

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



Обзор рынка натрий-ионных аккумуляторов в России и мире

Москва
июнь, 2024

Демонстрационная версия

С условиями приобретения полной версии отчета можно ознакомиться на странице сайта по адресу: <https://infomine.ru/research/32/689>

Общее количество страниц: 101 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 + первичные базы в Excel - 108 тыс.рублей
- 4. Представительская** - файлы формата PDF + Word + первичные базы в Excel + 2 экз. печатной версии подписанных, прошитых, с подписью генерального директора и скрепленных печатью компании - 113 тыс.рублей
- 5. Максимальная** - файлы формата PDF + Word + первичные базы в Excel + 2 экз. печатной версии подписанных, прошитых, с подписью генерального директора и скрепленных печатью компании + презентация, изготовленная на основании данных отчета в .ppt - 133 тыс.рублей

Этот отчет был подготовлен экспертами ООО «ИГ «Инфомайн» 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.prommag.ru>) или силами экспертно-сертификационного совета ассоциации ПРОММАР. В других случаях отправка исследований на аудит или экспертизу третьим лицам считается нарушением авторских прав.

Содержание

Аннотация.....	8
Термины и определения.....	10
Введение	11
1. Основные характеристики НаИА и сравнение показателей с другими видами ионных аккумуляторов	12
О безопасности металл-ионных аккумуляторов.....	13
2. Основные катодные и анодные материалы для производства НаИА, степень их доступности, основные мировые производители материалов .15	15
2.1. Катодные материалы	17
<i>Цианаты (PBAAs).....</i>	<i>17</i>
<i>Оксиды</i>	<i>17</i>
<i>Полианионные соединения</i>	<i>19</i>
<i>Хиноны.....</i>	<i>20</i>
2.2. Анодные материалы	21
<i>Углеродные материалы.....</i>	<i>21</i>
<i>Сульфиды.....</i>	<i>22</i>
2.3. Вещества электролита	23
3. Объем мирового рынка НаИА в натуральном и стоимостном выражении в 2019-2023 гг.....	24
4. Обзор основных производителей НаИА в мире	26
<i>CATL (Китай).....</i>	<i>27</i>
<i>BYD (Китай).....</i>	<i>30</i>
<i>Zoolnasm (Китай).....</i>	<i>30</i>
<i>Farasis Energy (Китай)</i>	<i>32</i>
<i>Natrium Energy (Китай)</i>	<i>33</i>
<i>Jiangsu Transimage Tech (Китай).....</i>	<i>34</i>
<i>CHAM Battery Technology (Китай)</i>	<i>35</i>
<i>Great Power (Китай)</i>	<i>35</i>
<i>Acculon Energy (США).....</i>	<i>36</i>
<i>HiNa Battery Technology Co., Ltd. (Китай)</i>	<i>37</i>
<i>Natron Energy, Inc. (США)</i>	<i>39</i>
<i>Altris (Швеция)</i>	<i>40</i>
<i>Northvolt (Швеция).....</i>	<i>40</i>
<i>China Sodium New Energy Co., Ltd./Xinxiang Power (Китай)</i>	<i>41</i>
<i>Haishida Power Supply Co., Ltd. (Китай)</i>	<i>41</i>
<i>Peak Energy (США).....</i>	<i>42</i>
<i>Tiamat Energy (Франция).....</i>	<i>42</i>

<i>BMZ Group (Германия)</i>	43
<i>Faradion (Англия, Индия)</i>	44
<i>KPIТ Technologies (Индия)</i>	45
<i>Прочие производители</i>	45
5. Основные тенденции и перспективы на мировом рынке НаИА	46
<i>Электротранспорт</i>	46
<i>Накопители энергии</i>	50
<i>Прогнозы</i>	52
6. Рынок НаИА в России в 2019-2023 гг.	53
6.1 Разработчики и производители НаИА в России, намечаемые проекты по выпуску	53
<i>ООО «Рэнера» (Москва)</i>	54
<i>ООО «Эранатрия» (Москва)</i>	56
<i>ООО «Транспорт Будущего» (Белгородская обл.)</i>	57
<i>ООО «К-Плюс» (Сколково)</i>	58
6.2 Внешнеторговые операции России с НаИА в 2019-2023 гг.....	59
6.3. Цены НаИА в России в 2019-2023 гг.	60
6.4 Текущие и потенциальные потребители НаИА в России.....	61
6.5. НИОКР по НаИА в России в 2015-4 мес. 2024 гг.....	63
<i>Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии РАН (Черноголовка)</i>	66
<i>МГУ им. М. В. Ломоносова (Москва)</i>	67
<i>Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН (Москва)</i>	68
<i>Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН (Новосибирск)</i>	70
<i>Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семенова РАН (Москва)</i>	71
<i>Институт неорганической химии им. А. В. Николаева СО РАН</i>	73
<i>Институт химии ДО РАН (Владивосток)</i>	74
<i>Институт общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова РАН (Москва)</i>	75
<i>Сколковский институт технологий (Москва)</i>	76
<i>Объединенный институт ядерных исследований (Дубна)</i>	78
<i>Санкт-Петербургский университет (Санкт-Петербург)</i>	79
<i>Санкт-Петербургский государственный морской технический университет (СПбГМТУ)</i>	80
<i>Самарский Политех (Самара)</i>	81
6.6. Защита авторских прав НаИА в России в 2019-2023 гг.....	82
7. Перспективы развития рынка НаИА в России, прогноз до 2030 гг.	85
Заключение	88

Приложение 1: Гранты РФ по НаИА в 2015-2024 гг.....	91
Приложение 2: Патенты РФ по НаИА в 2018-2023 гг.....	96
Приложение 3: Адресная книга основных иностранных разработчиков НаИА	100
Приложение 4: Адресная книга основных российских разработчиков НаИА	101

Список таблиц

- Таблица 1: Основные характеристики металл-ионных аккумуляторов в 2023 г.
- Таблица 2: Катодные и анодные материалы у производителей и разработчиков НаИА
- Таблица 3: Мощности производства НаИА в мире в 2023 и 2030 гг., ГВт·ч
- Таблица 4: Мощности стран мира по производству НаИА в 2023 г., ГВт·ч
- Таблица 5: Этапы производства НаИА в РФ по компаниям на май 2024 г.
- Таблица 6: Основные финансовые показатели ООО «Рэнера» в 2019-2023 гг., млн руб.
- Таблица 7: Цены НаИА в России в мае 2024 г., руб.
- Таблица 8: Сравнительное моделирование стоимости ЛИА и НаИА

Список рисунков

- Рисунок 1: Схема металл-ионного аккумулятора
Рисунок 2: Структурные типы натриевых слоистых оксидов
Рисунок 3: Диаграмма достоинств NaIA CATL
Рисунок 4: Внешний вид контейнера с аккумуляторами на 6,25 МВт·ч
Рисунок 5: Основные характеристики портативного NaIA марки Zoolnasm
Рисунок 6: Образец натрий-ионной аккумуляторной батареи компании atrium Energy (Китай)
Рисунок 7: Внешний вид ячейки/элемента NaIA модели 18650 компании Transimage (Китай)
Рисунок 8: Три разновидности натриевых элементов HiNa Battery
Рисунок 9: Натриевые электромобили Schol E10X
Рисунок 10: Внешний вид натрий-ионных аккумуляторов BMZ Group из новой серии NaTE
Рисунок 11: Внешний вид натрий-ионных аккумуляторов на 3 А·ч компании Faradion
Рисунок 12: Натриевый сити-кар Yizhi EV3
Рисунок 13: Натриевый сити-кар JAC Yiwei 3
Рисунок 14: Натриевый скутер от компании Zoolnasm
Рисунок 15: Шкаф СНЭ на NaIA компании Huayang New Materials Group
Рисунок 16: Накопительная станция Guangxi Fulin в Китае
Рисунок 17: Динамика выдачи грантов на НИОКТР по NaIA в 2015-4 мес. 2024 гг., млн руб.
Рисунок 18: Основные грантодатели в 2015-4 мес. 2024 гг., млн руб.
Рисунок 19: Топ-10 реципиентов грантов на NaIA в 2015-4 мес. 2024 гг., млн руб.
Рисунок 20: Динамика патентования «аккумуляторного натрия» в мире в 2004-2023 гг., ед.
Рисунок 21: Базовый прогноз производства и потребления NaIA в РФ на 2024-2030 гг., МВт/ч
Рисунок 22: Оптимистичный прогноз производства и потребления NaIA в РФ на 2024-2030 гг., МВт·ч

Аннотация

Настоящий отчет является **первым изданием** исследования рынка натрий-ионных солевых аккумуляторов в России и мире.

Цель исследования – анализ мирового и российского рынка натрий-ионных солевых аккумуляторов.

Объектом исследования являются натрий-ионные аккумуляторы.

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 «Инфомайн» и т.д.

Хронологические рамки исследования: 2019-2023 гг. (гл. 6.5. по НИОКР – 2015-4 мес. 2024 гг.), прогноз на 2024-2030 гг.

География исследования: страны мира и Российская Федерация.

Отчет состоит из **7** глав, содержит **101** страницу, в том числе **8** таблиц, **22** рисунка и **4** приложения.

В **первой главе** дана информация о натрий-ионных солевых аккумуляторах, приведено сравнение показателей с другими видами металл-ионных аккумуляторов.

Во **второй главе** описаны основные катодные и анодные материалы для производства НаИА, в частности, гексацианоферраты, оксиды, полианионные соединения, углеродные материалы, сульфиды и другие, а также вещества электролитов.

В **третьей главе** дана характеристика мирового рынка натрий-ионных солевых аккумуляторов в 2023 г. и указаны планируемые цифры мощности основных производителей на 2030 г.

В **четвёртой главе** рассмотрено состояние мировой индустрии натрий-ионных солевых аккумуляторов, обобщены сведения и дано описание основных производителей из Китая, Евросоюза, США, Индии и других стран.

В **пятой** главе рассмотрены перспективы развития индустрии натрий-ионных солевых аккумуляторов и дан прогноз мирового производства и потребления до 2030 года.

В **шестой** главе исследован рынок натрий-ионных солевых аккумуляторов в России в 2019-2023 гг., освещены основные производители и разработчики, указаны перспективные проекты, отражены внешнеторговые операции, представлены цены на разные виды натрий-ионных солевых аккумуляторов, приведены группы потенциальных потребителей, затронуты вопросы защиты авторских прав на натрий-ионные аккумуляторы, а также изложены сведения о проведённых и начатых НИОКТР (научно-исследовательские, опытно-конструкторские и теоретические работы).

В **седьмой** главе описаны перспективы развития рынка натрий-ионных солевых аккумуляторов в РФ и приведено 3 прогнозных сценария до 2030 г.: базовый, оптимистичный и пессимистичный.

В **приложениях** представлен перечень грантов и патентов на изобретения и полезные модели РФ в области натрий-ионных солевых аккумуляторов за 2015-2023 гг., приведены темы НИОКТР с указанием объёмов финансирования и исполнителей, а также указаны контактные данные основных российских и иностранных разработчиков НаИА.

Отличительной особенностью отчёта является детальное рассмотрение профиля всех известных производителей натрий-ионных солевых аккумуляторов в мире и России, анализ открытых НИОКТР и их финансирования, а также сведения о патентах РФ на изобретения и полезные модели в области натрий-ионных солевых аккумуляторов.

Целевая аудитория исследования:

- участники рынка металл-ионных аккумуляторов – производители, потребители, трейдеры;
- студенты профильных вузов;
- аналитики рынка химических источников тока;
- потенциальные инвесторы.

Предлагаемое исследование претендует на роль **справочного пособия** для специалистов, принимающих управленческие решения, работающих на рынке металл-ионных солевых аккумуляторов и устройств на их основе.

Термины и определения

ЛИА (LIB) – литий-ионный солевой аккумулятор (ячейка, батарея).

НаИА (SIB) – натрий-ионный солевой аккумулятор (ячейка, батарея).

СНЭ – система накопления электрической энергии, представляющая собой активно-адаптивное устройство, состоящее из основного (включая аккумулятор, преобразователь электрической энергии, устройства защиты и аварийной автоматики, а также коммутирующее оборудование) и вспомогательного оборудования, комплекса компьютерных программ, АСУ ТП и пр.

ХИТ – химический источник тока.

Твердотельный аккумулятор (Solid State Battery) – ХИТ с твёрдым электролитом (оксидным, сульфидным, полимерным и др.).

BEES – (battery energy storage system) система накопления энергии на основе аккумуляторных батарей, см СНЭ.

BMS – (battery management system) система управления аккумулятора.

DEC – диэтилкарбонат.

DMC – диметилкарбонат.

EC – этиленкарбонат.

HC – (hard carbon) высокопористый неграфитизируемый углеродный материал для анодов НаИА.

PC – пропиленкарбонат.

SEI – (solid-electrolyte interface) граница раздела твердого тела и электролита.

Введение

Аварии, связанные с пожарами и взрывами литий-ионных аккумуляторов (ЛИА), часто происходят во всем мире, особенно с сотовыми телефонами и ноутбуками; также существуют прецеденты с электромобилями и самолетами. Некоторые из них создали серьезную угрозу для жизни и здоровья людей и привели к многочисленным отрицательным отзывам на продукцию. Натрий-ионные солевые аккумуляторы (НаИА) имеют ряд отличий от ЛИА (в качестве анодного материала используют неграфитируемые углеродные материалы вместо графита, не нужна дорогая медная фольга, применяются другие растворители для приготовления электролита и, соответственно, катодные материалы также отличаются), что приводит к снижению потенциальных рисков возгораний и неприятных последствий при разрушительных авариях.

Натриево-ионные аккумуляторы последние годы переживают период коммерциализации в мире, поскольку значимые отрасли – от автомобилестроения до накопления энергии, телекоммуникаций и бытовой электроники, БПЛА и подводных дронов – делают большую ставку на эту технологию.

Сегодня состоявшиеся производители и новички борются за то, чтобы перейти от опытных образцов к конкурентному серийному промышленному производству с жизнеспособной альтернативой литий-ионным аккумуляторам. Уже ясно, что натрий-ионные аккумуляторы имеют три достоинства: 1) превосходная безопасность, 2) низкие затраты на сырье, 3) экологические показатели. Сравнительными с ЛИА недостатками являются пониженная энергоёмкость и невысокая скорость зарядки.

В 2019-2023 гг. интерес к НаИА и в нашей стране возрос, увеличилось финансирование, за последние годы возникло порядка 30 разработок (НИОКТР, стартапов) в этой области. Положительным фактором является настрой научно-технического сообщества к общению, совместному обсуждению полученных результатов и имеющихся проблем, в частности, в конце марта 2024 г. на конференции ассоциации «Росбалт».

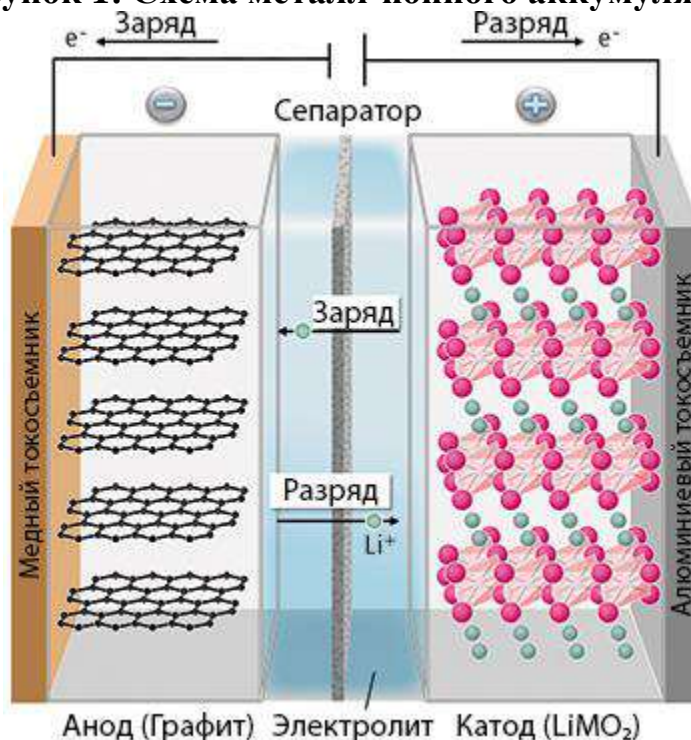
Мы не будем рассматривать натрий-серные (sodium-sulphur battery) и натрий-воздушные (sodium-air battery) аккумуляторы, которые некоторые эксперты относят к группе натрий-ионных, а только солевые натриевые ХИТ (sodium-salt battery).

1. Основные характеристики НаИА и сравнение показателей с другими видами ионных аккумуляторов

В 2019 г. Майкл Уиттингем, Джон Гуденаф и Акира Ёсино получили Нобелевскую премию по химии за исследования, сделавшие возможным создание современного литий-ионного аккумулятора (ЛИА). И хотя химические накопители энергии известны уже более 200 лет, ЛИА совершили революцию в этом направлении. Легкие и компактные, они запасают в разы больше энергии на единицу массы, чем традиционные аккумуляторы (более 250 Вт·ч/кг против 25-40 Вт·ч/кг у свинцово-кислотных, 45-65 Вт·ч/кг у никель-кадмиевых, 60-71 Вт·ч/кг у никель-металлогидридных, дольше работают, у них больше циклов зарядки и практически отсутствует эффект памяти). При этом развитие технологии литий-ионных аккумуляторов и улучшение их свойств активно продолжают. Именно с ЛИА приходится конкурировать НаИА.

Типичный металл-ионный аккумулятор (МИА) состоит из анода, катода и пористого сепаратора, пропитанного электролитом. При заряде МИА происходит интеркаляция (внедрение) ионов щелочного металла в анодный материал (отрицательный электрод) и деинтеркаляция (извлечение) ионов щелочного металла из катодного материала (положительный электрод). При разряде процессы протекают в обратном направлении. Принципиальная схема представлена на рисунке 1.

Рисунок 1: Схема металл-ионного аккумулятора



Источник: «Инфомайн» на основе данных научно-технической литературы

В качестве отрицательного электрода ЛИА используется графит или литий-титановая шпинель ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$), в качестве положительного электрода – слоистые оксиды (LiCoO_2 , $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ (NMC111) и др.) или фосфатные материалы (LiFePO_4). Электролитом, ответственным за транспорт ионов лития, является раствор литиевой соли (как правило, гексафторфосфат лития – LiPF_6), в неводном полярном растворителе, а также в их смесях, например, сложные эфиры карбоновой кислоты и спиртов – этиленкарбонат (EC), пропиленкарбонат (PC), диметилкарбонат (DMC), диэтилкарбонат (DEC) и др.

Основные характеристики НаИА в сравнении с ЛИА и литий-серными аккумуляторами представлены в таблице 1.

Таблица 1: Основные характеристики металл-ионных аккумуляторов в 2023 г.

Характеристика	НаИА	ЛИА	ЛСА
Удельная энергоемкость, Вт·ч/кг*	120-140	200-260	400-600
Диапазон рабочий температур, °С	От -20 до +60	-	От -50 до +100
Максимальный ток разряда, C-rate	До 3	-	До 2
Ресурс**, циклов	1000-6000	-	10000
Срок службы, лет	10-15	5-7	-
Стоимость ячейки, \$ за Вт·ч	50	100	-
Пожароопасность	Нет	Да	Да
Крэш-тест безопасность	Высокая	Низкая	Очень низкая

*Примечание: ЛИА – литий-ионный аккумулятор, ЛСА – литий-серный аккумулятор
для аккумуляторов 100 А/ч

***при остаточной ёмкости 80% от номинальной и токе разряда/заряда 1С*

Источник: «Инфомайн» на основе данных научно-технической литературы

О безопасности металл-ионных аккумуляторов

У всех МИА существует «окно стабильности» в координатах «температура – электрическое напряжение», например, у ЛИА от 0 до 100°С и от 2 до 4 В. При этом, в случае заряда аккумулятора при низкой температуре (ниже 0°С), из-за высокого перенапряжения происходит осаждение металлического лития на аноде. При низком напряжении ячейки (ниже 3 В) может происходить восстановление катодного материала до образования металлов (Co, Ni, Mn) и оксидов лития; это сопровождается большим изменением объёма и может привести к деформации сепаратора и короткому замыканию. При повышении температуры (до 100°С) и низких напряжениях происходит окисление меди, что впоследствии может привести к разбалансировке емкости и обратному осаждению меди на аноде – что в свою очередь может вызвать рост дендритов. При высоких температурах и высоких напряжениях катодный материал быстро деградирует из-за необратимых процессов окисления – в этом случае может происходить окисление анионов кислорода и выделение молекулярного кислорода, что приводит к окислению электролита и «тепловому разгону» аккумулятора. При дальнейшем повышении температуры, независимо от напряжения ячейки, происходит

разложение электродных компонентов: первым этапом происходит разложение органической пленки продуктов разложения электролита (SEI), образованной на анодном материале, что вызывает дальнейший разогрев; вторым этапом протекают реакции разложения электролита, выделение газов, повышение давления и температуры, плавление полимерного сепара. Наконец, на последнем этапе, после которого уже невозможно потушить аккумулятор (пока химическая реакция внутри аккумулятора не завершится), происходит разложение катодного материала с выделением большого количества кислорода и возгоранием горючих газов (около 250°C), образованных на предыдущем этапе.

Практика показала, что можно сформулировать следующие основные причины нарушения работы МИА, способные повлечь за собой возгорание аккумулятора:

1. Внешний и внутренний нагрев.

2. Перезаряд (превышение стандартного количества пропущенного через аккумулятор заряда).

3. Механическое воздействие.

Эти эффекты в свою очередь обычно являются следствием внешнего или внутреннего короткого замыкания, высокого перенапряжения, вызванного увеличенным сопротивлением электрохимической ячейки, быстрого заряда/разряда, заряда при низких температурах, некорректной работы системы управления аккумулятором (battery management system – BMS) и т.д.

Исходя из приведенных причин, можно сформулировать следующие требования, которым должны удовлетворять материалы для химических накопителей энергии (аккумуляторов):

1) высокая термическая стабильность в заряженном и разряженном состоянии;

2) устойчивость к перезаряду (определяется стабильностью структуры вещества электродного материала);

3) высокая электрохимическая устойчивость (способность выдерживать высокие напряжения и высокие плотности тока без существенного изменения структуры).