



# ***Разработка научных основ создания литий-ионного аккумулятора на основе новых отечественных электродных функциональных материалов***

**Руководитель исследования:**

**Кулова Т.Л. доктор химических наук зав. лабораторией  
«Процессы в химических источниках тока»**

**Организация:**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт физической химии и электрохимии Российской  
академии наук (ИФХЭ РАН)

# Цели и задачи исследования

**Целью** выполнения исследования является создание литий-ионного аккумулятора с улучшенными энергетическими и эксплуатационными показателями на основе новых отечественных материалов для портативных накопителей энергии военного и гражданского применения.

## **Задачи исследования:**

1. Разработать технологию синтеза отечественных функциональных материалов на основе феррофосфата лития, тройного литированного оксида, нанотитаната лития и кремнийсодержащего композита.
2. Изготовить лабораторные макеты аккумуляторов двух электрохимических систем: «допированный феррофосфат лития – нанотитанат лития» и «тройной литированный оксид-кремнийсодержащий композит».
3. Провести циклические испытания макетов аккумуляторов при различных токовых нагрузках и в широком диапазоне температур.

# Цели и задачи исследования

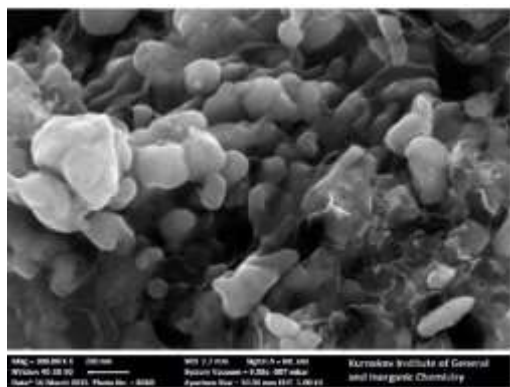
## **Новизна**

Новые электродные материалы на основе наноструктурированных феррофосфата лития, тройного оксида лития, нанотитаната лития и кремниевых композитов позволят выйти на новый уровень литий-ионных аккумуляторов как по удельным, так и по эксплуатационным характеристикам. Такие аккумуляторы характеризуются удельной энергоемкостью до 230 Втч/кг, способностью работать при пониженных температурах (до минус 40 °С), а также высоким ресурсом (до 1000 циклов).

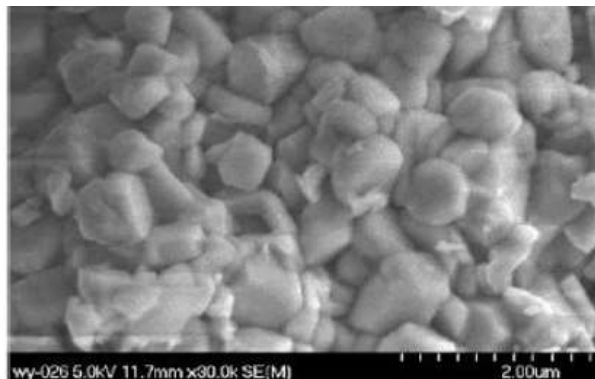
Методика синтеза новых функциональных материалов, а также разработка литий-ионного аккумулятора на новой электрохимической защищена патентами на полезную модель и изобретение.

## Описание исследования

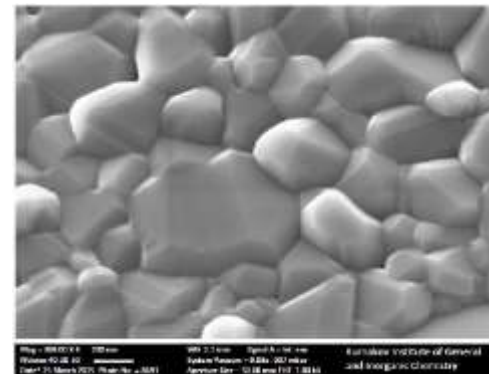
Синтез допированного феррофосфата лития ( $\text{Li}_{0.99}\text{Fe}_{0.99}\text{Y}_{0.01}\text{PO}_4/\text{C}$ ), тройного литированного оксида ( $\text{LiCo}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2/\text{C}$ ) и нанотитаната лития ( $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}/\text{C}$ ) проводили золь-гель методом. В качестве физико-химической характеристики материалов использовали сканирующую электронную микроскопию (СЭМ) и рентгенофазовый анализ. Все синтезированные материалы характеризовались нанометровым размером частиц



СЭМ композита  
 $\text{Li}_{0.99}\text{Fe}_{0.99}\text{Y}_{0.01}\text{PO}_4/\text{C}$



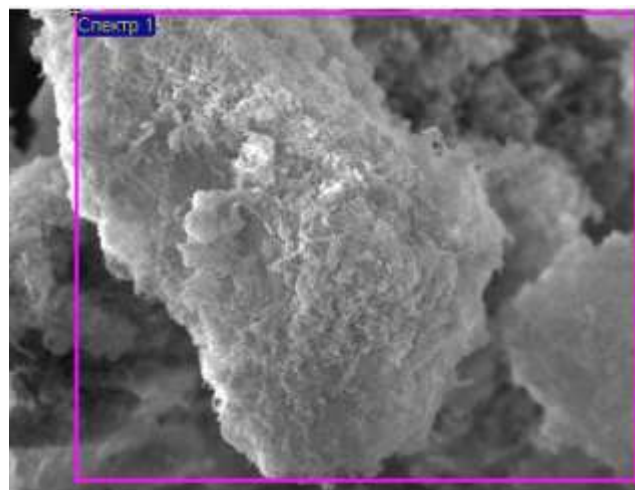
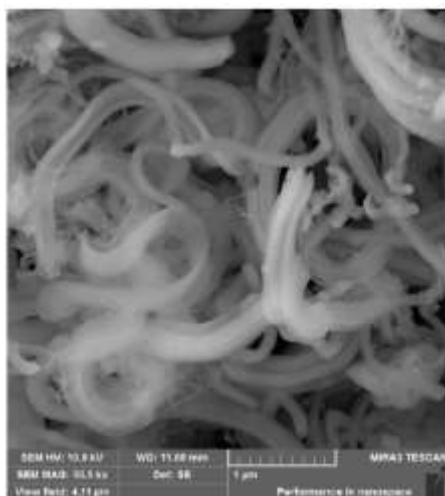
СЭМ композита  
 $\text{LiCo}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2/\text{C}$



СЭМ композита  
 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}/\text{C}$

## Описание исследования

*Синтез кремнийсодержащего композита проводили электролизом кремнийсодержащих солей из расплава ( $\text{KF-KCl-K}_2\text{SiF}_6\text{-SiO}_2$ ). В качестве физико-химической характеристики материалов использовали сканирующую электронную микроскопию и рентгенофазовый анализ. Были синтезированы нановолокна кремния со средним диаметром волокон около 100 нм.*

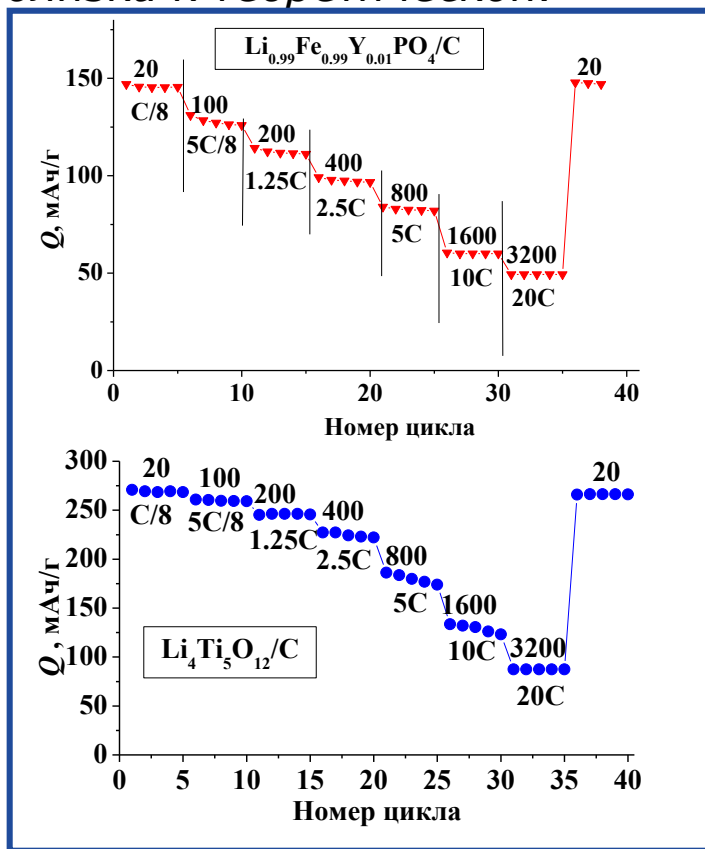


СЭМ нановолокон кремния

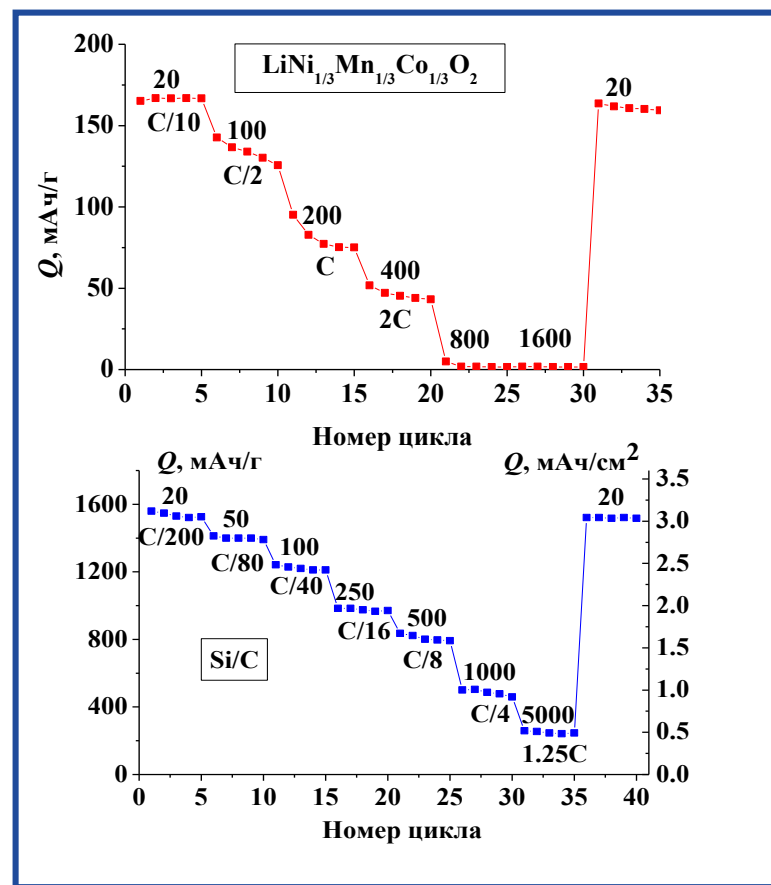
# Описание исследования

Электрохимическую характеристика материалов (определение разрядной емкости) проводили с помощью гальваностатического циклирования в макетах трехэлектродных ячеек. Разрядная емкость материалов при токе C/8 была близка к теоретической.

Положительный электрод



Отрицательный электрод

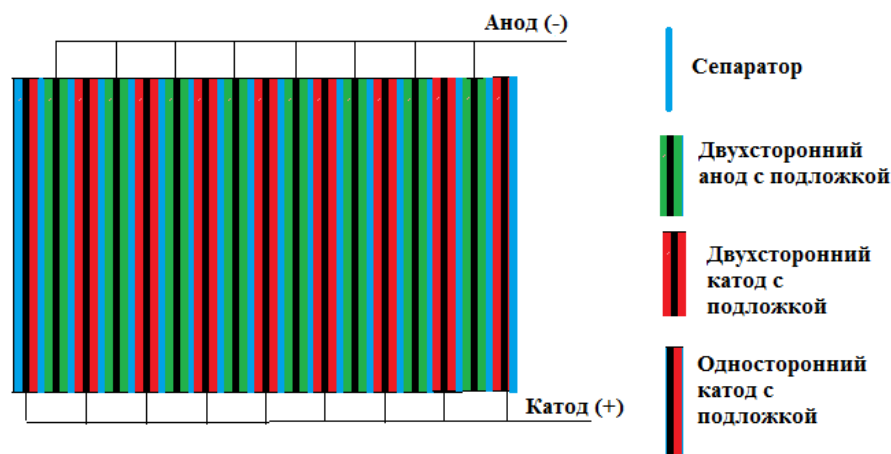


## Описание исследования

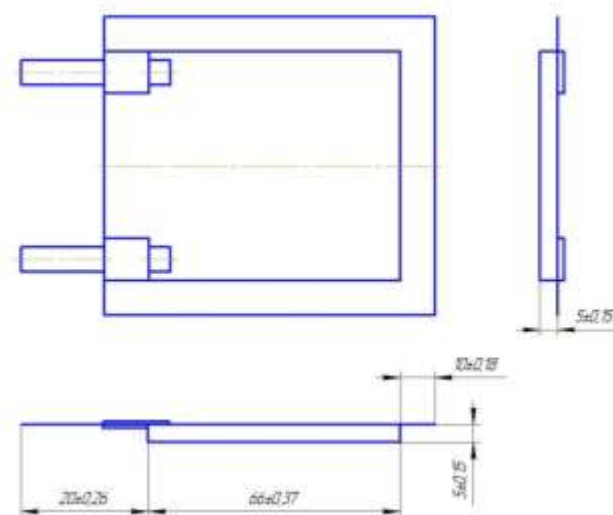
Разработку литий-ионного аккумулятора проводили на основе данных о разрядной емкости материалов и способности выдерживать высокие плотности тока. Было предложено 2 новые электрохимические системы:

«допированный феррофосфат лития-нанотитанат лития» (FT) для высокомошных применений и «тройной литированный оксид-кремнийсодержащий композит» (NS) для высокоемких применений.

Была разработана конструкторская документация на литий-ионный аккумуляторы систем FT и NS



Схематическое изображение стековой сборки аккумулятора





# Описание исследования

Основные технологические операции изготовления аккумуляторов включали:



*Намазка электродов*



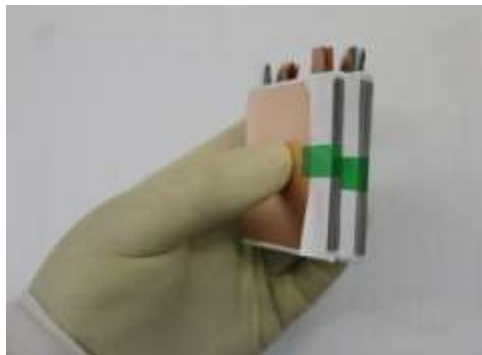
*Прессование электродов*



*Вырубка электродов*



*Сборка электродного пакета*



*Электродный пакет*



*Заливка электролитом*



# Результаты исследования



*Фотографическое изображение изготовленных аккумуляторов*

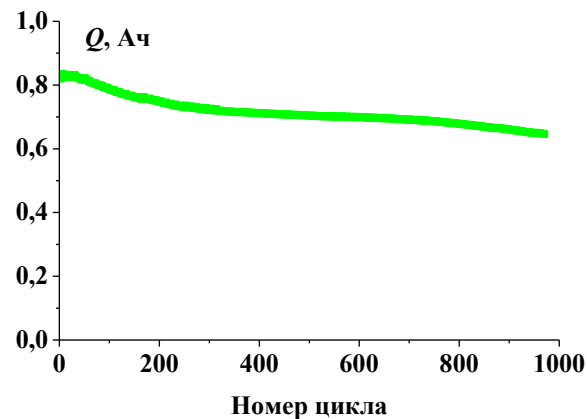
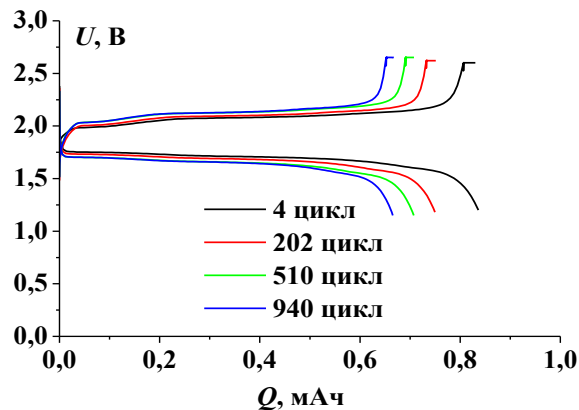


*Процесс циклирования аккумуляторов*

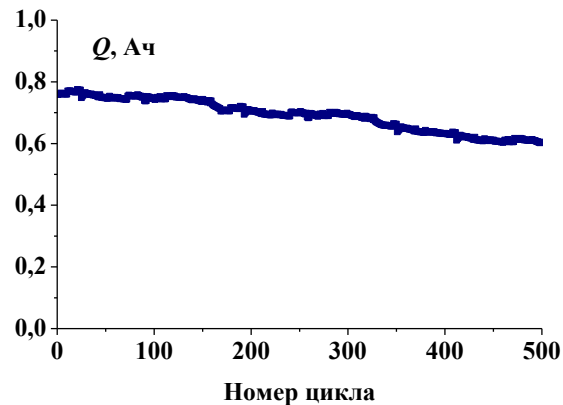
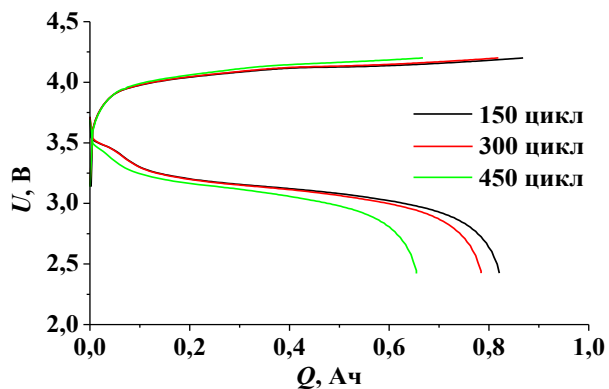


*Проведение испытаний аккумуляторов в климатической камере*

# Результаты исследования

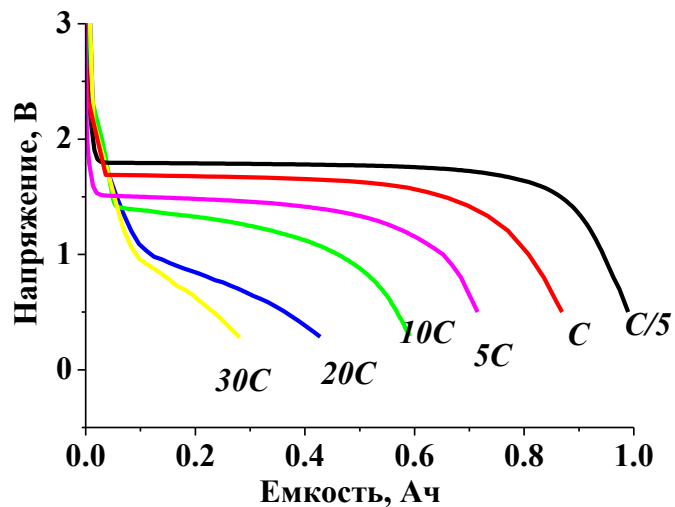


*Зарядно-разрядные кривые и изменение разрядной ёмкости экспериментального образца аккумулятора FT при токе 1С*

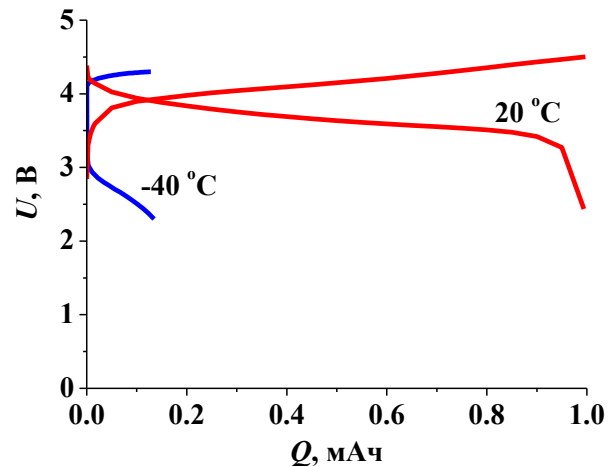


*Зарядно-разрядные кривые и изменение разрядной ёмкости экспериментального образца аккумулятора NS при токе 1С*

# Результаты исследования



Разрядные кривые аккумулятора системы FT при различных плотностях тока



Зарядно-разрядные кривые аккумулятора NS при различных температурах

Аккумулятор	$U_{\text{разряда}}$ / В	$W_{\text{уд}}$ / Втч/кг	$I_{\text{max}}$ / С	Циклы
FT (LFP-NTO)	1.85	110	30	1000
NS (LNMC-SiC)	3.50	230	5	500

## Практическая значимость исследования

*Потенциальным потребителем результатов исследования является индустриальный партнер – ОАО «Чеченнефтехимпром» .*

*23 августа 2016 г. в г.Грозный была открыта 1-ая линия завода по производству литий-ионных аккумуляторов.*



*Линия по сборке литий-ионных аккумуляторов ОАО «Чеченнефтехимпром»*

## Практическая значимость исследования

*Общая мощность первой линии завода по производству литий-ионных аккумуляторов составит 30 МВт/ч в год. Конечная цель - организация высокотехнологического производства нанотитана лития по патентованной российской нанотехнологии мощностью 200 тонн в год, а также производство систем сохранения электрической энергии, батарей для электромобилей, нужд МЧС, бытовой техники и научной лаборатории с опытом производства для внедрения новых разработок*



*Модуль на основе литий-ионных аккумуляторов и накопитель энергии  
энергоемкостью 15 кВтч*

## **Практическая значимость исследования**

*Завод по производству систем сохранения энергии - это новое инновационное предприятие, не имеющее аналогов ни в России, ни в Западной Европе. Во всем мире подобные предприятия существуют лишь в США и Южной Корее. Производственная мощность предприятия будет увеличиваться поэтапно и позволит в общей сложности обеспечить работой около 800 человек и до 2200 рабочих мест в смежных отраслях.*



## Спасибо за внимание!

### Докладчик:

*Кулова Татьяна Львовна, д.х.н. зав. лабораторией «Процессы в химических источниках тока» ИФХЭ РАН, tkulova@mail.ru*

Исследование выполнено в рамках программы  
*1.2 Проведение прикладных научных исследований для развития  
отраслей экономики*

*Результаты исследования представлены на стенде 14.604.21.0126*