

деловой еженедельник

профиль

#5(22) 12.02.2018

16+

www.profile.ru



НЕКОТОРЫЕ ЖЕНЯТСЯ, А НЕКОТОРЫЕ – ТАК...



■ Количество гражданских браков в России растёт в ущерб официальным
с. 24



ISSN 1726-0639

18005



9 77 1726 063006

Зарядись по полной

Рынок накопителей энергии переживает бум проектов и инвестиций, но создать «вечную» батарейку пока не удастся

Текст: **Иван Дмитриенко**

В начале 2018 года мировые цены на кобальт превысили психологически важную отметку – \$80 тыс. за тонну, исторический рекорд. Этот металл, добываемый для производства литий-ионных аккумуляторов, растет в стоимости с 2016 года, но лишь сейчас узкоспециализированный рынок попал в фокус всеобщего внимания. И хотя тревоги по поводу подорожания кобальта преувеличены, само по себе оно иллюстрирует ажиотаж, сложившийся в последнее время вокруг индустрии аккумуляторов.

Разнообразные гаджеты, беспилотники, электромобили – человека окружает все больше техники, и везде требуются источники автономного питания. В результате объемы их производства увеличиваются кратно с каждым годом.

При этом возможности традиционных литий-ионных накопителей все меньше соответствуют амбициям электронных корпораций, тормозят прогресс. На замену им могут прийти более емкие аккумуляторы сразу нескольких типов, создаваемые в лабораториях по всему свету. Прорыва ждут сегодня, но он никак не случится: как рассказали «Профилю» эксперты, каждую из разработок отдают от попадания на конвейер технологические или экономические проблемы. Пока они не устранены, «светлое» электрическое будущее откладывается.

Страсти по кобальту

Кобальт – «товар будущего» (Mining Global), а его добыча – «золотая жила» (Reuters), с некоторым удивлением обнаружили мировые СМИ на рубеже 2017–2018 годов. Пока другие полезные ископаемые дешевели (индекс сырьевого рынка Bloomberg упал в 2017 году на 4%), кобальт, напротив, прибавил в цене 120%, а объем его продаж вырос с \$4 млрд до \$8 млрд. Это редкий металл: мировые запасы составляют 20 млн тонн, причем доступны для извлечения всего 7 млн, а большая их часть, 52%, сосредоточена в беднейшей Демократической Республике Конго (на втором месте – Австралия с 6%, данные S&P Global Market Intelligence). Кобальтовый рынок непрозрачен: формально эту отрасль в Конго курирует компания Mutanda (принадлежит швейцарской Glencore), но, по данным правозащитных организаций, на добыче заняты десятки тысяч местных крестьян, в том числе несовершеннолетних. Через запутанные цепочки поставщиков, стремящихся не предавать огласке бизнес в Конго, металл попадает на международные рынки, в том числе на китайский. По данным SNL Metals & Mining, Glencore произвела в 2016 году 21,5 тыс. тонн кобальта, идущая второй China Molybdenum – 9,3 тыс.

Пока кобальт использовался для питания небольших гаджетов, его цена оставалась стабильной. Но на последние два года пришелся подъем



Shutterstock

5-20
КГ

**кобальта
требуется
для литий-ионного
аккумулятора,
используемого в
электромобилях.
На фоне роста
их выпуска
в 2016–2017
годах кобальт
подорожал
вчетверо**



индустрии электромобилей, которым этого металла требуется на порядок больше: 5–20 кг против 10–30 г у смартфонов и ноутбуков. К 2022 году спрос на кобальт удвоится – до 219 тыс. тонн в год против нынешних 122 тыс., прогнозирует S&P. Причем для всех электрокаров его может попросту не хватить: чтобы перевести мировой автопарк на электродвигатели, потребовалось бы 14 млн тонн металла. Автоконцернам уже начинают отказывать на переговорах: в ноябре 2017 года Volkswagen не смог заключить с Glencore и китайской Huayou Cobalt контракт на долгосрочную поставку кобальта.

«В литий-кобальтовой батарее на 1 кВт/ч мощности требуется 113 г лития и 959 г кобальта, что делает последний критически важным компонентом, – комментирует эксперт Энергетического центра бизнес-школы «Сколково» Екатерина Грушевенко. – При этом регион добычи представляет собой уникальное сочетание политических, финансовых, операционных и этических рисков. А сам кобальт является побочным продуктом добычи меди и никеля, то есть его доступ-

ность зависит и от колебаний на этих рынках – если спрос упадет, шахты законсервируют».

Впрочем, опасаться того, что из-за дефицита кобальта «встанет» вся электротехника, не приходится. Литий-ионный аккумулятор имеет сложное устройство: металлический катод (положительный полюс), графитовый

анод (отрицательный), прослойка между ними (сепаратор) и среда для циркуляции заряженных элементов (щелочной или кислотный электролит). Кобальт используется только в катоде, составляющем, по расчетам Lux Research, 25% себестоимости батареи. При этом он постепенно замещается сплавами никеля и марганца,

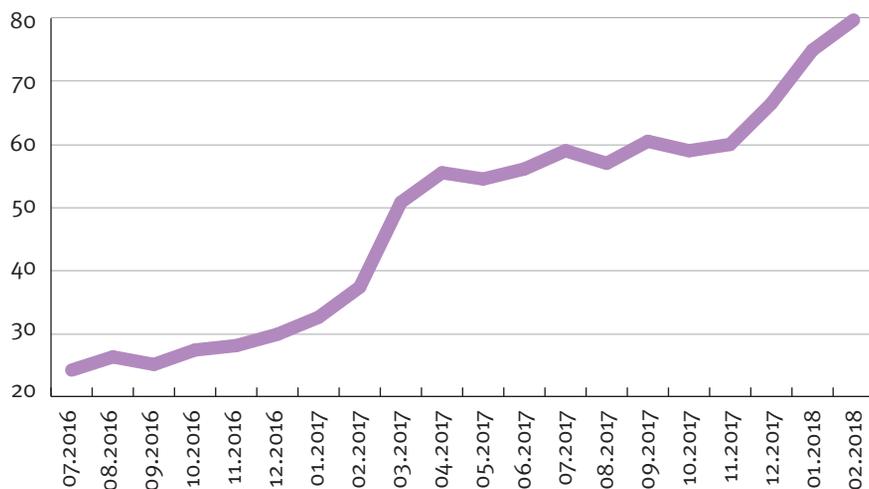
Мировой спрос на аккумуляторы (ГВт/час)



*Прогноз. **Объем хранилищ.
Источник: Bloomberg New Energy Finance.

ПОДРОБНОСТИ/ТЕХНОЛОГИИ

Стоимость кобальта на бирже (\$ тыс./т)*



* Стоимость на Лондонской бирже цветных металлов (LME) на начало каждого месяца. Источник: LME.

гораздо более распространенных металлов. Так, с 2008 года содержание кобальта в аккумуляторах Tesla снизилось с 38 кг до 5 кг. «Нынешний рост котировок лишь ускорит кобальтозамещение, – предполагает руководитель направления «Тяговые аккумуляторные батареи» ГК «СКАТ» Михаил Синявский. – На цене готовых изделий он сказаться не успеет, тем более что ее определяет стоимость еще множества других компонентов».

Отрыв от розетки

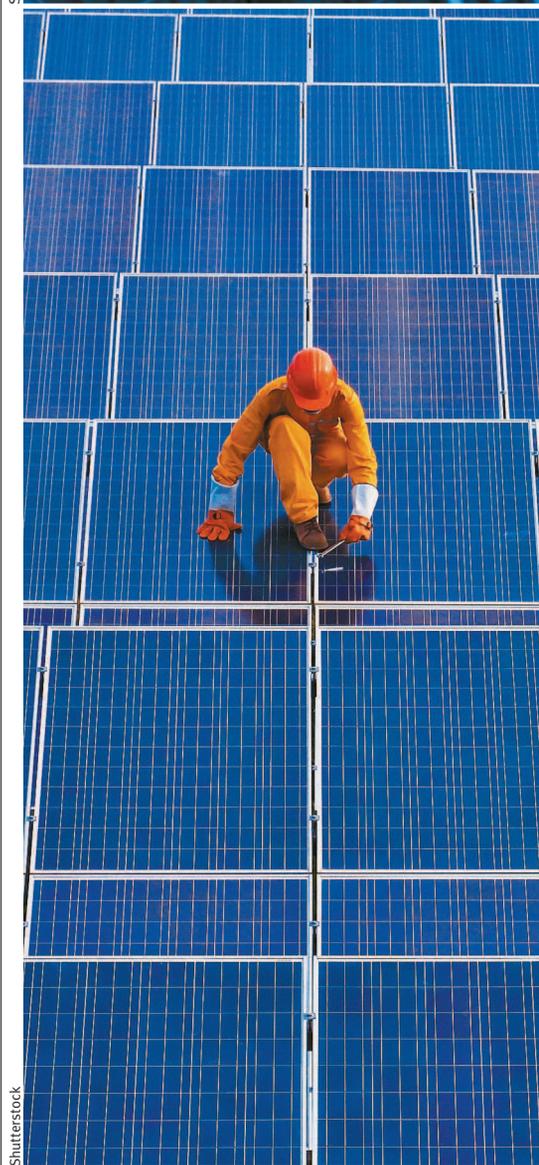
Если ситуация с кобальтом находится на периферии рынка энергонакопителей, то сам по себе он переживает не менее любопытные трансформации. Спрос на аккумуляторы в мире растет небывалыми темпами, по прогнозу Benchmark Mineral Intelligence (BMI), за следующие 10 лет он увеличится всемерно. Оборот продаж литий-ионных аккумуляторов, по данным Credit Suisse, за это время вырастет втрое, до \$59 млрд в год. Отрасль испытывает мощный приток инвестиций. В 2016 году Китай выпустил батарею суммарной мощностью 18 гВт/ч, а в 2020-м объем производства составит 108 гВт/ч (BMI). Tesla совместно с Panasonic строит за \$5 млрд «гигафабрику» в штате Невада, США, с проектной мощностью 35 гВт/ч.

В то же время у литий-ионных аккумуляторов обнаруживается все больше слабых мест с точки зрения нужд электронной индустрии. В свое время они пришли на смену свинцово-кислотным, никель-

кадмиевым и никель-металлгидридным и воспринимались как безусловный прорыв. Однако сегодня их электрохимические свойства ограничивают разработки новой техники: литий-ионные батареи сравнительно долго заряжаются и быстро «сажаются», особенно на холоде.

Смартфоны на таких батареях «живут» около суток, ноутбуки – несколько часов. И тенденции к увеличению этих сроков не наблюдается, констатирует руководитель направления «Мобильные ПК» компании Acer Павел Василенко: «Для ноутбуков нашли решение в виде литий-полимерных аккумуляторов, отличающихся составом электролита. У них такая же удельная емкость, но выше ресурс службы – до 1000 циклов заряда/разряда, этого должно хватить на расчетный срок службы устройства. Литий-ионные «умирают» втрое быстрее, из-за чего приходится время от времени менять батарею. Впрочем, процент ноутбуков на литий-полимерах на рынке все еще невысок».

Сегодня потребительская электроника требует больше аккумуляторов, чем электромобили, но в ближайшие годы соотношение должно измениться. Согласно прогнозу Bloomberg New Energy Finance (BNEF), в течение следующих 20 лет на рынок поступит 282 млн электрокаров, или 16% от мирового автопарка, а спрос на элементы питания для них возрастет с нынешних 45 гВт/ч в год до 408 гВт/ч в 2025 году и 1293 гВт/ч в 2030-м. В автомобилестроении предел литий-ионных батарей ощущается





Сегодняшние квадрокоптеры достаточно мощны для доставки товаров, но малая емкость аккумуляторов сильно ограничивает сферу их применения. Солнечные электростанции, оснащенные литий-ионными батареями, уже работают в разных странах, но прорыв в этой области ожидается через несколько лет – с распространением проточных накопителей

еще сильнее: согласно исследованию Университета штата Огайо (США), он составляет 0,4 пройденной машиной мили (0,6 км) за минуту заряда. Таким образом, на дальнюю поездку «электробака» может не хватить: у Renault Zoe запас хода составляет 400 км, у Opel Ampera-e – 500 км, у Tesla Model S – 540 км. Причем если разогнаться быстрее 100 км/ч, запас кончится и того раньше.

«Tesla Model S нуждается в аккумуляторе габаритами 2,4 м на 1,5 м и весом 600 кг, конструкция выглядит слишком громоздкой, – сетует президент Castle Family Office Singapore Эльдияр Муратов. – Причем одно дело, если аккумулятор заряжается дома в течение ночи. А как быть в пути? Можете себе представить полдня в ожидании на бензоколонке? Tesla готовит сеть станций Supercharger, обеспечивающих 50% заряда за 30 минут, но высокое напряжение на них исключает подзарядку машин других производителей. В общем, пользова-

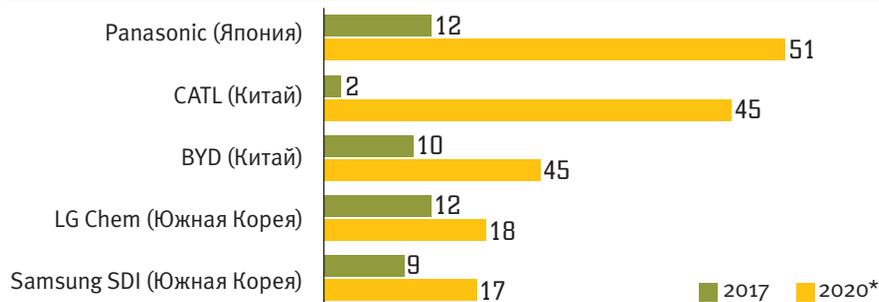
ние электрокаром наравне с обычным автомобилем пока остается мечтой».

Недостаточно мощными оказались литий-ионные батареи и для активно развивающейся индустрии беспилотников. По данным Statista, мировые продажи дронов для личного пользования выросли в 2015–2017 годах с 6,4 млн до 15,9 млн штук, а к началу 2020-х увеличатся еще вчетверо. Объем этого рынка в прошлом году оценивался в \$1,8 млрд (GSV Asset Management). Однако в основном это небольшие аппараты для развлекательных целей. Коммерческие же дроны, используемые для доставки товаров, в сфере безопасности или сельском хозяйстве, пока не получили широкого распространения (\$0,19 млрд в 2017 году, прогнозируемые \$0,53 млрд в 2020-м).

«Коптеры уже могут разогнаться до 150 км/ч и преодолевать пару десятков километров – этого вполне хватает для доставки, – поясняет глава московского отделения Quadrocopter.club, инструктор школы пилотов CopterTime Александр Малков. – Но все упирается в батарейки. Их хватает на 30–40 минут полета, что ограничивает применение коптеров по всем направлениям».

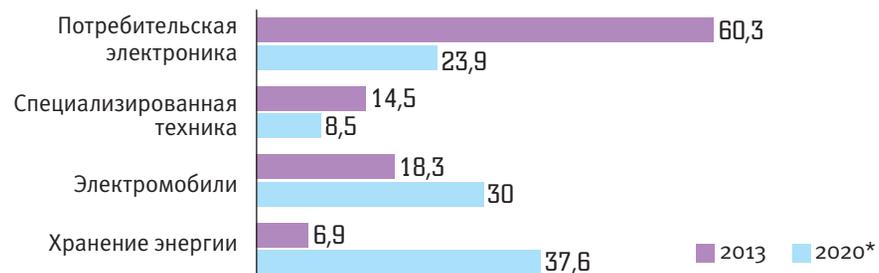
Еще более отдаленным будущим сегодня выглядит электрическая авиация. Первый пилотируемый по-

Производство литий-ионных батарей (гВт/час в год)



* Прогноз.
Источники: Cairn ERA, US Department of Energy.

Применение литий-ионных батарей (%)



* Прогноз.
Источник: Frost & Sullivan.

ПОДРОБНОСТИ/ТЕХНОЛОГИИ

Смартфоны с большим дисплеем требуют много энергии и «сажаются» в среднем за сутки. Пользователям приходится докупать к своему гаджету внешний аккумулятор или устройство быстрой зарядки

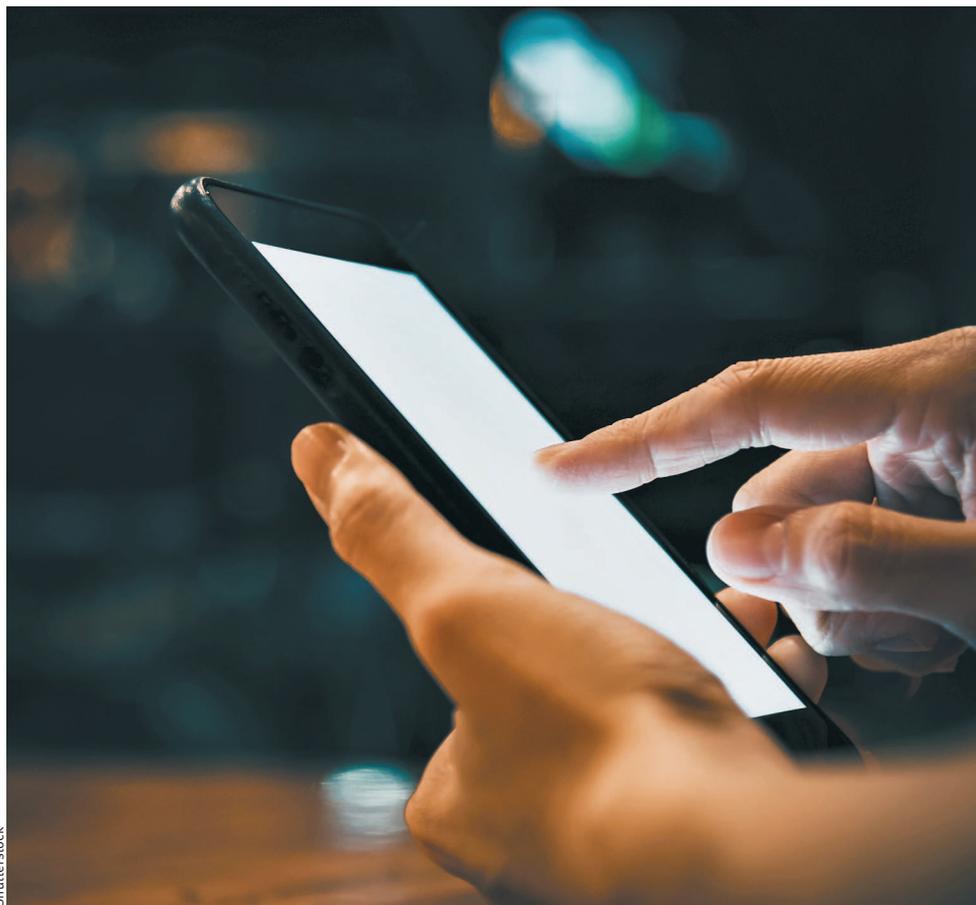
лет на электросамолете состоялся в 1973 году, но вплоть до сегодняшнего дня подобные аппараты используются как экспериментальные модели. Правда, в прошлом году Airbus, Rolls-Royce и Siemens анонсировали первый полет самолета E-Fan X на гибридном дизельно-электрическом двигателе в начале 2020-х, а авиакомпания EasyJet объявила, что в течение 10 лет перейдет целиком на электрический флот.

«Говорить о серьезном распространении электросамолетов в ближайшие годы неуместно, они не дают экономического выигрыша по сравнению с традиционными двигателями, – возражает исполнительный директор агентства «Авиапорт» Олег Пантелеев. – Такие аппараты останутся в качестве учебных, выполняющих полеты в зоне аэродрома. Электрификация самолетов пока сводится к оснащению аккумуляторами вспомогательных систем судна – пневматической, гидравлической».

К этим несовершенствам добавляется проблема безопасности литий-ионных батарей. По мере их использования отложения лития врастают в электролит, образуя кристаллические структуры – дендриты. Если дендриты соединят между собой положительный электрод (катод) с отрицательным (анод), возможно воспламенение, особенно при повышении окружающей температуры. Именно с этим связаны частые скандалы со «взрывающимися» гаджетами, в частности со смартфонами Samsung Galaxy Note 7, которые компании пришлось снять с продаж, потеряв \$17 млрд.

Повелители ионов

При этом сегодняшние литий-ионные батареи отнюдь не идентичны тем, что были изобретены в 1970-х годах или впервые выведены на рынок в начале 1990-х. За десятилетия появилось множество их разновидностей, отличающихся химическим составом компонентов: помимо упоминавшихся выше, это литий-магний-алюминиевые, литий-никель-кобальт-алюминиевые, литий-железо-фосфатные, литий-титанатные и другие.



Shutterstock

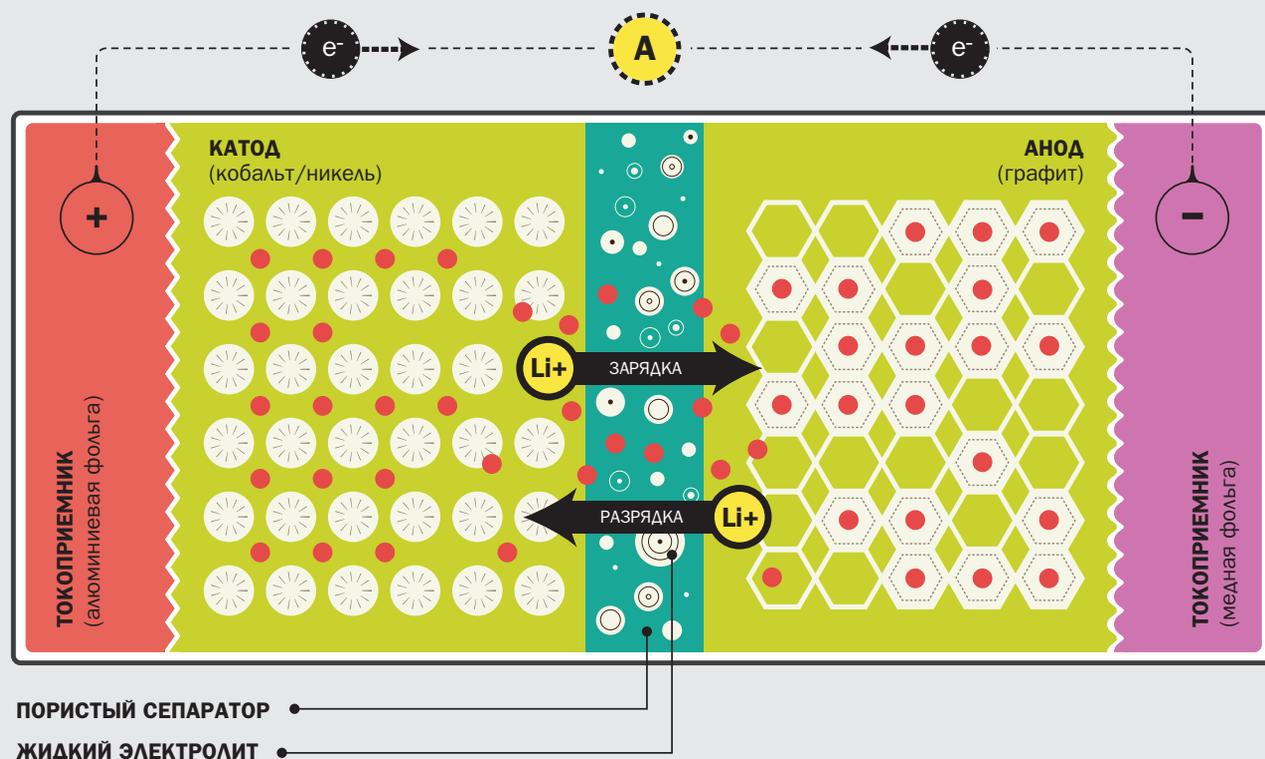
Наиболее перспективным эксперты называют последний подвид (с титанатом лития вместо графита в качестве анода), который, хотя и стоит в несколько раз дороже обычной батареи, обладает стойкостью к зарядке повышенными токами. Один из примеров такой батареи – проект SCiB (Super Charge ion Battery) от Toshiba, запущенный в 2008 году. «SCiB способны восполнить до 90% емкости за 5 минут – общественный электротранспорт на таких аккумуляторах может подзарядиться на каждой остановке, – рассказывает глава стратегического отдела ООО «Тошиба Рус» Владимир Максимов. – Главное преимущество SCiB – их реальность. Они производятся серийно и уже используются в электромобилях».

Попытки модернизировать литий-ионные аккумуляторы продолжают по сей день. В прошлом году ученые Калифорнийского университета в Риверсайде экспериментировали с анодом и электролитом: в первом вместо графита была применена смесь кварца с солью и магнием, а в электролит добавили органическое соединение метилвиологен. В обоих случаях срок службы аккумулятора удалось увели-

чить втрое. Годом ранее в Университете штата Огайо создали полимерную мембрану, не дающую батарее терять заряд во время бездействия. Тогда же был представлен проект Сибирского отделения РАН совместно с французской компанией SAFT: батареи с катодом из наноразмерного литий-марганцевого оксида мощнее и долговечнее традиционных.

Благодаря усовершенствованиям стоимость производства литий-ионных батарей снижается: по данным Международного энергетического агентства, в 2008 году 1 кВт/ч стоил \$1 тыс., в 2015 году – \$250, к 2022-му цена должна опуститься до \$150. При этом удельная мощность (плотность энергии) растет: в 2008 году она составляла чуть более 100 Вт/ч на 1 кг объема, сегодня – порядка 200 Вт/ч/кг, в 2022 году достигнет 400 Вт/ч/кг. Правда, все это едва ли покроет потребности техноконцернов. «Увеличить показатели в полтора, даже в два раза – это не прорыв, а выжимание последних крупиц. Кардинальных улучшений можно добиться, только меняя материал обкладок или электродов, то есть пересматривая всю

КАК УСТРОЕНА ЛИТИЙ-ИОННАЯ БАТАРЕЯ



Мария Митина

литий-ионную концепцию», – считает доцент кафедры полупроводниковой электроники и физики полупроводников МИСиС Сергей Леготин.

В этих условиях пользователям гаджетов, недовольным зависимостью от розетки, приходится идти на различные ухищрения. Например, закупать внешние аккумуляторы (power bank) – не случайно продажи этих устройств, по оценкам Allied Market Research, растут на 23% в год (с \$6,7 млн в 2015 году до \$30 млн в 2022-м). Либо прибегать к функции беспроводной зарядки, которая постепенно интегрируется в смартфоны. Вариантов зарядки «по воздуху» появляется все больше: «коллективное» устройство отдачи заряда с радиусом действия до полуметра от компании Pi, зарядка с помощью ультразвука uBeam, солнечные панели на дисплей смартфона от Alcatel и TagHeuer.

Революционный элемент

Но есть и более радикальные проекты, авторы которых пытаются создать ту самую «батарейку будущего». Самой реалистичной из подобных концепций выглядит литий-серная батарея,

о которой впервые стало известно в середине 2000-х. Ее козыри – низкая себестоимость (благодаря использованию доступной серы) и в 2–3 раза более высокая производительность. Но есть и недостаток: через 50–100 циклов заряда/разряда сера растворяется, разрушая структуру батареи. Предложений, как продлить срок службы, появляется по нескольку в год. Самый свежий вариант датируется летом 2017-го: в Национальной лаборатории им. Лоуренса в Беркли (США) предложили стабилизировать электролит добавлением каррагенана, продукта морских водорослей, используемого в пищевой промышленности как загуститель.

Некоторые исследователи добавляют в литий-серную батарею графеновый катод (графен – разновидность углерода), благодаря чему удается добиться сверхбыстрой зарядки. Такие продукты уже вывели или готовятся вывести на рынок стартапы Elecjet (power bank емкостью 6000 мА/ч, заряжающий iPhone за 10 минут, в планах – создание электровелосипеда с запасом хода до 100 км) и Graphenano (аккумулятор для электрокара с удельной емкостью 1000 Вт/ч/кг).

К другим экспериментам с катодом относятся алюминий-ионные аккумуляторы: их создали в Чжэцзянском университете (Китай) и в Стэнфордском университете (США). Китайский вариант за счет алюминиевого катода выдерживает 250 тыс. циклов заряда/разряда и температуру до +120 °С. В литий-металлических батареях, наоборот, при сохранении литиевого катода усовершенствован анод – у разработки SolidEnergy Systems он состоит из тонкого листа фольги, за счет чего плотность энергии повышена до 450 Вт/ч/кг. Компания решила начать с варианта для дронов, а к 2020 году обещает изготовить батареи для смартфонов и электрокаров.

Другая категория проектов акцентирует внимание на структуре электролита. Поскольку жидкий «наполнитель» снижает плотность размещения заряженных частиц, его предлагается заменить твердотельной (solid-state) батареей, сливающей катод и анод в одно целое. Благодаря этому удельная емкость возрастает до 800–1000 Вт/ч/кг. Особенно заинтересованы в этой технологии автоконцерны: Toyota намерена вы-

ПОДРОБНОСТИ/ТЕХНОЛОГИИ

вести на рынок подобный аккумулятор уже в 2020 году, Fisker нацелилась на 2023-й. Samsung свою разработку планирует завершить в 2025-м.

Есть и еще более фантастические начинания. Так, в теории многократно увеличить энергоэффективность можно за счет взаимодействия металлов с кислородом. Отсюда проекты литий-воздушного аккумулятора от Кембриджского университета (Великобритания), на котором седан Tesla якобы сможет проехать без подзарядки до 2000 км; алюминий-воздушного от Fuji Pigment (заявлено увеличение обычной емкости в 40 раз); цинково-воздушного от Наньянского университета (Сингапур). Британская Intelligent Energy Holdings планирует приспособить к производству аккумуляторов водород. Как рассказывают в компании, смартфон сможет «питаться» от такой батареи больше недели, правда, при работе из него будет выделяться водяной пар. А химики из Бристольского университета работают над «вечной» ядерной батареей на основе алмаза из радиоактивного изотопа. Ей не потребуются подзарядка в течение 5700 лет. Впрочем, это уже проекты «неземного» масштаба: подобные мини-реакторы необходимы исследовательским аппаратам, отправляющимся в глубь Солнечной системы, где мало солнечных лучей.

Заплатите за прогресс

Говорить же о более осязаемых перспективах «революции батареек» пока сложно. Как правило, в подобных разработках при совершенствовании одного параметра деградируют остальные: приходится искать компромисс, например, между мощностью батареи и риском ее воспламеняемости. Испытания длятся долго: нужно провести тысячи зарядов/разрядов, отследить весь жизненный цикл накопителя. Те же литий-ионные батареи перед запуском в серийное производство тестировались десятилетиями (первые работы над ними датируются 1912 годом).

Помимо этого, актуален вопрос об экономической целесообразности амбициозных проектов. «Емкостные характеристики аккумулятора – это одно, а коммерческие перспективы – совсем другое. То есть, когда ученые заявляют достижение фантастической емкости, это еще ничего не говорит об экономическом потенциале продукта», – отмечает Сергей Леготин.

«Графеновый аккумулятор? Отлично! Но стоимость такого экземпляра в тысячи долларов отбивает всю охоту у покупателей, – приводит пример Михаил Сияевский. – Литий-серный? Недорого, надежно. Но жизненный цикл – всего 60 зарядов, то есть 60 рабочих смен, если использовать на электропогрузчике в ГК «СКАТ». Если предложить такой аккумулятор нашему техническому директору, он просто рассмеется». Показательно, что даже такой любитель инноваций, как Илон Маск, для своих электрокаров Tesla сосредоточился на модернизации литий-ионных батарей.

Для того чтобы какая-либо из «прорывных» технологий воплотилась в жизнь, необходимы масштабные инвестиции: \$500 млн и более на запуск конвейера, подсчитали в Национальной лаборатории им. Лоуренса в Беркли. Для сравнения: SolidEnergy Systems удалось привлечь на реализацию своего литий-металлического проекта только \$50 млн. Как отмечают эксперты, подобных стартапов много, соперничество за финансирование между ними велико, но при этом ни один не выглядит безусловно убедительным в глазах инвесторов. В итоге многие компании закрываются, едва успев объявить о своей «невероятной» технологии.

К тому же сегодняшние лидеры индустрии энергонакопителей – Panasonic и LG – не заинтересованы в революциях, говорит Сергей Леготин. У этих компаний отлажены логистика производства, взаимодействие с поставщиками, и для них разумнее удерживать рынок, понемногу улучшая свою продукцию, чем вкладываться в рискованные проекты.



Shutterstock

«Корпорациям даже выгодно, чтобы литий-ионные батареи быстрее выходили из строя и пользователи при этом покупали новые версии устройств», – рассуждает собеседник. Подобные уловки уже стали причиной не одного скандала. Так, Apple в прошлом году пришлось публично извиняться перед американскими пользователями за искусственное «замедление» смартфонов старых моделей по мере истощения ресурса аккумулятора. После

Сравнение типов батарей

Тип	Начало разработки (год)	Выход на рынок (год)	Жизненный цикл (зарядов/разрядов)	Плотность энергии (Вт/час на 1 кг)
Свинцово-кислотная (Pb-Acid)	1859	1881	400	45
Никель-кадмиевая (Ni-Cd)	1899	1950	1000	60
Никель-металл-гидридная (Ni-MH)	1970-е	1990	500	100
Литий-ионная (Li-Ion)	1970-е	1991	1000	200
Литий-серная (Li-S)	2008	–	50–150	400
Литий-металлическая	2012	–	500	450
Твердотельная	1950-е	–	1200	1000
Литий-воздушная (Li-O ₂)	2006	–	н/д	1000–1700
Ванадиевая проточная	1986	Начало 2010-х	∞	20

Источник: данные СМИ.



Принято считать, что за электрическими автомобилями будущее, но пока им трудно конкурировать с бензиновыми: запаса хода на одном аккумуляторе хватает от силы на 500 км, а подзарядка может растянуться на часы

этого сенаторы штата Вашингтон разработали акт, запрещающий продажу гаджетов с несъемными батареями.

Наконец, еще один нерешенный вопрос индустрии аккумуляторов – их утилизация. «Какие бы батареи ни были изобретены, перед миром встанет проблема их переработки, особенно если это будут еще более токсичные отходы, чем нынешний литий-ион», – отмечает Екатерина Грушевенко. – Сегодня утилизация тонны батарей стоит \$1–2 тыс., это нерентабельный бизнес, в развитых странах его субсидируют. В Европе надеются достичь показателя \$300 за тонну, что сделало бы переработку самоокупаемой. Только после этого имеет смысл говорить о дальнейших витках этой индустрии». По подсчетам CRU, сегодня мир перерабатывает чуть более 5 тыс. тонн батареек в год. Ожидается, что к 2025 году этот показатель вырастет до 30 тыс. тонн.

Залог сохранения энергии

От развития аккумуляторов зависит не только будущее электронной индустрии. Еще более масштабный эффект

ожидается в ближайшие годы в энергетической сфере. Вместительные, высокопроизводительные накопители открывают энергетикам заманчивые перспективы по части хранения выработанных на электростанциях мощностей. Согласно опросу участников саммита Energy Storage Summit 2017, в отрасли ожидают, что до 60% электростанций обзаведутся системами долгосрочного хранения энергии уже к 2022 году. В 2016–2030 годах мировой рынок хранения энергии вырастет в 12 раз, до 305 гВт/ч суммарного объема хранилищ, прогнозирует BNEF.

Это может заметно поколебать конъюнктуру на рынках традиционных энергоносителей (нефть, газ, уголь), дав дополнительный толчок возобновляемой энергетике – солнечной, ветряной. Переменный характер источников этой энергии как раз предполагает использование накопителей: солнечную энергию можно вырабатывать только днем, но благодаря аккумуляторам она доступна и ночью.

Подобные аккумуляторы уже используются, и на этом рынке также лидируют литий-ионные технологии. По оценке US Energy Storage Monitor,

94,2% используемых для хранения энергии в США батарей имеют литий-ионную конструкцию, 5% приходится на проточные батареи на основе ванадия (vanadium redox (flow) batteries), 0,5% – на свинцово-кислотные.

При этом считается, что будущее – за проточными батареями. Они позволяют изменить сам принцип хранения энергии. Сейчас доминирует целевое накопление на литий-ионных аккумуляторах, установленных в домах с солнечными панелями (behind-the-meter storage). С проточными же технологиями возможно создание большой сети, из которой каждый абонент будет черпать энергию по своим потребностям (in-front-of-the-meter). Это позволяет снизить стоимость накопления с нынешних \$891–985 за 1 мВт/ч до \$184–338 (расчеты Lazard and Enovation Partners) и открывает дорогу в отрасль большому бизнесу. Не случайно ванадий в последние два года дорожал активнее того же кобальта: с \$2,5 за фунт в начале 2016-го до нынешних \$12.

Первая масштабная система хранения на основе проточных аккумуляторов (емкостью 60 мВт/ч) была установлена в 2013 году в Японии. Сегодня же на первое место по темпам установки вышел Китай. В сентябре прошлого года китайские власти выпустили руководство по продвижению технологий хранения энергии, стимулирующее компании развертывать системы накопителей. Планируется, что на «пилотном» этапе до 2020 года в стране будет создана сеть 100-мегаваттных хранилищ, а в следующем десятилетии появятся гигантские хабы на 1 гВт/ч. Параллельно в 2017 году в Даляне открылась фабрика по производству ванадиевых аккумуляторов Rongke Power с проектной мощностью 3 гВт/ч в год.

«Именно Китай будет пионером зеленой энергетики – не США, не Европа, – подчеркивает Михаил Синявский. – Китайское правительство решило вложиться в эти заводы, хранилища – без участия государства они были бы убыточны на первых порах. Это настоящее перевооружение экономики, и уже скоро оно принесет свои плоды: пройдет пять–десять лет, и рынок заполняют китайские электрокары, всевозможная техника на электрической тяге, элементы питания к ней. Китай первым понял, на чем основана экономика XXI века, и устремился в будущее». ■