

## НАНОБАТАРЕЙКИ (Nanobatteries)

*«Анод, катод, электролит –  
Набор чем этот знаменит?  
Мы голову ломать не стали  
И батарейкою назвали».*

*Е.А. Померанцева*



Наверное, все помнят футуристическую трилогию «Матрица», в которой искусственному разуму не хватало энергии, и роботы коварно использовали людей в качестве батареек. Сегодня энергетический голод еще не наступил, и люди сами пытаются делать химические источники тока для своих микронных созданий. Действительно, как сейчас обойтись без батареек? В современный век массового производства и потребления электронных устройств, таких, как фото- и видекамеры, портативные компьютеры, мобильные телефоны, кардиостимуляторы и т.д.

необходимо разрабатывать легкие химические источники тока с высокой запасенной энергией и выдаваемой мощностью.

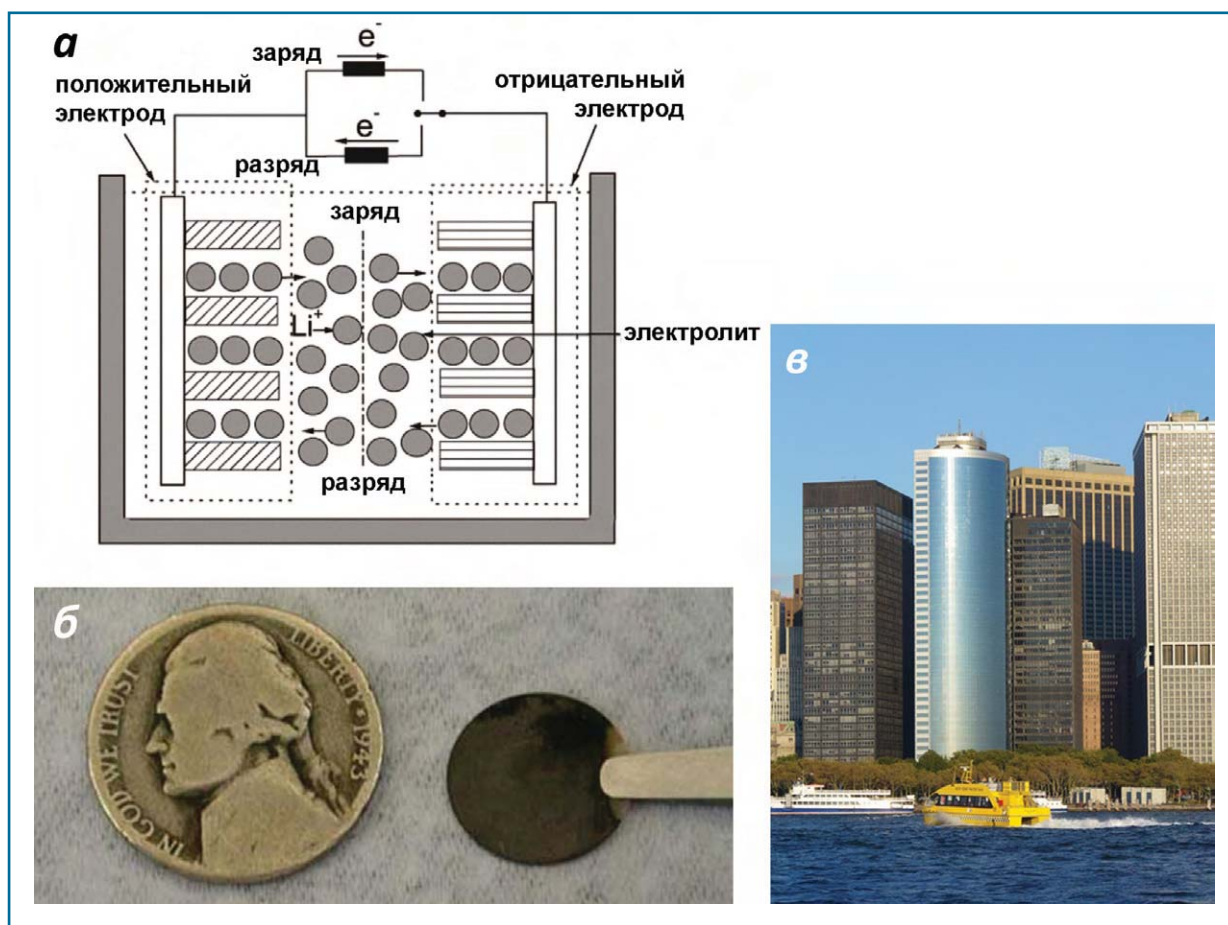
Батарейки и аккумуляторы состоят из трех основных частей: положительного и отрицательного электродов (катада и анода соответственно) и электролита (рис. 1). В процессе разряда батарейки ионы переходят из анода в катод через электролит или мембрану, при этом по внешней цепи (обычным проводам) с включенным в цепь устройством движется ток электронов – электрический ток. Именно этот вид энергии человечество и научилось использовать для питания своих микронных или механических созданий. Собственно, для того и затевался химический источник тока, чтобы непосредственно использовать в форме электрического тока энергию той или иной удобной химической реакции. Для ряда электрохимических систем этот процесс может быть обратимым, и поэтому выделяют два типа батареек: первичные, неперезаряжаемые, действие которых заканчивается по окончании процесса разряда, и вторичные, перезаряжаемые, для которых циклы разряд-зарядка многократны.

Последние достижения в области **биомиметики** и **молекулярной электроники** позволяют сегодня всерьез задуматься об энергетических нанобатарейках (в буквальном смысле слова «нано»). Еще в 2003 году в университете Тулса (США) была создана батарейка толщиной около 500 нм, а в Национальной лаборатории Sandia (США) работают над созданием нанобатарейки, предназначенной для снабжения энергией различных имплантируемых устройств, например, искусственной сетчатки глаза.

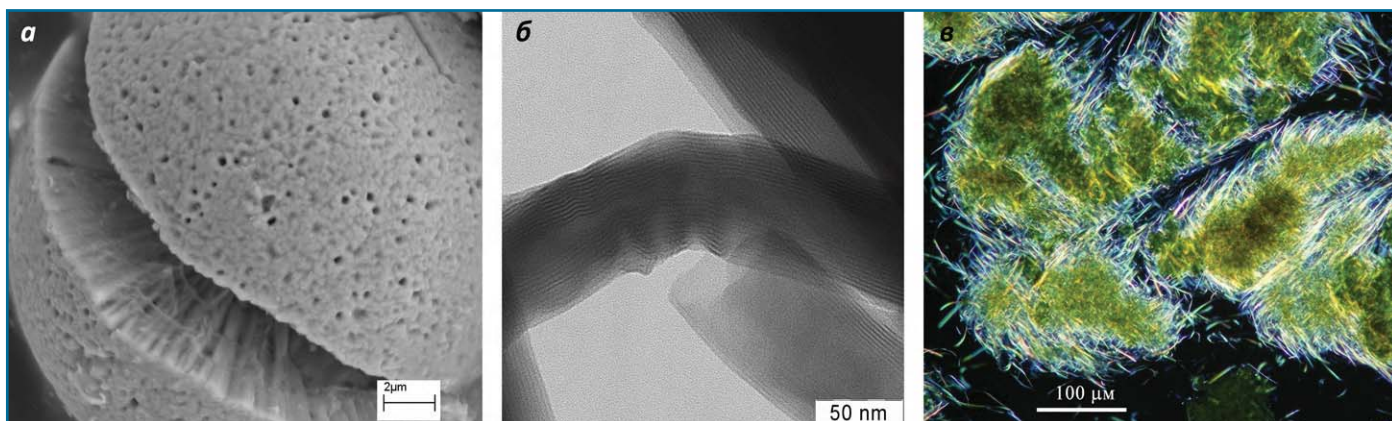
В перспективе батарейки нанометровых размеров смогут применяться для питания *наномашин*, *МЭМС*, умной пыли (см. *Умные материалы*), микропечатных интегрированных схем, активных элементов радиочастотных антенн-меток. Они, несомненно, найдут применение в микроэлектронике, медицине и других отраслях науки.

В то же время, когда говорят о нанобатарейках, обычно имеют в виду не наноразмер самой батарейки, а тот факт, что при ее изготовлении использовали *нанотехнологии*. Сейчас этому разделу науки, который часто называют наноионикой, посвящены целые разделы конференций, организуются новые фирмы и компании. Это связано с тем, что все более востребованными становятся надежные, долговечные, безопасные и дешевые химические источники тока (ХИТ). Мировой рынок таких продуктов превысил в 2006 г. 50 млрд долларов и чрезвычайно перспективен с точки зрения привлечения инвестиций.

Типичный пример победы «батарейных нанотехнологий» – широко известный долговечный элемент питания «Дюрасел». Наверняка вы до сих пор помните навязчивую телерекламу с бодрым розовым зайчиком-барабанщиком, который шумит «в 10 раз дольше»?.. В этих батарейках самый дешевый и известный еще с 1867 г. марганец-цинковый,  $Zn-MnO_2$ , элемент француза Жоржа Лекланше обрел вторую, «наноматериальную», реинкарнацию за счет изменения дисперсности составляющих его компонент. В настоящее время по всему миру проводится огромное количество экспериментов, позволяющих получить известный всем диоксид марганца в виде наночастиц, нанопластин, наноусов и даже нанотрубок. Известно также, что такие материалы работают в батарейках дольше, быстрее перезаряжаются в аккумуляторах, если в них интеркалирован литий. Кроме диоксида марганца все еще распространены манганиты со структурой шпинели, слоистые кобальтиты лития, в по-



**Рис. 1.** Мир батареек: а – схематическое представление принципа работы литий-ионного аккумулятора, б– 25 000 параллельно соединенных нанобатарей, в – вид на архитектурный ансамбль «парк Батареек» в Нью-Йорке



**Рис. 2.** Потенциальные кандидаты для применения в химических источниках тока (ФНМ МГУ им. М.В. Ломоносова). а – наноструктурированные порошинки диоксида титана после гидротермальной обработки, б – нанотрубки на основе оксида ванадия, в – «водоросли» из нановискеров так называемых «ванадиевых бронз»  $VaV_9O_x$

следнее время все чаще используются углеродные и неуглеродные нанотрубки, диоксид титана и т.д. (рис. 2). В последнее время все больше и больше систем становятся потенциальными кандидатами для использования в наноионике. К ним, например, относится материал  $LiFePO_4$  с каркасной структурой минерала оливина, срок службы аккумуляторов на основе которого, по прогнозам, увеличится по сравнению с предыдущими образцами в 10 раз, мощность возрастет в 5 раз, значительно уменьшится время заряда (более 90% емкости через 5 минут). Первые коммерческие образцы вторичных химических источников тока, агрессивно рекламируемые фирмами Toshiba, Nanosafe и др., способны заряжаться уже не за часы, а за минуты, теряют только проценты емкости после тысячи циклов заряда-разряда, могут работать при температурах до  $-40\text{ }^\circ\text{C}$ .

При использовании материалов наноионики, конечно, возникают и новые камни преткновения. Например, из-за высокой реакционной способности наночастицы с удовольствием реагируют с электролитом и вообще со всем, с чем соприкасаются. В состоянии покоя батарейка теряет в среднем 7–10% запаса энергии, поскольку электрохимическая реакция идет и тогда, когда батарейка не подключена к потребителю электроэнергии. Поэтому в некоторых случаях, например, для

контроля радиоактивности или накопления токсичных веществ, в палатах интенсивной терапии и в операционных чрезвычайно важна разработка так называемых резервных батарей, в которых электролит отделен от электродов до тех пор, пока батарея не активирована. С использованием нанотехнологий, а именно, с изобретением «нанотравы» из супергидрофобных (несмачиваемых) столбиков кремния, способных изменять величину смачиваемости в зависимости от приложенного напряжения, появляется реальная возможность значительно миниатюризировать такие батареи (компания mPhase).

При создании микро- и нанобатареек не обязательно использовать наночастицы. Часто применяют другой подход, когда создают «пачку» двумерных, планарных *гетероструктур*. Чередующиеся слои состоят из  $LiCoO_2$  или  $LiMn_2O_4$  – катода, электролита-пленки в виде оксинитрида-фосфида лития и анода – оксинитрида олова-кремния. Геометрическая плотность энергии достигает  $0,28\text{ мАч/см}^2$ . В концепции трехмерных (3D) батарей сэндвичевая структура формируется на любой неплоской (перфорированной) поверхности, содержащей до 20 000 отверстий-каналов на каждом квадратном сантиметре. Такие батареи в 10–100 раз эффективнее обычных.

#### *Литература:*

1. Иванов-Шиц А.К. Ионика твердого тела. Т. 1, 2.
2. Jiang C., Hosono E., Zhou H. Nanotoday. 2006. Vol. 1, №4. P. 28
3. Krupenkin T.N., Taylor J.A., Schneider T.M., Yang S. Langmuir. 2004. Vol. 20. P. 3824.