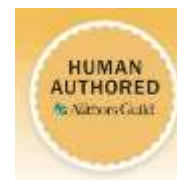


Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов,
металлургии и химической промышленности



Обзор рынка электрохимических систем накопления электроэнергии в России и мире

Москва
сентябрь 2026



Демонстрационная версия

С условиями приобретения полной версии отчета можно ознакомиться на странице сайта по адресу: <http://www.infomine.ru/research/32/520>

Общее количество страниц: 152 стр.

Стоимость отчета различных комплектаций поставки:

- 1. Базовая** - файл формата PDF - 96 тыс.рублей
- 2. Расширенная** - файлы формата PDF + Word - 102 тыс.рублей
- 3. Пользовательская** - файлы формата PDF + Word + Excel - 108 тыс.рублей
- 4. Представительская** - файлы формата PDF + Word + Excel + 2 экз. печатной версии с подписью генерального директора и скрепленных печатью компании - 113 тыс.рублей
- 5. Максимальная** - файлы формата PDF + Word + Excel + 2 экз. печатной версии с подписью генерального директора и скрепленных печатью компании + презентация, изготовленная на основании данных отчета в .avi - 133 тыс.рублей

Этот отчет был подготовлен экспертами ООО «ИГ «Инфомайн» без использования искусственного интеллекта и исключительно в целях информации. Содержащаяся в настоящем отчете информация была получена из источников, которые, по мнению экспертов Инфомайн, являются надежными, однако Инфомайн не гарантирует точности и полноты информации для любых целей. Инфомайн приложил все возможные усилия, чтобы проверить достоверность имеющихся сведений, показателей и информации, содержащихся в исследовании, однако клиенту следует учитывать наличие неустраняемых сложностей в процессе получения информации, зачастую касающейся непрозрачных и закрытых коммерческих операций на рынке. Исследование может содержать данные и информацию, которые основаны на различных предположениях, некоторые из которых могут быть неточными или неполными в силу наличия изменяющихся и неопределенных событий и факторов. Кроме того, в ряде случаев из-за погрешности при округлении, различий в определениях, терминах и их толкованиях, а также использования большого числа источников, данные могут показаться противоречивыми. Инфомайн предпринял все меры для того, чтобы не допустить очевидных несоответствий, но некоторые из них могут сохраняться.

Информация, представленная в этом отчете, не должна быть истолкована, прямо или косвенно, как информация, содержащая рекомендации по инвестициям. Все мнения и оценки, содержащиеся в настоящем материале, отражают мнение авторов на день публикации и подлежат изменению без предупреждения. Инфомайн не проводит какую-либо последующую работу по обновлению, дополнению и изменению содержания исследования и проверке точности данных, содержащихся в нем. Инфомайн не несет ответственность за какие-либо убытки или ущерб, возникшие в результате использования любой третьей стороной информации, содержащейся в настоящем отчете, включая опубликованные мнения или заключения, а также последствия, вызванные неполнотой представленной информации.

Этот документ или любая его часть не может распространяться без письменного разрешения Инфомайн либо тиражироваться любыми способами. Заказчик имеет право проводить аудит (экспертизу) исследований рынков, полученных от Исполнителя только в компаниях, имеющих членство ассоциации промышленных маркетологов ПРОММАР (<http://www.prommar.ru>) или силами экспертно-сертификационного совета ассоциации ПРОММАР. В других случаях отправка исследований на аудит или экспертизу третьим лицам считается нарушением авторских прав.

Copyright © ООО «ИГ «Инфомайн».

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация	8
Введение.....	10
1. Классификация систем накопления энергии	12
2. Сопоставительный анализ электрохимических СНЭЭ	14
3. Краткая характеристика мирового рынка электрохимических СНЭЭ.....	20
4. Промышленно выпускаемые в России электрохимические СНЭЭ	23
4.1. Оценка объемов производства СНЭЭ в РФ	25
4.2. Основные предприятия-производители электрохимических СНЭЭ в России в 2020-2026 гг.	26
ООО «РЭНЕРА» (г. Москва).....	31
ООО «Бэлми» (г. Москва).....	39
ООО «Системотехника» (г. Москва)	41
АО «Уралэлемент».....	45
АО «АК «Ригель» (г. Санкт-Петербург)	47
ООО «НТС» (г. Ижевск)	49
АО «НИАИ «Источник» (г. Санкт-Петербург)	51
ООО «Парус Электро» (г. Москва).....	53
ООО «Вольтаг» (г. Москва).....	55
ООО «ЗАКБ» (г. Саратов)	58
ООО «Смарт Бэттериз»/ENERGON (г. Москва)	67
АО «АВЭКС» (г. Москва).....	68
ООО «Лиотех» (Ленинградская обл.).....	70
ПАО «Энергия»/ООО «Эдванст Энерджи» (г. Елец)	72
ООО «Батареон» / Компания «НЭТЕР» (г. Казань))	74
ООО «ИНЭСИС» (г. Троицк)	76
ООО «Инэнерджи» (г. Москва)	79
ООО «Клинпауэл» (г. Москва)	81
ООО «Стабтех» (г. Голицыно)	82
АО «Систэм Электрик» (г. Москва)	83
ООО «РЭО» (г. Санкт-Петербург)	84
ООО «Штиль Рус» (г. Москва)	86
Прочие	87
5. Внешнеторговые операции с СНЭЭ в 2020-2025 гг.....	91
6. Ценовой анализ электрохимических СНЭЭ в 2026 г.....	99
6. 1. Стоимость аккумуляторных батарей	99

6.2. Дополнительное оборудование (инверторы, BMS, системы охлаждения) ..	100
6.3. Стоимость монтажно-наладочных работ (EPC).....	101
6.4. Стоимость обслуживания и сервиса (O&M)	102
6.5. Стоимость нагрузки на пожарно-спасательные и аварийные службы...	103
6.6. Стоимость утилизации после выработки срока службы.....	104
6.7. Интегральная стоимость владения СНЭЭ (LCOS)	105
7. Ёмкость рынка электрохимических СНЭЭ РФ в 2020-2025 гг.....	106
7.1. Видимое потребление электрохимических СНЭЭ в России в 2025 г.....	106
7.2. Характеристика основных потребителей СНЭЭ	109
7.2.1. Дата-центры.....	109
7.2.2. Домохозяйства	110
7.2.3. Электросетевой комплекс	111
7.2.4. Мобильные СНЭ для Заполярья	113
8. Прогноз производства и потребления электрохимических СНЭЭ в России до 2030 гг.....	115
9. Патенты на изобретения в мире и России	118
Приложение 1. Основные сведения о ведущих мировых производителях электрохимических СНЭЭ	131
Приложение 2. Реестр закупок систем накопления электроэнергии РФ в 2020-8 мес. 2026 гг., кг, млн руб.	133
Приложение 3. Контактная информация основных предприятий – производителей СНЭ.....	150

Список таблиц

- Таблица 1: Топ-10 глобальных интеграторов BESS (2026 г.)
- Таблица 2: Основные проекты СНЭЭ в России (по состоянию на август 2026 г.)
- Таблица 3: Российские производители систем накопления электрической энергии
- Таблица 4: Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ООО «РЭНЕРА» в 2020-2025 гг., млн руб.
- Таблица 5: Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ООО «РЭНЕРА-Энертех» в 2021-2025 гг., млн руб.
- Таблица 6: Основные параметры СНЭЭ производства ООО «Белми» (Москва)
- Таблица 7: Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ООО «Белми» в 2023-2025 гг., млн руб.
- Таблица 8: Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ООО «Системотехника» в 2020-2025 гг., млн руб.
- Таблица 9: Номенклатура цилиндрических ЛИА от ООО «НТС»
- Таблица 10: Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ООО «НТС» в 2020-2025 гг., млн руб.
- Таблица 11: Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ООО «Парус Электро» в 2020-2025 гг., млн руб.
- Таблица 12: Основные характеристики ЛИА производства ООО «Вольтаг»
- Таблица 13: Характеристики агрегатов бесперебойного питания ООО «Вольтаг»
- Таблица 14: Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ООО «Вольтаг» в 2020-2025 гг., млн руб.
- Таблица 15: Номенклатура и основные параметры аккумуляторов серии KGL
- Таблица 16: Номенклатура и основные параметры аккумуляторов серии KL (KPL)
- Таблица 17: Номенклатура и основные параметры аккумуляторов серии KM (KPM)
- Таблица 18: Номенклатура и основные параметры аккумуляторов серии KPH
- Таблица 19: Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ООО «ЗАКБ» в 2020-2025 гг., млн руб.
- Таблица 20: Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ООО «Смарт Бэттериз» в 2020-2025 гг., млн руб.
- Таблица 22: Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ООО «Лиотех» в 2024-2025 гг., млн руб.
- Таблица 23: Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ПАО «Энергия» в 2020-2021 гг., млн руб.
- Таблица 24: Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ООО «Эдванс Энерджи» в 2021-2025 гг., млн руб.
- Таблица 25: Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ООО «Батареон» в 2023-2025 гг., млн руб.

- Таблица 27: Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ООО «ИНЭСИС» в 2020-2025 гг., млн руб.
- Таблица 26: Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ООО «Инэнерджи» в 2020-2025 гг., млн руб.
- Таблица 28: Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ООО «Клинпауэр» в 2020-2025 гг., млн руб.
- Таблица 29: Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ООО «Стабтех» в 2020-2025 гг., млн руб.
- Таблица 30: Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности АО «Систэм Электрик» в 2020-2025 гг., млн руб.
- Таблица 31: Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности АО «РЭО» в 2020-2025 гг., млн руб.
- Таблица 21: Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности ООО «Виспэнерго» в 2023-2025 гг., млн руб.
- Таблица 32: Импорт СНЭ в 2020-2025 гг., кг, \$
- Таблица 33: Импорт литий-ионных аккумуляторов в 2024-2025 гг., млн \$, тонн, ед.
- Таблица 34: Топ-20 импортёров литий-ионных аккумуляторов в 2024 г., млн \$
- Таблица 35: Примеры импортных комплектующих для производства литий-ионных аккумуляторов ООО «РЭНЕРА-Энертех» в 2024 г., кг, \$
- Таблица 36: Региональные различия в стоимости разных типов аккумуляторов для СНЭЭ в 2026 г., \$/кВт·ч
- Таблица 37: Структура стоимости дополнительного оборудования для СНЭЭ
- Таблица 38: Оценочная стоимость ЕРС для различных типов СНЭЭ, \$/кВт
- Таблица 39: Оценочные ежегодные О&М расходы для различных типов СНЭЭ, %
- Таблица 40: Оценочные ежегодные О&М расходы для различных типов СНЭЭ в Китае, США и России, \$/кВт·ч в год
- Таблица 41: Сравнительная оценка рисков и затрат на безопасность аккумуляторных СНЭЭ
- Таблица 42: Стоимость утилизации различных типов СНЭЭ, \$ за тонну
- Таблица 43: Оценочный LCOS для различных типов аккумуляторных СНЭЭ, \$/МВт·ч
- Таблица 44: Области применения электрохимических СНЭЭ в гражданском секторе
- Таблица 46: Ключевые технологические тренды на 2027-2040 гг.
- Таблица 47: Действующие патенты РФ на изобретения в области СНЭЭ на 06.09.2026

Список рисунков

Рисунок 1: Структура производителей батарейных СНЭЭ на мировом рынке в 1-м полугодии 2026 г., %

Рисунок 2: Структура российского рынка электрохимических СНЭЭ по производителям (в стоимостном выражении) в 2025 г., %

Рисунок 3: Структура российского парка электрохимических СНЭЭ в 2026 г., %

Рисунок 4: Прогноз установленной мощности электрохимических СНЭЭ в России до 2030 гг., ГВт

Рисунок 5: Прогноз производства электрохимических СНЭЭ в России до 2030 гг., МВт·ч

Аннотация

Настоящий отчет является **первым изданием** исследования российского рынка **электрохимических систем накопления электрической энергии**.

Мониторинг рынка ведется с 2020 года.

Цель исследования электрохимические системы накопления электрической энергии наземного базирования для автономного применения.

Объектами исследования являются российские электрохимические системы накопления электрической энергии.

Данная работа представляет собой **кабинетное исследование**. В качестве **источников информации** использовались данные статистических комитетов стран ЕАЭС (в том числе Росстата, Национального статистического комитета Республики Беларусь, Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан); международные базы данных ООН (UNdata), World Bank, Eurostat; данные международной и европейской торговли (UN Comtrade, Trade Map); Федеральной таможенной службы РФ (до 2022 г.); Единой информационной системы в сфере закупок; статистики железнодорожных перевозок; базы СБИС; зарубежных специализированных компаний; годовых и квартальных отчетов эмитентов ценных бумаг; отраслевой и региональной прессы, материалов конференций, интернет-сайтов предприятий-производителей и потребителей исследуемой продукции; научно-технической литературы (elibrary и др.), база патентов ФИПС; база данных «Инфолайн» и т.д.

Хронологические рамки исследования: 2020-2025 гг., прогноз 2026-2030 гг.

География исследования: Российская Федерация – комплексный подробный анализ рынка, мир – краткий обзор.

Отчет состоит из **9** глав, содержит **152** страницы, в том числе **47** таблиц, **5** рисунков и **3** приложения.

В **первой главе** изложена классификация систем накопления электрической энергии и обобщены основные требования к ним.

Во **второй главе** приведён анализ основных видов электрохимических систем накопления электрической энергии.

В **третьей главе** дана краткая характеристика мирового рынка электрохимических систем накопления электрической энергии.

В **четвертой главе** обобщены сведения о российских производителях электрохимических систем накопления электрической энергии. Оценены объемы производства электрохимических систем накопления электрической энергии в РФ в 2020-2025 гг.

В **пятой главе** анализируются основные внешнеторговые операции с электрохимических систем накопления электрической энергии в России в 2020-2025 гг.

В **шестой главе** выполнен ценовой анализ электрохимических систем накопления электрической энергии в 2026 г.

Глава седьмая посвящена оценке ёмкости рынка РФ, рассчитано видимое потребление электрохимических систем накопления электрической энергии в 2020-2025 гг. с учётом национального производства, импорта и экспорта; дана характеристика основных отраслей народного хозяйства, осуществляющих потребление СНЭЭ.

В **восьмой главе** обоснован прогноз потребления электрохимических систем накопления электрической энергии на 2026-2030 гг.

В **девятой, заключительной главе** отчета обобщены данные по патентам на изобретения в мире и в России по электрохимическим системам накопления электрической энергии.

В **приложениях** приведены основные сведения о зарубежных производителях электрохимических систем накопления электрической энергии, дан реестр открытых закупок электрохимических систем накопления электрической энергии в РФ, а также приведены контактные данные основных предприятий-производителей и потребителей СНЭЭ в России.

Особенностью отчёта является подробное описание производителей электрохимических систем накопления электрической энергии в РФ с анализом их финансового состояния, ценовой анализ СНЭЭ, а также детальный реестр открытых закупок электрохимических систем накопления электрической энергии за 2020-2026 гг.

Целевая аудитория исследования:

- участники рынка электрохимических систем накопления электрической энергии в России: производители, потребители, трейдеры;
- структуры МЧС и МО;
- потенциальные инвесторы;
- студенты колледжей и вузов, аспиранты;
- заместители глав управ районов городов и муниципальных образований по вопросам энергетики.

Предлагаемое исследование претендует на роль **справочного пособия** для служб маркетинга и специалистов, принимающих управленческие решения, работающих на данном рынке.

Введение

В условиях СВО множатся дронные атаки не только на объекты инфраструктуры России, в том числе энергетической, например АЭС в Курске, Смоленске и Запорожье, но также на жилые дома и объекты коммунального хозяйства. Очевидная стратегия – мелкое, дробное рассредоточение энергоисточников, в том числе с участием систем накопления энергии (СНЭ). До недавнего времени СНЭ воспринимались как нишевый продукт для отдалённых районов и специальных применений. Сегодня актуальные малые системы накопления электрической энергии (СНЭЭ) для масс народонаселения РФ частного сектора и для мобильных групп разного, как военного, так и гражданского применения. Параметры типичных малых СНЭЭ:

Бытовые системы накопления энергии – резервные и автономные источники электропитания для частных домов и малых объектов:

- ёмкость 5-30 кВт·ч;
- мощность 3-15 кВт;
- технология LFP;
- срок службы 10+ лет;
- интеграция с солнечными панелями и генераторами.

Мобильные системы накопления энергии – переносные системы автономного питания для профессионального и временного применения:

- ёмкость 1-2,2 кВт·ч;
- мощность 0,5-8 кВт;
- технологии LFP или NMC;
- защищённое переносное исполнение.

Стоит отметить, что в России реализуется Федеральный проект по развитию СНЭ (в рамках нацпроекта «Новые энергетические и атомные технологии»), который Правительство утвердило в конце 2024 г. В рамках проекта планируют создать около 50 новых видов оборудования и комплектующих для СНЭ. Часть из них нацелена на альтернативные накопители, которые придут на смену литий-ионным аккумуляторам (ЛИА). Параллельно с федеральным проектом действует «дорожная карта» по развитию СНЭ, утверждённая правительством.

Для координации усилий и обмена опытом в 2024 г. по поручению Правительства РФ, Совета Федерации и Минпромторга РФ была создана Ассоциация развития технологий систем накопления электроэнергии (АРТСНЭ). Её учредители ООО «РЭНЕРА», ООО «Инэнерджи» и ПАО «КАМАЗ». В Наблюдательный совет помимо учредителей входят на 16.07.2026 г. ПАО «Россети», АО «ТВЭЛ», ООО «Полярный литий» и АО «Росатом Возобновляемая энергия». Ассоциация помогает консолидировать отрасль: от добычи сырья и производства комплектующих до внедрения готовых систем и их утилизации.

Целью предлагаемого обзора является анализ и прогноз производства и потребления наземных электрохимических (аккумуляторных) СНЭЭ, в основном на основе литий-ионных аккумуляторов (ЛИА-СНЭЭ) для автономного применения, как стационарного (домовладения, дата-центра или ЦОДы, охотничьи и туристические базы и т.п.), так и мобильного (геологи, спасатели, связисты и т.п.) назначения.

Не будут рассматриваться воздушные устройства (самолёты, вертолёты и БПЛА, дирижабли и аэростаты и пр.); космос (ближний, средний и дальний); подводные и наводные устройства, включая БЭКи, речные трамвайчики, а также наземный электротранспорт (электробусы, электромобили, электросамокаты и пр.) и промышленные установки (ГОКи, стройки, автозаводы, фабрики ширпотреба, некритичное машиностроение).

Отметим, что тема СНЭЭ тесно соприкасается с «токсичными» мотивами украинских покушений на аккумуляторы для военных БПЛА (см. взрыв директора «Уралдронзавода» Владимира Ткачука 04 августа 2026г.) и мошенничество с импортозамещением ЛИА (в частности, руководство ОАО «Эфко»). Однако террористические и криминальные аспекты СНЭЭ останутся вне рамок данного обзора.

1. Классификация систем накопления энергии

Согласно ГОСТ Р 58092.1-2021, СНЭЭ это электроустановка с определёнными границами, которая включает в себя инженерные сооружения, оборудование преобразования энергии и связанное с ними вспомогательное оборудование, подключённая к электрической сети. Ключевая особенность такой системы в том, что она извлекает электрическую энергию из электроэнергетической системы, хранит её внутри себя в какой-либо форме и затем отдаёт обратно в систему.

В состав системы обычно входят:

Накопитель электрической энергии (НЭЭ) – устройство, способное поглощать электрическую энергию, хранить её в течение определённого времени и отдавать обратно. Это может быть аккумуляторная батарея, суперконденсатор, механическая система (маховик, гидроаккумулятор) и другие.

Оборудование преобразования энергии – инверторы, преобразователи, которые переводят энергию из формы, удобной для хранения (например, химическую в аккумуляторах), в форму, пригодную для передачи в сеть (переменный ток).

Устройства управления и контроля – контроллеры заряда и разряда, системы мониторинга состояния накопителей.

Вспомогательное оборудование – инженерные сооружения, системы защиты и аварийной автоматики, интерфейсы связи и программное обеспечение для взаимодействия с другими элементами энергосистемы.

Для чего нужны СНЭЭ

Такие системы решают целый ряд задач в электроэнергетике:

Стабилизация энергосистемы, в первую очередь сглаживание колебаний частоты и напряжения в сети, компенсация неравномерности выработки и потребления электроэнергии.

Интеграция возобновляемых источников энергии (ВИЭ), например выравнивание выработки солнечной и ветровой энергии, которая непостоянна.

Автономное энергоснабжение, а именно создание систем, не зависящих от централизованного электроснабжения.

Обеспечение резервного питания, то есть гарантированное электроснабжение критически важных объектов (медицинских учреждений, промышленных предприятий) в аварийных ситуациях.

Срезание пиков нагрузок (накопление энергии в периоды низкого спроса и отдача в периоды пикового потребления).

Системы накопления электрической энергии часто делят по форме энергии, в которой происходит накопление:

Механические (гидроаккумулирующие, на сжатом воздухе, кинетические, гравитационные).

Электрохимические (аккумуляторные батареи, проточные батареи).

Химические (например, на основе водорода).

Электрические (суперконденсаторы, сверхпроводящие индуктивные накопители).

Тепловые (накопители с использованием расплавов солей или скрытой теплоты фазовых переходов).

Нормативная база развита на высоком уровне. В России деятельность в области СНЭЭ регулируется комплексом национальных стандартов, например:

ГОСТ Р 58092.1-2021 (термины и определения);

ГОСТ Р 58092.2.1-2020 (параметры установок и методы испытаний);

ГОСТ Р 58092.3.1-2020 (проектирование и оценка рабочих параметров);

ГОСТ Р 58092.3.3-2023 (применения с преимущественным использованием энергии и резервного энергоснабжения).

Отметим, что в России работают три ГАЭС: на Кубани, в Карачаево-Черкесии и самая крупная – Загорская – в Московской области. Согласно Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики, до 2036 г. планируется более чем трехкратное наращивание мощностей ГАЭС – в Европейской части страны, на Востоке и Юге, почти 3,6 ГВт новых мощностей, при том, что вывода из эксплуатации действующих станций такого типа не предусмотрено.

2. Сопоставительный анализ электрохимических СНЭЭ

В СНЭЭ нашли применение следующие разновидности электрохимических устройств:

- а) **Свинцово-кислотные** – примерно 40%. Долгое время это был безусловный лидер: такие аккумуляторы (часто по технологии VRLA – Valve Regulated Lead Acid) ценят за низкую стоимость, стабильность и отработанную технологию. Их часто ставят в системы бесперебойного питания (ИБП) для относительно статичных нагрузок. Но у них есть минусы: меньший срок службы, чувствительность к частым глубоким разрядам, необходимость регулярного обслуживания.
- б) **Никель-кадмиевые (Ni-Cd)** – около 10%. Их доля заметно меньше. Никель-кадмиевые батареи выбирают в специфических сценариях: там, где критична работа в экстремальных температурах (сильный мороз или жара), при очень высоких токах разряда или когда нужна исключительная надёжность и долгий срок службы в условиях частых циклов. Из-за токсичности кадмия их постепенно вытесняют в других сферах, но в отдельных нишах ЦОД они ещё держатся.
- в) **Литий-ионные** – примерно 40% (и доля растёт). В последние годы этот сегмент активно набирает обороты. Литий-ионные аккумуляторы выигрывают за счёт более высокой удельной энергии: при той же ёмкости они занимают меньше места, легче, имеют больший ресурс циклов и меньше саморазряда. Их часто выбирают для новых проектов, особенно когда нужно максимизировать плотность размещения или снизить общую массу системы. erussia.ru +2
- г) **Натрий-ионные** – менее 1% (пока нишевая доля). Это одна из самых перспективных новых технологий, но в массовом применении в ЦОД она пока на стадии пилотных проектов и отдельных внедрений. У неё есть плюсы (например, потенциально более низкая стоимость сырья, хорошая температурная стабильность), но пока технология не прошла масштабную проверку в таких критичных системах, как резервное питание дата-центров. cnews.ru +1
- д) **Прочие** около 10%. Сюда можно отнести другие химические системы (например, никель-цинковые) или комбинации технологий в гибридных решениях.

Тенденция 2020-2025 гг. следующая: доля литий-ионных аккумуляторов постепенно увеличивается, а свинцово-кислотных – снижается, особенно в новых проектах.

Химические разновидности литий-ионных аккумуляторов

Ключевое различие заключается в химическом составе катода (от которого во многом зависят характеристики) и анода. Вот основные типы:

- **NMC (Литий-никель-марганец-кобальт-оксид):** Самый распространенный тип для электроники и электромобилей. Хороший баланс энергоемкости, мощности и срока службы. Подвиды: NMC111, NMC532, NMC622, NMC811 (увеличивается доля никеля для большей емкости и снижения содержания кобальта).
- **LFP (Литий-железо-фосфатный):** более безопасный, с длительным сроком службы, стабильный, но с меньшей удельной энергоемкостью. Широко используется в электробусах, накопителях энергии, китайских электромобилях. Не содержит кобальта, что делает его дешевле.
- **NCA (Литий-никель-кобальт-алюминий-оксид):** Высокая энергоемкость и мощность. Используется в электромобилях Tesla (совместно с Panasonic). Требуется высокого уровня контроля при производстве.
- **LSO (Литий-кобальтовый):** Высокая удельная энергоемкость, но низкая стабильность и срок службы. Применяется в мобильных телефонах и ноутбуках.
- **LMO (Литий-марганцевый):** Высокая мощность и термическая стабильность, но меньшая емкость. Часто используется в гибридных электромобилях и электроинструментах, иногда в комбинации с NMC.
- **LTO (Литий-титанатный):** Анод из титаната лития вместо графита. Чрезвычайно долгий срок службы, быстрая зарядка, высокая безопасность, но очень низкая энергоемкость и высокая стоимость. Используется в электрическом общественном транспорте и для критически важных резервных систем.

1. NMC (Литий-никель-марганец-кобальт-оксид)

Химическая формула: $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z\text{O}_2$, где $x+y+z=1$.

- NMC111: Ni:Mn:Co = 1:1:1
- NMC532: 5:3:2
- NMC622: 6:2:2
- NMC811: 8:1:1

Считается, что это «золотая середина» и самый распространенный химический состав для высокоэнергоемких применений. Три металла в катоде работают синергически:

Никель (Ni): повышает удельную энергоемкость (Вт·ч/кг), что напрямую влияет на запас хода электромобиля.

Кобальт (Co): стабилизирует структуру катода, обеспечивает высокую проводимость и облегчает интеркаляцию лития, продлевая срок службы. Но он дорогой и имеет этически проблемный (добыча в Конго).

Марганец (Mn): формирует спинелевую структуру, обеспечивающую низкое внутреннее сопротивление, высокую термическую стабильность и безопасность. Снижает стоимость.