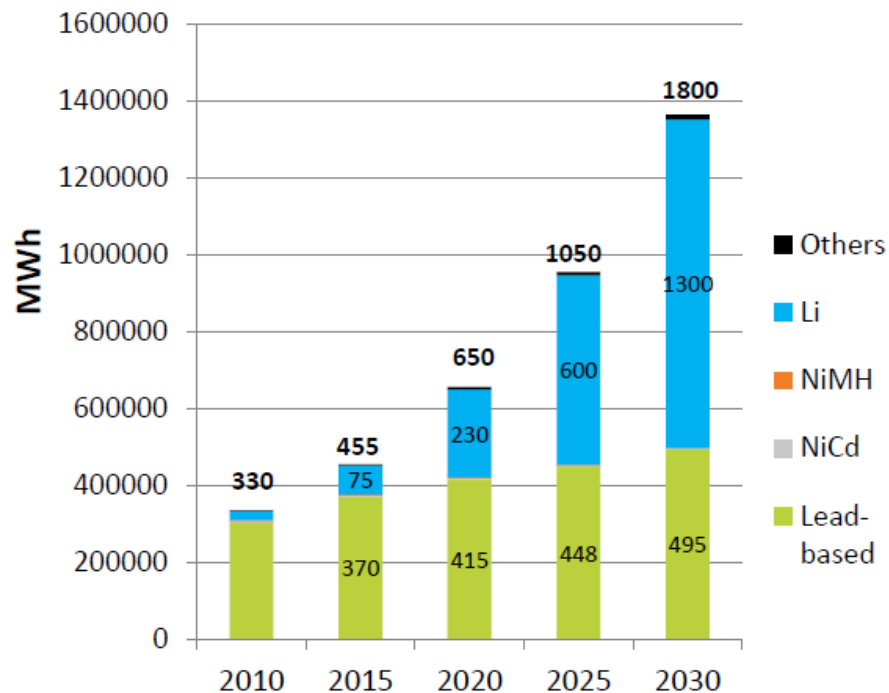
Источник: Avicenne, 2021

СК АКБ лидируют по общей емкости, ЛИ АКБ -- по объему продаж.

ЛИ АКБ часто используют в приборах бытовой электроники, а СК АКБ – в «тяжелых» приложениях: стартовые батареи автомобилей, промышленные системы



РЫНОК АКБ (ПЕРСПЕКТИВЫ)

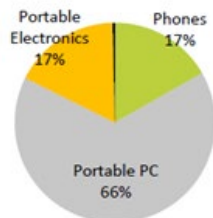


Источник: Avicenne, 2021

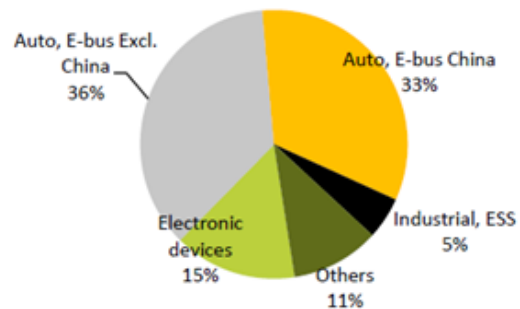


ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИ АКБ

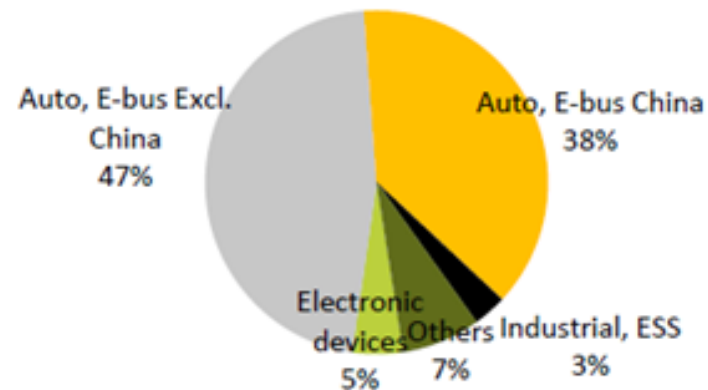
2000: < 2 ГВт·ч



2020: > 230 ГВт·ч



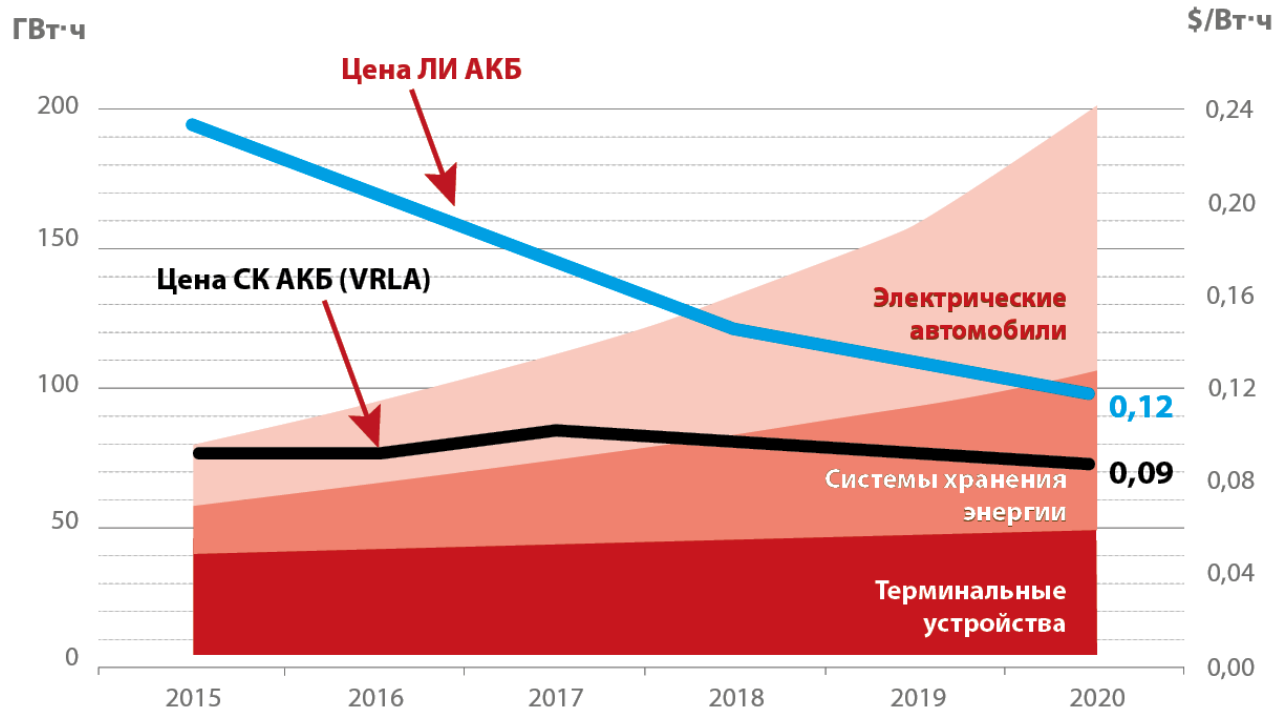
2030: 1300 ГВт·ч



Источник: Avicenne, 2021



ДИНАМИКА СТОИМОСТИ ЛИ АКБ

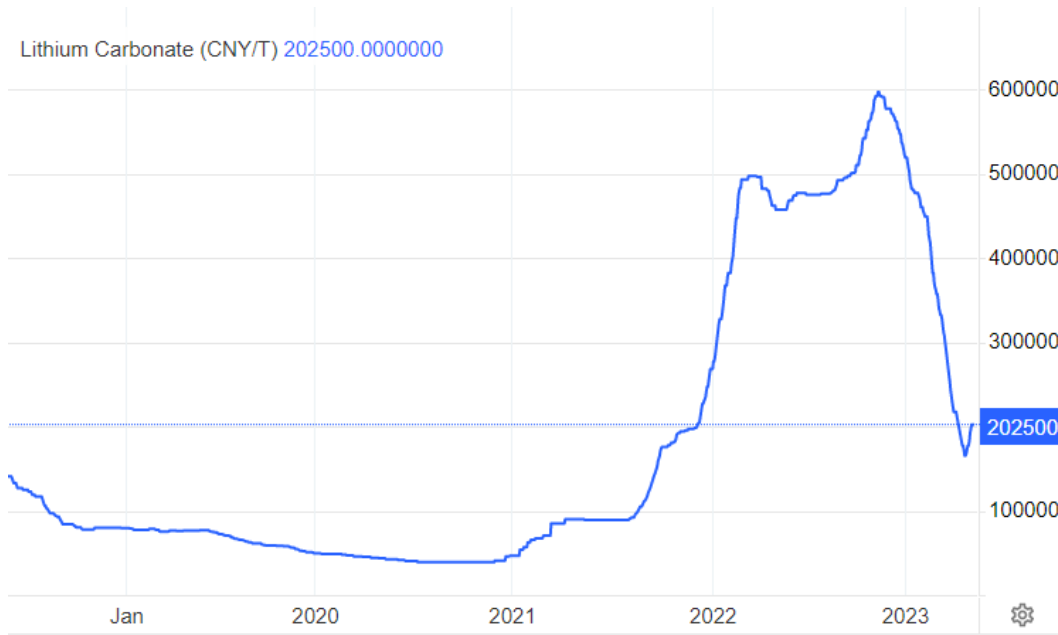


Источники: CBIA, CAAM, Huawei

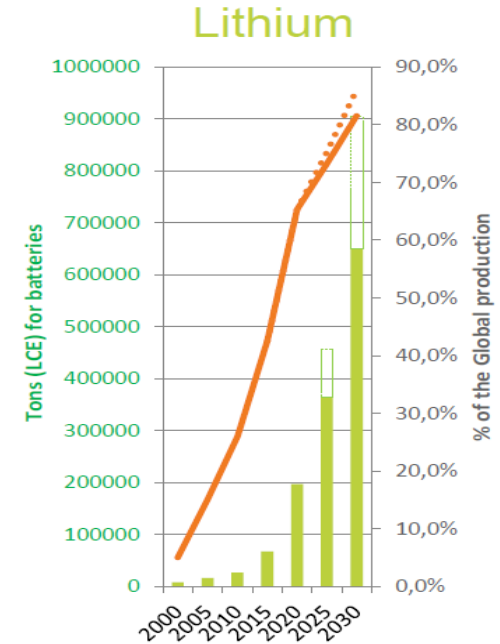
В 2020 г. Bloomberg New Energy Finance прогнозировал, что к 2030 г. цена ЛИ АКБ упадет еще минимум вдвое – до \$0,6/Вт*ч. Но начались «американские горки»



ДИНАМИКА СТОИМОСТИ ЛИТИЯ



Источник: tradingeconomics.com



Источник: *Avicenne, 2021*

В ноябре 2022 г. исторический максимум –
\$595 500 за тонну карбоната лития



■■■■■■ ДИНАМИКА СТОИМОСТИ СВИНЦА



Источник: tradingeconomics.com



СЫРЬЕ ДЛЯ ЛИ АКБ




```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#include <string.h>
#include <unistd.h>
#include <stdio.h>
main() {
```

A wide-angle photograph of a massive open-pit mine in winter. The mine's terraced walls are covered in a layer of snow, revealing the dark rock layers beneath. In the center of the mine is a large, calm pond, also covered in snow. To the left, a small, dark structure is visible on the edge of the mine. The sky is overcast and grey.


```

1  #include <sys/types.h>
2  #include <sys/stat.h>
3  #include <fcntl.h>
4  #include <string.h>
5
6  int main()
7  {
8      // ...
9  }

```

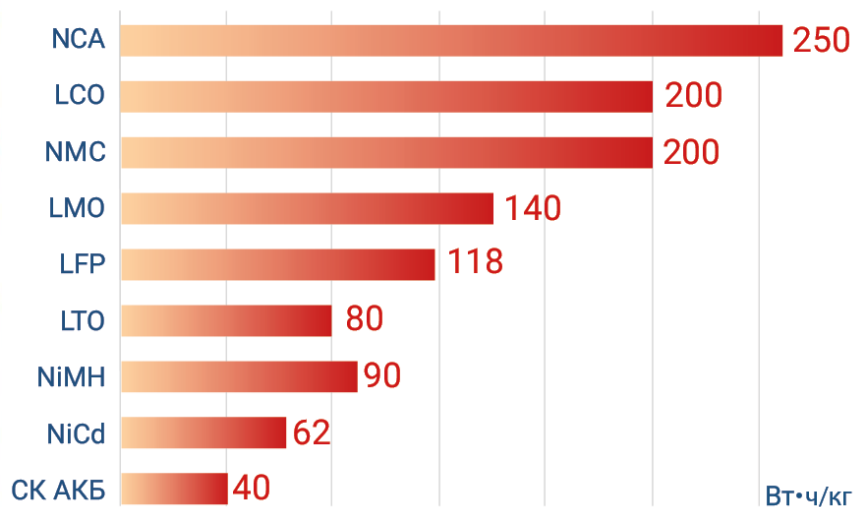
объявил министр
о в республике есть
них, Южно-Сухокумском

**разработка технологий
ающих предприятий,**

О намерении организовать производства карбоната лития объявил министр промышленности **Дагестана** Низам Халилов. Он сказал, что в республике есть **3 крупных месторождения лития**, на самом большом из них, Южно-Сухокумском можно добывать 5-6 тыс. тонн соединений лития в год.

ТИПЫ ЛИ АКБ

Удельная энергоемкость



Источник: batteryuniversity.com



Тип	Удельная энергоемкость	Удельная мощность	Безопасность	Производительность	Срок службы	Стоимость
LCO	Наивысшая	Средняя	Средняя	Высокая	Средняя	Средняя
LMO	Высокая	Высокая	Высокая	Средняя	Средняя	Средняя
NMC	Наивысшая	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Средняя
LFP	Средняя	Наивысшая	Наивысшая	Высокая	Наивысшая	Средняя
NCA	Наивысшая	Высокая	Средняя	Высокая	Высокая	Высокая
LTO	Средняя	Высокая	Наивысшая	Наивысшая	Наивысшая	Наивысшая

Источник: batteryuniversity.com

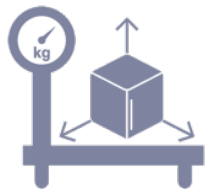
По совокупности характеристик для ИКТ наилучшие варианты:

NMC – литий-никель-марганец-кобальтовые

LFP – литий-железо-фосфатные



ЛИ АКБ vs СК АКБ



Массогабаритные характеристики

вес меньше примерно вдвое,
занимаемая площадь – на 70%

Экономия площади 70%, дополнительно 14 ИТ-стоек



СК АКБ **11,2 кв. м**

VS



ЛИ АКБ **3,06 кв. м**

Нагрузка 800 кВт, время автономии 15 мин

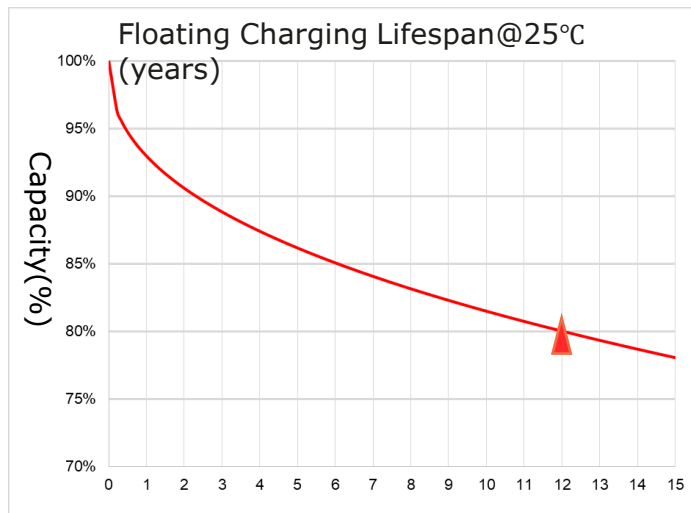


ЛИ АКБ vs СК АКБ



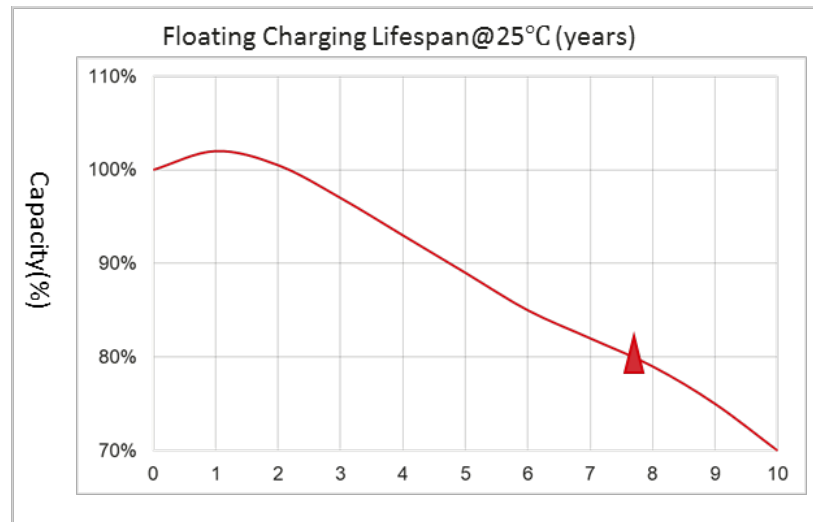
Срок службы

кратно больше -- способны через 15 лет сохранить более 70% своей емкости (при 25°C и непрерывном подзаряде ЛИ АКБ). Для СК АКБ этот показатель – 7-10 лет



ЛИ АКБ

VS



СК АКБ

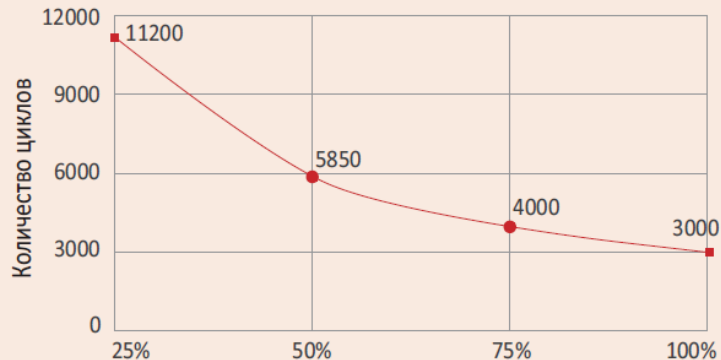


ЛИ АКБ vs СК АКБ



Циклический ресурс

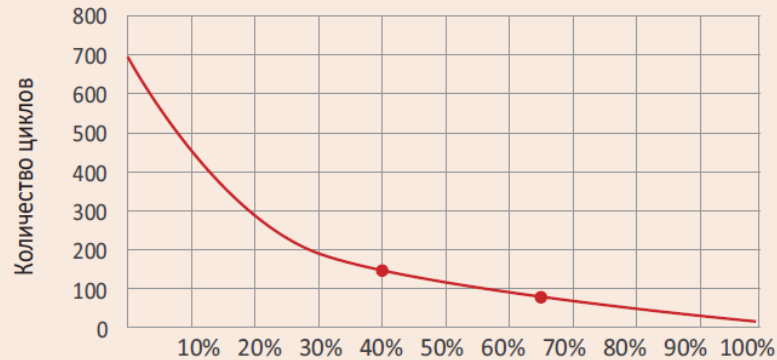
число циклов разряда-заряда больше примерно в 20 раз (при глубине разряда 100%)



Глубина разряда

ЛИ АКБ

VS



Глубина разряда

СК АКБ





Величина саморазряда

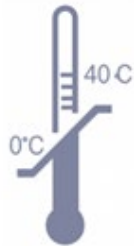
Этот показатель характеризует разряд батареи, когда она не используется. Для ЛИ АКБ он составляет 1–2%, а у свинцово-кислотных может достигать до 5% в месяц

Время заряда

Литий-ионные АКБ заряжаются не более 3 ч. Для свинцово-кислотных батарей этот показатель достигает до 15 ч. Меньшее время заряда играет важную роль в случае частых сбоев электропитания.



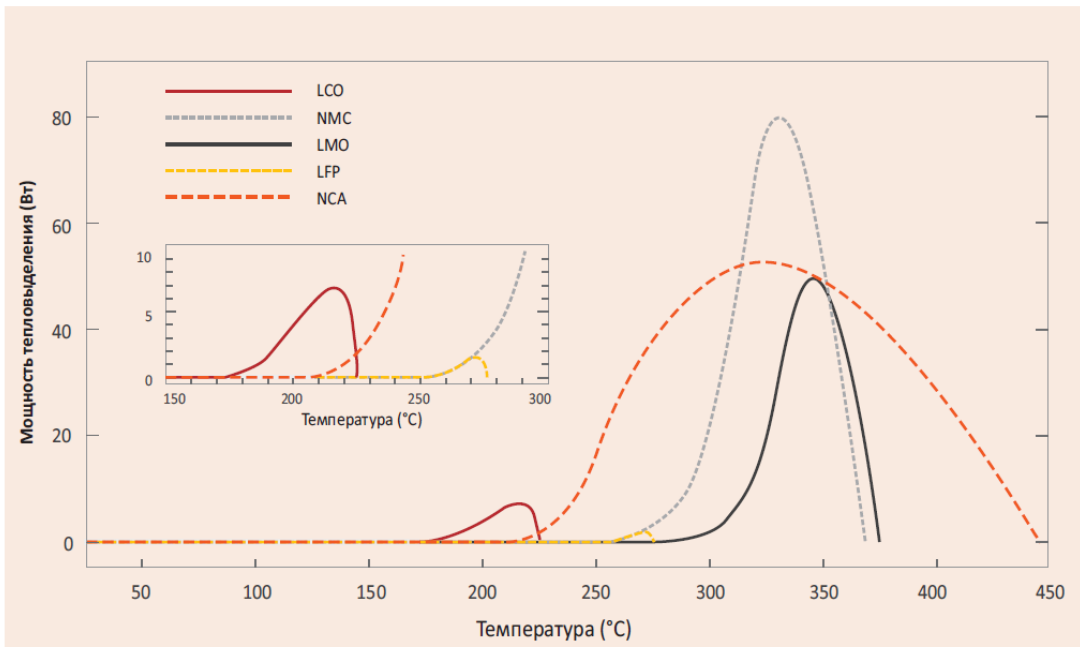
ЛИ АКБ vs СК АКБ



Температурный режим эксплуатации
менее строгий (приемлема температура от 0 до 40 град. С)

Для применения в ЦОДах важное значение имеет тепловыделение аккумуляторов. Среди всех типов ЛИ АКБ наименьшее тепловыделение имеют аккумуляторы LFP

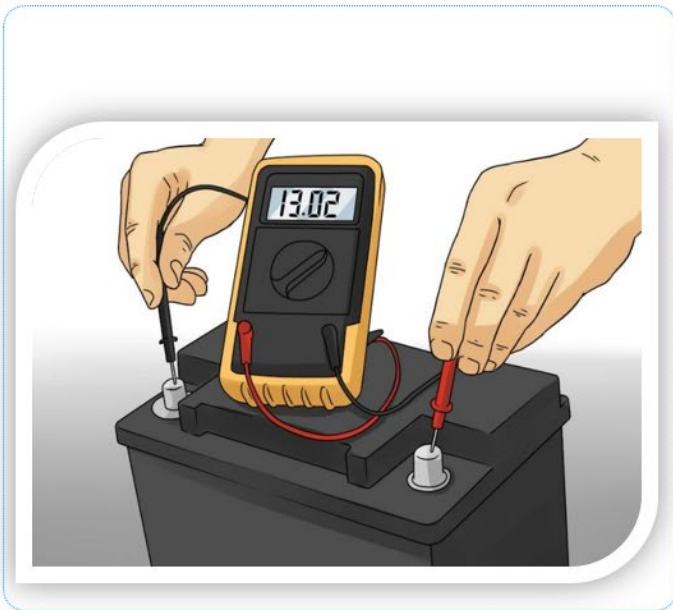
Источник: P. Peng, F. Jiang // Thermal safety of lithium-ion batteries with various cathode materials: A numerical study // International Journal of Heat and Mass Transfer. 103 (2016) 1008-1016



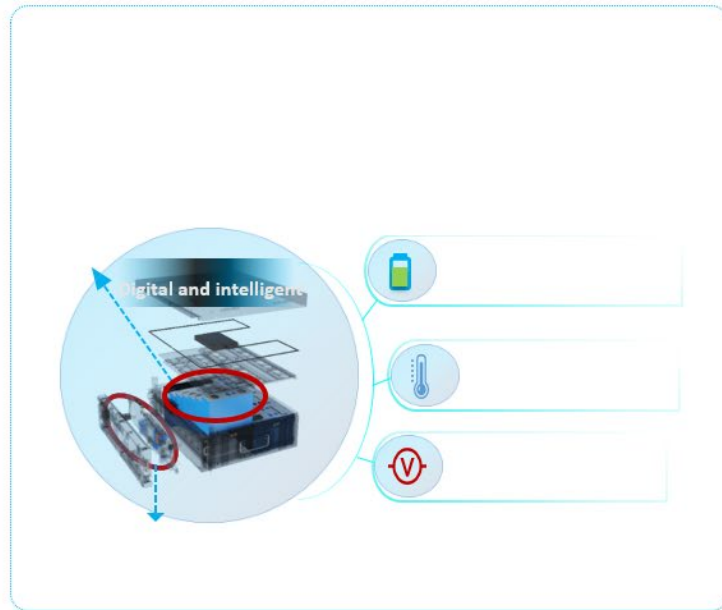
ЛИ АКБ vs СК АКБ



Мониторинг состояния
обязательная функция (для СК АКБ – дополнительная опция)



VS



ПРЕИМУЩЕСТВА ЛИ АКБ ДЛЯ ЦОД

	Корпоративные ЦОДы	Коммерческие ЦОДы	Edge-ЦОДы
Выгодные массогабаритные характеристики	Установка в небольших по площади и неспециализированных помещениях Проще транспортировать и устанавливать	Уменьшение размера помещений под АКБ → увеличение площади машинных залов	Установка в небольших модулях Проще транспортировать
Большой срок службы	Улучшение TCO Уменьшает необходимость замены, сложной в офисных зданиях	Улучшение TCO	Улучшение TCO
Более простое обеспечение длительного времени автономии без ДГУ	В центре города и в исторических зданиях, где сложно установить ДГУ		В малых ЦОДах, для которых установка ДГУ экономически неоправданна
Встроенная система мониторинга	Хорошая управляемость	Хорошая управляемость	Дистанционная эксплуатация



АКБ И АВАРИИ

2022 г. ЦОД SK Group (Ю. Корея)

Пожар начался в комнате АКБ, затем распространился на все здание. Пожарным потребовалось 8 ч, чтобы взять пламя под контроль.

Авария вывела из строя десятки тысяч серверов, включая системы SK Group, мессенджера KakaoTalk и облачного гиганта Naver («южнокорейский Google»)

Создание нац. целевой группы по предотвращению аварий и катастроф с участием военных и нац. разведывательного управления

Специальное заявление президента страны Юн Сок Ель (пообещал провести тщательное расследование причин пожара)

2021 г. ЦОД OVHcloud (Страсбург, Франция)

В инциденте пострадали около 65 000 клиентов, многие из них потеряли свои данные

Предполагается, что причина пожара -- система бесперебойного питания.

По данным Французского бюро расследований и анализа промышленных рисков (BEA-RI), распространению пожара способствовало отсутствие автоматической системы огнетушения, несвоевременное отключение электричества и особенности конструкции здания.



Хотя причины ряда крупных пожаров в ЦОДах СМИ связывают с АКБ, у нас нет подтвержденных данных на этот счет



■■■■■■■■■■ КРУПНЕЙШИЕ АВАРИИ 2022-23

Компания/организация	Степень серьезности	Год (квартал)	Причина
Federal Aviation Administration (US)	5	2023 (Q1)	Конфигурация ПО /ошибка в БД
Kakao (South Korea)	5	2022 (Q4)	Пожар в батарейной комнате
KDDI (Japan)	5	2022 (Q3)	Сетевая инфраструктура / ошибка в конфигурации
Google (global)	4	2022 (Q3)	Проблема при обновлении ПО
CommonSpirit Health (US)	4	2022 (Q4)	Кибератака
Amazon Web Services (US)	4	2022 (Q3)	Потеря электропитания / авария переключателя (transfer switch)
National Health Service (UK)	4	2022 (Q3)	Перегрев / авария системы охлаждения
Microsoft (Europe/global)	4	2022 (Q3)	Потеря электропитания / авария переключателя (switchover)

Источник: Uptime Institute, 2023



БЕЗОПАСНОСТЬ



Совершенствование хим. состава, материалов, процессов разработки, производства и тестирования



Пассивный слой внутри ячейки останавливает хим. реакцию при критическом нагреве

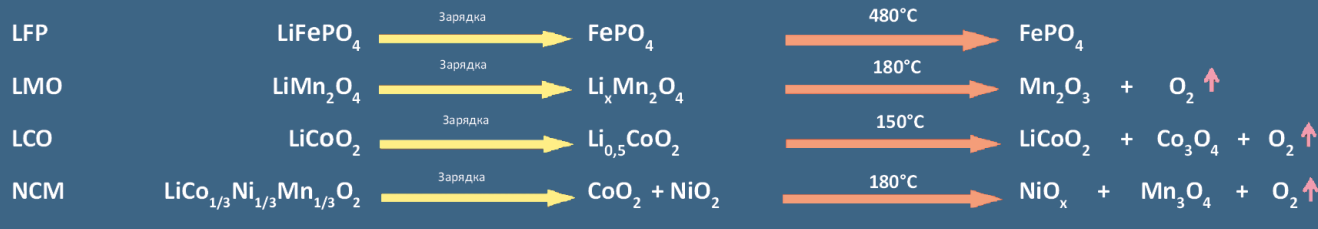


Встроенная аппаратная защита от перезаряда – когда напряжение превышает критическое значение, цепь размыкается и процесс зарядки останавливается



Встроенные предохранители

При разложении LFP не выделяется O_2 , что значительно снижает вероятность взрыва



Нормальная зарядка

Перезаряд/тепловой разгон



■■■■■■■■■■ БАРЬЕРЫ ДЛЯ ЛИ АКБ



Высокий CAPEX + стремительный рост (**резкое колебание**) цен на основное сырье для ЛИ АКБ



Резкое сужение конкурентного поля в России!!!



Фобии, связанные с безопасностью (слабая информированность о решении этих проблем)



Опасения, связанные с **ограниченными запасами** (доступностью) основных материалов, используемых в ЛИ АКБ



Отсутствие выстроенной системы утилизации



ПЕРСПЕКТИВЫ ЛИ АКБ В ДАТА-ЦЕНТРАХ



Рост спроса
на накопители энергии



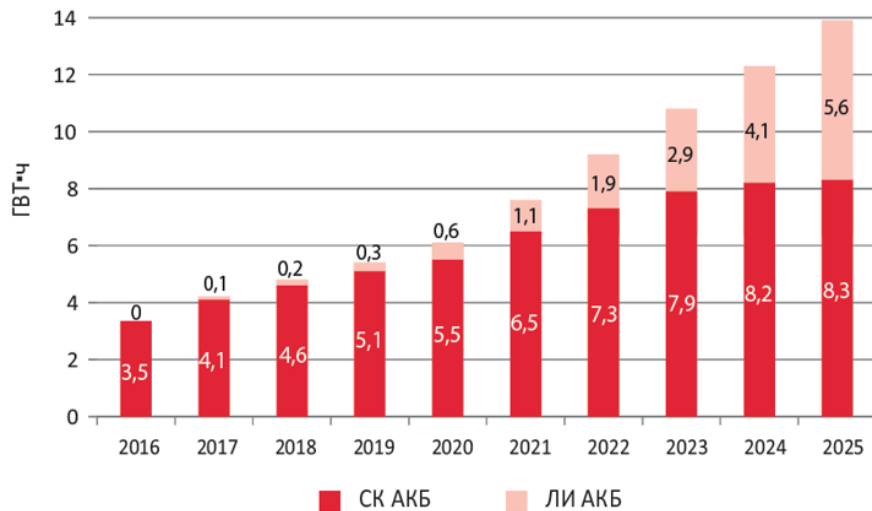
Уменьшение зависимости
от традиционных ДГУ



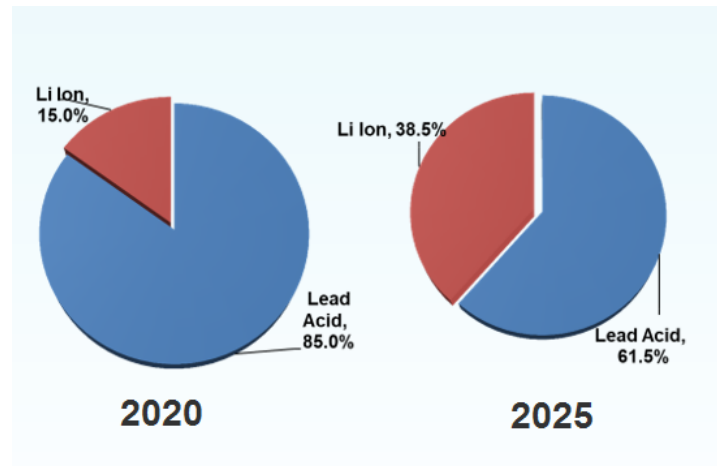
Развитие edge-инфра-
структуры



Дальнейшее снижение
стоимости ЛИ АКБ



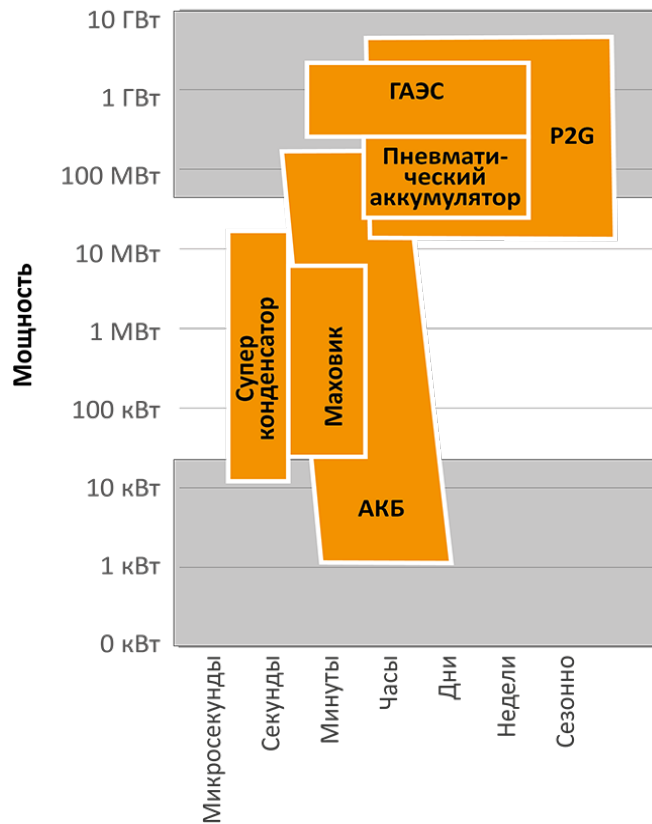
Источник: по данным Bloomberg New Energy Finance



Источник: Frost & Sullivan



ВОЗМОЖНЫЕ ВАРИАНТЫ



- **АКБ**
- **Суперконденсаторы**
- **Маховики**

Источник: ROLAND BERGER GMBH (2017). R. Berger, "Business models in energy storage – Energy Storage can bring utilities back into the game"

ГАЭС -- гидроаккумулирующая электростанция
P2G -- Power-to-Gas — преобразование электричества в газообразное топливо (например, водород или метан)



АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ

Характеристика	Суперконденсатор	СК АКБ	ЛИ АКБ
Напряжение, В	48-62	12-24	12-24
Мин. t эксплуатации, град. С	-40	-20	-20
Макс. t эксплуатации, град. С	+75 (80)	+40	+45
Число циклов	Более 1 млн	300	10 тыс.
Срок эксплуатации, лет	5-20	0,5-5	3-10
Плотность энергии, Вт·ч/л	1-10	100-290	250-650
Плотность мощности, Вт/л	1000-10 000	100-1000	850-3000
КПД, %	>98	~70	80-90
Время разряда	Секунды или минуты	Часы	Часы

Источник: Eaton



АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ

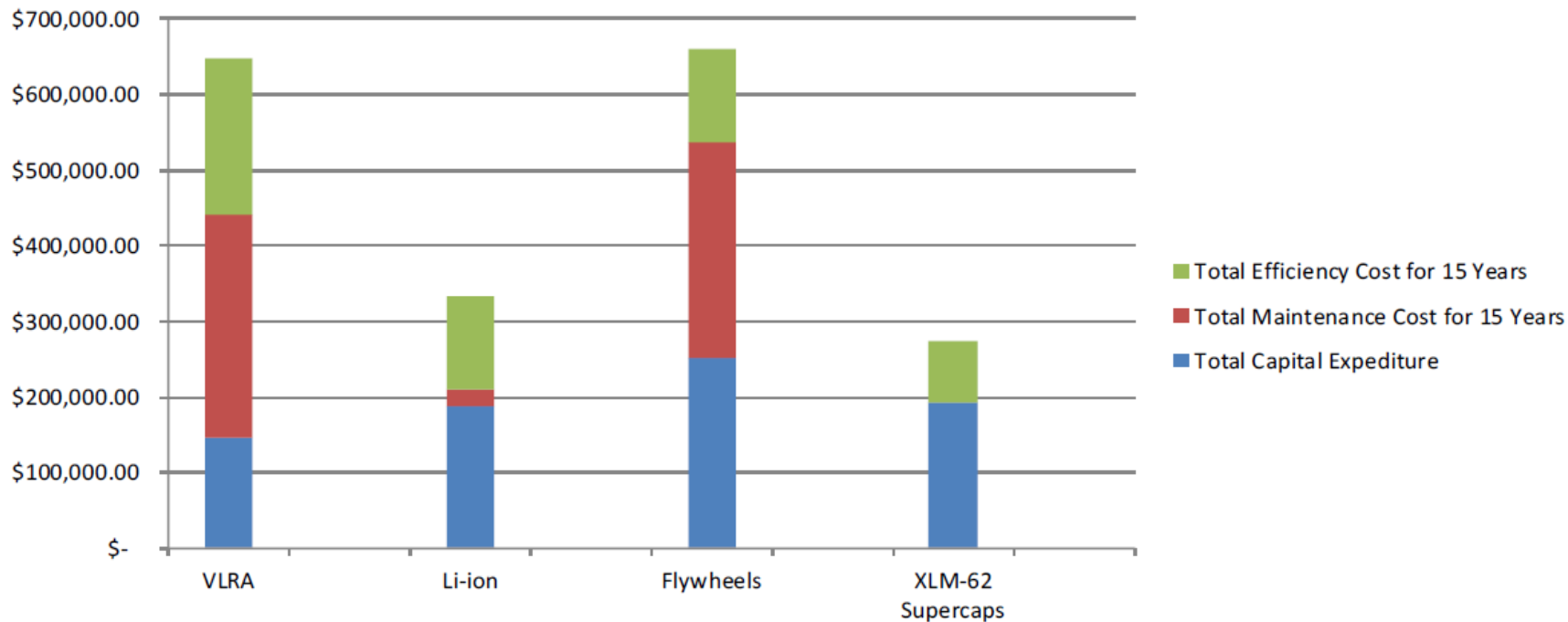
Характеристика	Суперконденсатор (20 блоков)	ЛИ АКБ	Маховик
Диапазон напряжения, В (DC)	570 to 360	538 to 410	520 to 400
Температурный диапазон, град. С	-40 to +65	+18 to +28	-10 to +40
Макс. мощность, кВт	300	150	300
Запасенная энергия, кВт·ч	1.39	32.6	1.67
Срок службы, лет*	20	15	20
Размер (ШхДхВ), см	62 x 85 x 213	65 x 60 x 229	76 x 76 x 187
Вес, кг	550	550	760

*эксплуатация при температуре +28°C

Источник: Eaton



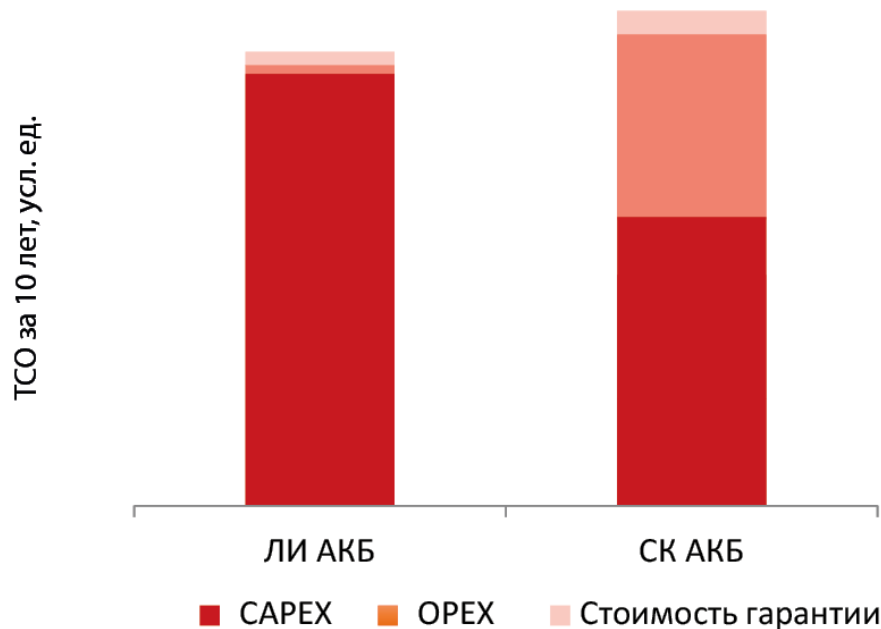
АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ



Источник: Eaton



ТСО. ТИПИЧНЫЙ КОРП. ЦОД



мощность нагрузки 200 кВт
(40 стоек по 5 кВт)



время автономии от АКБ – 10 мин



стоимость аренды помещения
за 10 лет – 1000 \$/кв. м.

Источник: iKS-Consulting, Huawei



АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ: NI-ZN

Никель-цинковые (Ni-Zn) АКБ в сравнении со свинцовыми:

- До 63% меньше занимаемая площадь и нагрузка на пол
- До 197% (194%) выше удельная мощность по весу (объему)

- + **Высокая надежность.** Выход из строя элемента ЛИ или СК АКБ приводит к разрыву цепи, слабая ячейка батареи Ni-Zn остается проводящей
- + **Длительный срок службы, простое обслуживания**
- + **Экологичность и безопасность.** Не горят. В составе нет опасных кислот и газов
- + **Эффективно работают в диапазоне температур: от -40 до +43 °C**
- **Недостаток** – повышенная скорость саморазряда после 30–50 циклов (бывшие в эксплуатации АКБ не держат заряд так долго, как новые)



Источник: ZincFive



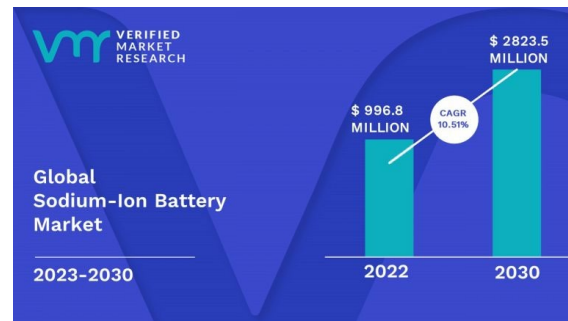
АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ: SIB/NIB

Натрий -- перспективная замена литию

- Сходство принципов работы НИ и ЛИ АКБ позволяет задействовать существующие линии производства
- Разработка НИ АКБ также началась в 70-е годы, но комм. перспективы лучше выглядели у ЛИ АКБ
- Когда ЛИ АКБ начала активно применять для энергоемких приложений (э-мобили, СБП и СХЭ), стало ясно: нужна более дешевая альтернатива с доступной базой исходного сырья.

Хотя НИ АКБ дешевле ЛИ, по массогабаритным характеристикам уступают последним

Натрий-ионный АКБ -- sodium-ion battery (NIB or SIB)





СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

данные - энергия цифровой экономики

