

# Развитие сборочного производства до производства полного цикла



**Корнилов Денис Юрьевич**

д.т.н., заместитель генерального директора

научный руководитель по направлению ХИТ

**[d.kornilov@avecs.ru](mailto:d.kornilov@avecs.ru)**

АО «АВЭКС» - одно из ведущих российских предприятий, занимающееся полным циклом работ от проектирования до изготовления:

- систем электроснабжения для космических аппаратов;
- систем управления авиационными двигателями;
- преобразовательной техники, микропроцессорных систем контроля и управления необслуживаемых литий-ионных аккумуляторных батарей.

С 2021 года, предприятие специализируется на разработке, прототипировании и производстве полного цикла литиевых химических источников тока и аккумуляторных батарей на их основе.



# Хронология



2021 г. – начало работ по организации производства ЛИА

Май 2022 г. – открытие лаборатории по отработке технологии изготовления ЛИА

Июнь 2022 г. – создание первичного химического источника тока с удельной энергоемкостью 505 Вт·ч/кг

Сентябрь 2022 г. – запуск производства ЛИА (5 МВт·ч/год)

Январь 2023 г. – начало работ по запуску производства сепаратора (25000 м<sup>2</sup>/год)

Август 2023 г. – открытие комплекса лабораторий по разработке технологии производства ЛИА с использованием пилотной линии

Август 2023 г. – открытие производства первичных ХИТ (1,7 МВт·ч/год)

# Хронология



2021 г. – подготовительные работы для организации производства ЛИА

**Май 2022 г. – открытие лаборатории по отработке технологии изготовления ЛИА**

Июнь 2022 г. – создание первичного химического источника тока с удельной энергоемкостью 505 Вт·ч/кг

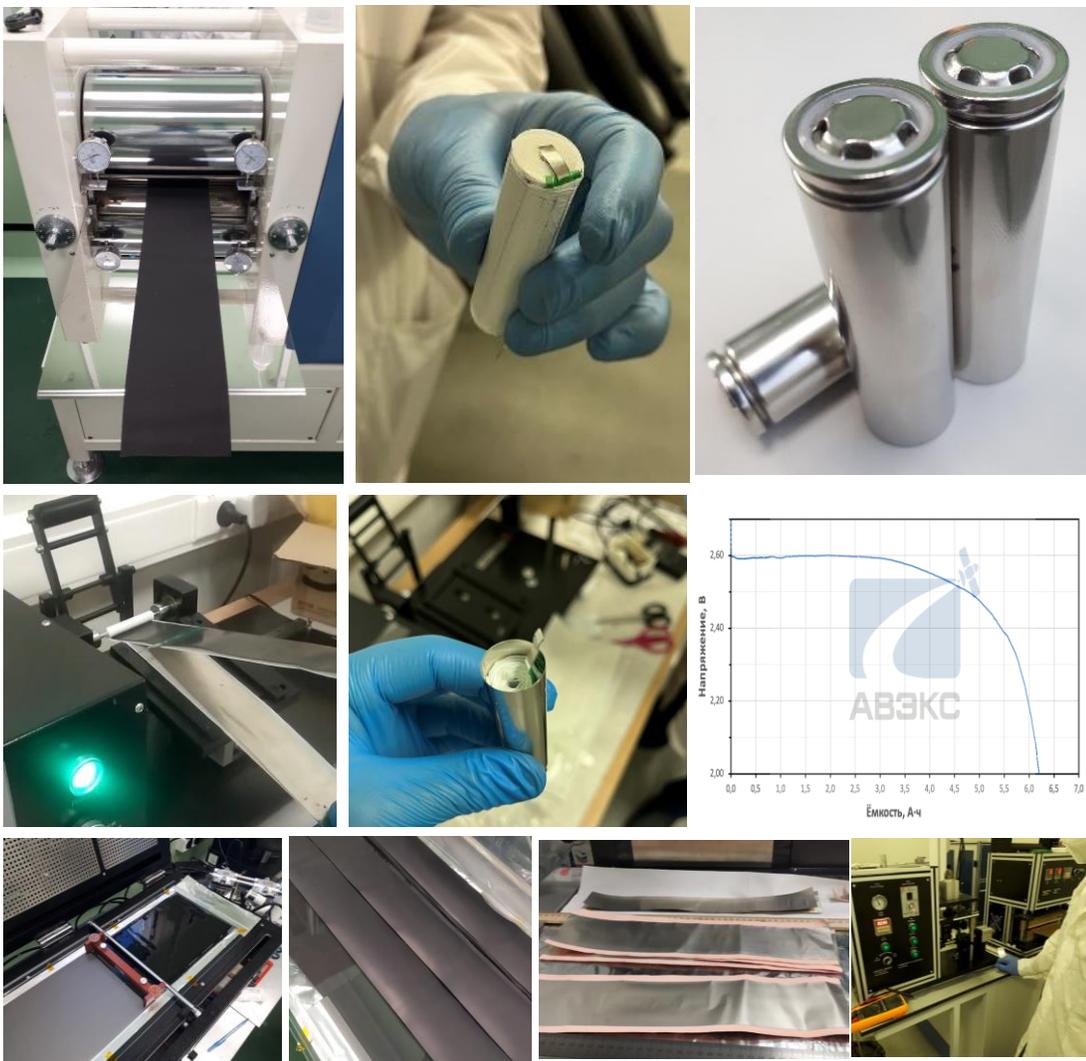
Сентябрь 2022 г. – запуск производства ЛИА (5 МВт·ч/год)

Январь 2023 г. – начало работ по запуску производства сепаратора (25000 м<sup>2</sup>/год)

Август 2023 г. – открытие комплекса лабораторий по разработке технологии производства ЛИА с использованием пилотной линии

Август 2023 г. – открытие производства первичных ХИТ (1,7 МВт·ч/год)

# Хронология



2021 г. – работы по организации производства ЛИА

Май 2022 г. – открытие лаборатории по отработке технологии изготовления ЛИА

Июнь 2022 г. – создание первичного химического источника тока с удельной энергоемкостью 505 Вт·ч/кг

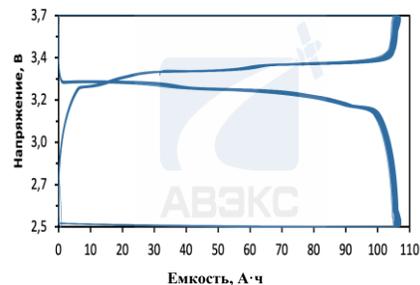
Сентябрь 2022 г. – запуск производства ЛИА (5 МВт·ч/год)

Январь 2023 г. – начало работ по запуску производства сепаратора (25000 м<sup>2</sup>/год)

Август 2023 г. – открытие комплекса лабораторий по разработке технологии производства ЛИА с использованием пилотной линии

Август 2023 г. – открытие производства первичных ХИТ (1,7 МВт·ч/год)

# Хронология



2021 г. – работы по организации производства ЛИА

Май 2022 г. – открытие лаборатории по отработке технологии изготовления ЛИА

Июнь 2022 г. – создание первичного химического источника тока с удельной энергоемкостью 505 Вт·ч/кг

Сентябрь 2022 г. – запуск производства ЛИА (5 МВт·ч/год)

Январь 2023 г. – начало работ по запуску производства сепаратора (25000 м<sup>2</sup>/год)

Август 2023 г. – открытие комплекса лабораторий по разработке технологии производства ЛИА с использованием пилотной линии

Август 2023 г. – открытие производства первичных ХИТ (1,7 МВт·ч/год)

# Хронология



2021 г. – работы по организации производства ЛИА

Май 2022 г. – открытие лаборатории по отработке технологии изготовления ЛИА

Июнь 2022 г. – создание первичного химического источника тока с удельной энергоемкостью 505 Вт·ч/кг

Сентябрь 2022 г. – запуск производства ЛИА (5 МВт·ч/год)

Январь 2023 г. – начало работ по запуску производства сепаратора (25000 м<sup>2</sup>/год)

Август 2023 г. – открытие комплекса лабораторий по разработке технологии производства ЛИА с использованием пилотной линии

Август 2023 г. – открытие производства первичных ХИТ (1,7 МВт·ч/год)

# Хронология



2021 г. – работы по организации производства ЛИА

Май 2022 г. – открытие лаборатории по отработке технологии изготовления ЛИА

Июнь 2022 г. – создание первичного химического источника тока с удельной энергоемкостью 505 Вт·ч/кг

Сентябрь 2022 г. – запуск производства ЛИА (5 МВт·ч/год)

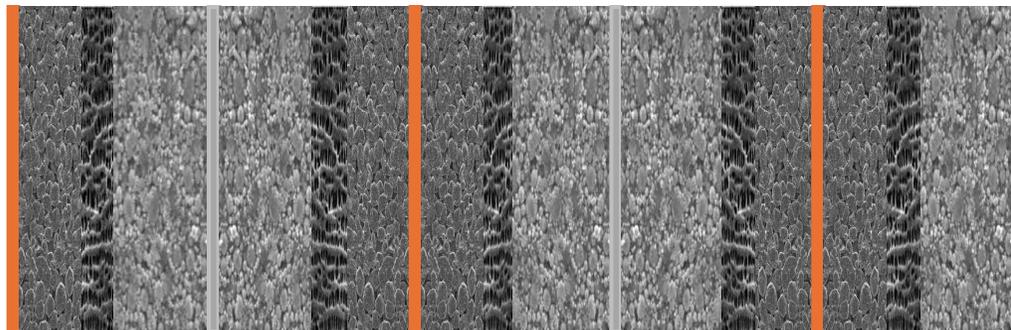
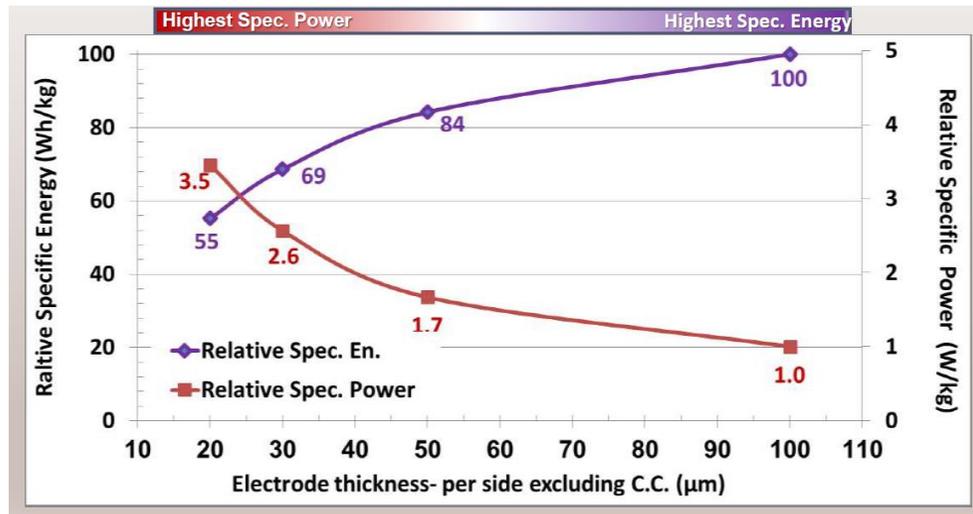
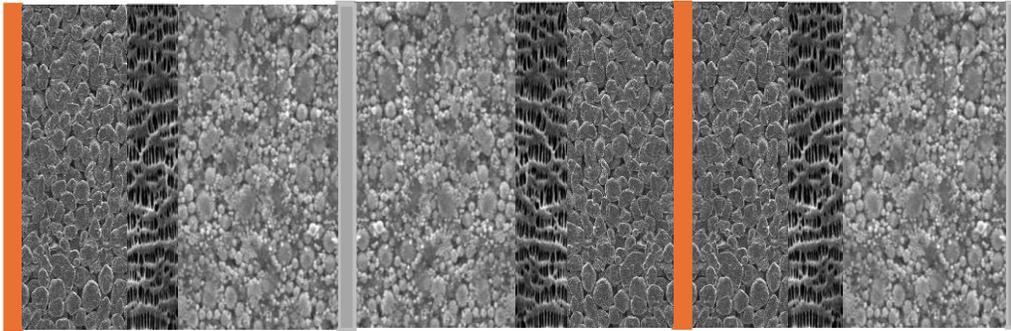
Январь 2023 г. – начало работ по запуску производства сепаратора (25000 м<sup>2</sup>/год)

Август 2023 г. – открытие комплекса лабораторий по разработке технологии производства ЛИА с использованием пилотной линии

Август 2023 г. – открытие производства первичных ХИТ (1,7 МВт·ч/год)

## Высокая емкость

Наименование	18650F9M
Номинальное напряжение	3.6 В
Емкость	<b>3200 мА·ч</b>
Вес	45 г
Ток разряда	<b>9.3А (3С)</b>
Внутреннее сопротивление	≤40 мОм
Циклический ресурс	<b>1000 cycles</b>
Диапазон рабочих температур	20-60°C
Удельная энергоемкость	<b>256 Вт·ч/кг</b>



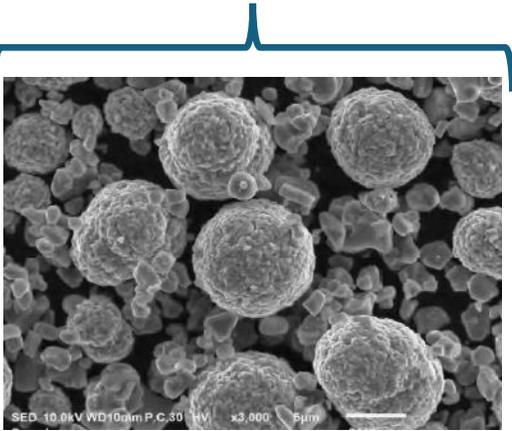
## Высокая мощность

Наименование	18650F8P
Номинальное напряжение	3.6 В
Емкость	<b>2500 мА·ч</b>
Вес	45 г
Ток разряда	<b>30А (12С)</b>
Внутреннее сопротивление	≤18 мОм
Циклический ресурс	<b>250</b>
Диапазон рабочих температур	20-60°C
Удельная энергоемкость	<b>200 Вт·ч/кг</b>

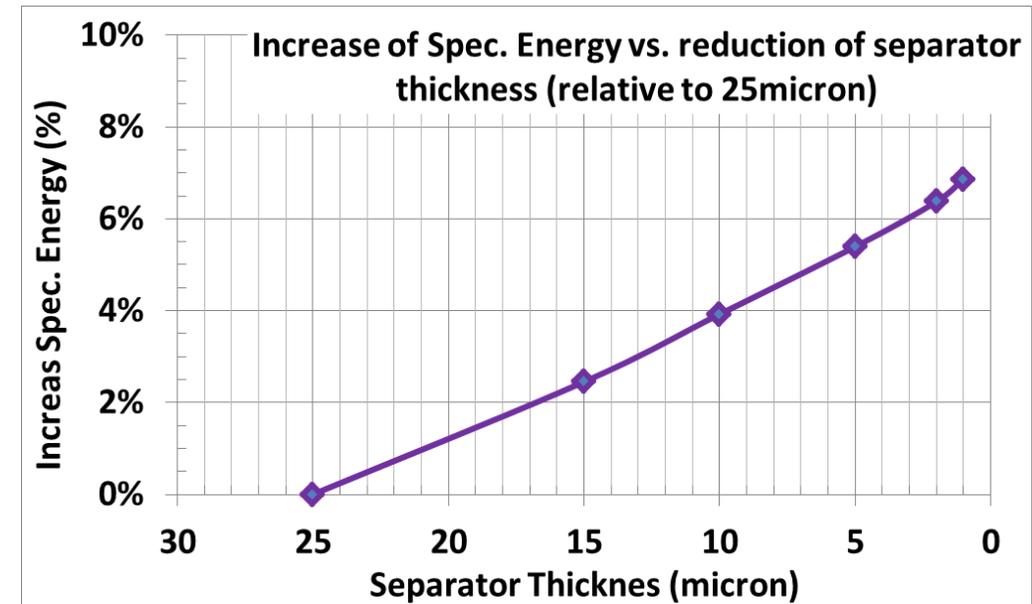
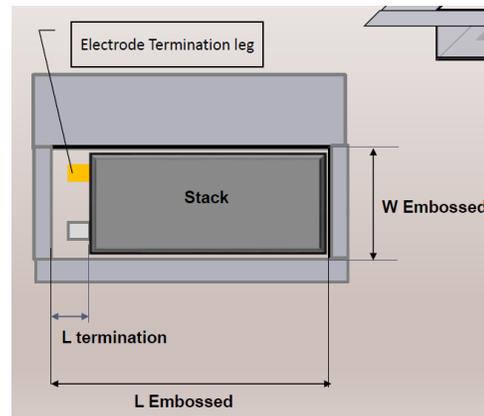
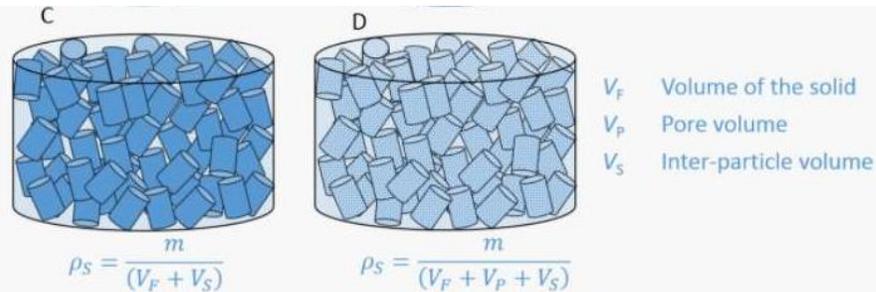
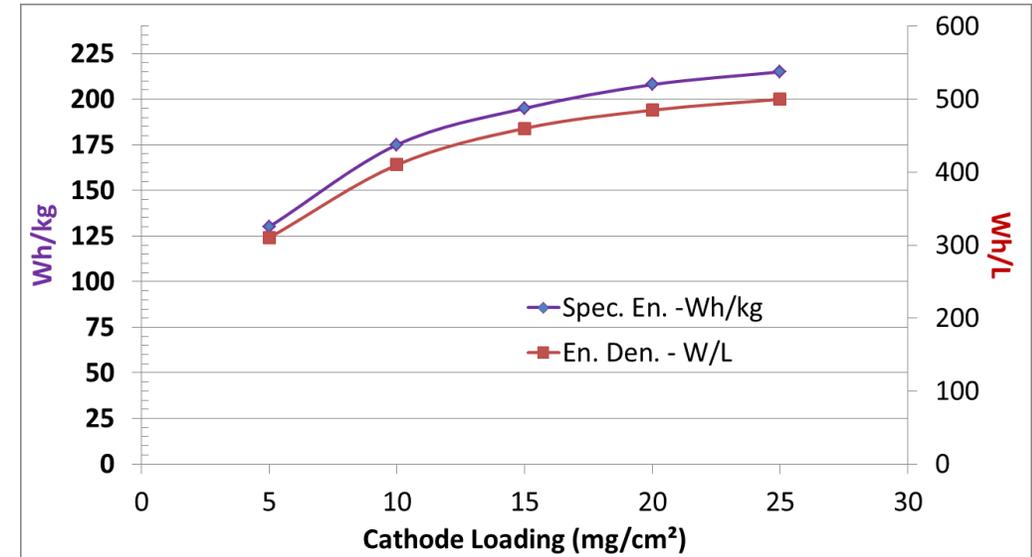
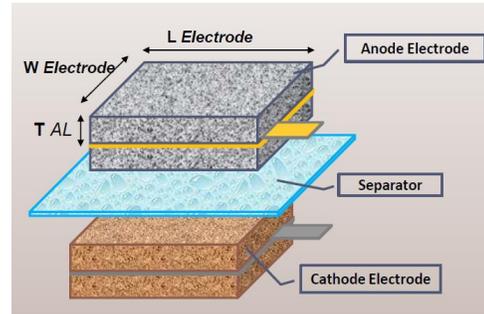
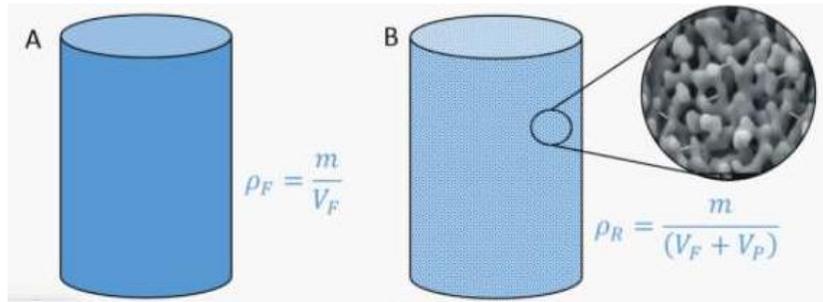
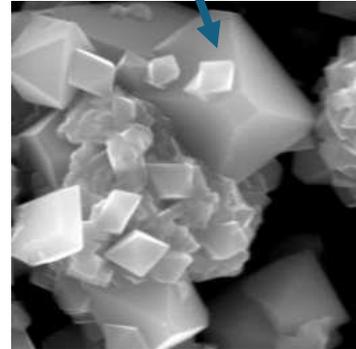


# Стадии разработки литий-ионного аккумулятора

Насыпная плотность



Кристаллографическая плотность



# Стадии разработки литий-ионного аккумулятора

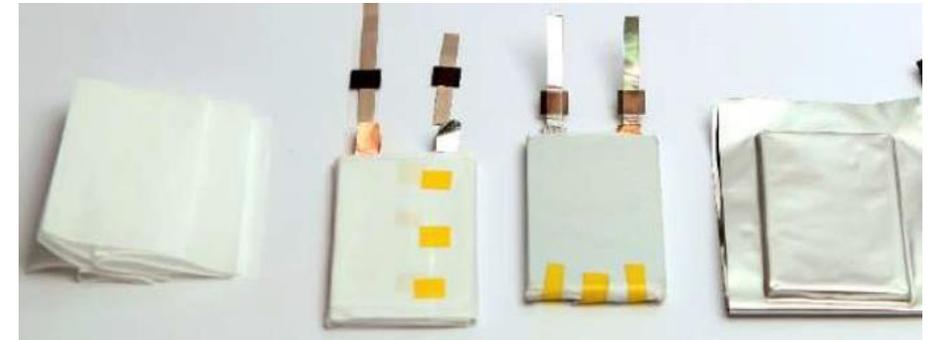
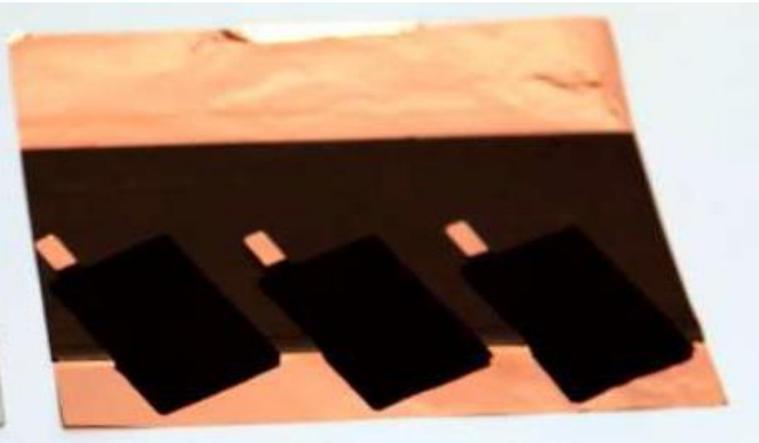
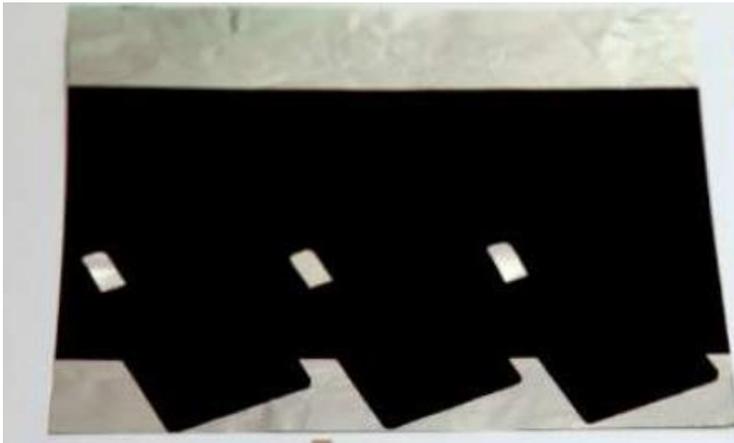
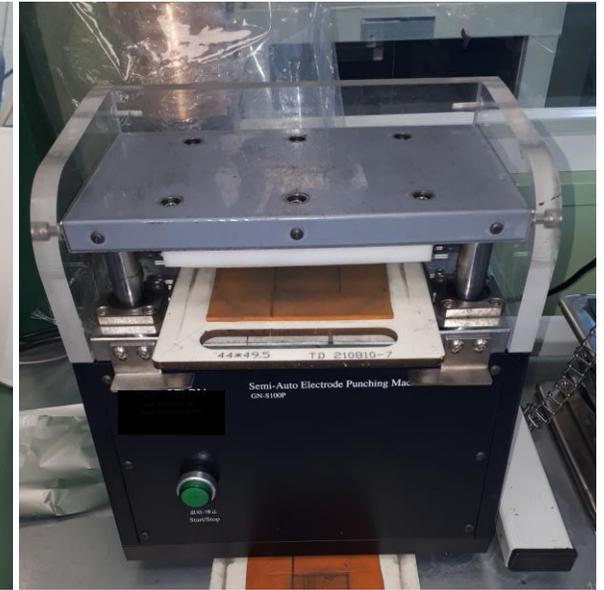


Емкость	Ач	****			
Напряжение	В	****			
Энергия	Втч	****			
	Элемент	Параметр	Обозначение	Показатель	
Катод	Активный материал	Уд.емкость (вес.)	мАч/г	****	
		Уд.емкость (площ.)	мАч/см <sup>2</sup>	****	
		Масса	г/см <sup>2</sup>	****	
		Содержание	%	****	
		Крист. плотность	г/см <sup>3</sup>	****	
Добавки	Сажа	Масса	г/см <sup>2</sup>	****	
		Содержание	%	****	
		Крист. плотность	г/см <sup>3</sup>	****	
Графит		Масса	г/см <sup>2</sup>	****	
		Содержание	%	****	
		Крист. плотность	г/см <sup>3</sup>	****	
Связующее (САН)		Масса	г/см <sup>2</sup>	****	
		Содержание	%	****	
		Крист. плотность	г/см <sup>3</sup>	****	
		Толщина слоя	мкм	****	
		Пористость	%	****	
Анод	Активный материал	Уд.емкость (вес.)	мАч/г	****	
		Уд.емкость (площ.)	мАч/см <sup>2</sup>	****	
		Масса	г/см <sup>2</sup>	****	
		Содержание	%	****	
		Крист. плотность	г/см <sup>3</sup>	****	
	Добавки	Сажа	Масса	г/см <sup>2</sup>	****
			Содержание	%	****
			Крист. плотность	г/см <sup>3</sup>	****
	Связующее 1 (КМЦ)		Масса	г/см <sup>2</sup>	****
			Содержание	%	****
Крист. плотность			г/см <sup>3</sup>	****	
Связующее 2 (БСК)			Масса	г/см <sup>2</sup>	****
Содержание			%	****	
		Крист. плотность	г/см <sup>3</sup>	****	
		Толщина слоя	мкм	****	
		Пористость	%	****	
Сепаратор		Удельная масса	г/см <sup>2</sup>	****	
		Площадь	см <sup>2</sup>	****	
		Толщина	мкм	****	
		Пористость	%	****	

Токоотводы	Подложка катода (Al)	Плотность	г/см <sup>3</sup>	****		
		Масса	г	****		
Корпус		Толщина	мкм	****		
		Подложка анода (Cu)	Плотность	г/см <sup>3</sup>	****	
			Масса	г	****	
			Толщина	мкм	****	
			Высота корпуса	мм	****	
			Ширина корпуса	мм	****	
			Толщина корпуса	мм	****	
			Масса	г	****	
	Электроды		Крышка + борны с шинами	г	****	
			Количество катодов	шт	****	
Длина катода			мм	****		
Ширина катода			мм	****		
Общая площадь катода			см <sup>2</sup>	****		
Количество анодов			шт	****		
Длина анода			мм	****		
Ширина анода			мм	****		
Электролит		Общая площадь анода	см <sup>2</sup>	****		
		Плотность электролита	г/см <sup>3</sup>	****		
		Объем пор катода	мл	****		
		Масса электролита (катод)	г	****		
		Объем пор анода	мл	****		
		Масса электролита (анод)	г	****		
		Объем пор сепаратор	мл	****		
		Масса электролита (сепаратор)	г	****		
		Вес		Масса катодного материала	г	****
				Масса анодного материала	г	****
Масса сепаратора	г			****		
Масса электролита	г			****		
Масса корпуса	г			****		
Масса токоотводов (Al)	г			****		
Пакет электродов		Масса токоотводов (Cu)	г	****		
		Общая масса	г	****		
		Толщина катодов	мм	****		
		Толщина анодов	мм	****		
Удельная энергоёмкость		Толщина сепаратора	мм	****		
		Общая толщина	мм	****		
		Удельная энергоёмкость	Втч/кг	****		

# Стадии разработки литий-ионного аккумулятора

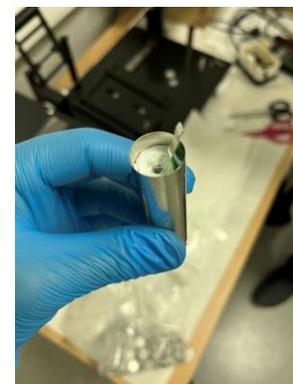
## Лабораторное тестирование материалов





# Стадии разработки литий-ионного аккумулятора

## Проверка воспроизводимости результатов при масштабировании



## Пилотная линия изготовления цилиндрических ХИТ



# Стадии разработки литий-ионного аккумулятора

## Отладка и запуск серийного производства

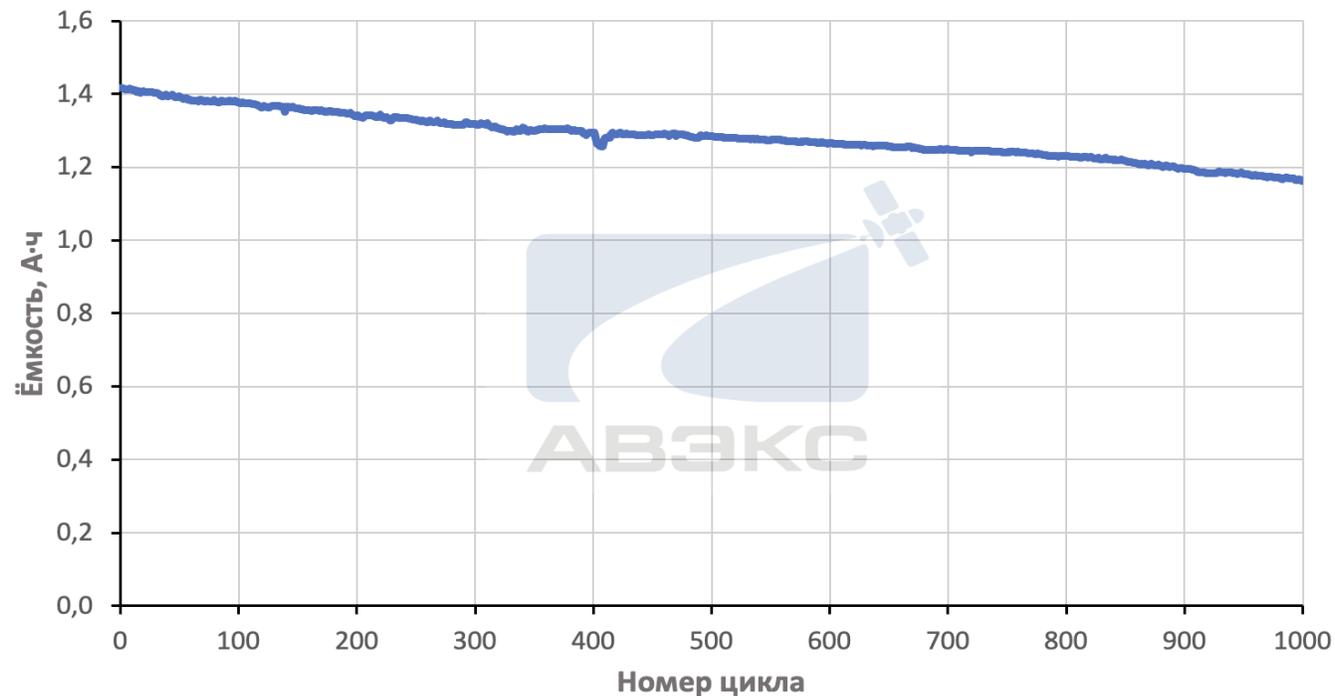


# Производство аккумуляторов

**Строгий контроль влажности воздуха** при сборке электродного блока и аккумулятора. Заливка электролита в атмосфере высокочистого аргона.



# 18650 LFP/Gr



## Параметр

## Величина

Электрохимическая система

Gr/LFP

Форм-фактор

18650

Номинальная ёмкость, А·ч

1,5

Номинальное напряжение, В

3,2

Номинальная энергоёмкость, Вт·ч

4,8

Вес, г

39

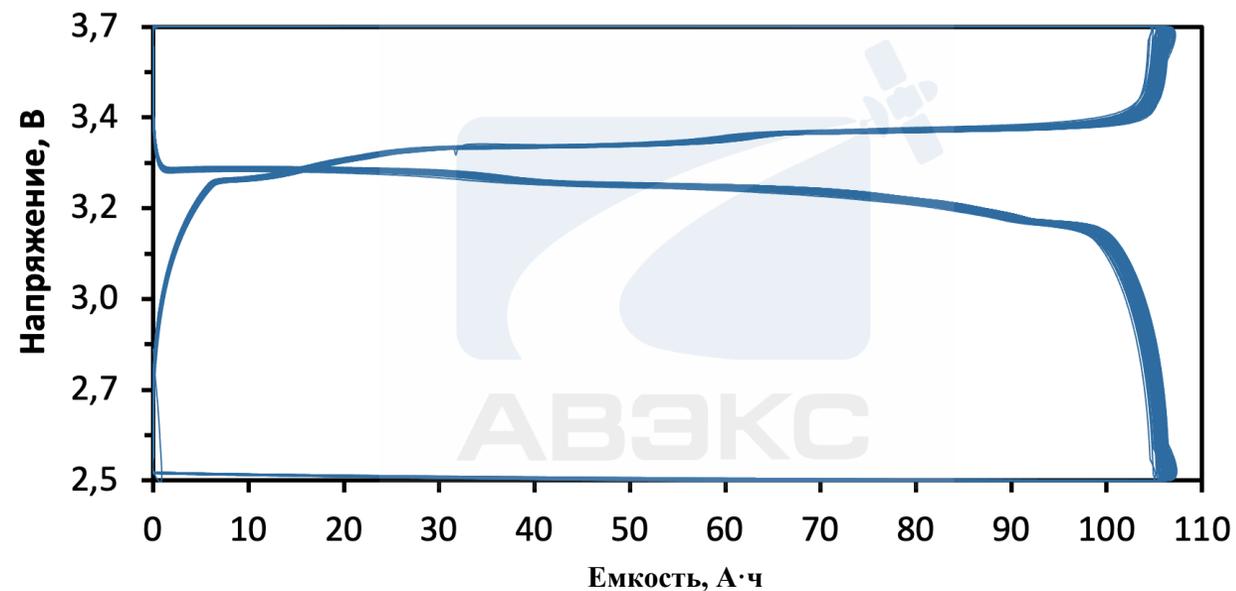
Удельная энергоёмкость, Вт·ч/кг

125

Кол-во рабочих циклов заряда-разряда

1000

## ЛИА призматического типа – «ЛИП-104М»



Параметр	Величина
Электрохимическая система	Gr/LFP
Форм-фактор	Призматический
Номинальная емкость, А·ч	104 (при 20 А) 100 (при 100 А)
Номинальное напряжение, В	3,2
Номинальная энергоёмкость, Вт·ч	350
Вес, кг	2,5
Удельная энергоёмкость, Вт·ч/кг	140
Кол-во рабочих циклов заряда-разряда	1000

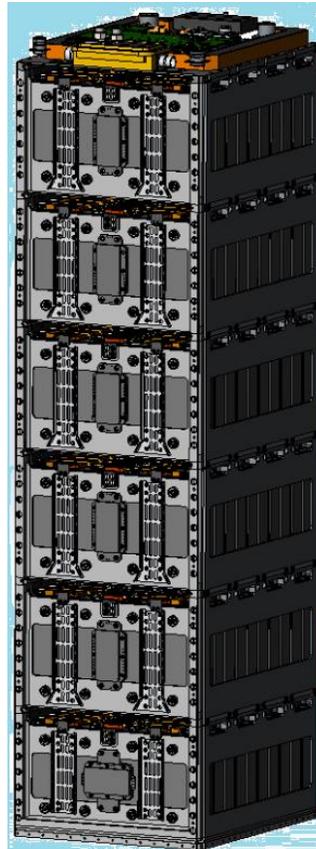
# Батарейный модуль и блок аккумуляторов

## Батарейный модуль

*Номинальное напряжение - 3,2 В;*

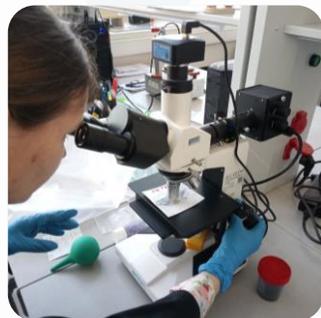
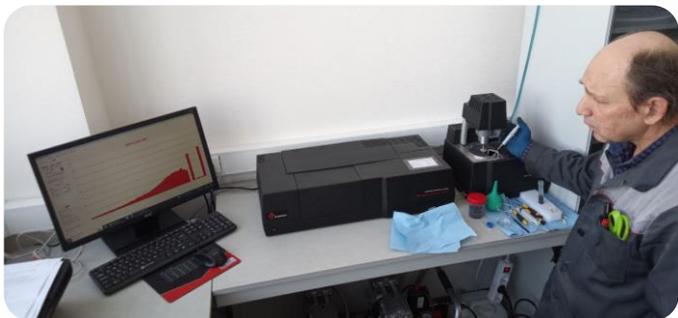
*Номинальный ток – 1500 А;*

*Максимальный ток (15 мин) – 3200 А*



# Производство катодных и анодных материалов

Полный цикл разработки активных материалов от **руды до готового продукта**

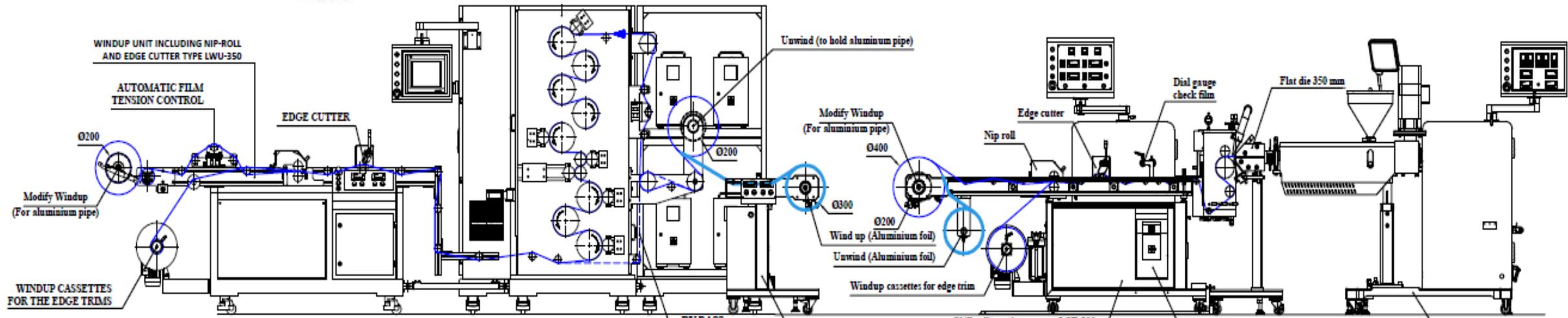
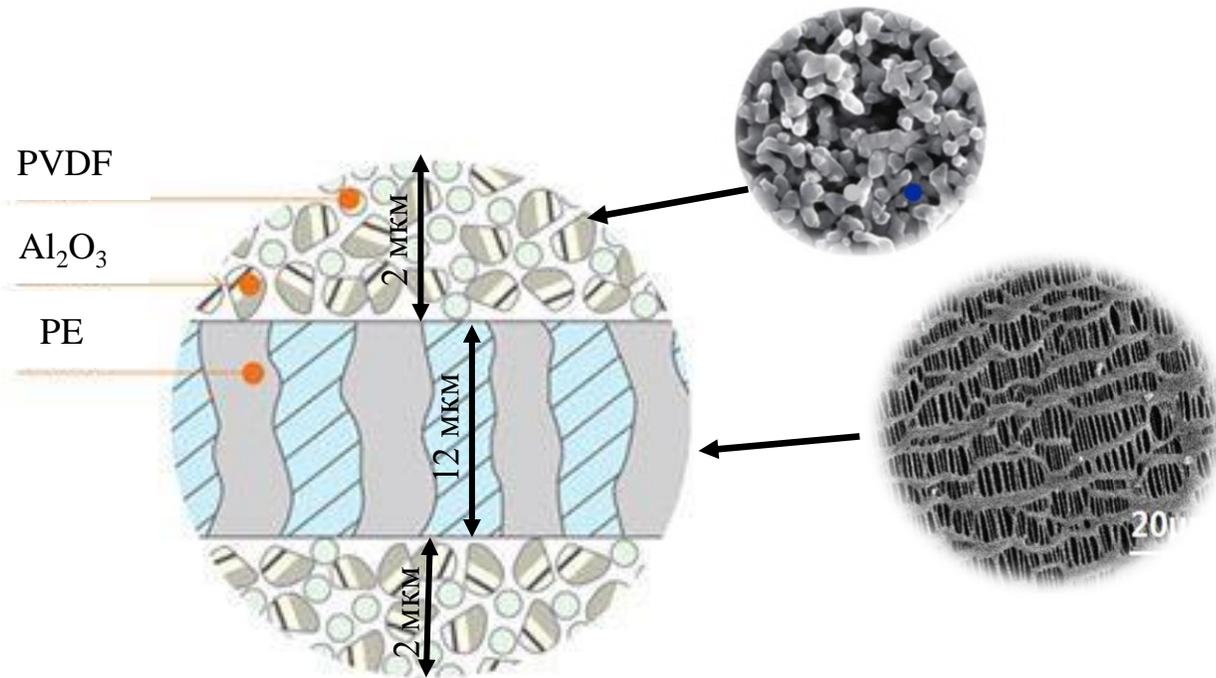


**0.5 тонн LFP/год**

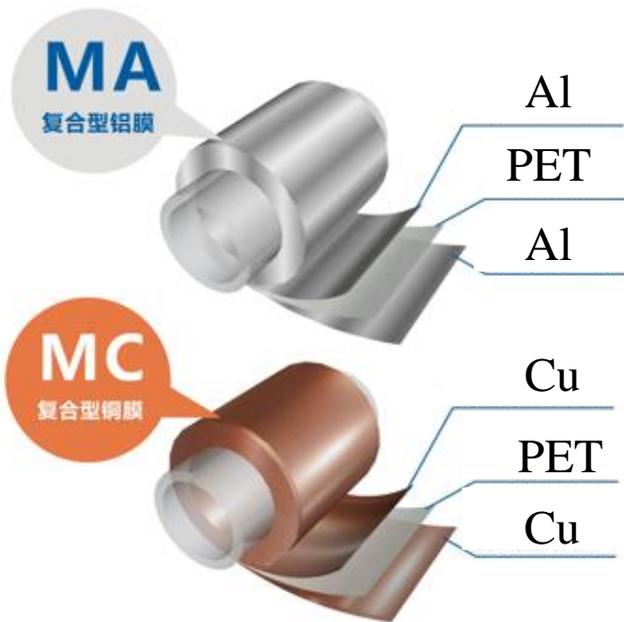
**1 тонна Gr/год**

(сферализованный природный графит)

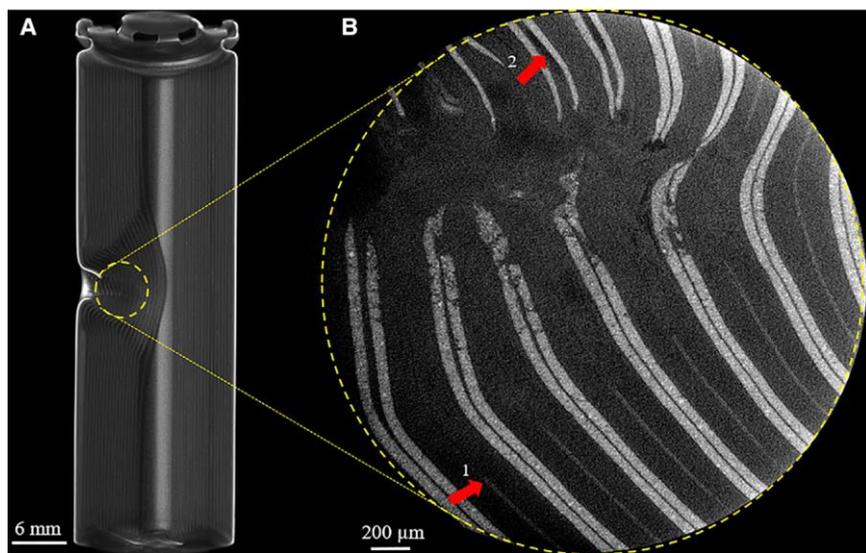
# Оплаваемый сепаратор



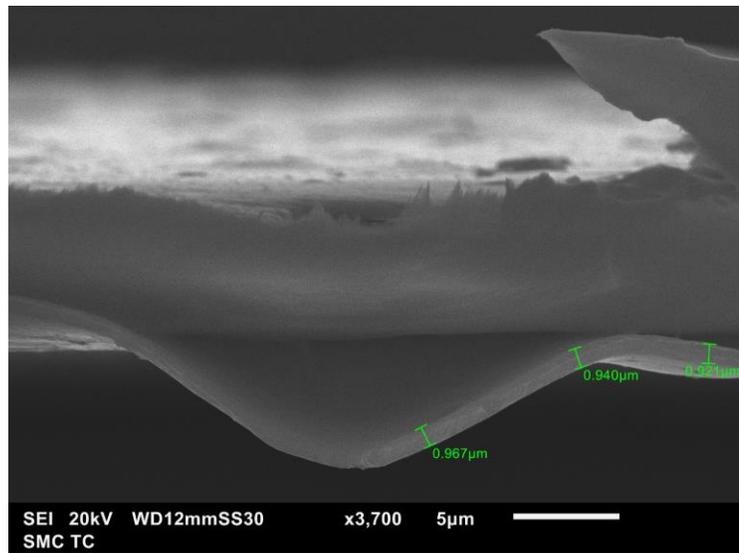
# Оплаваемые токоотводы



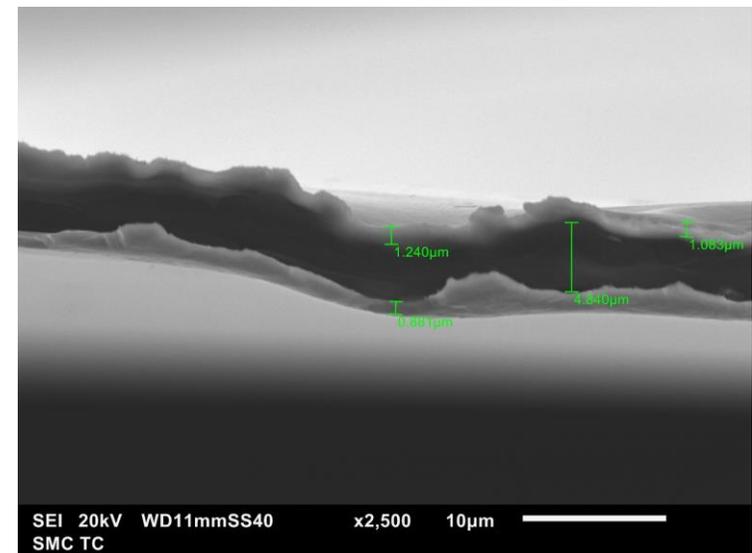
soteriabig.com



DOI: 10.1149/1945-7111/ab7fb6



**СЭМ микрофотография среза металлизированной (Al) пленки**



**СЭМ микрофотография среза металлизированной (Cu) пленки**

## Наша команда



**22 специалистов**

в направлении разработки и  
производства химических  
источников тока

**30 специалистов**

в области разработки систем  
накопления электрической  
энергии (СНЭЭ)

**90 специалистов**

в области производства систем  
накопления электрической энергии

**2 доктора наук**

**6 кандидатов наук**

## Спасибо за внимание

Корнилов Денис Юрьевич  
д.т.н., заместитель генерального директора –  
научный руководитель по направлению ХИТ  
[d.kornilov@avecs.ru](mailto:d.kornilov@avecs.ru)