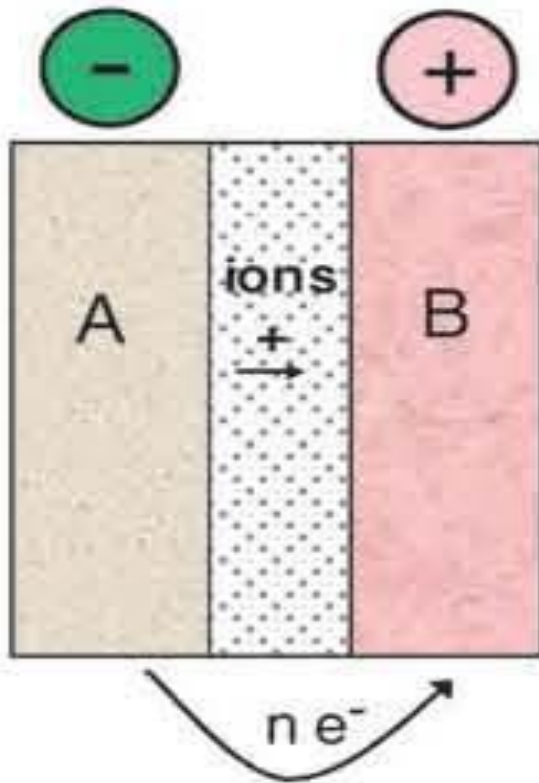
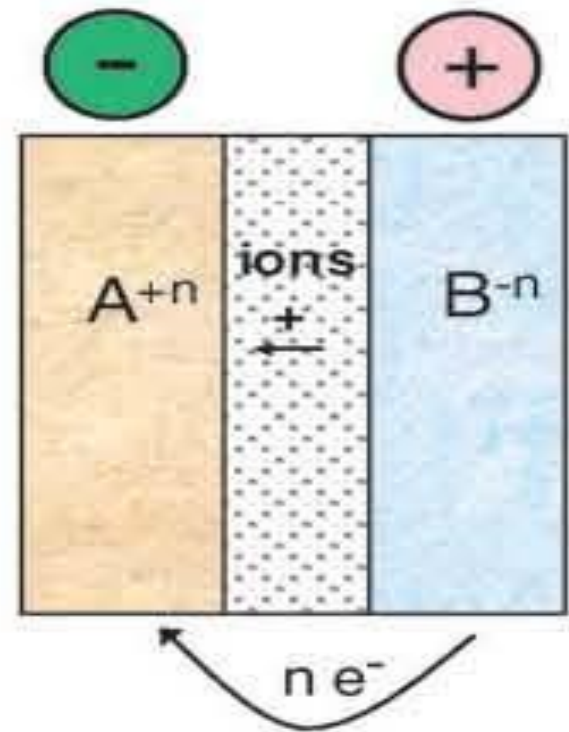


Литий-ионные аккумуляторы. Анод -металлический литий

• Разряд

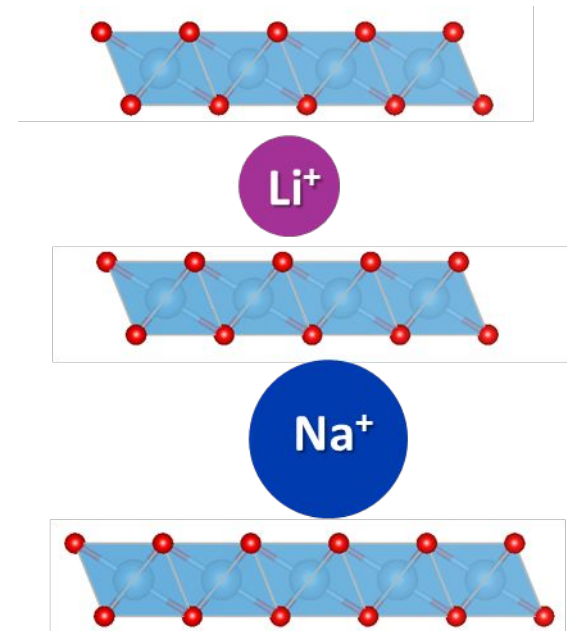
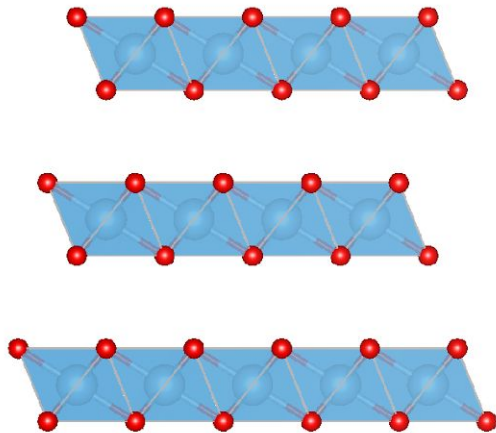


• Заряд



Литий-ионные аккумуляторы: катод

- *Реакция интеркаляции*
- Твердое тело (хозяин) + Ион (гость) \leftrightarrow Твердое тело-Ион

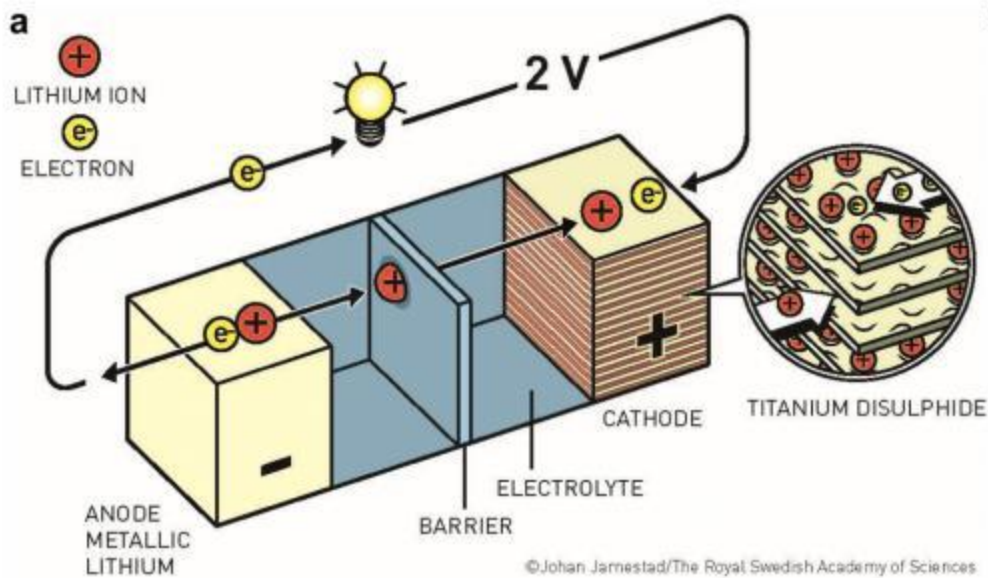


Первый Li-ионный аккумулятор

- Катод – TiS_2 , анод - Li
- *Science* 1976, 192 (4244) 1126-1127

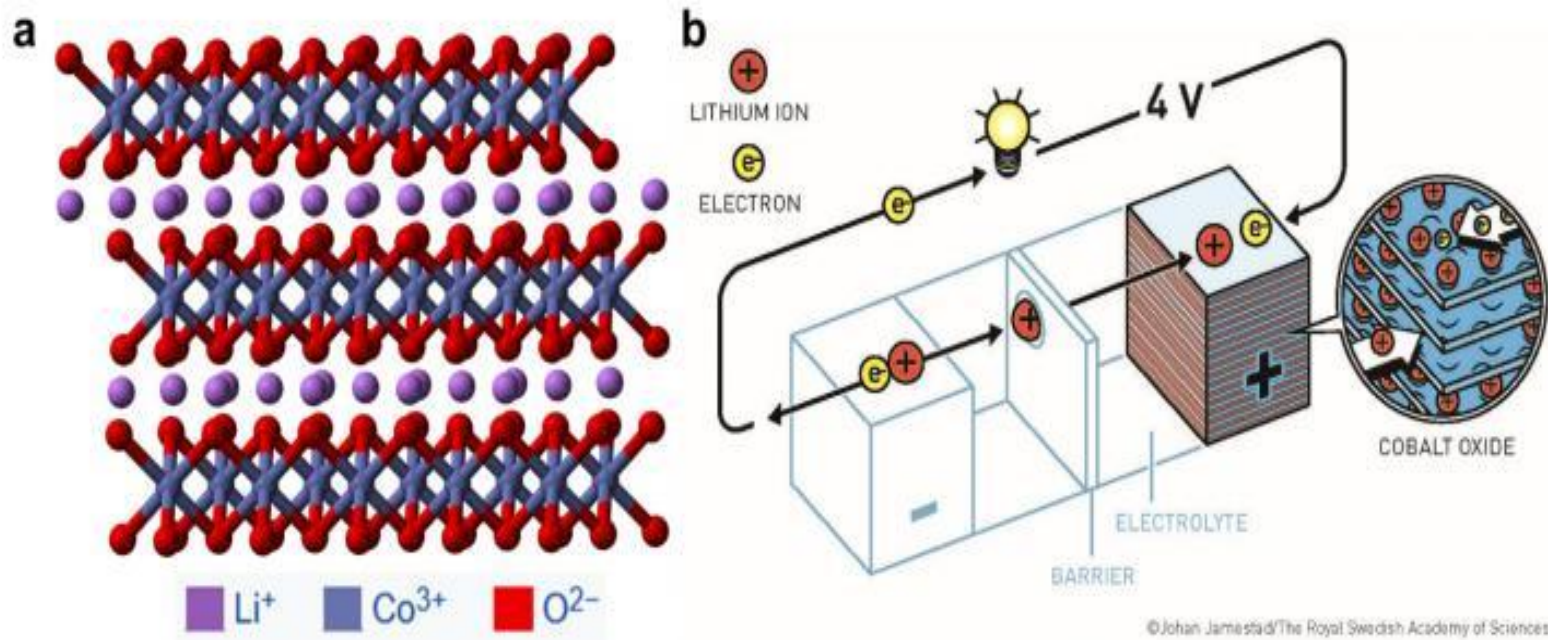


Michael Stanley Whittingham

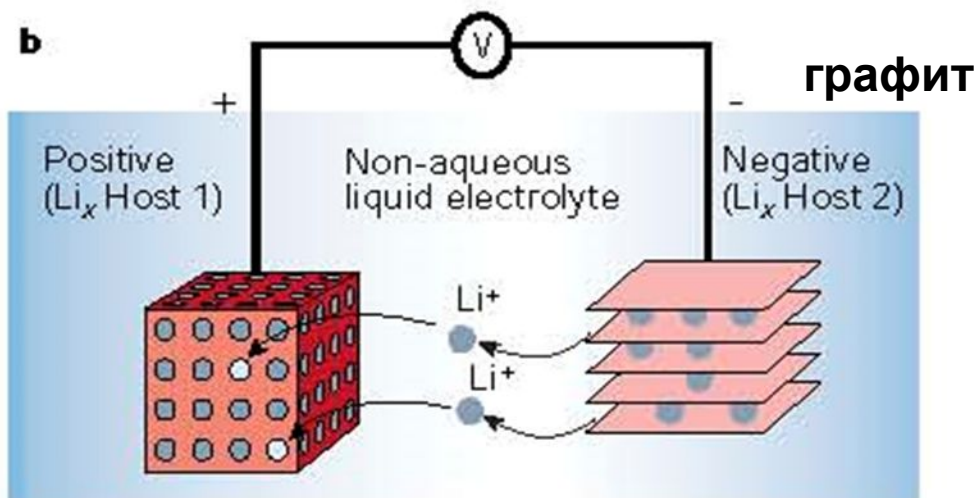
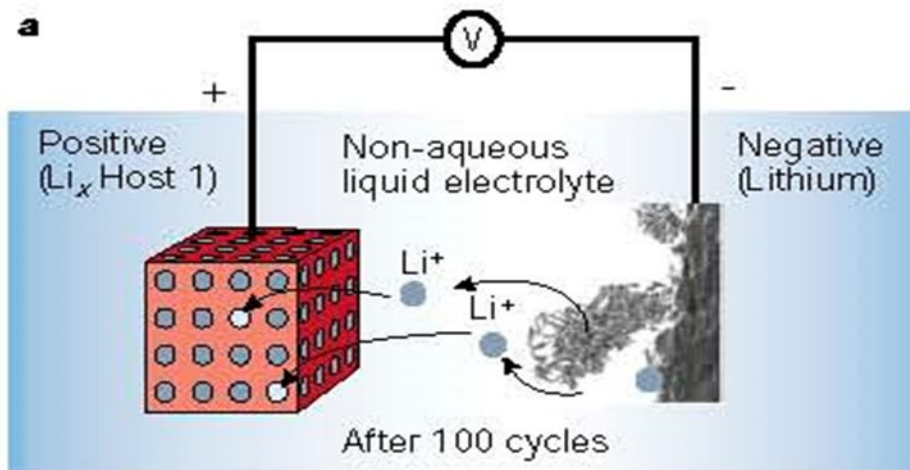


Новый подход: замена TiS_2 на оксид кобальта

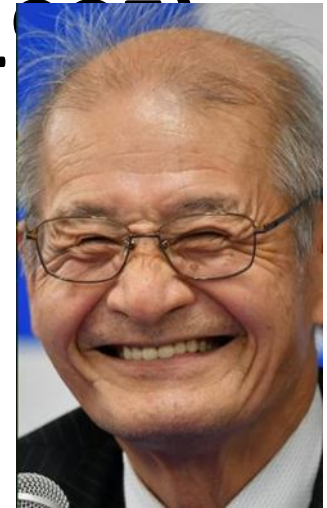
- K. Mizushima; P.C. Jones; P.J. Wiseman; **J.B. Goodenough (1980)**. " Li_xCoO_2 ($0 < x < 1$): A new cathode material for batteries of high energy density". *Mater. Res. Bull.* **15** (6): 783–799



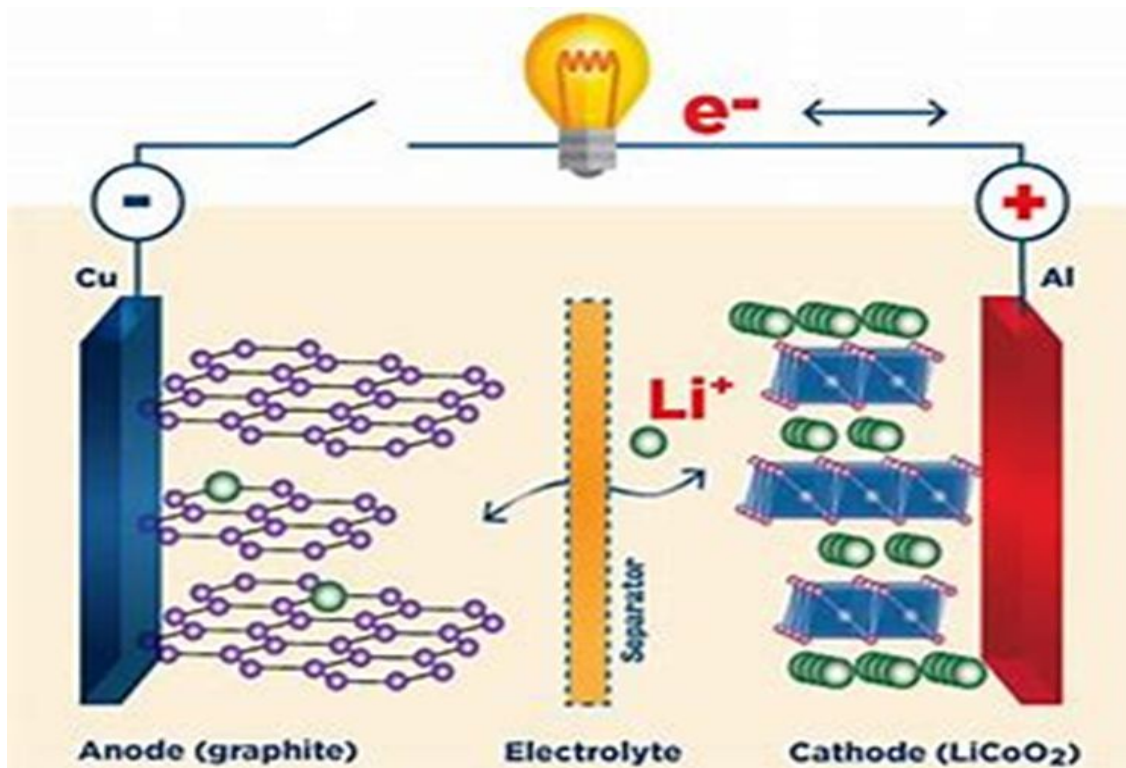
Новый подход: замена



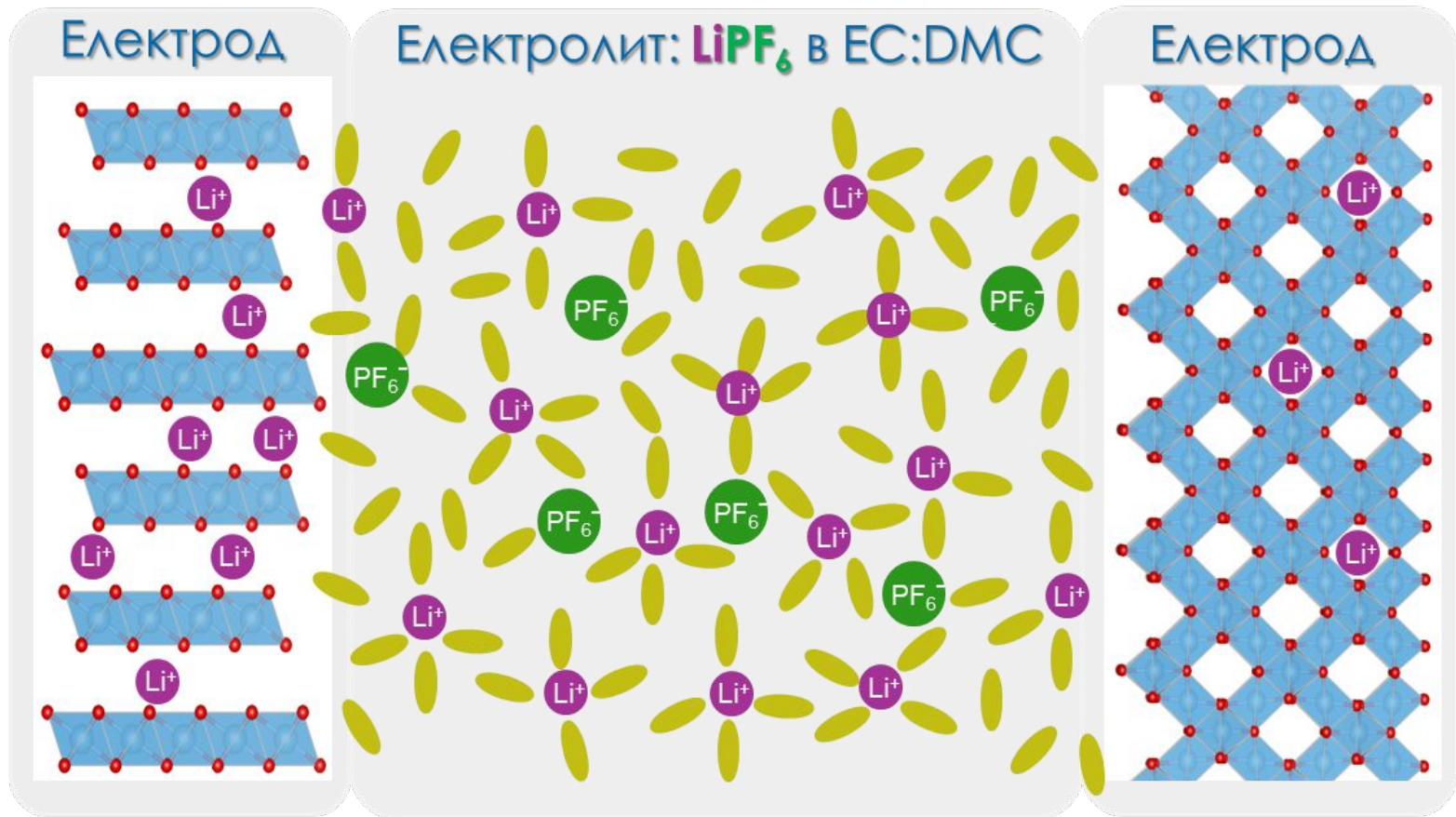
Первый коммерческий Li-ионный аккумулятор (1991)



Akira Yoshino

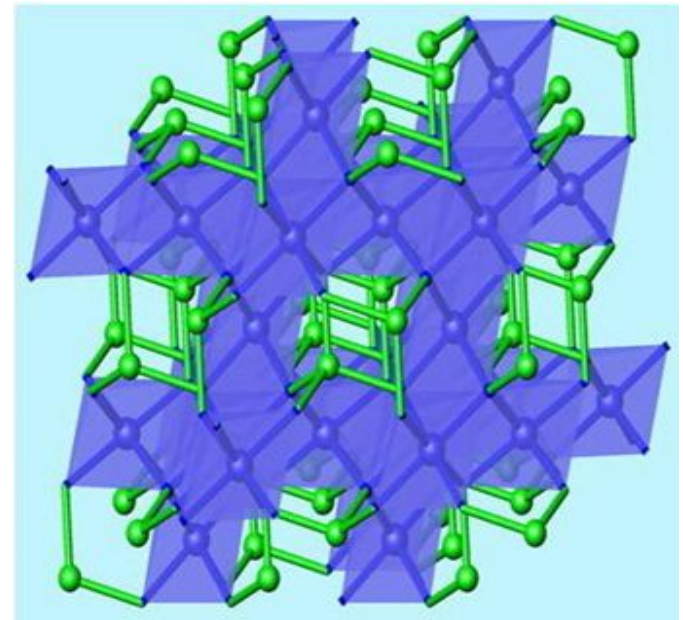
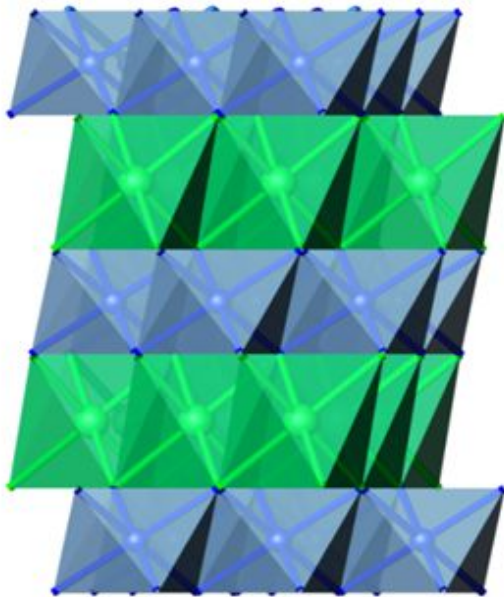


Li-ионный аккумулятор: электролит



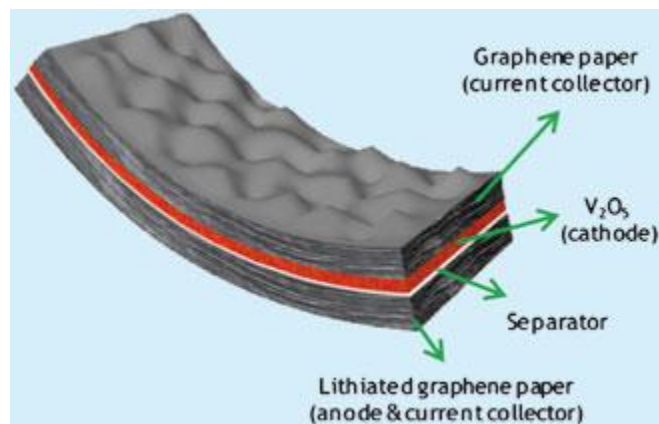
Новые электродные материалы

- Co-stabilized LiNiO_2
- LiMn_2O_4 spinel



Источники питания нового поколения

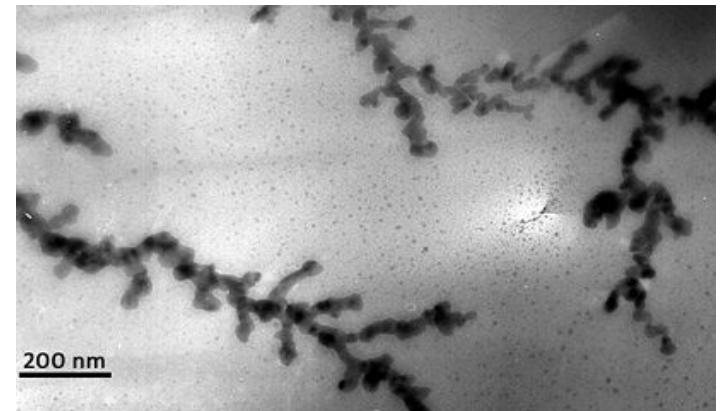
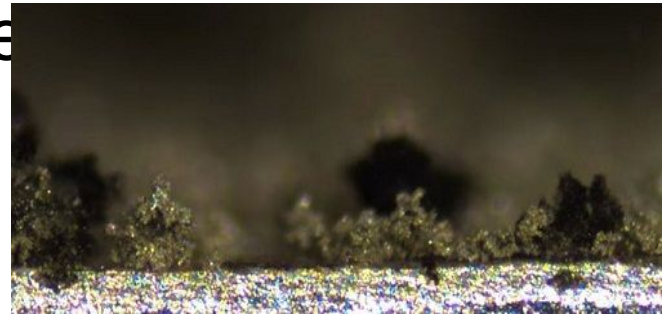
- Гибкий литиевый источник питания, основанный на листах графена.
(Рисунок из *Energy Environ. Sci.*, 2011, DOI: 10.1039/c0ee00640h)



Недостатки Li-ионных аккумуляторов:

Термическая неустойчивость → самовозгорание

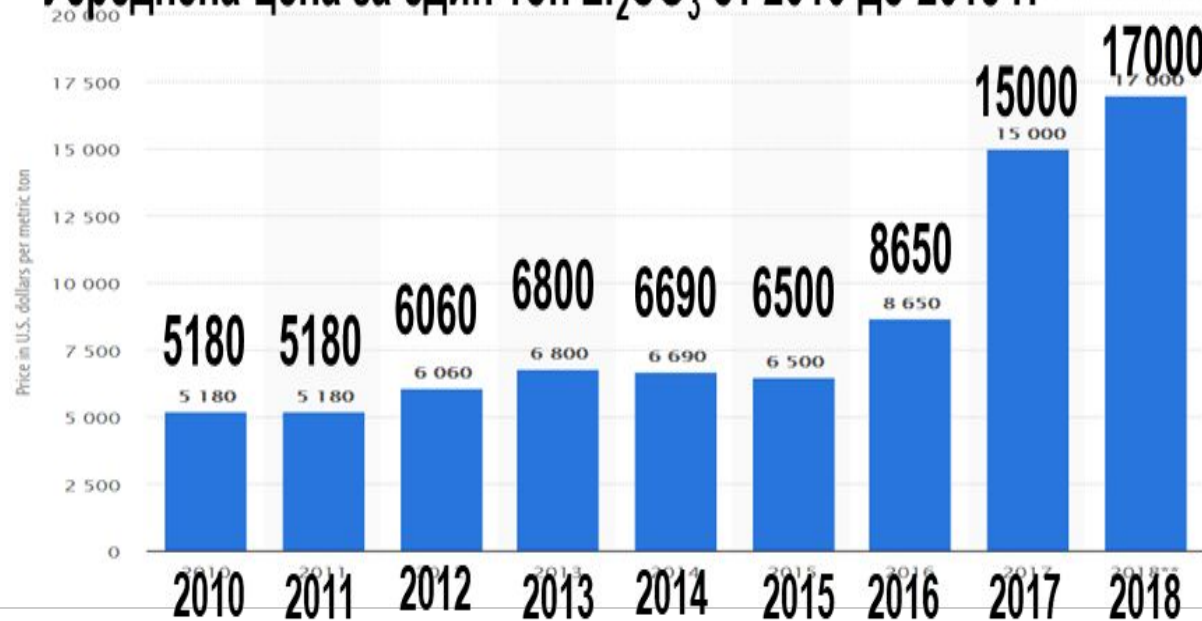
- Причина: образование дендритов



Недостатки Li-ионных аккумуляторов:

- **Стоимость**

Усреднена цена за един тон Li_2CO_3 от 2010 до 2018 г.



Альтернативные материалы

- Натрий
- Cell: Na | NaPF_6 : PC
| $\text{Na}_{2/3}\text{Ni}_{1/2}\text{Mn}_{1/2}\text{O}_2$
- Магний
- Гибридные аккумуляторы
- $\text{Li}^+ / \text{Na}^+$
- $\text{Li}[\text{Li}_{1/3}\text{Ti}_{5/3}]\text{O}_4$ | LiPF_6
(EC:DMC) | Na_xMO_2
- $\text{Li}^+ / \text{Mg}^{2+}$
- $\text{Li}[\text{Li}_{1/3}\text{Ti}_{5/3}]\text{O}_4$ | LiPF_6
(EC:DMC) | MgMn_2O_4