

# Литиевые аккумуляторы

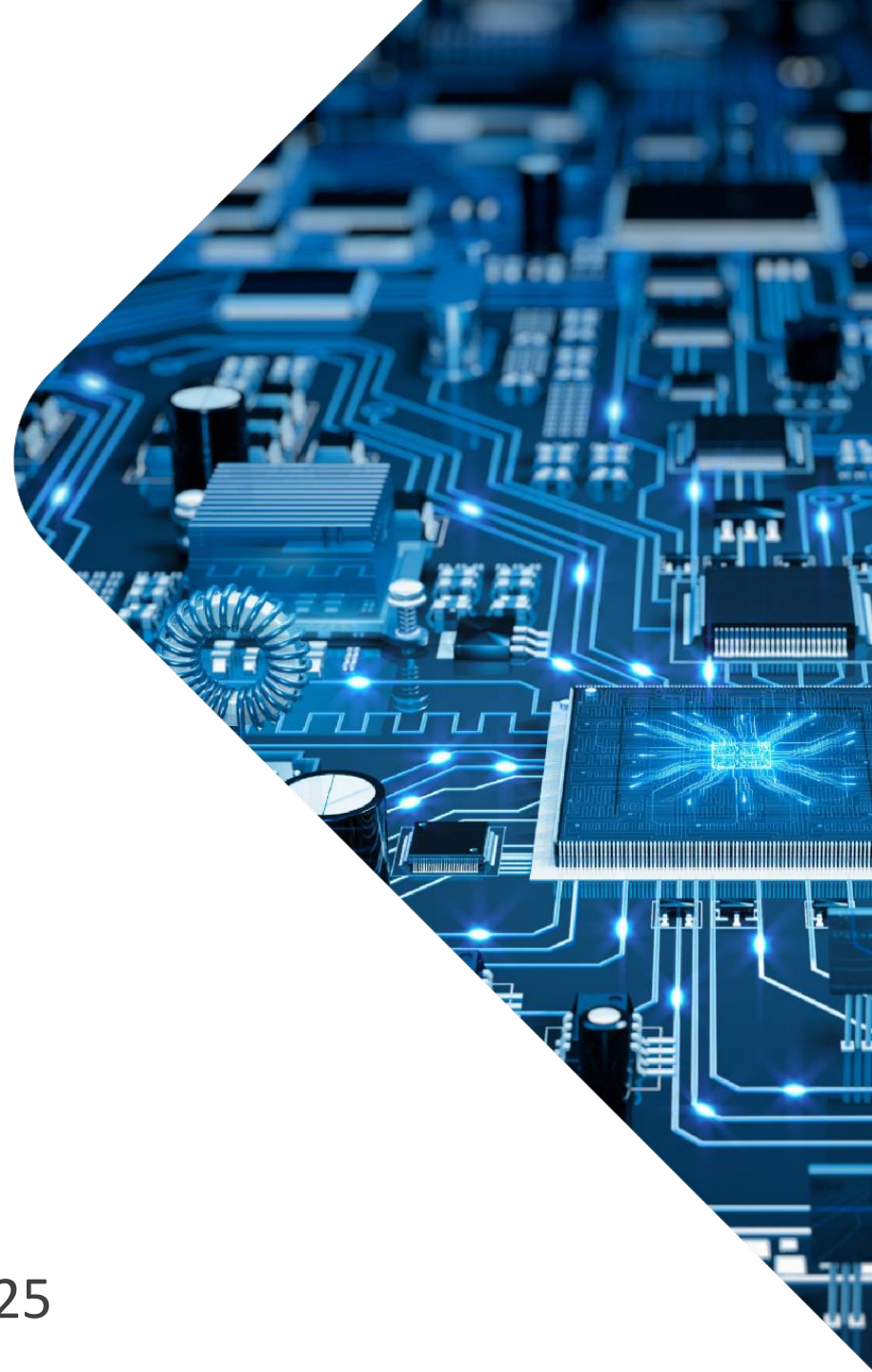
## Как выбрать оптимальное решение для вашего проекта?



**Миронов Сергей**

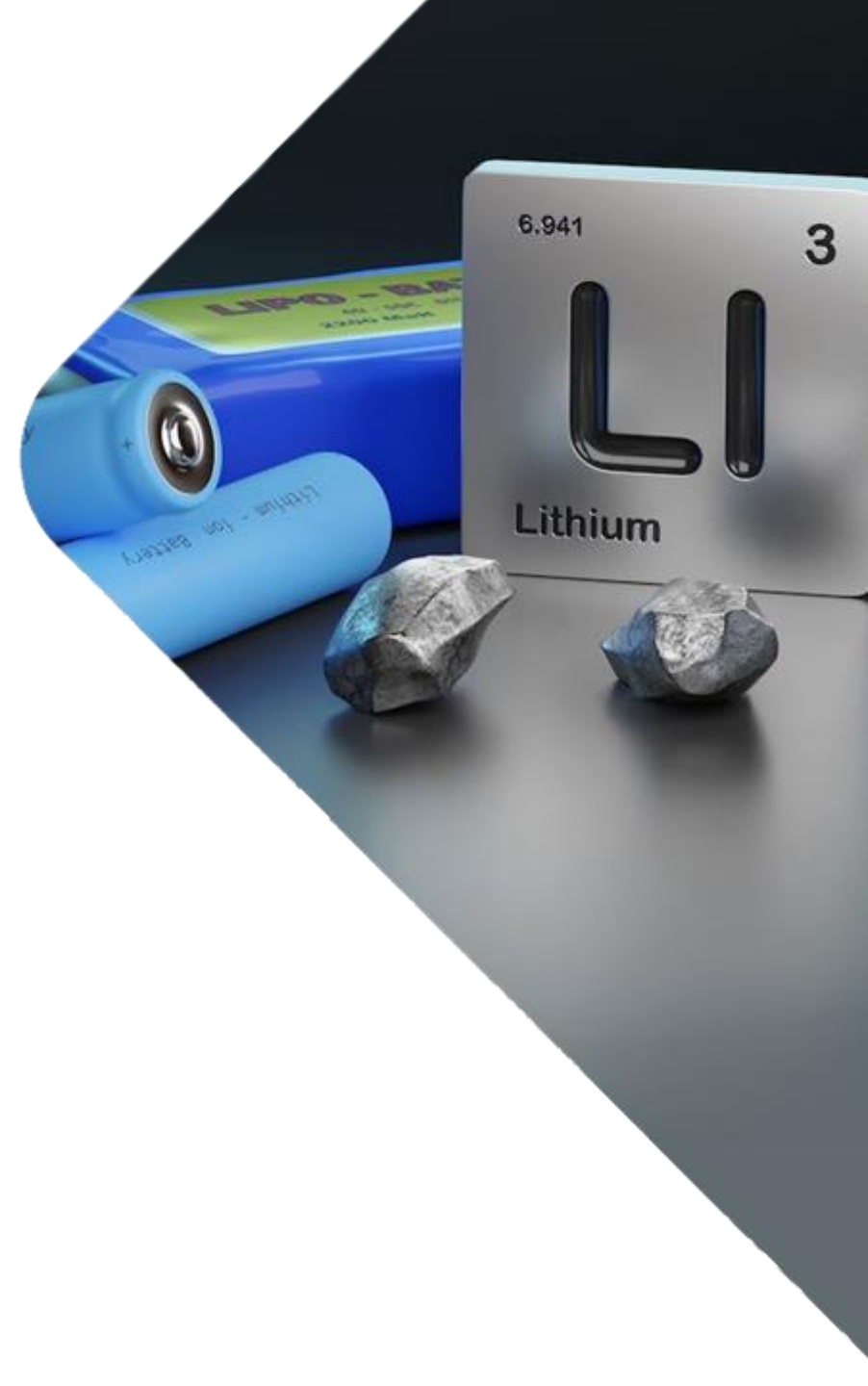
Инженер по модульным ИП и ХИТ

07.10.2025

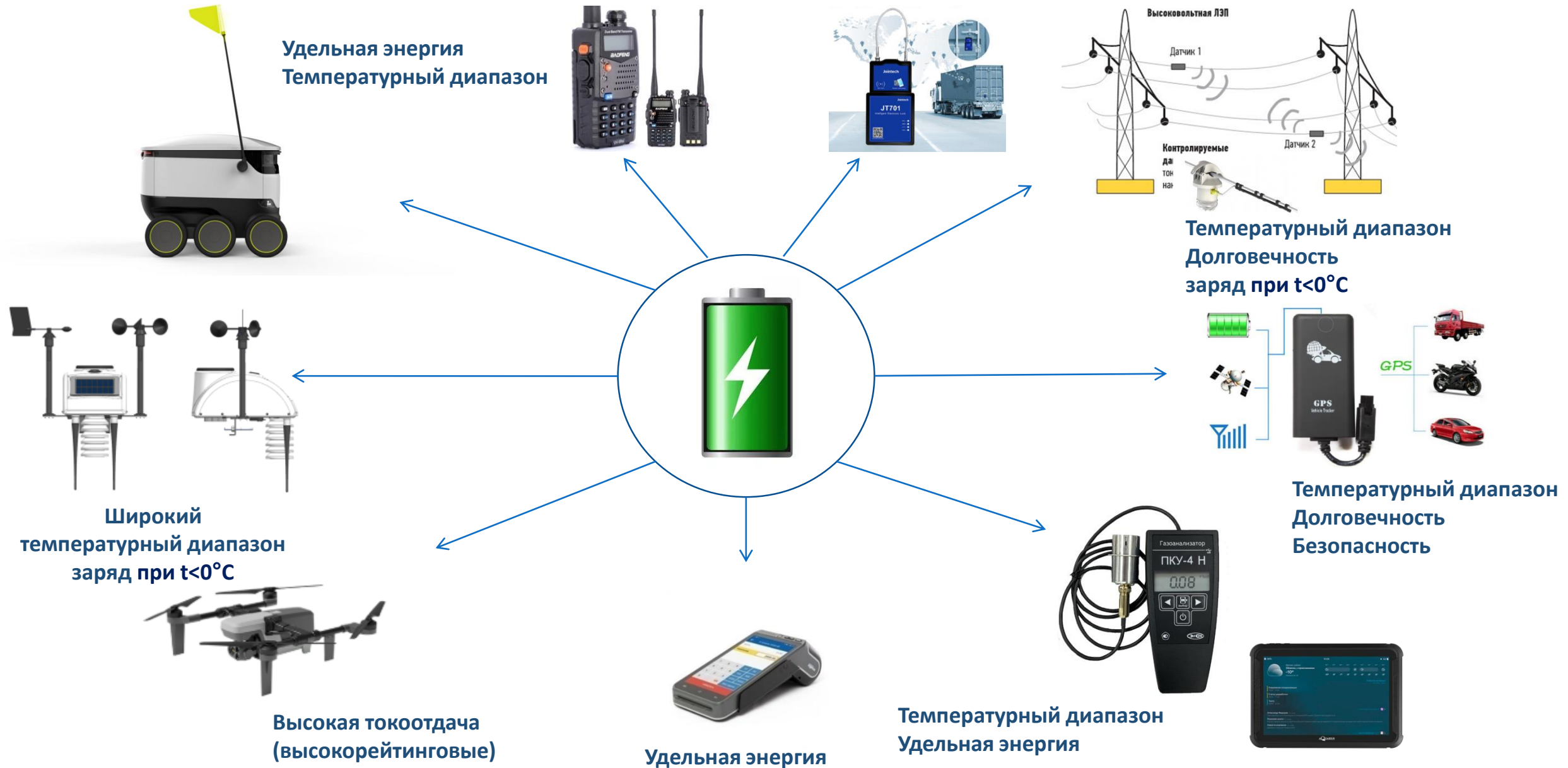


# Программа вебинара

- Основные параметры литиевых аккумуляторов
- Критерии выбора аккумулятора
- Разновидности литиевых аккумуляторов
- Рекомендованные производители и их продукция
- Выбор аккумуляторов для устройства
- Особенности хранения
- Нюансы работы с литиевыми аккумуляторами
- Как избежать не штатных ситуаций?



# Литиевые аккумуляторы среди нас



# Особенности литиевых аккумуляторов

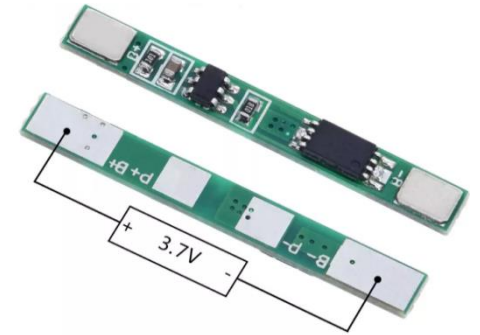


- относительно высокое напряжение\*: 2,3/3,2/3,7 В (в зависимости от химии)
- повышенная плотность энергии (в сравнении с Pb/Ni-Mh/Ni-Cd)
- отсутствие “эффект памяти” (в сравнении с Ni-Cd/Ni-Mh)
- низкий саморазряд (до 3% в месяц при НУ хранения)
- высокая скорость разряда/заряда\*
- широкий температурный диапазон эксплуатации\*



- Стоимость
- Склонны к перезаряду:

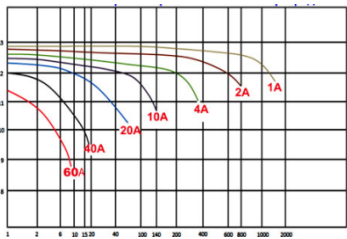
**необходимость использования системы управления (BMS) или плату защиты**



*\* - специальные разновидности*

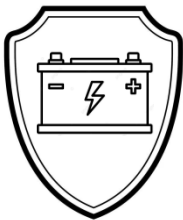
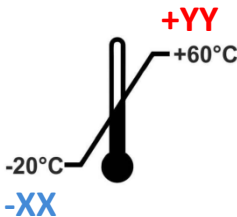
# Основные критерии выбора

Ток разряда  
(кратность в "C")



Энергия/  
(ёмкость/напряжение)

Безопасность



Форм-фактор



Температурный  
диапазон

Количество циклов  
(долговечность)

# Основные тенденции развития аккумуляторов

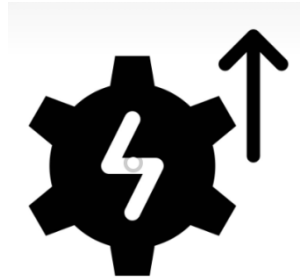
Снижение веса



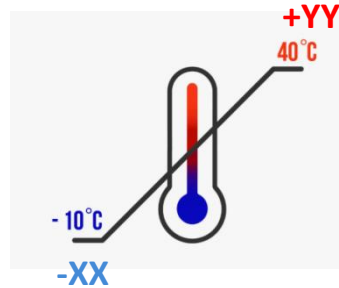
Увеличение срока хранения



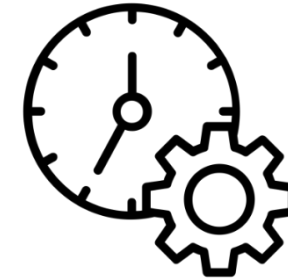
Повышение безопасности



Увеличение  
плотности энергии



Расширение  
температурного  
диапазона



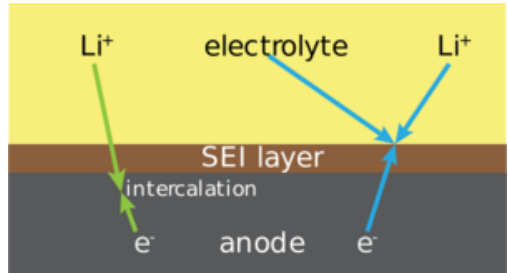
Увеличение срока  
службы

**Легче, меньше, дольше!**



# Какой тип химии выбрать?

Параметр	Литий-ионные (Li-Ion)			Литий-полимерные	Литий-железофосфатные	Литий-титанатные
	ICR (кобальтовые)	INR (никель-марганцевые)	IMR (марганцевые)	Li-Pol	LiFePO <sub>4</sub>	LTO
Конструктив (основной)	цилиндрический			паучи	цилиндрический/призматический	
Напряжение разряда, В	3.6–3.7			3.7 В	3.2 В	2.4 В
Удельная объёмная энергии (Вт·ч/л)	220-300	250-350	200-280	200-350	190-250	80-130
Максимальный ток разряда, тип.	1–2C	3–5C / 10C	5–10C / 15–20C	3–5C / 30C (высокорейт.)	5–10C / 25–30C	10–20C / 30–100C
Максимальный ток заряда, тип.	1C	1C / до 2–3C	1C / 3–4C	0.5–1C / 3–5C (высокорейт.)	1C / 3–5C (высокорейт.)	5–10C / 20–50C
Температура разряда, °C	–20 ... +60	–20 ... +60 –40 ... +75	–20 ... +60	–20 ... +60 –40 ... +60 –20 ... +70	–20/30 ... +60	–40 ... +60
Температура заряда, °C	0 ... +45	0 ... +45	0 ... +45	0 ... +45	–10 ... +55	–30 ... +60
Количество циклов (до 80% ёмкости), тип.	500–800	1000–1500	500–1000	300–800	2000–5000	10 000–20 000
Безопасность	Низкая	Средняя	Высокая	Средняя	Очень высокая	Высочайшая
Популярность / Доступность	Высокая	Высокая	Высокая	Очень высокая	Растёт	Низкая



## Почему именно +60°C?

SEI – твёрдый электролитный интерфейс/плёнка, образованная на поверхности анода в процессе формовки (препятствует разложению электролита (переносу электронов) и обеспечивает стабильный транспорт ионов лития) Ионный проводник и электрический изолятор в одном флаконе. Важная составляющая Li-Ion аккумулятора!  
**при +70°C разрушается!**

Нет идеального аккумулятора. Для каждого применения есть своя оптимальная химия

# Не все аккумуляторы одинаково полезны

Существующие разновидности литий-ионных/полимерных аккумуляторов

	Температурный диапазон (разряд)	Ток разряда	Напряжение (заряда)
Стандартные	-20°C ... +60°C	До 2С/3С	4,2 В
Низкотемпературные	-40°C ...+60	До 2С (5С)	4,2 В
Высокотемпературные	-20/-10°C ... +70/90°C	До 2С	4,2 В
С расширенным диапазоном	-30°C ... +70°C	До 5С	4,2 В
Высокорейтинговые	-20/-30...+55/60°C	5С, 10С, 15С, 20С и выше	4,2 В
Высоковольтные (Li-HV)	-20°C ... +60°C	1С-2С	4,35-4,45 В

Li-HV (Li-Ion-High Voltage; разновидность Li-Ion) - высоковольтные.

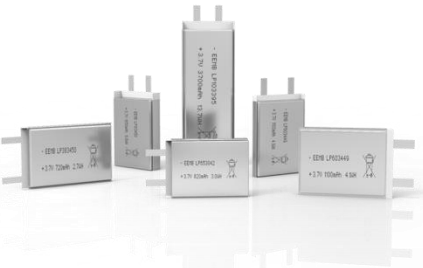
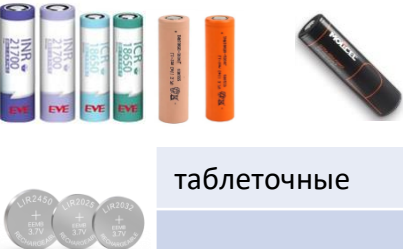

Для циклического режима работы.

На первых 100-200 циклах имеют улучшенные показатели энергии до +10-15%



# Рекомендованные производители и спектр продукции



Тип химии	Конструктив	Группа	EVE	EEMB	BPI	SUNPOWER_J	MOLICEL
	Призматические (паучи)	Стандартные					
		Низкотемпературные/с расширенным диапазоном		-40°C (до 80%)	-40°C (до 80%) -30...+70C		
		Высокотемпературные		-20...+70°C	-20...+90°C	-20...+75°C	
		Высокорейтинговые		5C/10C/15C/20C	5C/10C/15C		
		Повышенной ёмкости		+15...20% ★			
		Высоковольтные	4,35 В	4,35 В ★	4,45 В		
	Цилиндрические (18650/21700)	Стандартные					
		Низкотемпературные/с расширенным диапазоном	PLM -40...85°C			-40...75 (80...85%)	-40...60°C (70...80%)
		Высокорейтинговые	10C/15C/20C	5C/10C		До 10C/15C	До 10C
	таблеточные	Стандартные		LIRxxxx			
		Повышенной ёмкости		LIRxxxxH (+50%)			
	цилиндрические	Стандартные					
	Призматические (паучи)	Стандартные	Ёмкие системы хранения	Замена свинцовых			
			Склад по 18650/21700	Широкий выбор Цена на паучи	Есть Ni-MH Склад 18650	Оптимально для экстрима	Premium-класс Экстрим

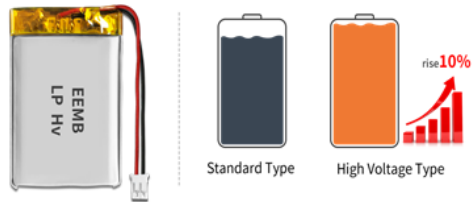
# ЕЕМВ: литий-полимерные. Новинки

## Низкотемпературные (-40°C ... +60°C)

LPxxxxxxLC



- Эффективность до 80% при -40°C
- Возможен заряд при -20°C



## Высоковольтные (+10%)

LPxxxxxxHV

- Напряжение заряда **4,35 В**
- Увеличенная плотность энергии

Lithium Polymer Battery Energy

**20% upgrade**

	Standard Type LP743870	High Capacity Type LP743870
Charge cut-off voltage	4.2±0.05V	4.2±0.05V
Discharge cut-off voltage	2.75V	2.75V
Capacity released	2520mAh	3000mAh

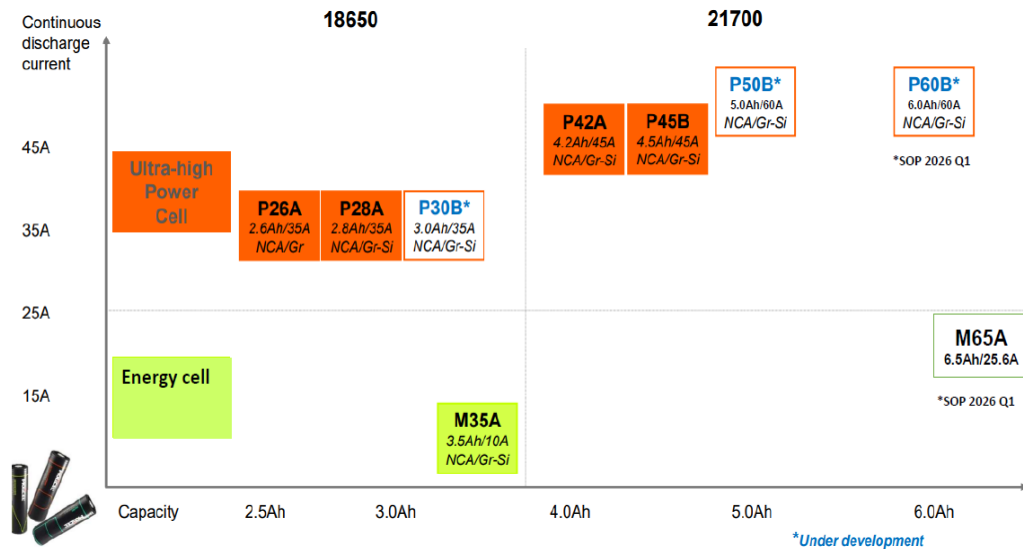
Control Models Smartphones IoT device Medical device

- пористые электроды
- оптимизированный состав электролита
- уменьшено “мёртвое” пространство
- нанокompозиты вместо графита

## С увеличенной плотностью энергии (+15...20%)

- Стандартное напряжение заряда **4,2 В**
- >800 циклов (при 0,2С до 80% ёмкости)
- Плотность энергии **>350 Вт\*ч/кг**
- Стоимость одного цикла ниже на 12%

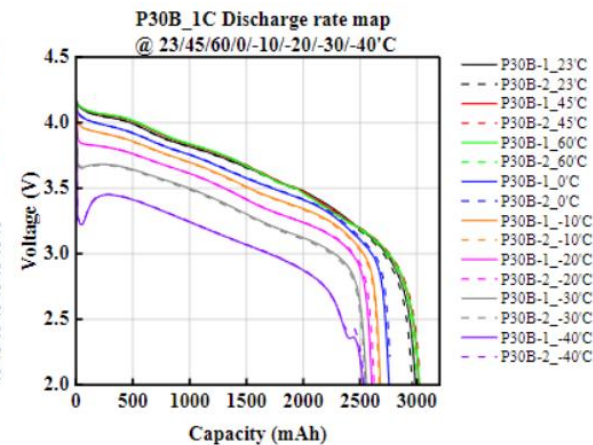
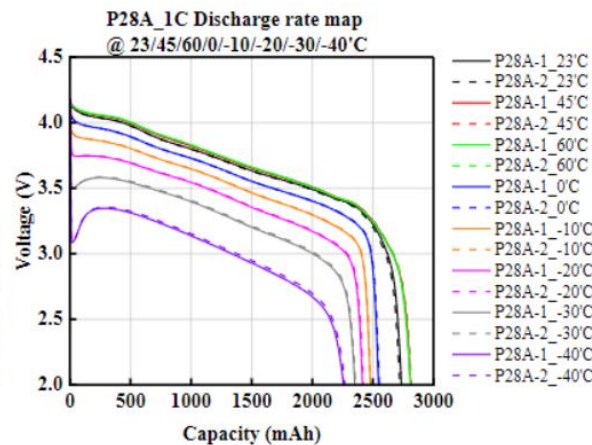
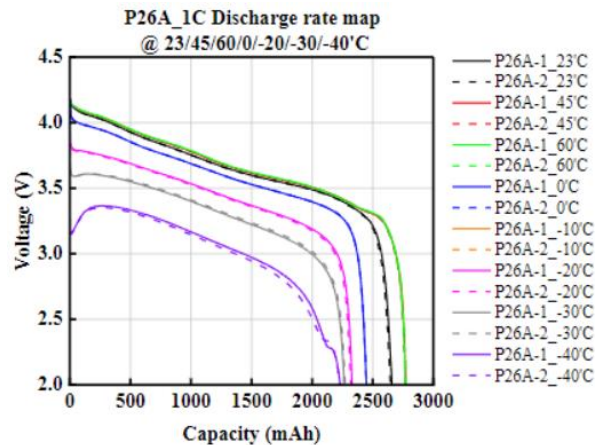
# MoliceL: низкотемпературные и высокорейтинговые 2-в-1



Низкотемпературные высокорейтинговые (-40°C ... +60°C)

Наименование	Ёмкость, мАч	Ток разряда, А	Ток заряда
INR-18650-P26A	2600	35	2C
INR-18650-P28A	3800	35	2C
INR-18650-P30B	3000	36	3C
INR-21700-P45B	4500	45	3C
INR-21700-P42A	4200	45	2C

>70...80% ёмкости при -40°C и токе 1C



**MOLICEL®**

# SUNPOWERJ: высокорейтинговые в широком диапазоне



Типоразмеры: 18650/21700/26700

## Высокорейтинговые (разряд >5C)

Наименование	Ёмкость, мАч	Ток разряда непр./имп. (2 сек.), А	Температурный диапазон, °С
INR18650-1500	1500	20/50	-20 ... +60
INR18650-3200	3200	20/50	-20 ... +60
INR18650-3500	3500	20/50	-20 ... +60
INR21700-5000SE	5000	35/90	-20 ... +60
INR21700-5500	5000	30/70	-20 ... +60
INR18650-2000	2000	20/50	-20 ... +75
INR18650-2200	2200	20/40	-20 ... +75
INR18650-2500	2500	30/50	-20 ... +75
INR18650-2600	2600	20/50	-20 ... +75
INR18650-3000	3000	30/50	-20 ... +75
INR21700-3000	3000	40/80	-20 ... +75
INR21700-4000	4000	50/80	-20 ... +75
INR21700-4000Y	4000	70/100	-20 ... +75

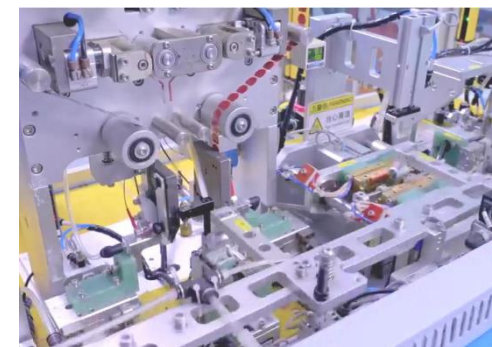
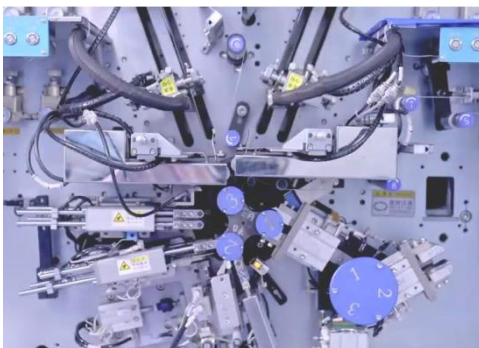
Низкотемпературные (-40°C ... +75°C)  
>(80...85)% ёмкости при -40°C и токе 0,2C

Наименование	Ёмкость, мАч	Ток разряда непр./имп. (2 сек.), А
INR18650-2500L	2500	20/30
INR18650-3000L	3000	10/30
INR21700-4000L	4000	40/80

## Железо-фосфатные LiFePO<sub>4</sub> (-20°C ... +60°C)

Наименование	Ёмкость, мАч	Ток разряда непрерывный
IFR18650-2000	2000	3C
IFR26700-4300	4300	3C
IFR26700-4500	4500	3C
IFR26700-5000	5000	2C

# BPI: литий-полимерные



## Стандартные

Рабочее напряжение  
2,5-4,2 В

Температура  
-20...+60°C

Разрядный ток  
2C

## Высоковольтные

Рабочее напряжение  
2,5-4,45 В

Температура  
-20...+60°C

Разрядный ток  
1C

## Высокотемпературные

Рабочее напряжение  
2,5-4,2 В

Температура  
-10...+90°C

Разрядный ток  
2C

## Низкотемпературные

Рабочее напряжение  
2,5-4,2 В

Температура  
-40...+50°C

Разрядный ток  
5C

## Высокорейтинговые

Рабочее напряжение  
2,5-4,2 В

Температура  
-30...+55°C

Разрядный ток  
15C

## Широкодиапазонные

Рабочее напряжение  
2,5-4,2 В

Температура  
-30...+70°C

Разрядный ток  
5C

- Хранение при температуре 105°C/24 часа без образования газа.
- Хранение при температуре 80°C/28 дней с потерей емкости до 10%.
- Циклирование при +60°C после 500 циклов ёмкость 80%
- Широко используется в базовых станциях, автомобильных видеорегистраторах и т. д.

- Ёмкость до 92% при -40°C.
- Поддерживают зарядку током 0,2C при -10°C.
- Широко используется в электронных устройствах наружного исполнения



# Серийная продукция EVE

## Цилиндрические:

- литий-кобальтовые (ICR)
- литий-никель-марганец-кобальтат (INR)

Температурный диапазон:  
заряд от 0 до 45°C, разряд от -20 до 60/80°C



Модель	Размеры, мм	Ёмкость, Ач	Напряжение, В	Диапазон рабочего напряжения, В	Плотность энергии, Втч/кг	Ток разряда, макс./кол-во циклов
ICR18650/15P	18,35x65	1,5	3,6	2,5...4,2	135	До 20С/300
ICR18650/20P	18,35x65	2	3,6	2,5...4,2	167	до 15С/300
ICR18650/26V	18,35x65	2,55	3,6	2,5...4,2	204	До 3С/1000
INR18650/25P	18,35x65	2,5	3,6	2,5...4,2	200	До 12С/300
INR18650/29V	18,35x65	2,85	3,6	2,5...4,2	231	До 3С/1000
INR18650/33V	18,35x65	3,2	3,6	2,5...4,2	250	До 3С/1000
INR18650/35V	18,35x65	3,5	3,6	2,5...4,2	263	До 3С/800
INR21700/40P	21,2x70,2	4	3,6	2,5...4,2	215	До 10С/300
INR21700/50E	21,2x70,2	5	3,6	2,5...4,2	260	До 2С/1000

## Вариант с лепестковыми выводами

INR18650/33V KC1011  
INR18650/35V KC1011



Возможность заказа сборок с BMS по требованиям

# Серийная продукция EVE

## Цилиндрические литий-железофосфатные

Температурный диапазон -20...+60°C



Модель	Размеры, мм	Ёмкость, Ач	Напряжение, В	Диапазон рабочего напряжения, В	Плотность энергии, Втч/кг	Кол-во циклов
C33 (IFR33140)	33x140	15	3,2	2,5...3,65	185	2500
C40-V2	40x135	20	3,2	2,5...3,65	185	4000

## Призматические литий-железофосфатные

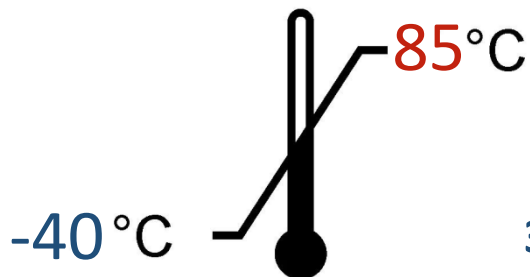
Температурный диапазон -20/-30...60°C



Наименование	LF50F	LF90K	LF100F	LF100MA	LF100LA	LF105	LF230	LF280K	LF304
Ёмкость, Ач	50	90	100	100	100	105	230	280	304
Размеры, мм	148x27x130	130x37x200	130x37x200	160x50x118	160x50x118	130x37x200	174x54x207	174x72x207	174x72x207
Плотность энергии Втч/кг	155	144	166	167	162	170	180	165	180
Применение	Телеком/системы хранения энергии								



# PLM - «идеальный» аккумулятор от EVE Energy



## «Обычные» литий-ионные аккумуляторы:

-20...60°C

до 800...1000

низкая/средняя

взрываются,  
воспламеняются

PLM1550  
PLM18650



- Специально разработан для длительного использования в суровых условиях.
- Герметичная и взрывозащищённая конструкция
- Продолжительный и импульсный ток высокого значения
- Длительный срок службы, емкость составляет более 90% после 1500 циклов.
- Безопасный и надёжный.

**EVE** Energy

# Основы выбора аккумулятора

## Определить приоритеты

- Температурный диапазон эксплуатации
- Требуемая энергоёмкость (Втч)
- Мощность и токоотдача
- Срок службы системы
- Требования безопасности
- Ограничения по форм-фактору

## Выбрать BMS систему

- Контроль напряжения
- Контроль тока заряда/разряда
- Температурная защита (NTC)
- Защита от КЗ и перегрузки
- Балансировка для батарейных сборок

## Выбрать тип химии

- Оценить стоимость за Втч
- Проверить доступность на рынке
- Анализ характеристик по температуре

## На заметку

- Запас по току (x1.5 мин).
- Используйте NTC – даже если “вроде не нужно”
- Заложите софт-лимит заряда до 80–90% для увеличения срока службы.
- Термическое расширение 3-5%

## Рассчитать конфигурацию

- Определить схему S/P соединения
- Подбор ячеек
- Заложить запас мощности 10-20%
- Выбрать подходящий NTC датчик\*

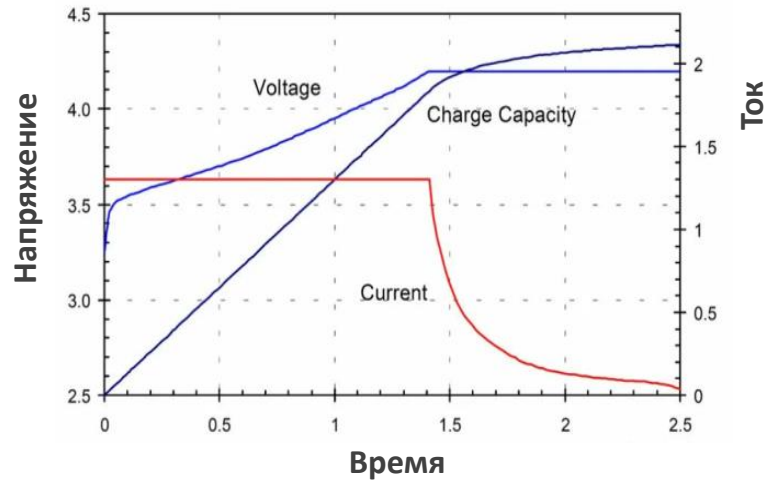


**\*Критически важно:** NTC датчик температуры — это не опция, а обязательный элемент. BMS должна блокировать заряд при  $>45^{\circ}\text{C}$  и разряд при  $>60^{\circ}\text{C}$ .  
Никогда не заряжайте Li-Ion при температуре ниже  $0^{\circ}\text{C}$ ! (если это не регламентировано)

**Соблюдение параметров из технического описания — основа долговечной и безопасной работы**

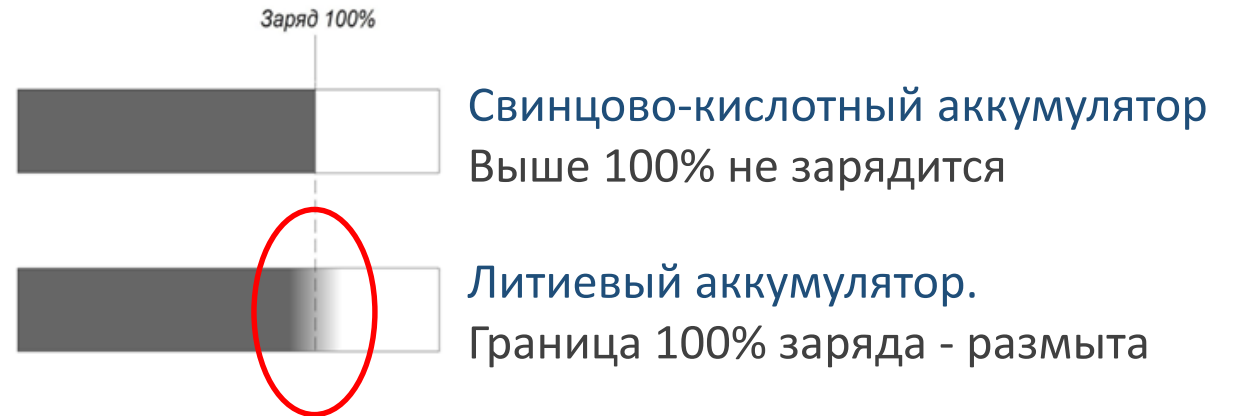
# Важность схемы BMS для литиевых АКБ

Режим заряда ЛИА: CC+CV



Типичные значения (точные значения см. даташит)

- ток зарядки 0,5С
- напряжение зарядки 4,2 В (+/- 0,05 В)
- **окончание зарядки:** снижение тока до 0,02С



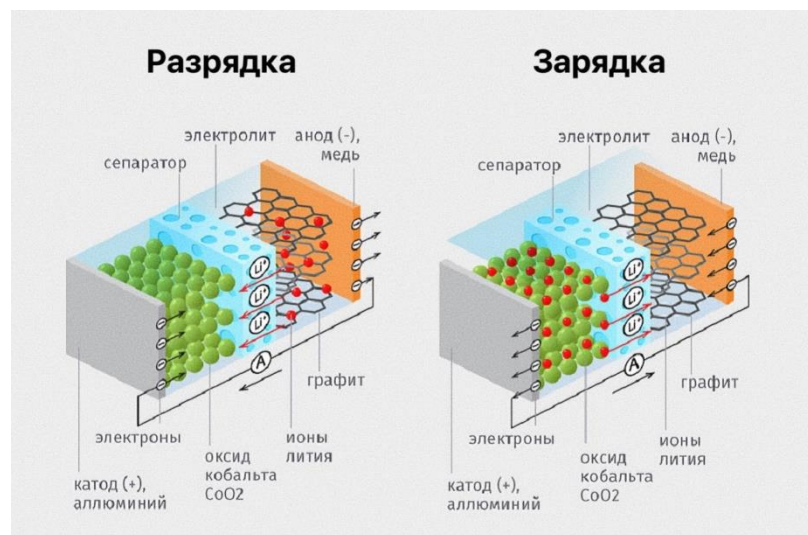
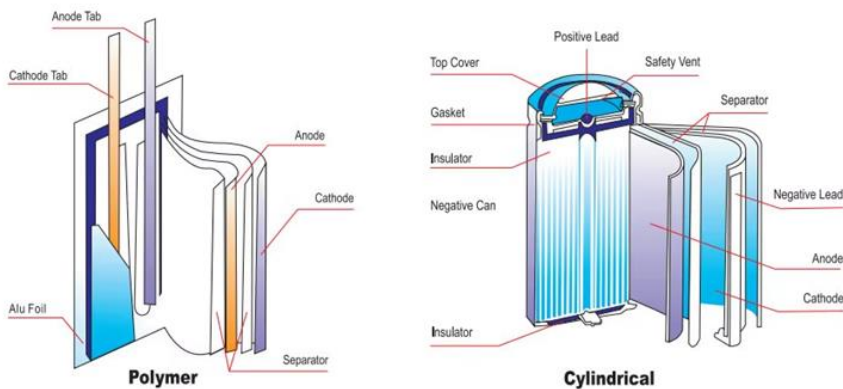
При снижении тока заряда до 0,02С — считается, что все ионы лития из катода деинтеркалированы и это 100% заряд.

Если зарядное напряжение присутствует, то запускается химическая реакция, с **преобразованием вещества электролита**, что приводит к деградации аккумулятора

**Необходимо останавливать заряд в буферном режиме!**

**Требуется схема BMS или плата защиты**

# «Ой, мороз, мороз, не морозь меня»

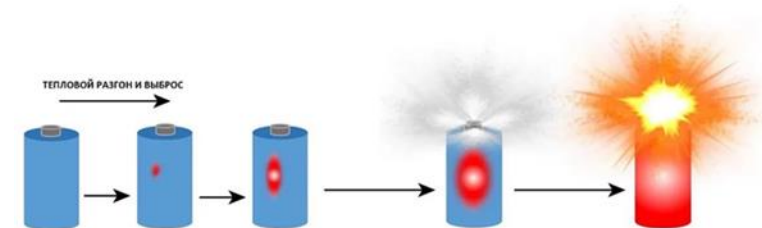


- Ионы лития
- Интеркаляция/деинтеркаляция
- Отсутствие металлического лития

Что происходит при заряде Li-Ion аккумулятора ниже 0°C?



- Ионы лития не внедряются в анод, а осаждаются в виде металла
- Рост дендритов → внутреннее КЗ
- Риск: перегрев, терморазгон, взрыв
- После 10 циклов при -10°C — потеря до 30% ёмкости



Не заряжайте “обычный” Li-ion аккумулятор при температуре ниже 0 °C!

# Перенапряжение и перезаряд – путь к катастрофе

Если напряжение на ячейке превышает 4,25 В (для стандартных Li-ion):

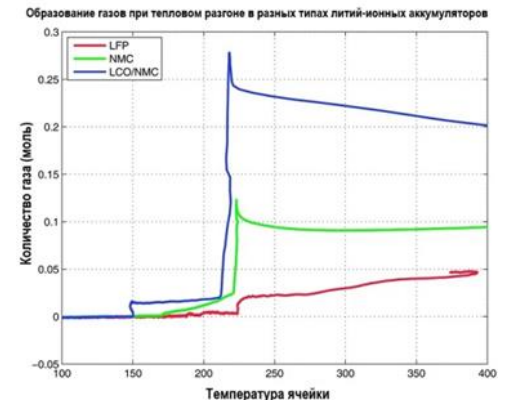
- Разложение электролита  
образуются газы ( $\text{CO}_2$ , CO,  $\text{CH}_4$  и др.) → вздутие аккумулятора → риск разрыва корпуса
- Разрушение катодного материала  
катод (NMC, LCO) начинает терять стабильность → выделяется кислород → поддерживает горение!
- Литирование анода  
при перенапряжении анод (графит) перенасыщается литием → выделение металлического лития
- Рост SEI-слоя  
SEI начинает нестабильно расти, **поглощая ионы лития** → потеря ёмкости, рост сопротивления.

Если ток заряда выше допустимого:

- Перегрев  
Высокий ток → джоулевый нагрев ( $I^2R$ ) → Температура внутри элемента растёт → ускоряются побочные реакции.
- Литирование анода (не опять, но снова!)  
Ионы лития не успевают интеркалироваться в графит → осаждаются как металл.  
(Особенно опасно при низкой температуре или высоком уровне заряда (>80%))
- Неравномерное распределение лития  
Литий осаждается неравномерно → локальные "горячие точки", ускоренная деградация.
- Механические напряжения в электродах  
Быстрое встраивание/удаление ионов вызывает микротрещины в материалах → потеря контакта, снижение ёмкости.

**Литий-ионный аккумулятор — не терпит насилия**

Если зарядить обычный 18650-аккумулятор током 5А (вместо 1–2А) и довести до 4.5 В — он может вздуться за минуты или воспламениться.





# «Что?.. Стареем, стареем...» — или почему аккумулятор не «изнашивается», а деградирует

При длительной эксплуатации в аккумуляторе происходят необратимые процессы:

- Разрушение активных материалов катода и анода
- Разложение электролита
- Рост внутреннего сопротивления (ESR)
- Образование литиевых дендритов

## Аккумулятор деградирует!

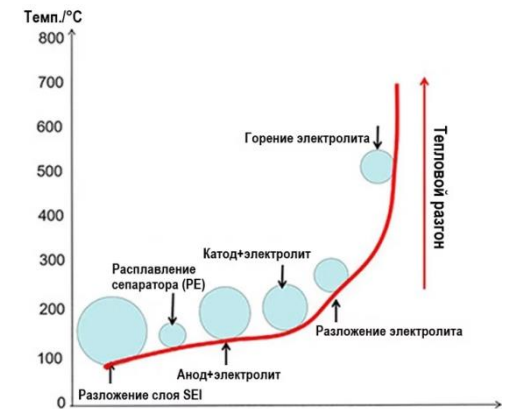
Потеря ёмкости >30-40% — это не просто "меньше работает", а признак опасности дальнейшей эксплуатации!

## Риски при дальнейшей эксплуатации:

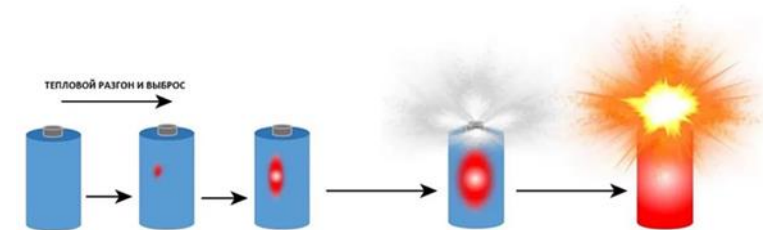
- Перегрев и терморазгон → даже при нормальных токах из-за высокого ESR
- Внутреннее КЗ → из-за роста дендритов и осыпания материалов
- Вздутие, утечка, возможно возгорание → особенно при попытке "выжать последнее" из батареи

Аккумулятор с потерей ёмкости >50% — это потенциальная бомба замедленного действия

Контролировать остаточную ёмкость и вовремя заменять АКБ!



При температуре от 130-150°C полимерный сепаратор начинает плавиться



# «Хранить как зеницу ока» — или как не убить аккумулятор до начала эксплуатации

Литиевые аккумуляторы – груз 9 класса опасности по МПОГ (Международные правила по перевозке опасных грузов)

## Чем они опасны?

- Возгорание или взрыв при тепловом разгоне из-за повреждения/перезаряда/КЗ
- Выделение токсичных газов при горении.

## Требования к перевозке:


- Обязательная маркировка (метка класса 9, надпись "LITHIUM BATTERIES"), изолирование клемм, определённая упаковка
- **Уровень заряда <30%. Архи-важно!** (через полгода/год аккумулятор полностью разряжается с “вытекающими” последствиями)


Температура	Саморазряд	Деградация за год (при 100% заряде)	Рекомендации
-20°C	<0.5%	Очень низкая, но риск выпадения лития	Только при 30–50% заряда
0°C	~0.5–1%	Низкая	Допустимо
+10–25°C	1–3%	~4% (при 40% заряда)	Оптимально для хранения
+30°C	3–5%	~15%	Не рекомендуется долгосрочное хранение
+40°C	5–10%	~30–35%	Избегать! Особенно при полном заряде
+60°C	15–25%+	>50% за несколько месяцев	Категорически избегать

**Не хранить полностью разряженными!**  
Напряжение ниже 2.5 В — риск "смерти" аккумулятора.

**Не хранить полностью заряженными!**  
**Идеальный заряд при хранении 40-60%!**



 Холод — снижает саморазряд, но требует внимания

 Жара — резко увеличивает саморазряд и убивает аккумулятор даже без использования



# Правила безопасной эксплуатации Li-Ion аккумуляторов



## Что можно и нужно:

- Использовать только совместимые зарядные устройства (по напряжению/току/алгоритму заряда)
- Контролировать температуру с помощью NTC-датчика в самом горячем месте
- Хранить при 40–60% заряда и +10...+25 °C
- Подбирать ячейки по ёмкости и ESR при сборке
- Использовать правильные BMS
- Не “выходить” за рамки спецификации
- Во время заменять аккумуляторы



## Что нельзя:

- Заряжать на морозе (для “обычных” Li-Ion)
- Перегревать или вскрывать АКБ
- Использовать повреждённые ячейки
- Собирать батареи без опыта

Безопасность — в деталях.

Один просчёт — и аккумулятор или батарея превращается в бомбу.

Все литиевые аккумуляторы должны соответствовать стандарту **IEC62133-2:2017**

**Литиевые аккумуляторы безопасны при соблюдении режимов работы, хранения и правильной эксплуатации!**

# Рекомендованные каналы покупки



Заказы на поставку компонентов  
от 1 штуки оформляются здесь:  
[www.electronshtik.ru](http://www.electronshtik.ru)



Магазин на OZONe:  
[Источники питания и компоненты](#)



Вопросы по техническим характеристикам  
и условиям поставки направляйте своему  
менеджеру Компэл



Система Дистанционного Снабжения (СДС)

**Удачи  
и берегите аккумуляторы!**

