



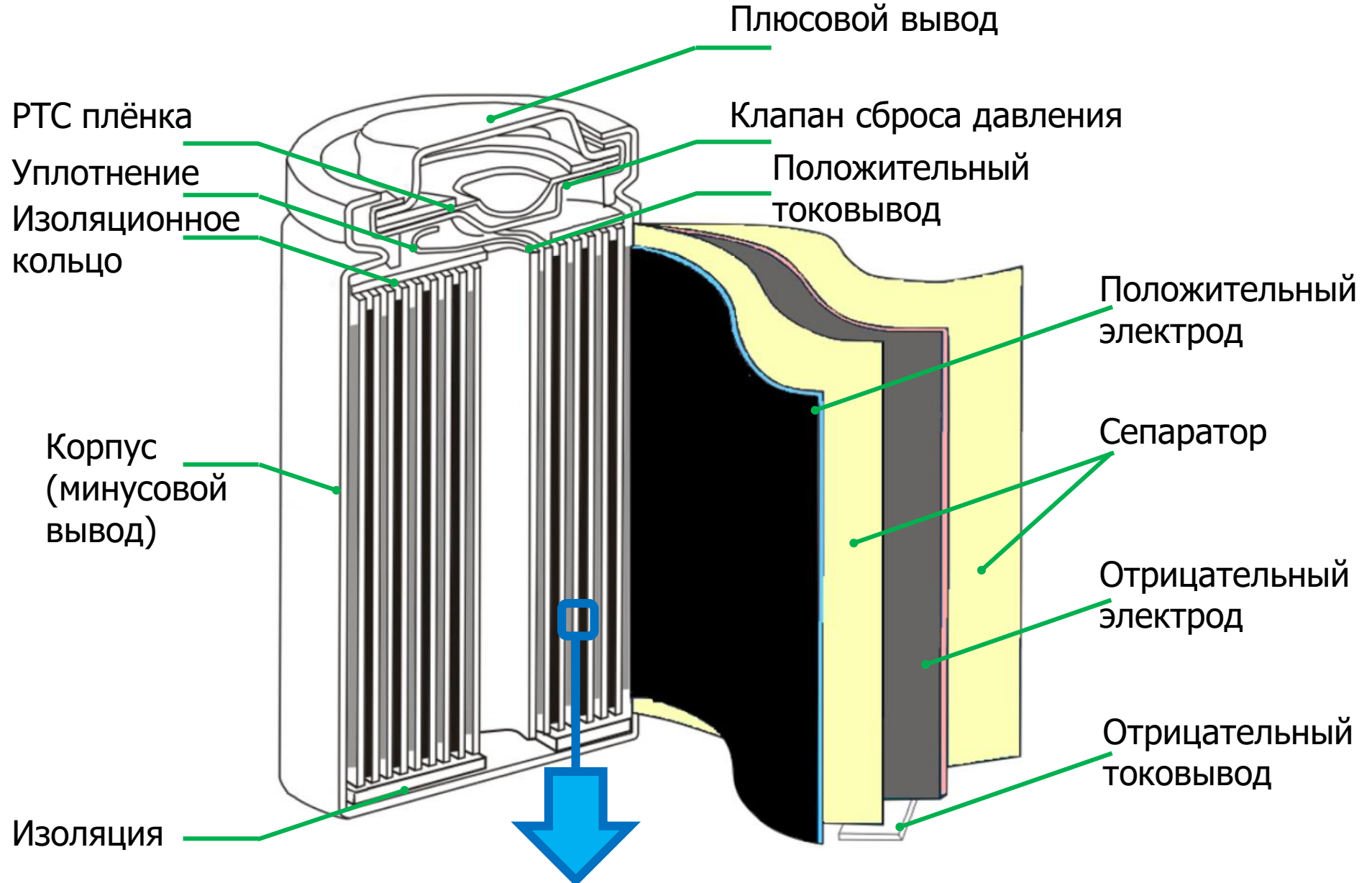
Предшественники обогащенных никелем катодных материалов с монолитной структурой (single crystal)

Ю.М. Коштял

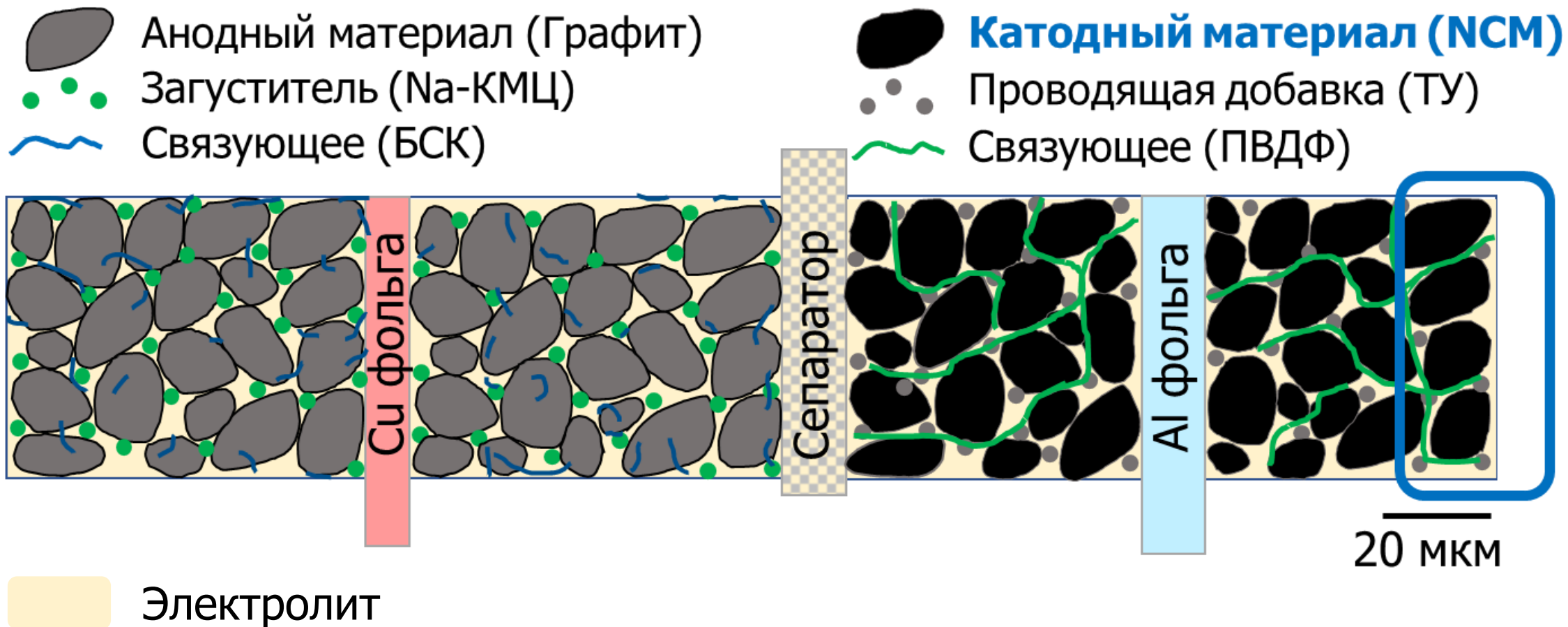
Научно-практическая конференция
«Производство источников тока в России.
Проблемы, задачи, инновации»

18 марта 2026, Москва

Строение цилиндрического литий-ионного аккумулятора (ЛИА)



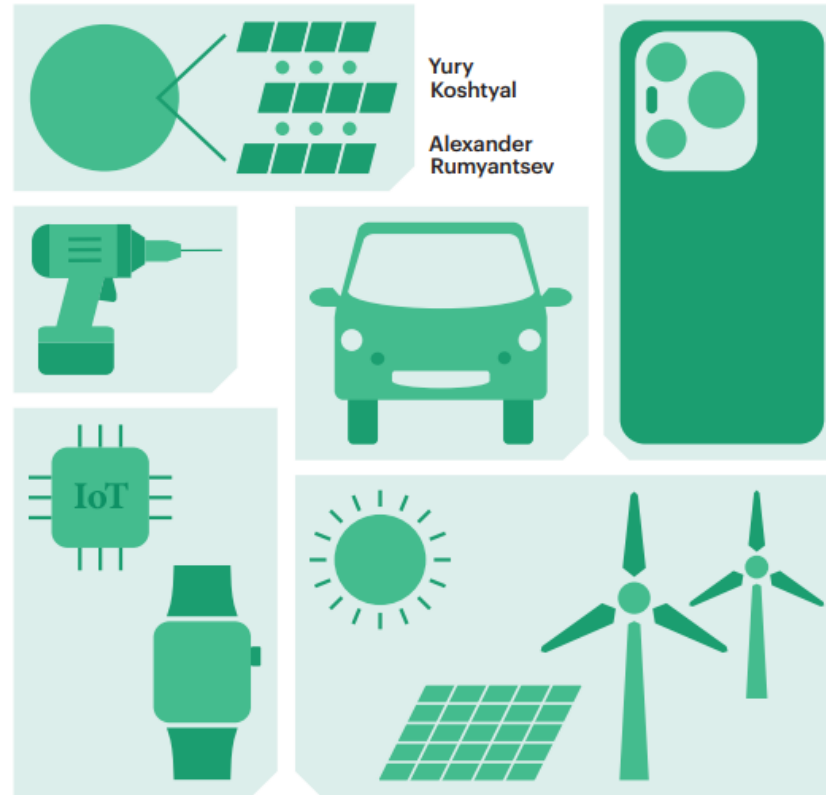
Схематичное изображение строения части электродного блока



Состав и строение частиц катодных материалов (CAM)



Parameter	Description	
Chemical composition	LCO, LFP, LMFP, LMO, NCM, NCA	
Main element distribution across a particle is uniform, or designed	Core-shell [78,97-100]	Gradient in terms of composition [101,102]
	<p>Ni; Mn; Co</p> <p>d, μm</p>	<p>Ni; Mn; Co</p> <p>d, μm</p>
Dopants: Ti, Mg, Al, etc.		
Functional coatings	Electrically conductive coatings: Carbon [104] Nanotubes [65,87] Passivating coatings Polymeric [105] Inorganic [106] Ion-conducting coatings [105,106] Combined coatings [106]	
Structure of particles	Solid [107]	Agglomerates [103]
Particle shape	Cobble [57], Ball [108], Rod [68] and others [109-111]	
Particle size	d_{50} (0.7 μm \ll 20 μm), d_{99} < 45 μm	
Porosity of secondary particles) [44,108,112,113]		
Orientation of primary particles (crystallites) [108]		
Shape of primary particles [89,103]	balls plates rods faceted particles	
Size of primary particles [89]	Less than 0.1 μm [104,114,115] — approx. 25 μm [103,116]	
Primary or secondary particles are coated [68,117]		



<https://www.mdpi.com/books/monograph/9937-lithium-ion-cells-materials-and-applications>



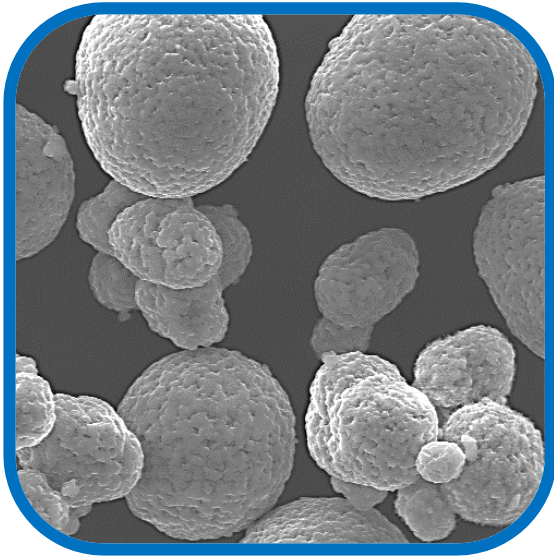
Lithium-Ion Cells:
Materials and Applications

Катодные материалы со структурой Polycrystal и их предшественники

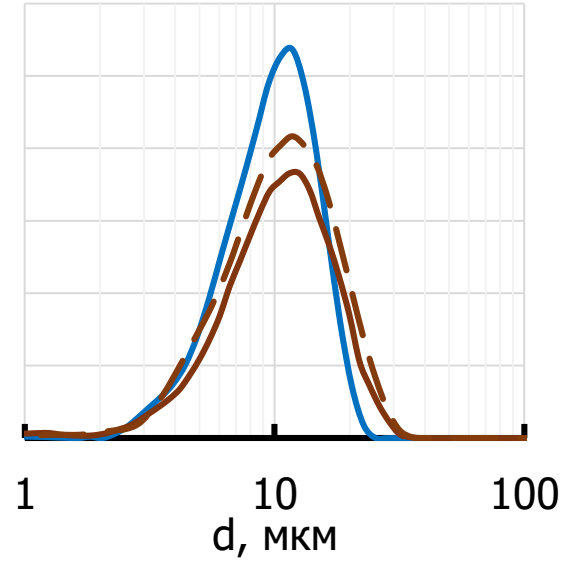
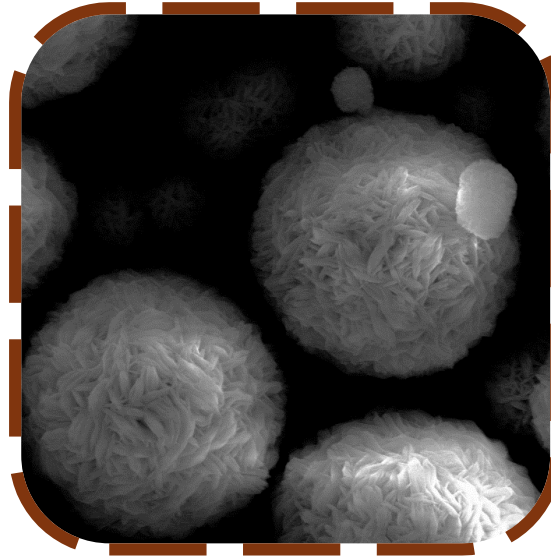
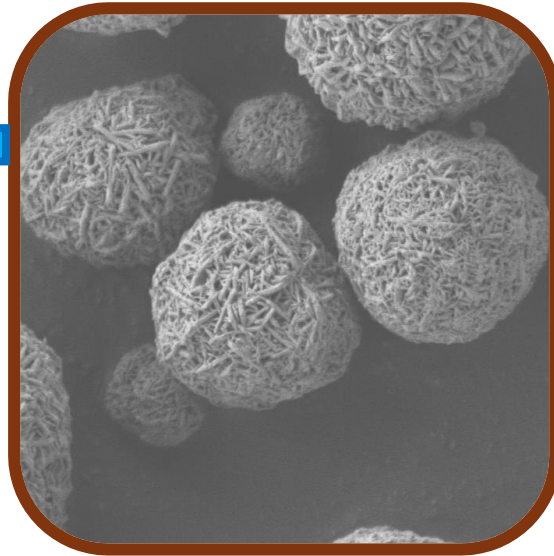


CAM

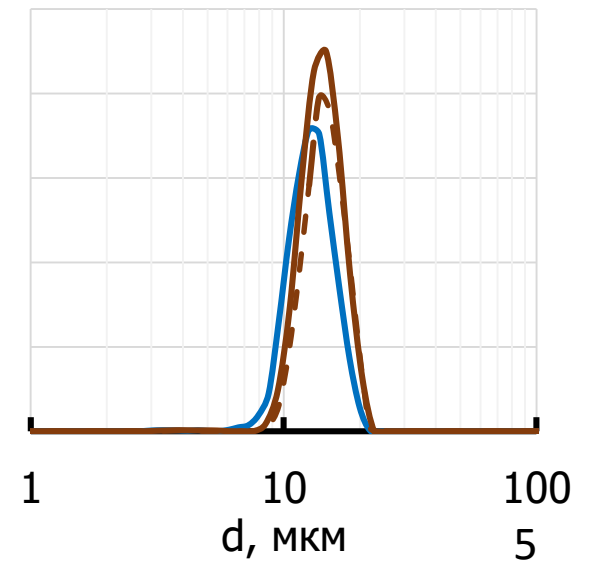
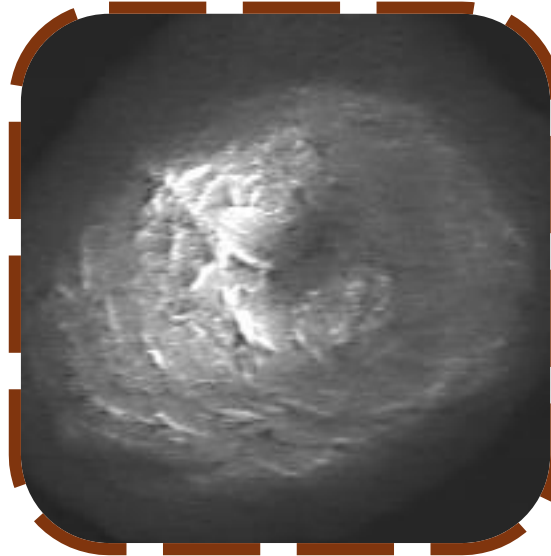
pCAM



CSTR



Batch



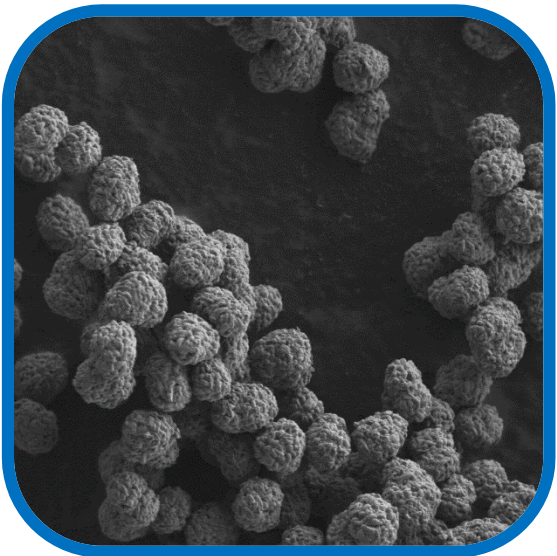
Катодные материалы с малым размером частиц и их предшественники



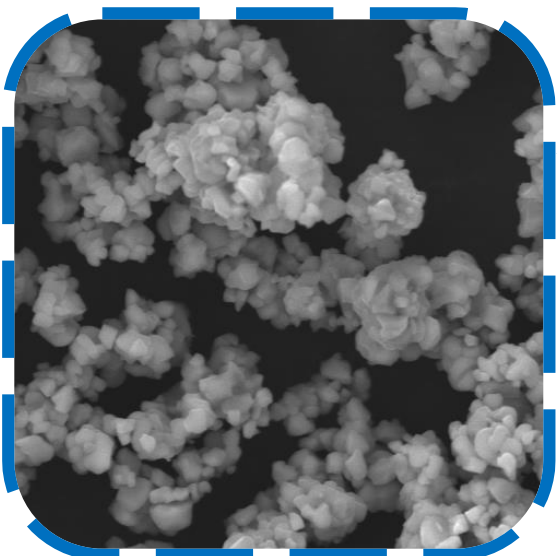
CAM

pCAM

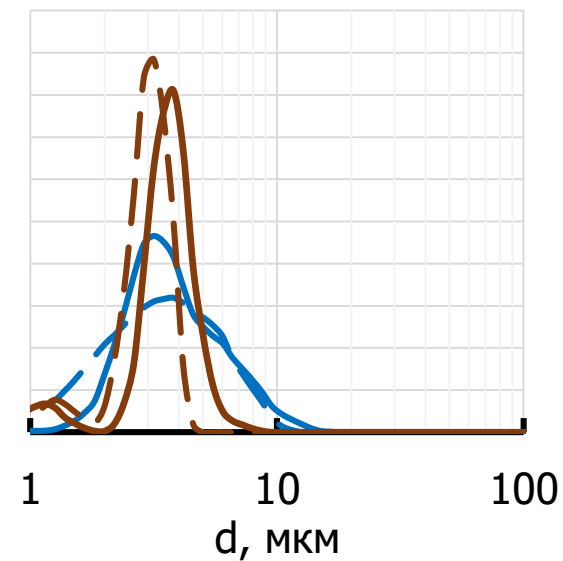
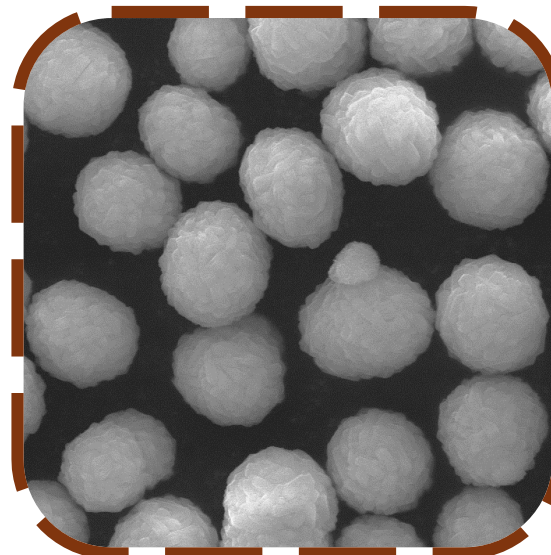
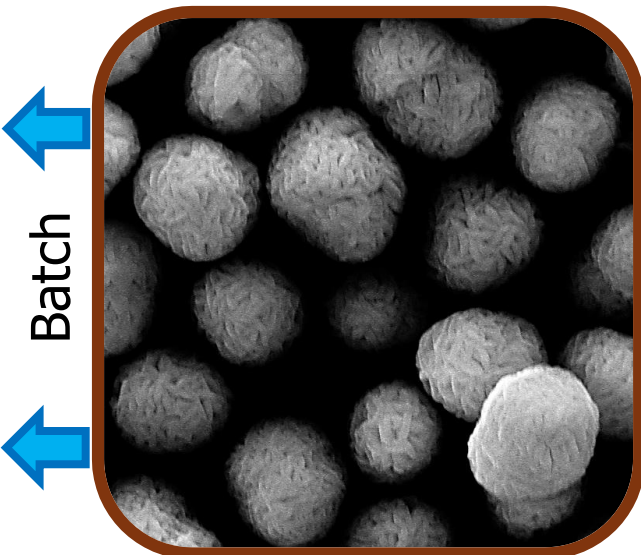
Polycrystal



Single crystal



Batch



Катодные материалы с бимодальным распределением частиц по размерам

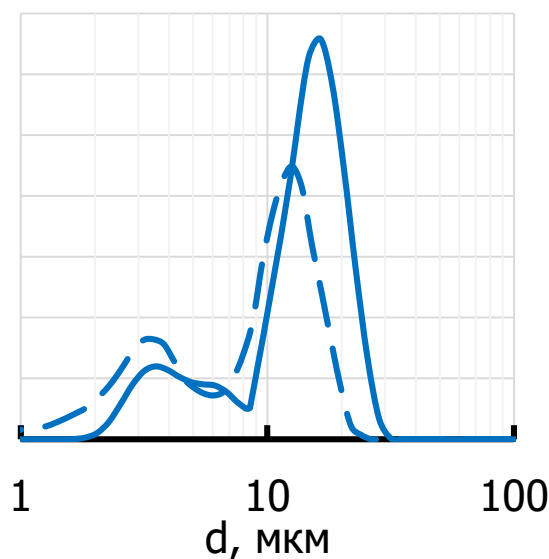
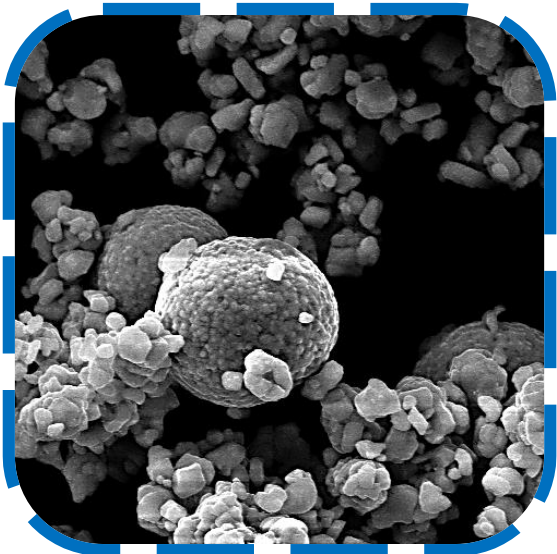


CAM

Poly + Poly



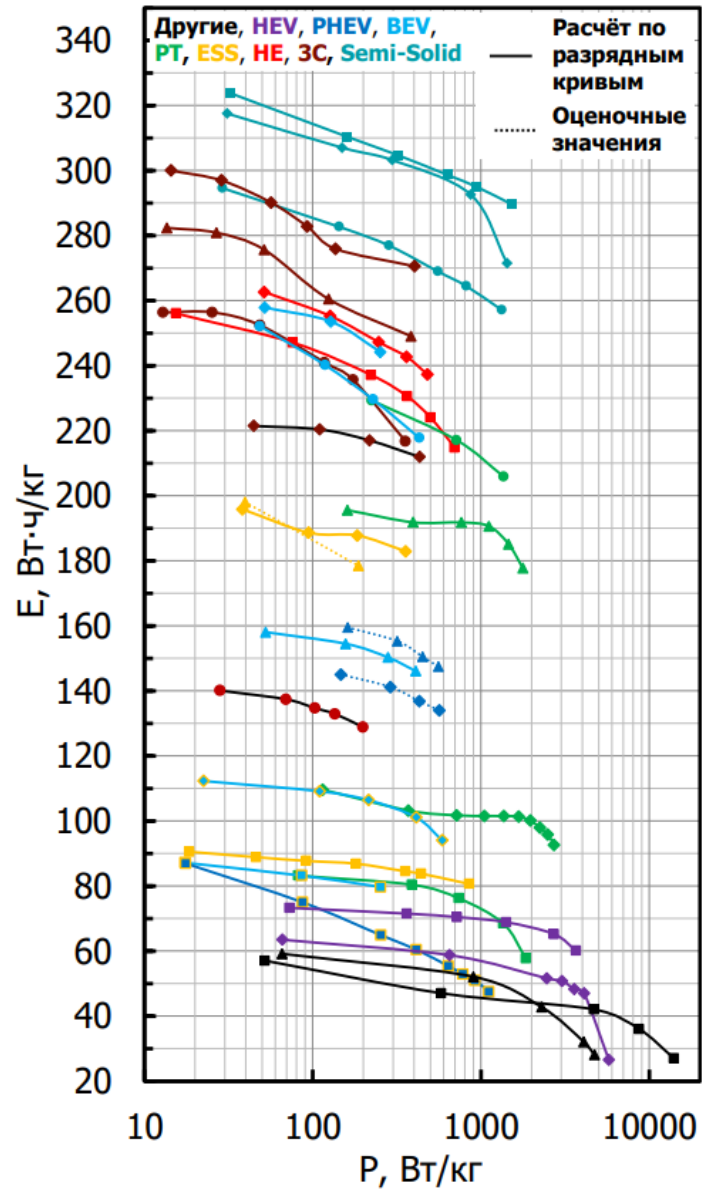
Poly+Single



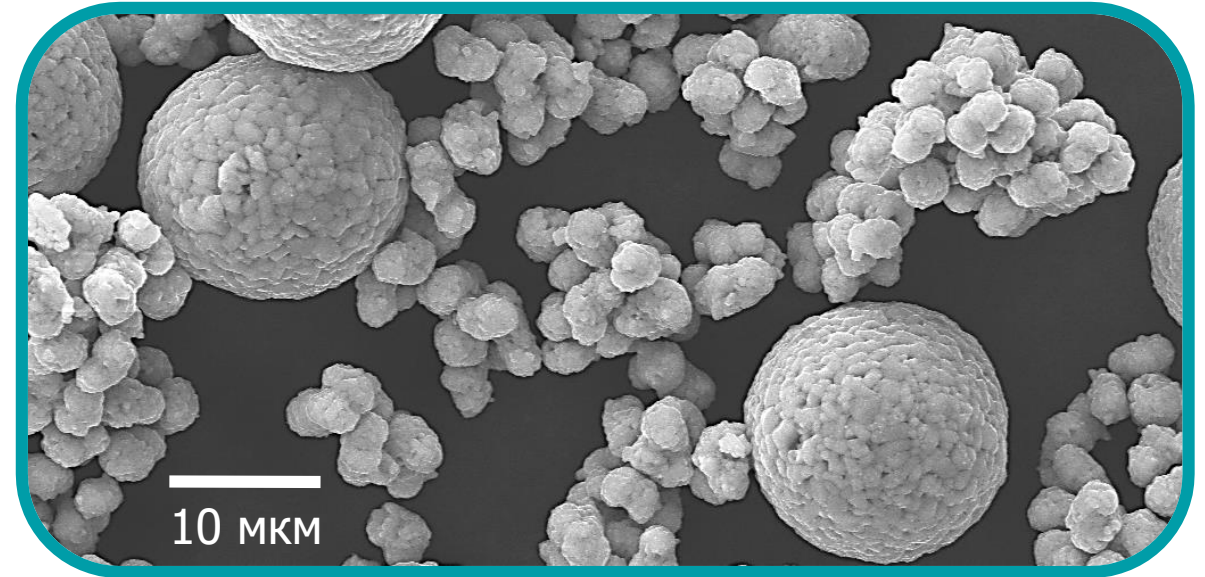
Катодные материалы с бимодальным распределением частиц по размерам получают:

- 1) При литировании смеси предшественников (pCAM) с разным размером частиц d_{50} ; (Poly + Poly)
- 2) Отдельно каждый CAM и затем их смешивают в различных массовых соотношениях (Poly + Single, Poly + Poly).

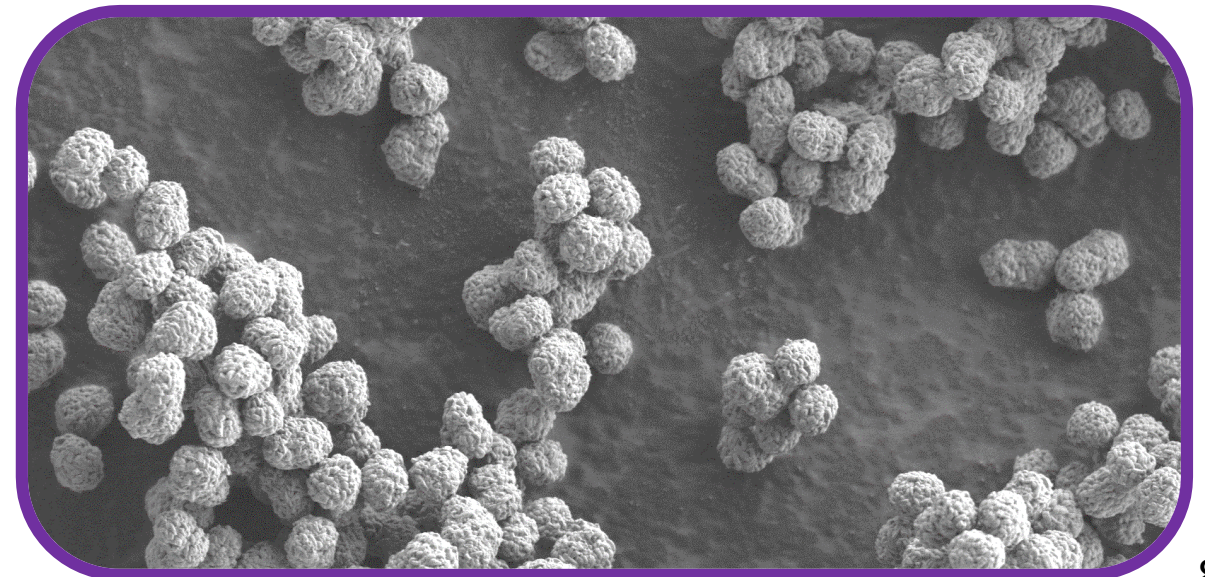
Удельная энергия и мощность ЛИА



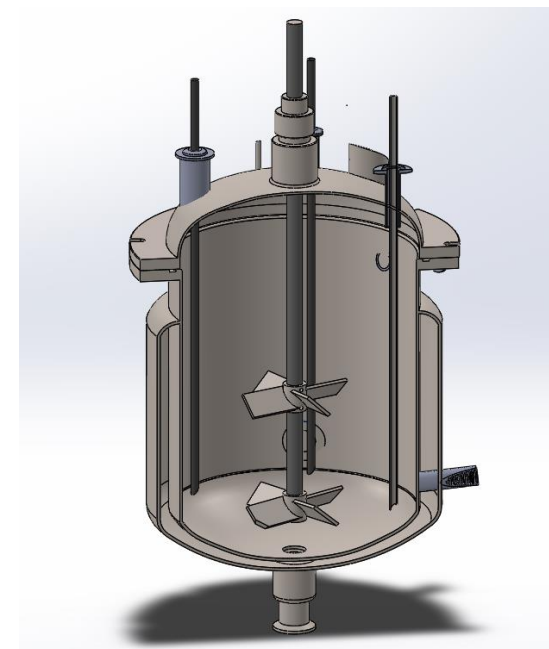
Катодный материал для энергоёмких ЛИА



Катодный материал для мощных ЛИА



Лабораторная установка для синтеза предшественников катодных материалов



Основные параметры, влияющие на характеристики предшественника катодного материала $Ni_aCo_bMn_c(OH)_2$



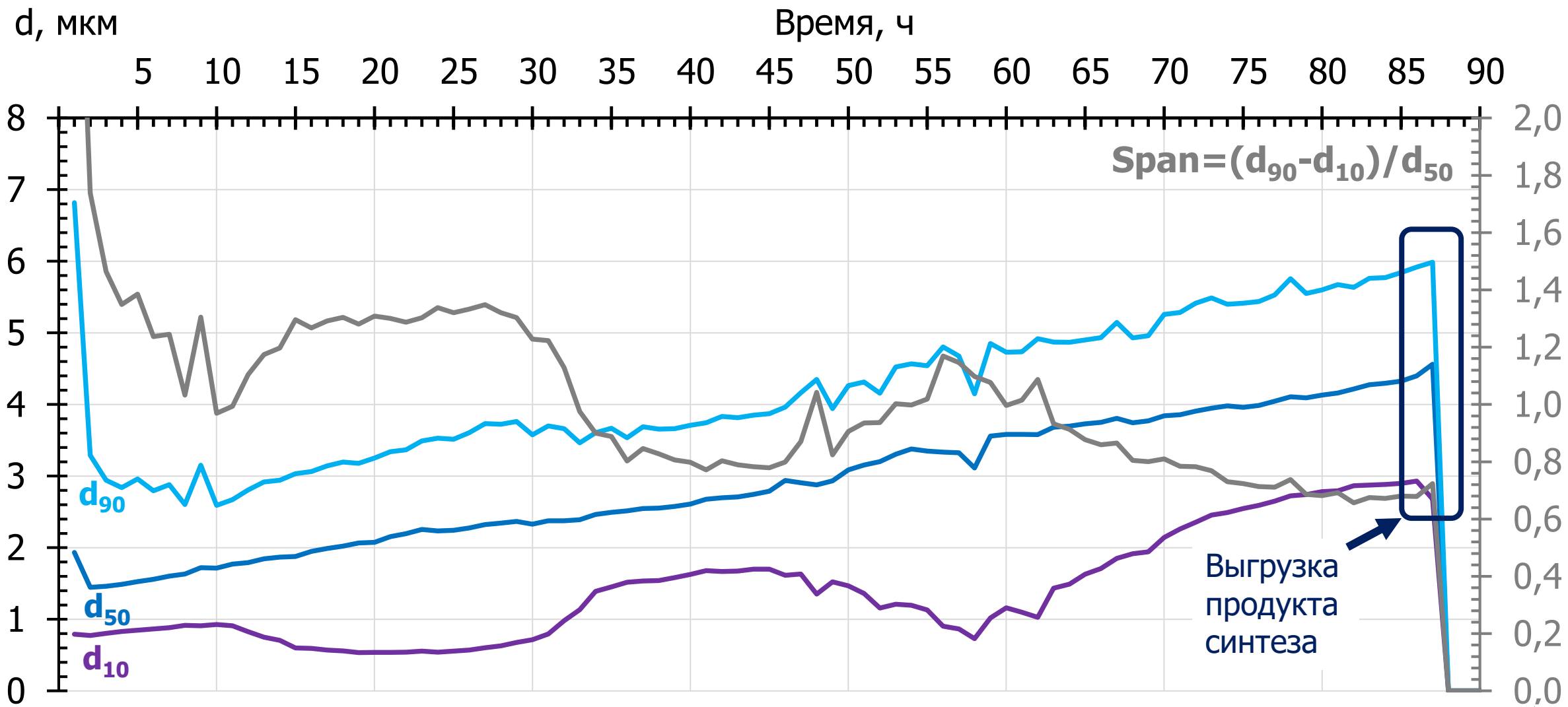
Фундаментальные

- 1) Температура
- 2) Поддерживаемый pH
- 3) Концентрация аммиака
- 4) Атмосфера над реакционной смесью и концентрация кислорода в суспензии

Технологические

- 1) Состав и скорость вводимых потоков реагентов (соли металлов – Ni, Co, Mn (а также их соотношение), NaOH, NH₃)
 - 2) Мощность перемешивания (скорость оборотов мешалки, тип мешалки, диаметр крыльчатки, расстояние между крыльчатками, наличие рёбер в реакторе, соотношение диаметра крыльчатки/к диаметру реактора)
 - 3) Время протекания процесса синтеза
 - 4) Объём реакционной смеси
 - 5) Массовая доля твердой фазы
 - 6) Количество частиц в реакторе
 - 7) Способ ведения синтеза (непрерывный режим - CSTR или периодический - Batch)
 - 8) Использование концентратора (фильтра-сгустителя)
- и др.

Изменение размера частиц в ходе синтеза предшественника катодного материала ($\text{Ni}_{0,9}\text{Co}_{0,05}\text{Mn}_{0,05}(\text{OH})_2$)



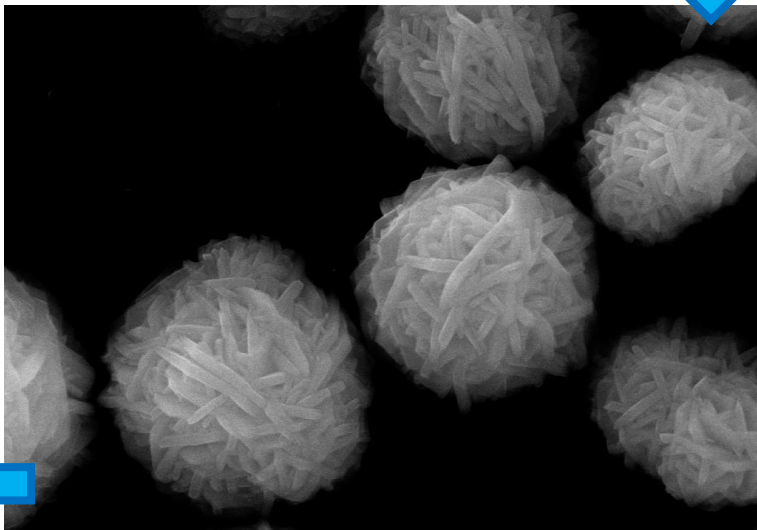
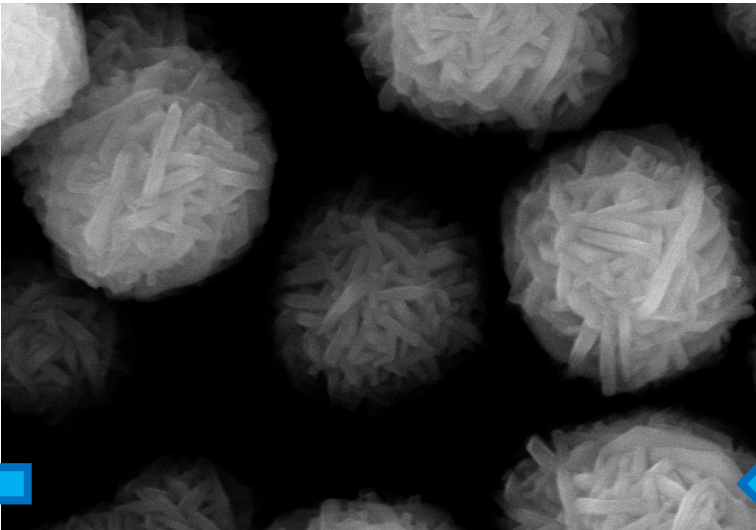
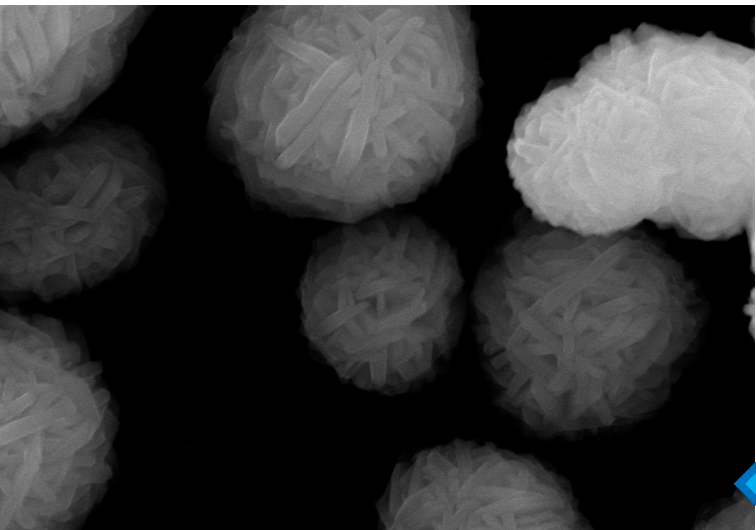
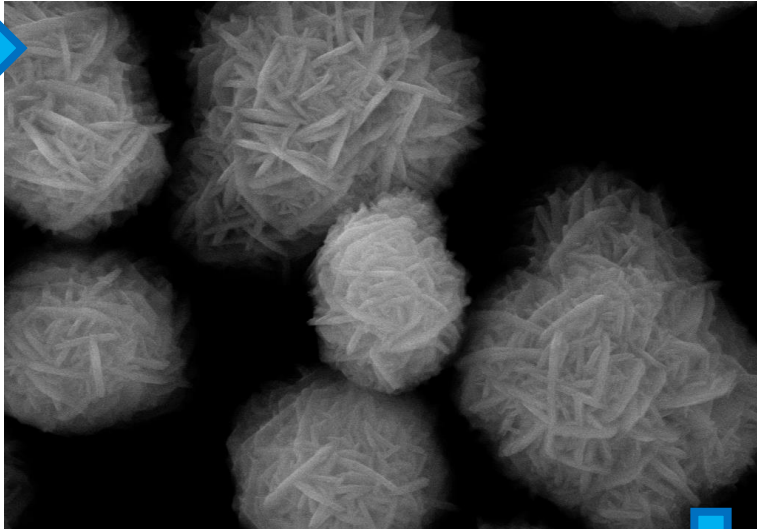
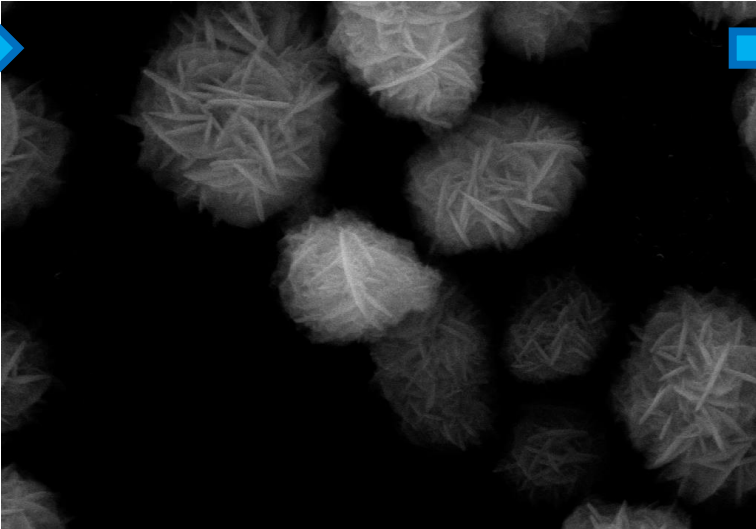
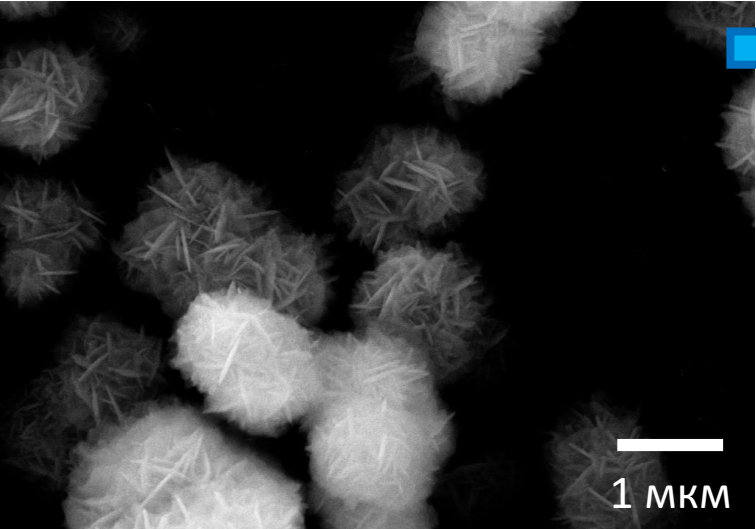
Изменение размера частиц в ходе синтеза предшественника катодного материала



6-й час

12-й час

23-й час



48-й час

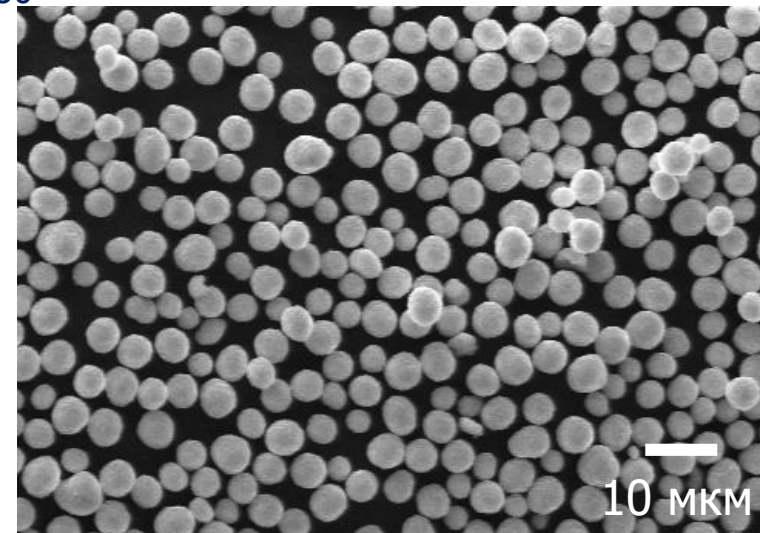
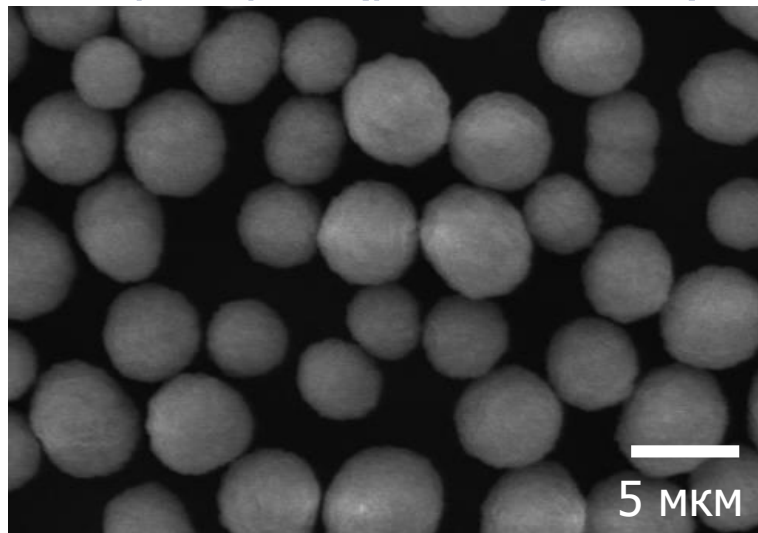
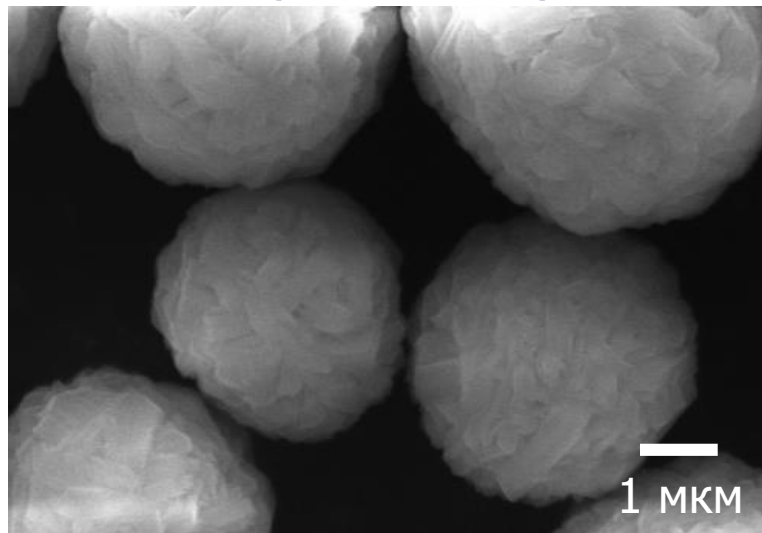
42-й час

35-й час

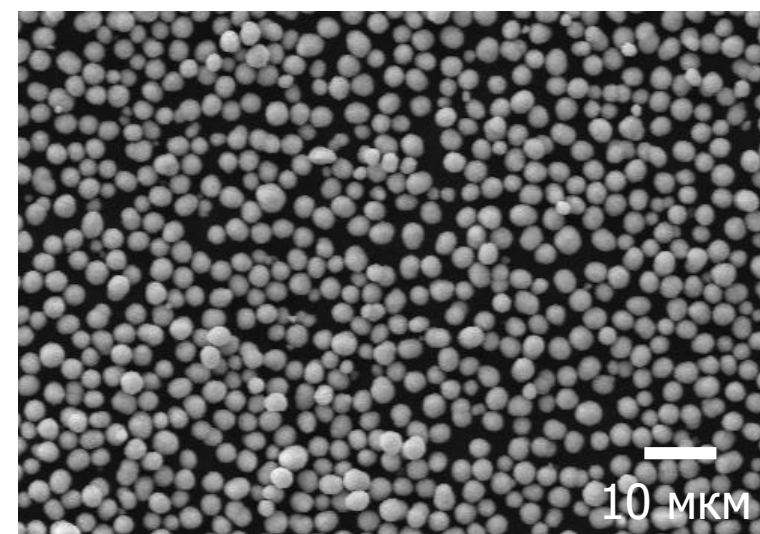
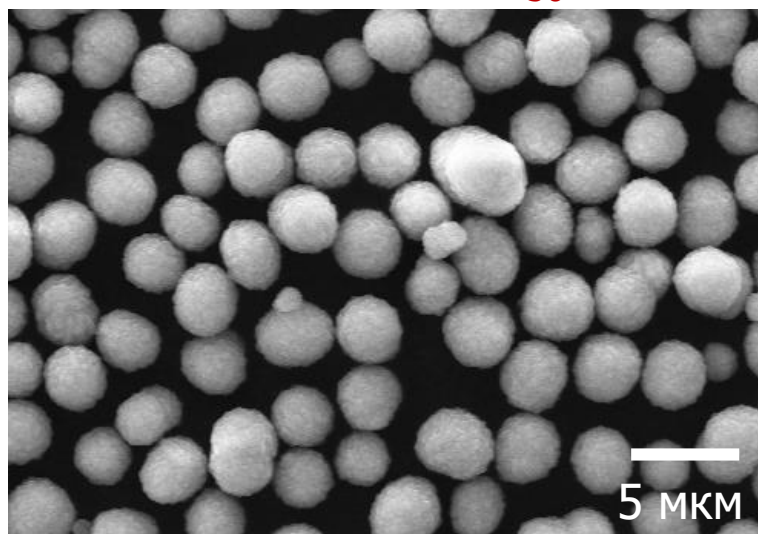
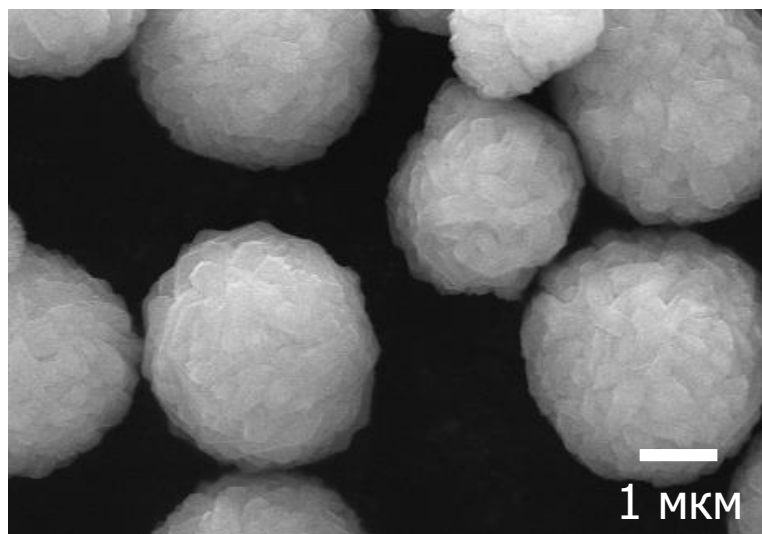
Микроснимки частиц и характеристики РСАМ



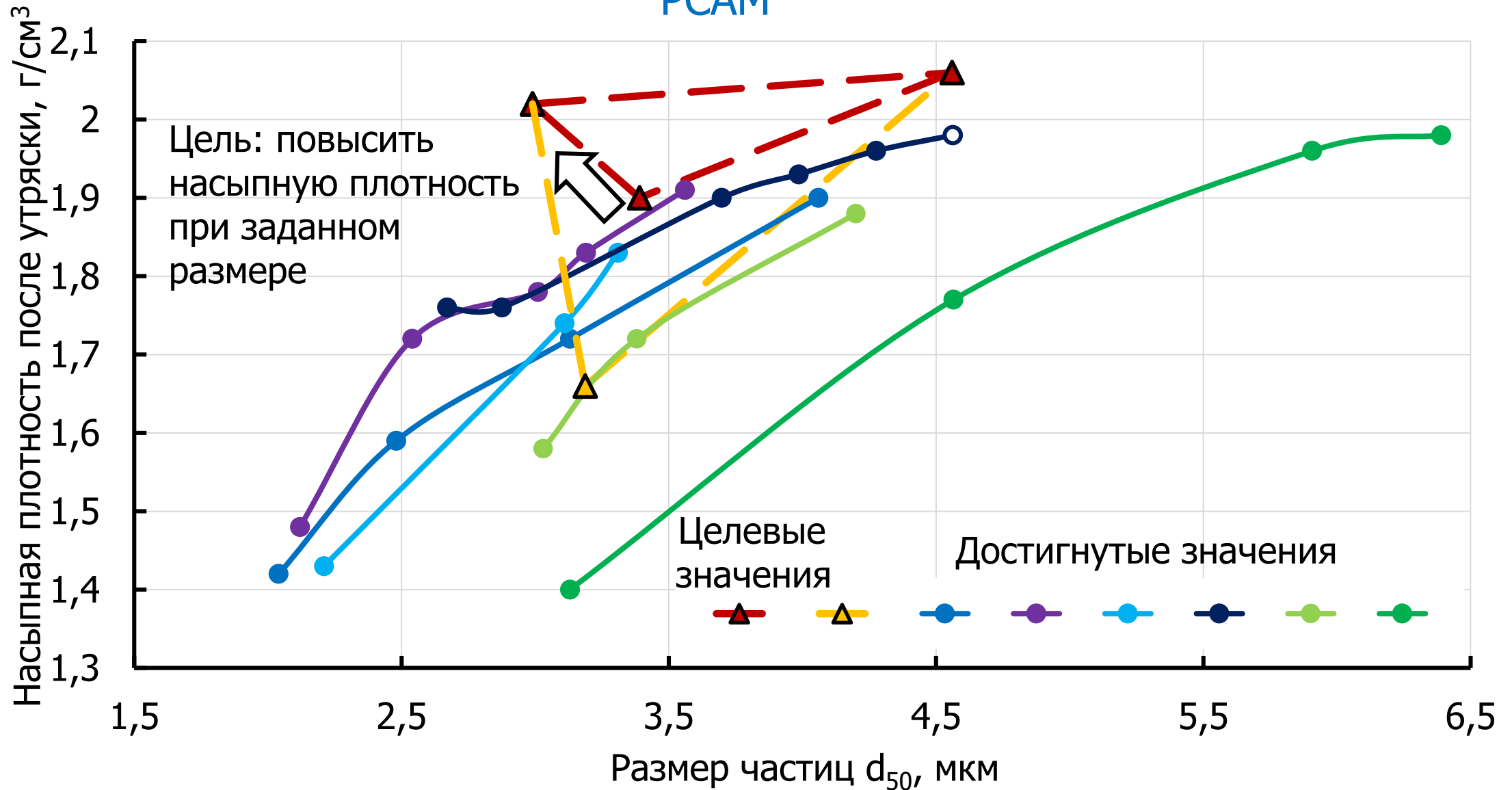
Образец, полученный в лаборатории (реактор 10 л), $D_{50}=4,5$ мкм $H_p=2,0$ г/см³



Промышленный продукт (Китай) $D_{50}=3,0$ мкм $H_p=2,0$ г/см³



Зависимость между размером частиц и насыпной плотностью после утряски РСАМ





Спасибо за внимание!

Приглашаем к сотрудничеству:

Дмитрий Поддубный
Начальник лаборатории СПб

PoddubnyyDA@nornik.ru
+7 (921) 939-71-38



Георгий Товмасын
Руководитель направления,
Департамент инновационного
развития

TovmasyanGG@nornik.ru
+7 (903) 007-73-41



Ограничение ответственности



ПАО «ГМК «Норильский никель» или его аффилированные лица настоящим заявлением отказывается от ответственности за любые убытки, вызванные использованием содержания данной презентации.

Данная презентация не является частью рекламной документации по ценным бумагам, предложением или приглашением к продаже, выпуску или предложению оферты на продажу или подписку на акции и какие-либо иные ценные бумаги ПАО «ГМК «Норильский никель».

Любые логотипы и товарные знаки, используемые в презентации, являются собственностью их непосредственных владельцев, и их использование в настоящем документе не должно толковаться как продвижение или реклама товаров и услуг данных владельцев.

Любые взгляды или мнения, изложенные в настоящей презентации, принадлежат исключительно его автору и не отражают официальную позицию ПАО «ГМК «Норильский никель» или его аффилированных лиц, если специально не указано иное.