



Московский физико-технический институт
Физтех-школа электроники, фотоники и молекулярной физики
Центр испытаний функциональных материалов



Композитный катодный материал на основе литий-железо-фосфата с добавлением многостенных углеродных нанотрубок серии «Таунит»

Докладчик: Токунов Юрий Матвеевич

Авторы: Токунов Ю. М., Алешина М. Ю., Костина Д.
Е., Пилипенко П. Н., Лошкарев А. А., Иванов В. В.,
Каменева Е. И.



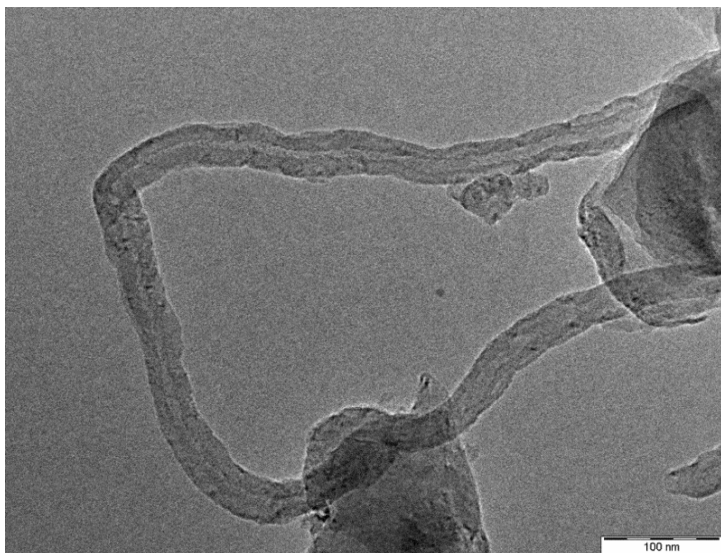
2025 год

Цель исследования

Цель работы

Увеличение электронной проводимости LiFePO_4 -аккумуляторных батарей путем внедрения отечественных УНТ серии «Таунит» и, как следствие, увеличение энергоемкости литий-ионных аккумуляторов

ПЭМ изображение многостенных углеродных нанотрубок «Таунит»



LFP-T2



Характеристика	Таунит	Таунит-М	Таунит-МД
Внешний диаметр, нм	20–50	10–30	8–30
Внутренний диаметр, нм	10–20	5–15	5–15
Длина, мкм	≥2	≥2	≥20
Чистота, %	≥90–95	≥95	≥95

Характеристики МУНТ серии «Таунит»

Технология изготовления катода

H₂O + SDBS

- УЗ диспергирование 1 раз по 10 мин

+ УНТ серии «Таунит»

- Подключение перестальстического насоса
- УЗ диспергирование 6 раз по 10 мин

+ сажа С45

- УЗ диспергирование 3 раза по 10 мин

+ LFP + LA-133

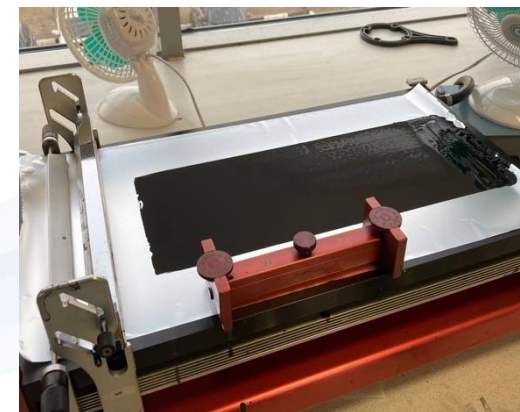
- Перемешивание под вакуумом в течение 2-х часов

- Нанесение катодной пасты на подложку

Ультразвуковой диспергатор МЭФ93



Ракельная установка



91,79% LFP, 3% LA-133, 4% C-45, 0,81% SDBS, 0,4% УНТ

91,19% LFP, 3% LA-133, 4% C-45, 0,81% SDBS, 1% УНТ

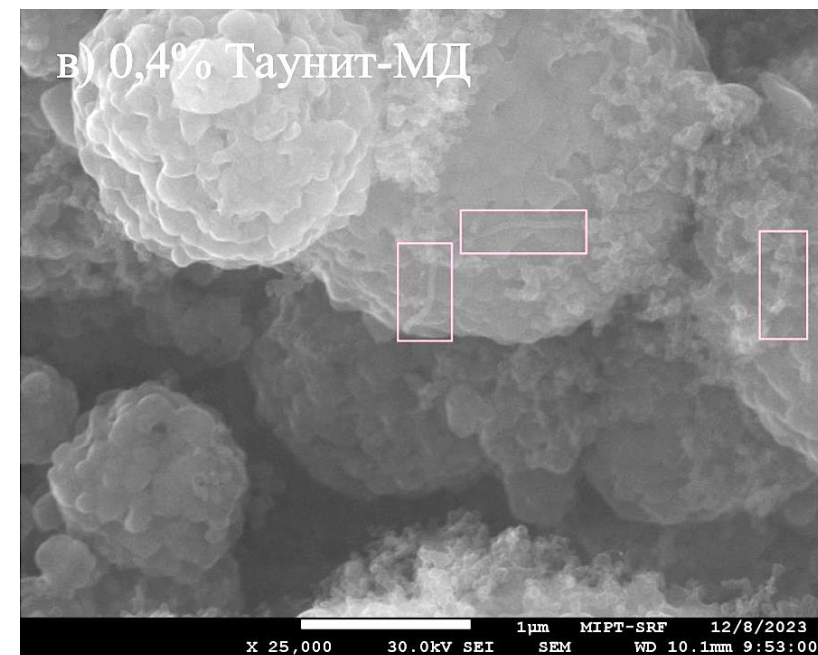
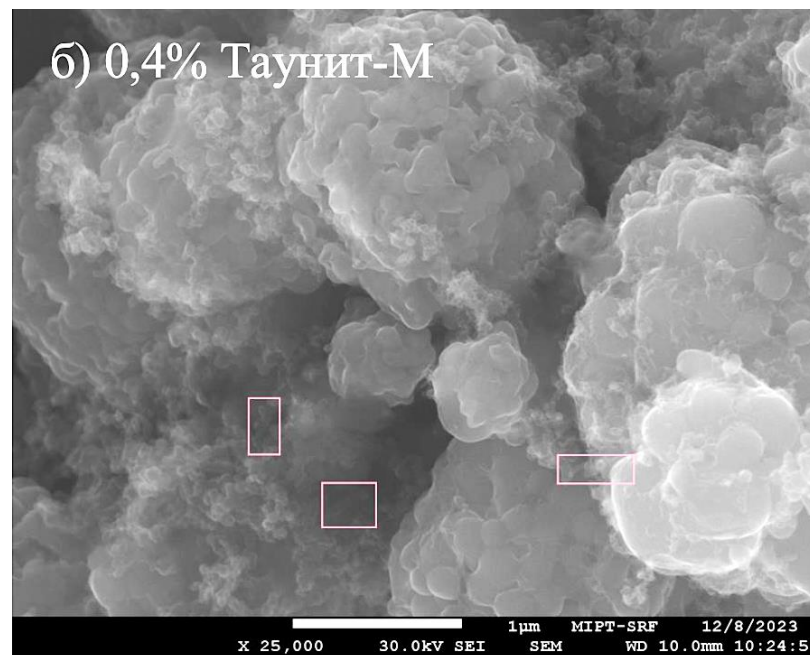
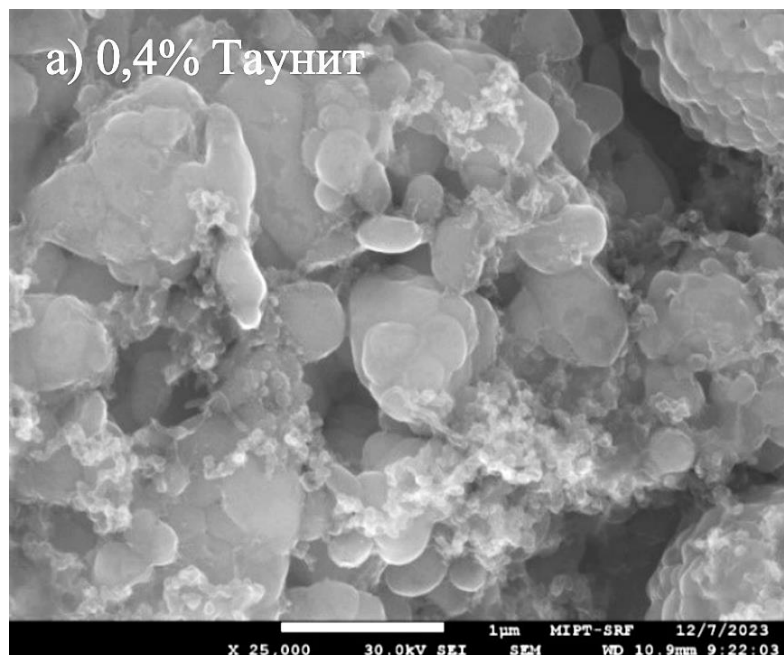
Сборка ячейки типа «coin»

Схема сборки батареи типа «coin»



Процесс сборки ячеек типа «coin»

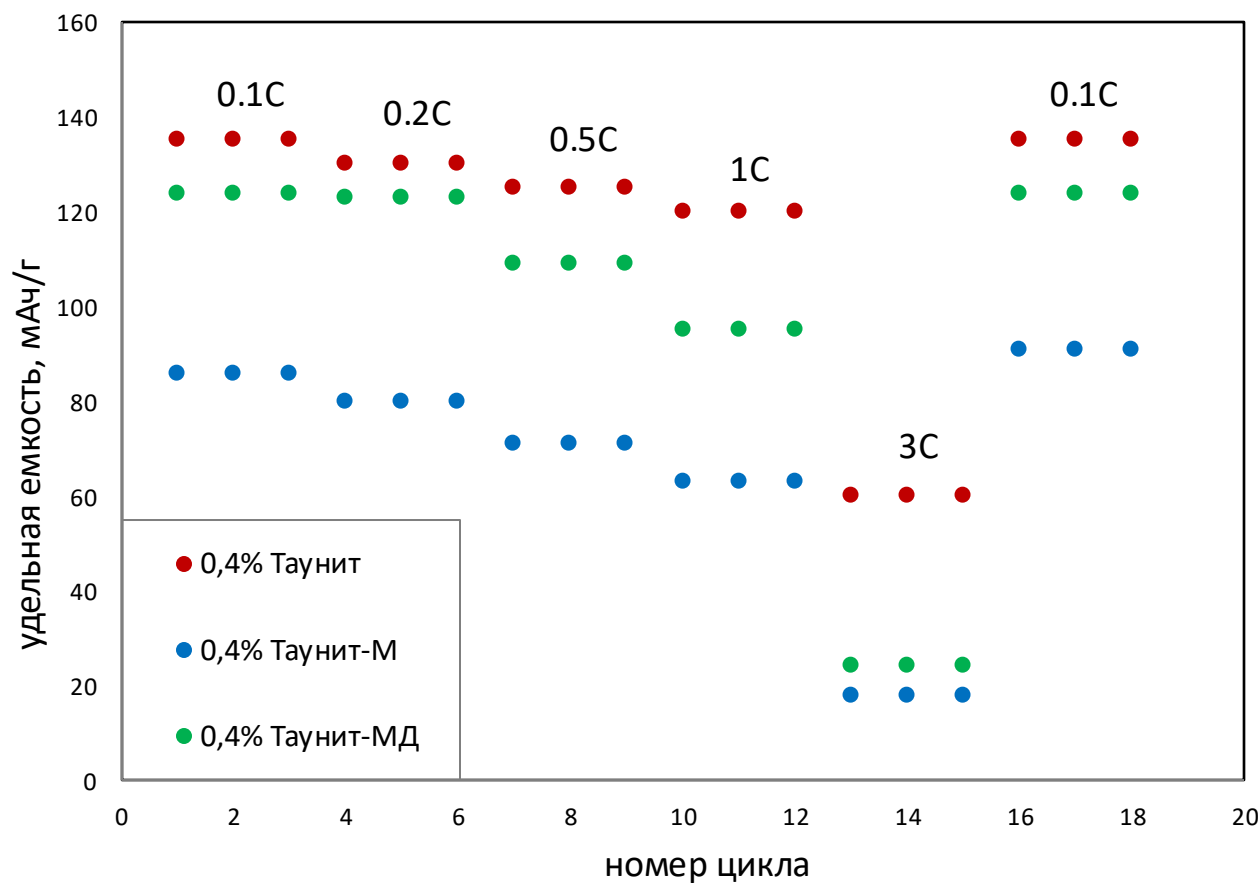
Растровая электронная микроскопия



РЭМ-изображения катодных материалов, содержащих 0,4% многостенных углеродных нанотрубок: «Таунит» (а), «Таунит-М» (б) и «Таунит-МД» (в)

Электрохимические характеристики

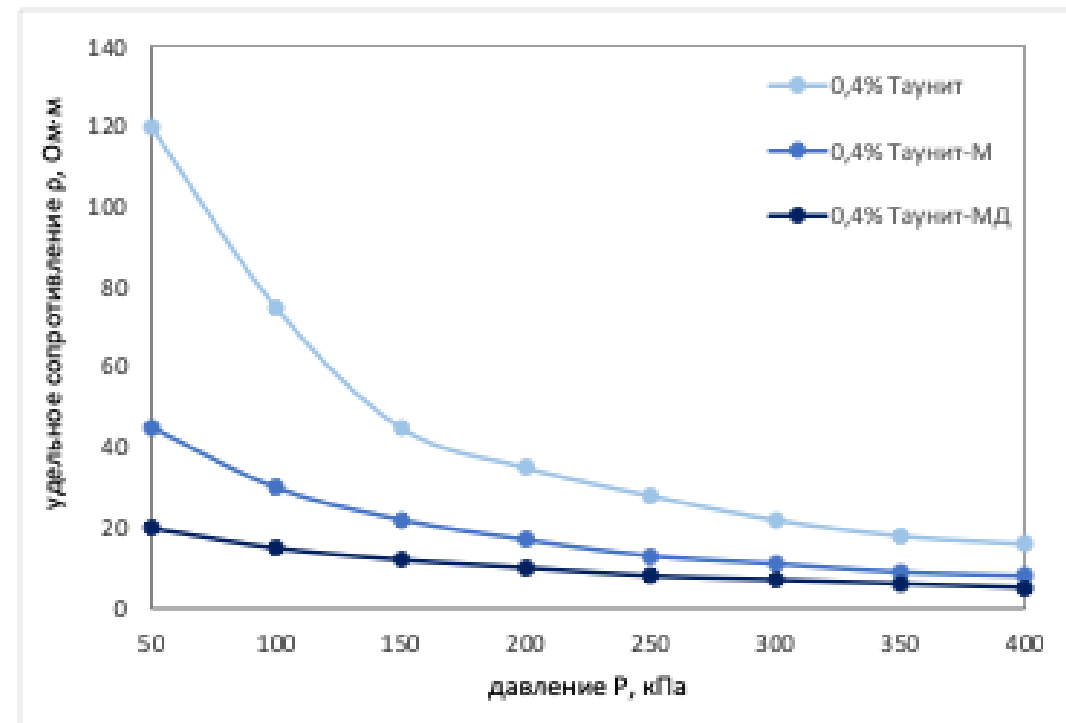
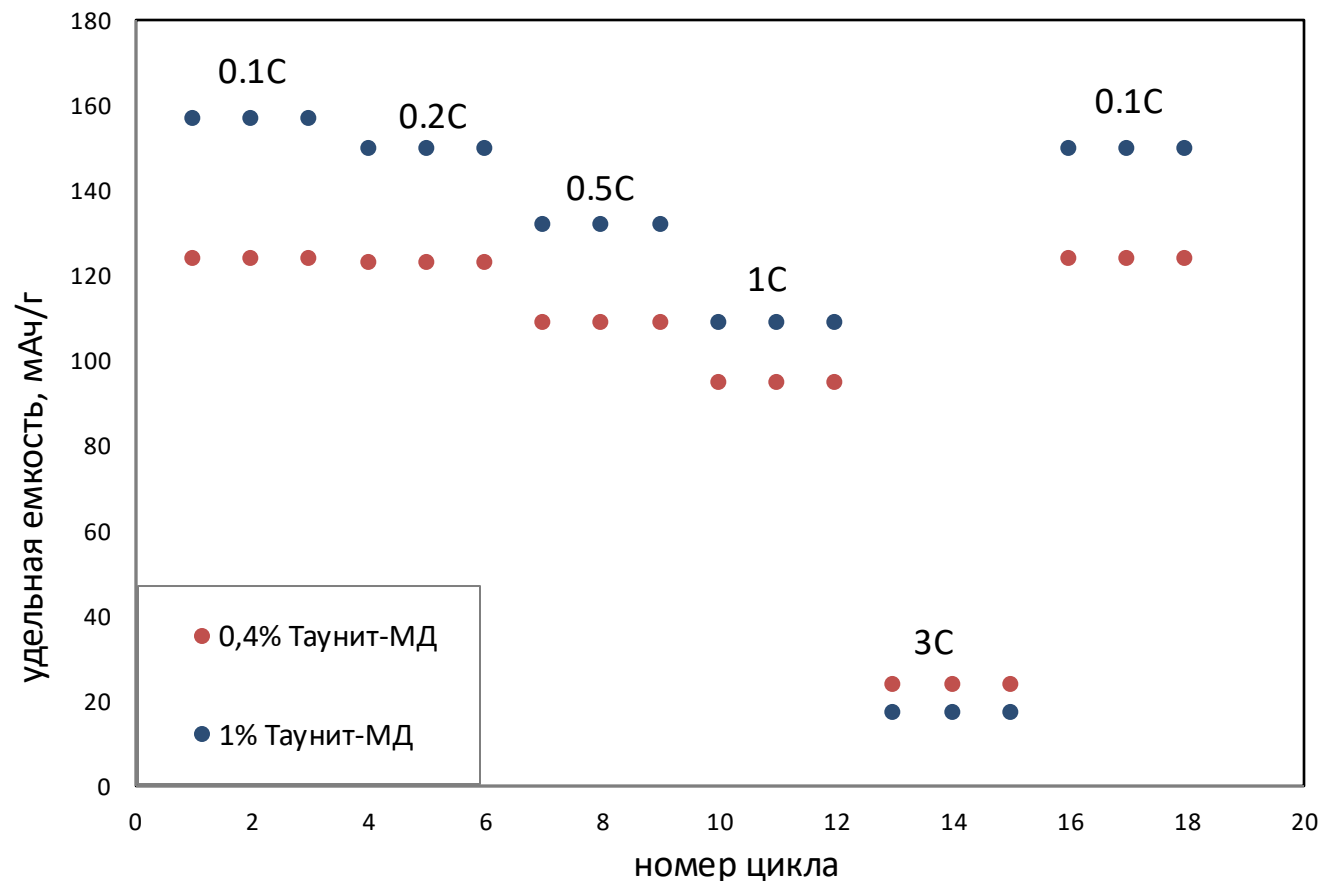
Удельная емкость образцов с концентрацией 0,4 мас. % МУНТ типа «Таунит» при различных токах (в режимах разряда от 0.1С до 3С)



Образец	Конц. УНТ, мас. %	Удельная емкость, мА·ч/г					
		0.1C	0.2C	0.5C	1C	3C	0.1C
Контроль	0	120	119	114	104	87	119
Таунит	0,4	135	130	125	120	60	135
Таунит-М	0,4	86	80	71	63	18	91
Таунит-МД	0,4	124	123	109	95	24	124

Электрохимические характеристики

Удельная емкость при скоростях заряда/разряда
0,1 С - 3С для составов с различной концентрацией Таунит-МД



Зависимость удельного сопротивления от давления

Выводы

1. В образцах с добавлением нанотрубок «Таунит» и «Таунит-МД» удельная емкость увеличилась относительно образцов сравнения на низких токах;
2. В образцах с многостенными УНТ «Таунит-МД» емкость увеличивается на 30% при 0,1С относительно образца без УНТ



Спасибо за внимание!

Дополнительная информация

C – условная единица измерения тока, показывающая, при каком токе ячейка разрядится/зарядится за 1/X часов

$$C\text{-rate} = C/X \text{ [мА/ч]}$$

C-rate	X (время)
0.1C	10 час
0.2C	5 час
0.5C	2 час
1C	1 час
3C	20 мин