

Skoltech

Skolkovo Institute of Science and Technology



РАЗВИТИЕ МОРФОЛОГИИ ЧАСТИЦ ПРИРОДНОГО ГРАФИТА ПРИ СФЕРОИДИЗАЦИИ В УДАРНОЙ МЕЛЬНИЦЕ

Алексей Недолужко, Светлана Липовских, Алла Пустовалова, Иван Моисеев

Сколковский институт науки и технологии

Илья Братков

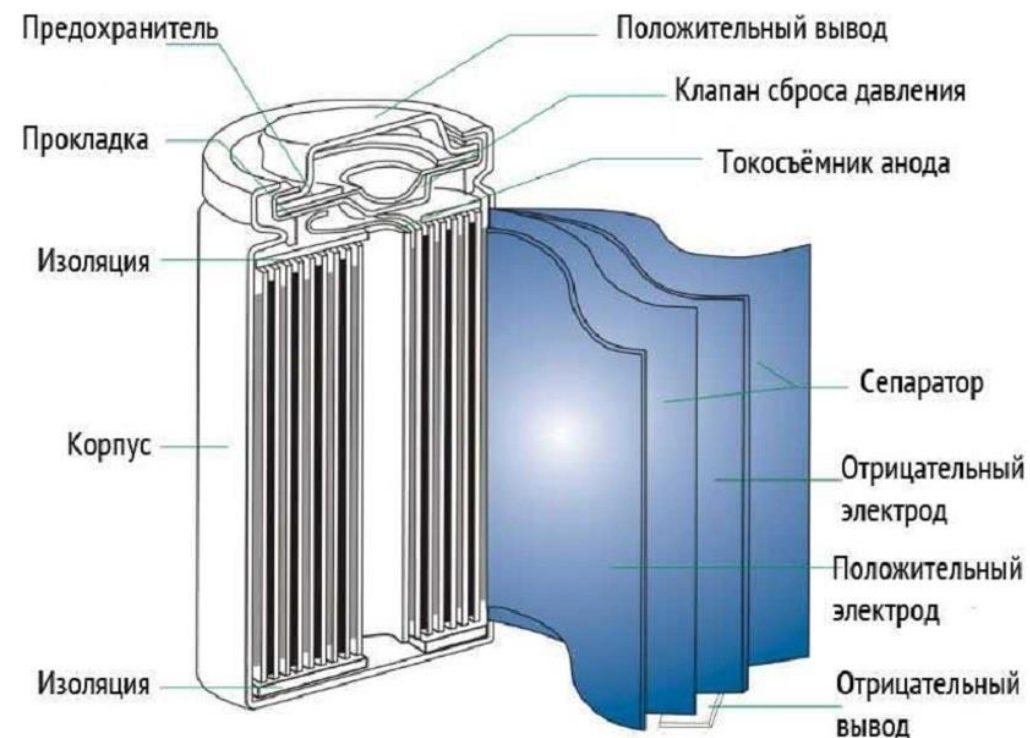
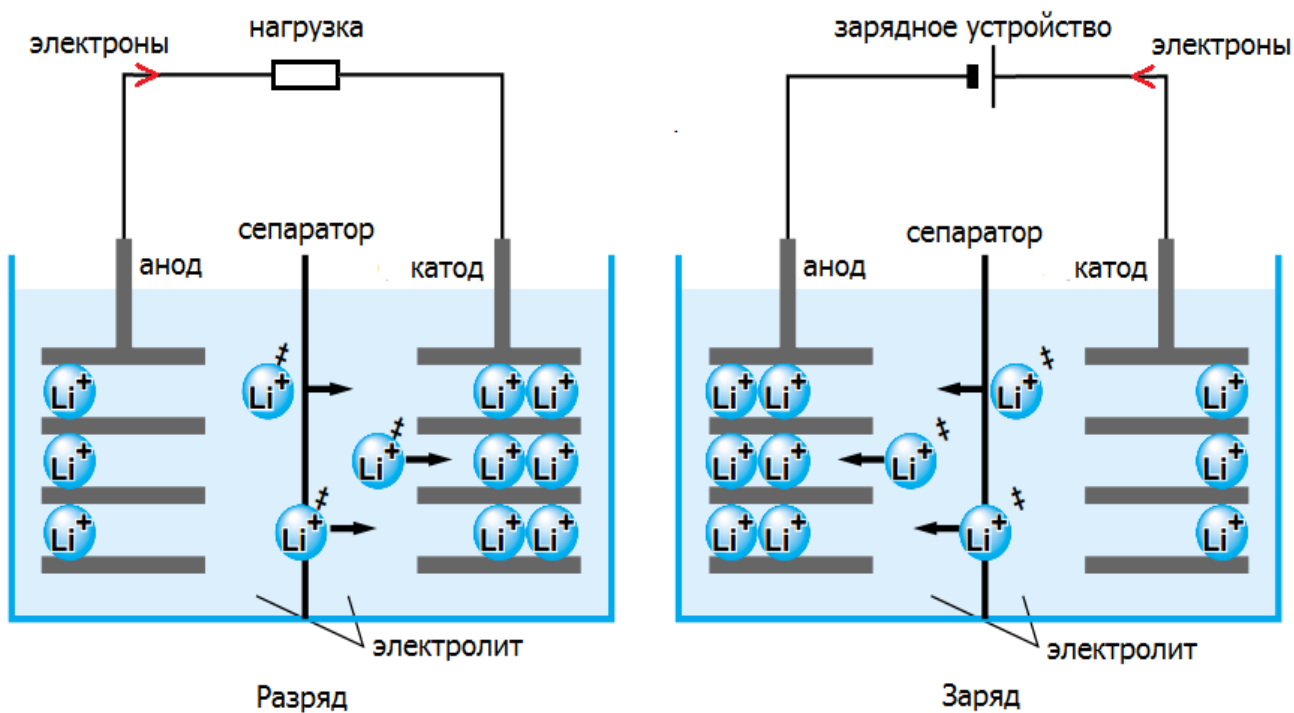
Ивановский государственный химико-технологический университет

Тамбов, 25.09.2025

ЭЛЕКТРОДЫ ЛИТИЙ-ИОННОГО АККУМУЛЯТОРА (ЛИА)

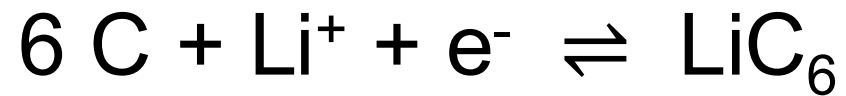
Катод – положительный электрод

Анод – отрицательный электрод



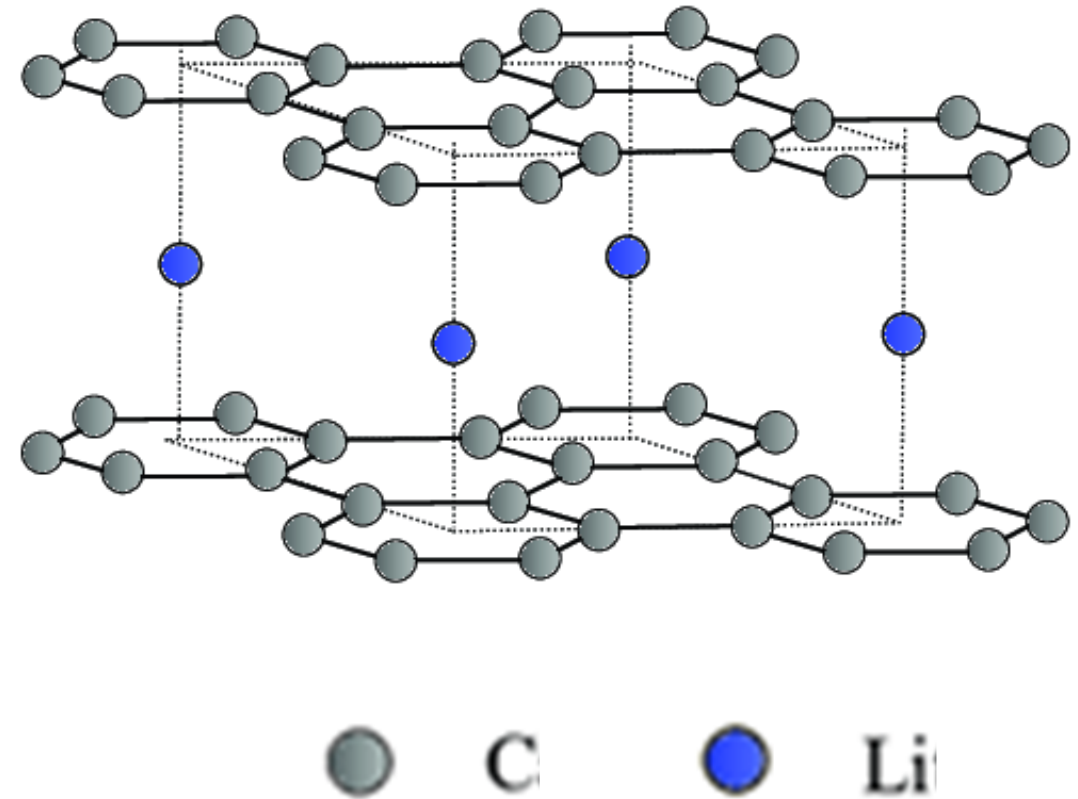
ГРАФИТ - ГЛАВНЫЙ АНОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ЛИА

Графит присутствует в анодах > 99% всех современных ЛИА



$$C_{\text{теор}}^{\text{делитир}} = 372 \text{ мА} \cdot \text{ч/г}$$

Для ЛИА используется как природный, так и синтетический графит



ОБРАБОТКА ПРИРОДНОГО ГРАФИТА ДЛЯ АНОДОВ ЛИА

1. Грубый размол

2. Очистка

- Обработка кислотой и щёлочью
- Высокотемпературная обработка

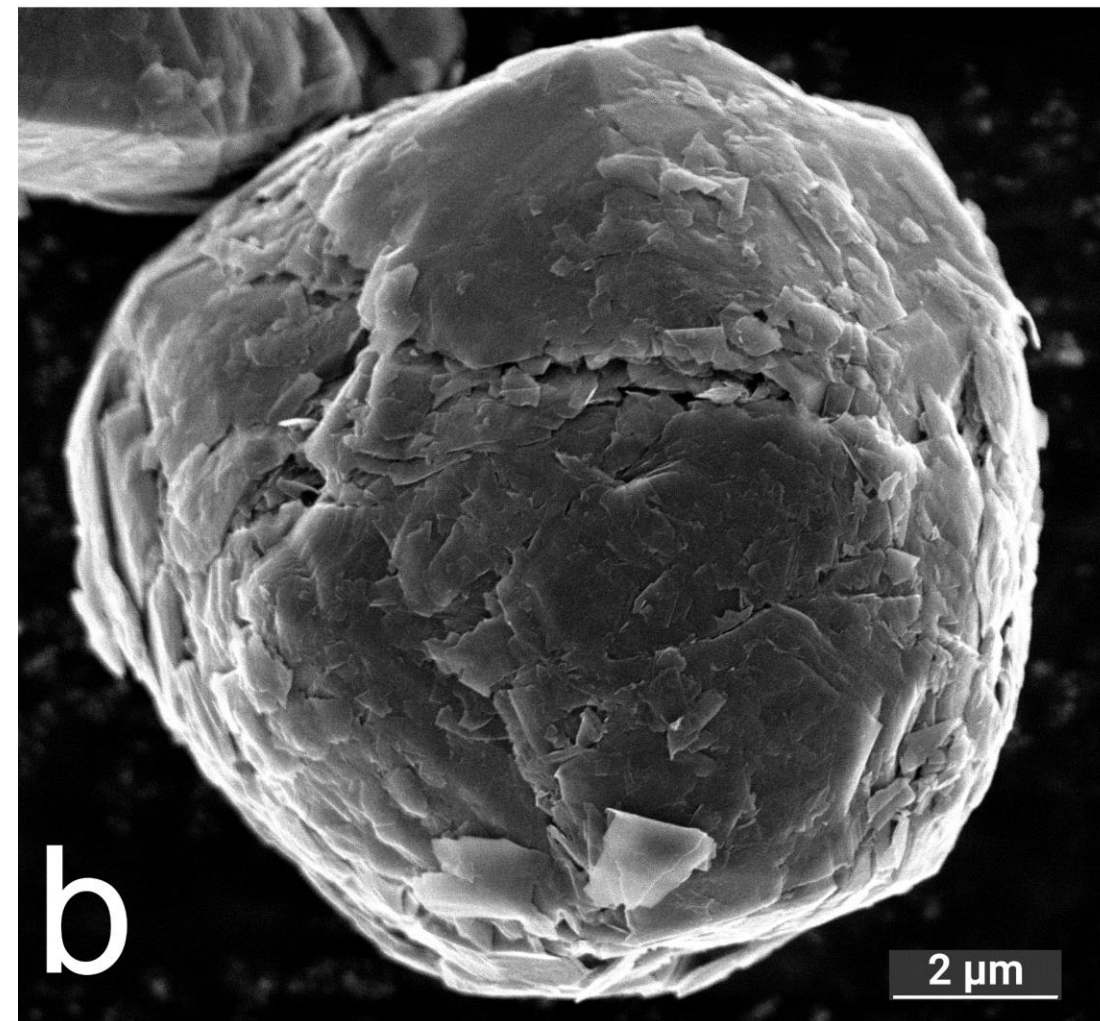
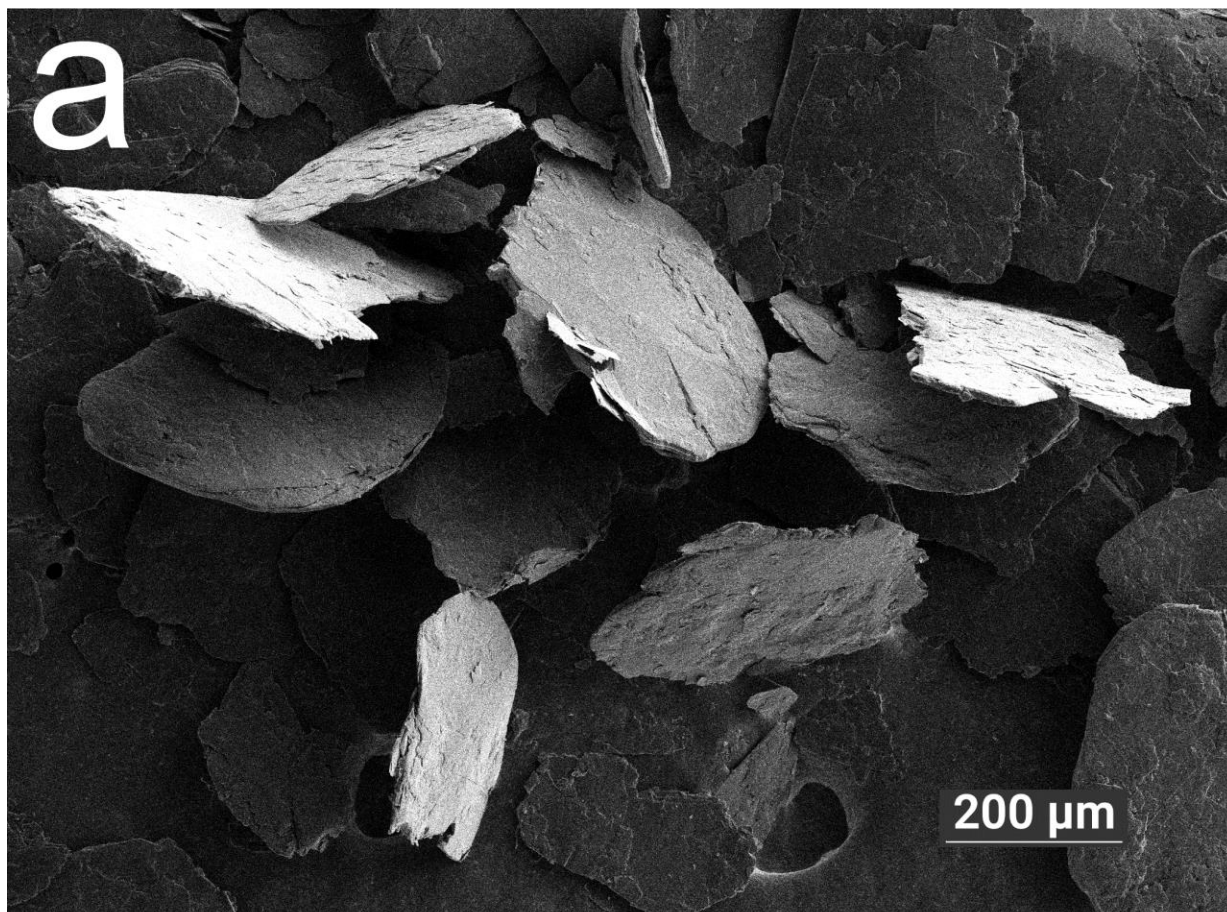
3. Сфероидизация в ударной мельнице

- Последовательные проходы

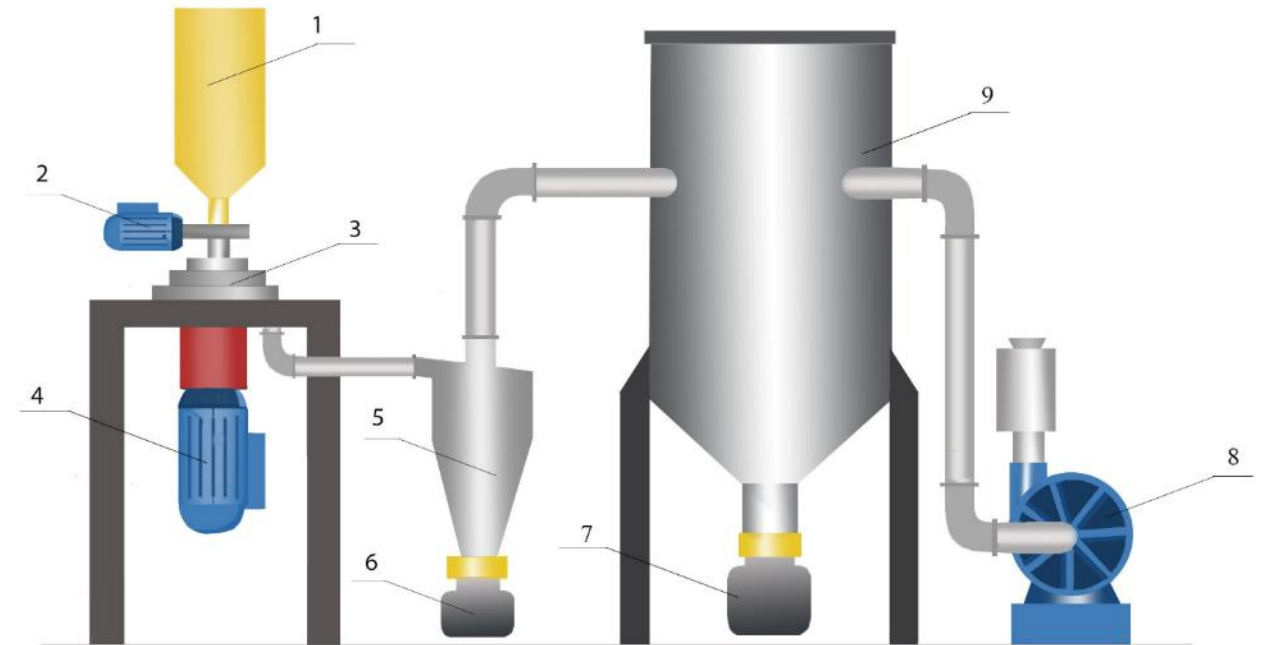
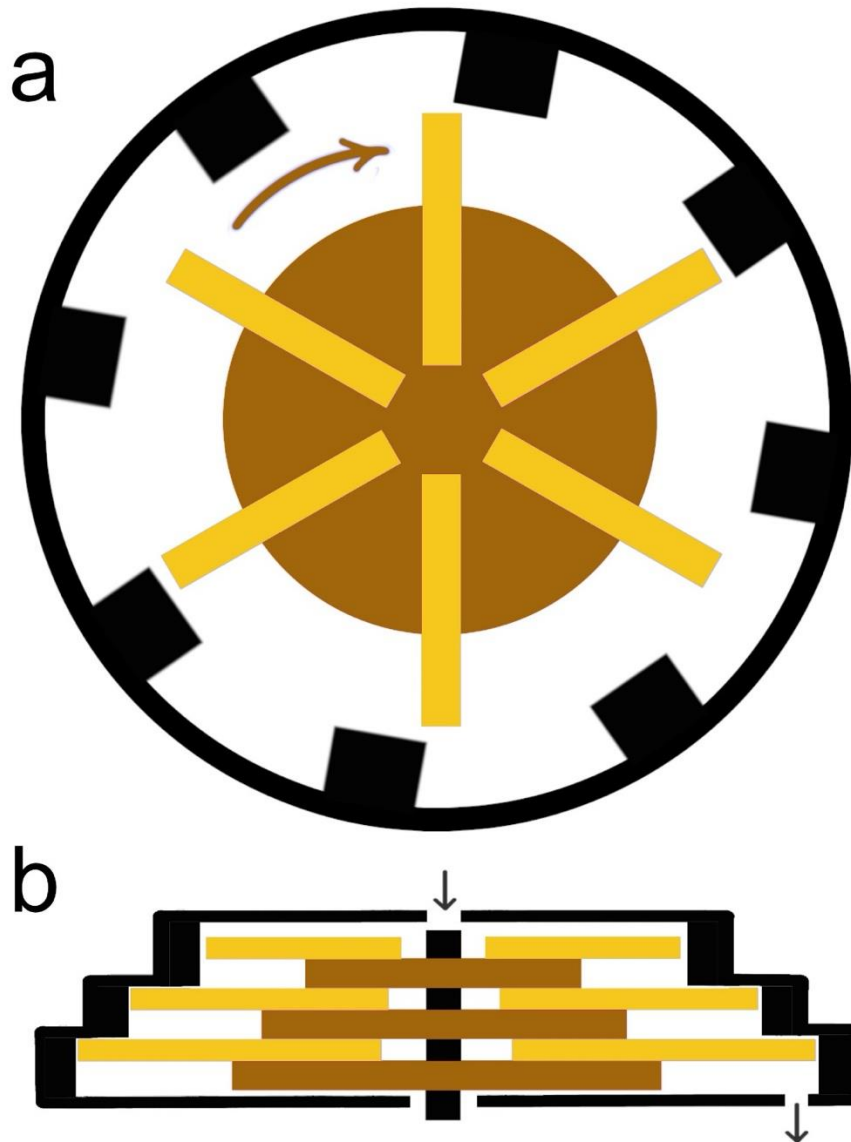
4. Модификация поверхности

- Нанесение углеродного покрытия

ИСХОДНЫЙ И СФЕРОИДИЗОВАННЫЙ ГРАФИТ

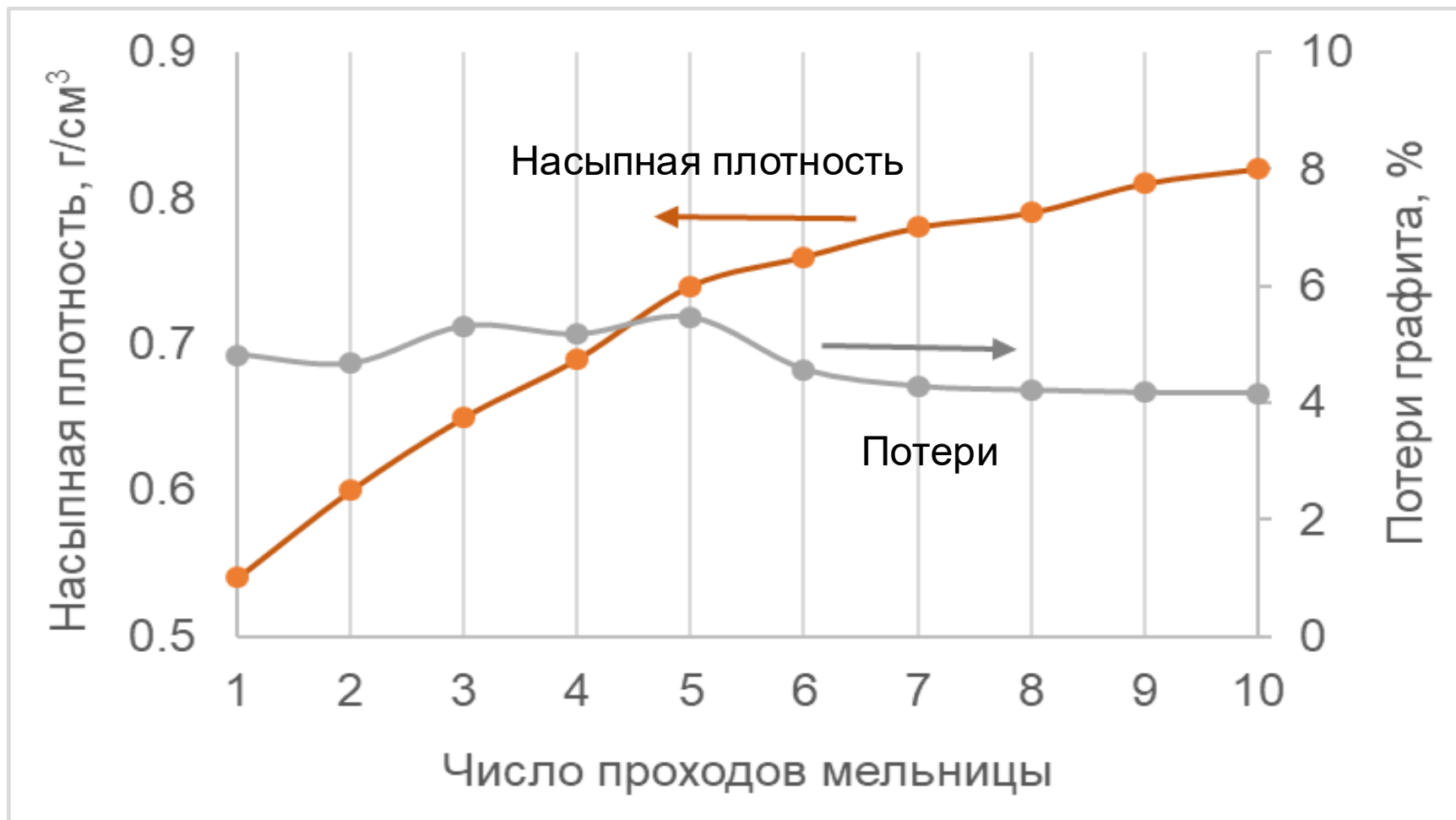


МЕЛЬНИЦА ДЛЯ СФЕРОИДИЗАЦИИ ГРАФИТА

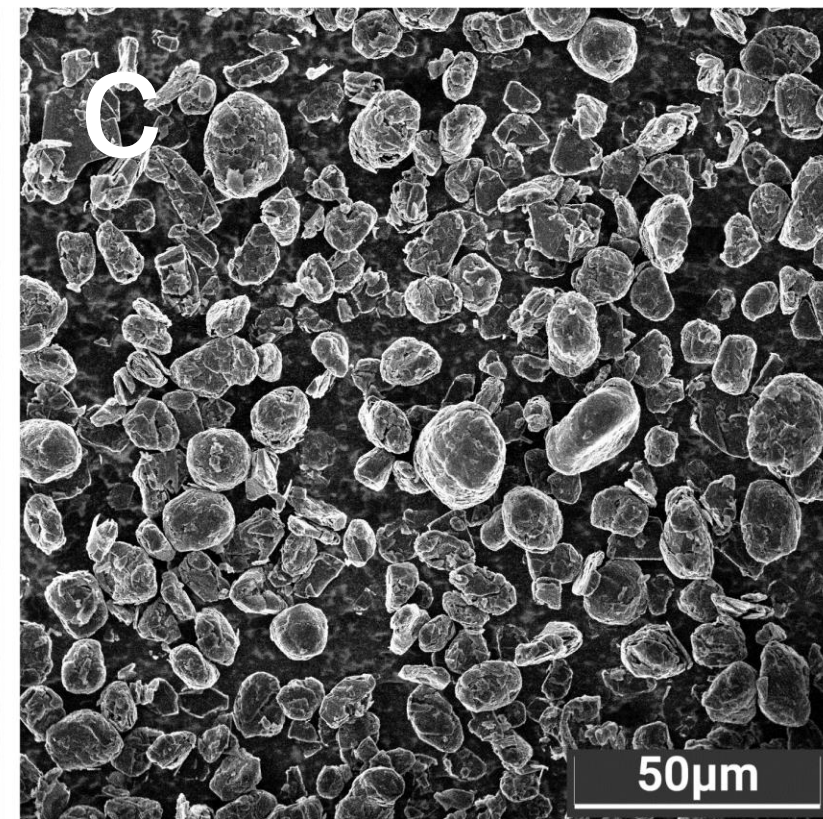
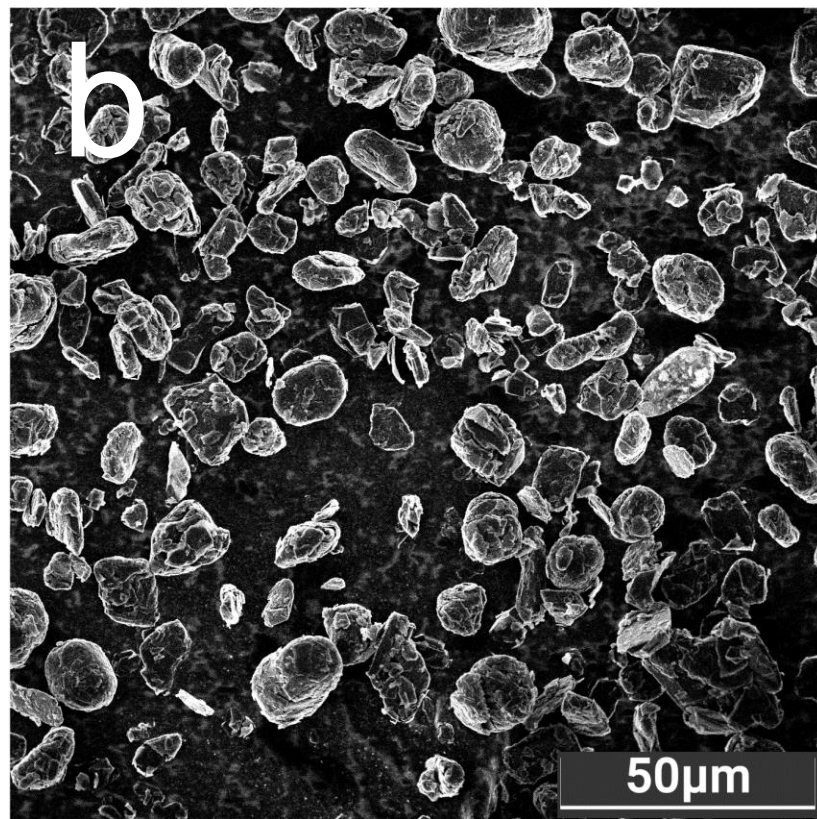
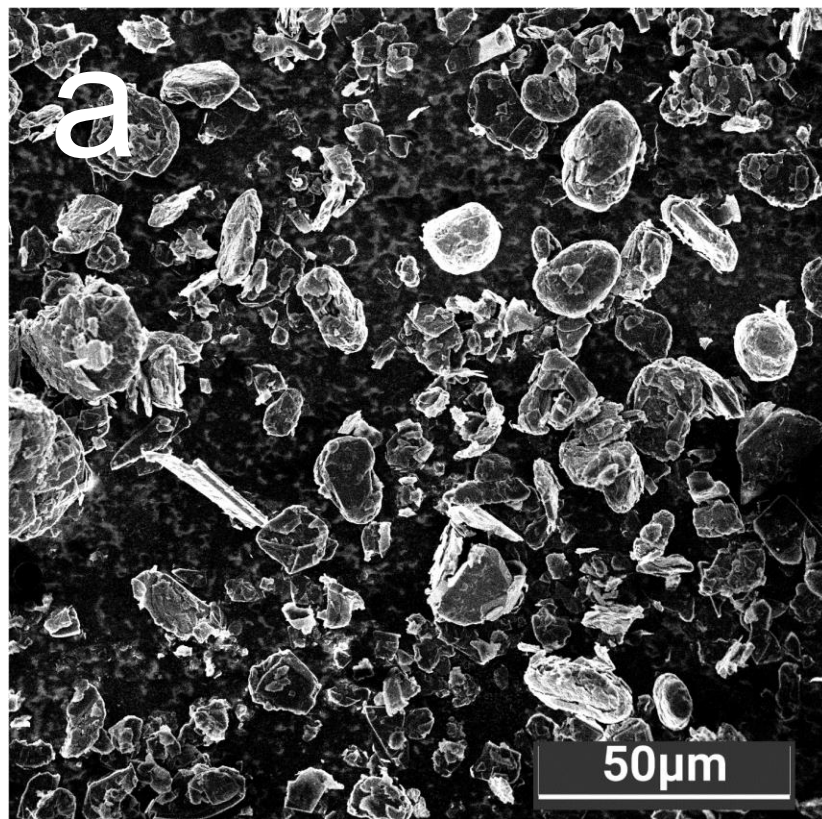


ПАТЕНТ RU2706623. СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЧАСТИЦ СФЕРИЧЕСКОГО ГРАФИТА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ (2019).

ИЗМЕНЕНИЯ ГРАФИТОВОГО ПОРОШКА НА МАКРОСКОПИЧЕСКОМ УРОВНЕ



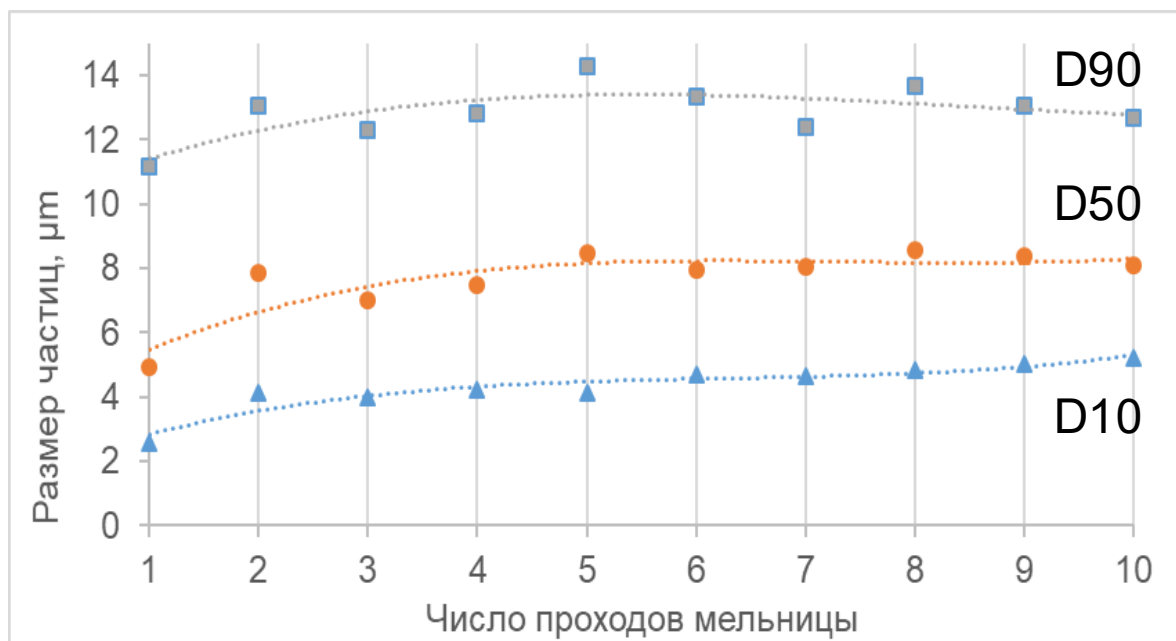
ИЗМЕНЕНИЯ ГРАФИТОВОГО ПОРОШКА



Изображения СЭМ порошка графита после (a) 1 прохода, (b) 7 проходов, (c) 10 проходов мельницы

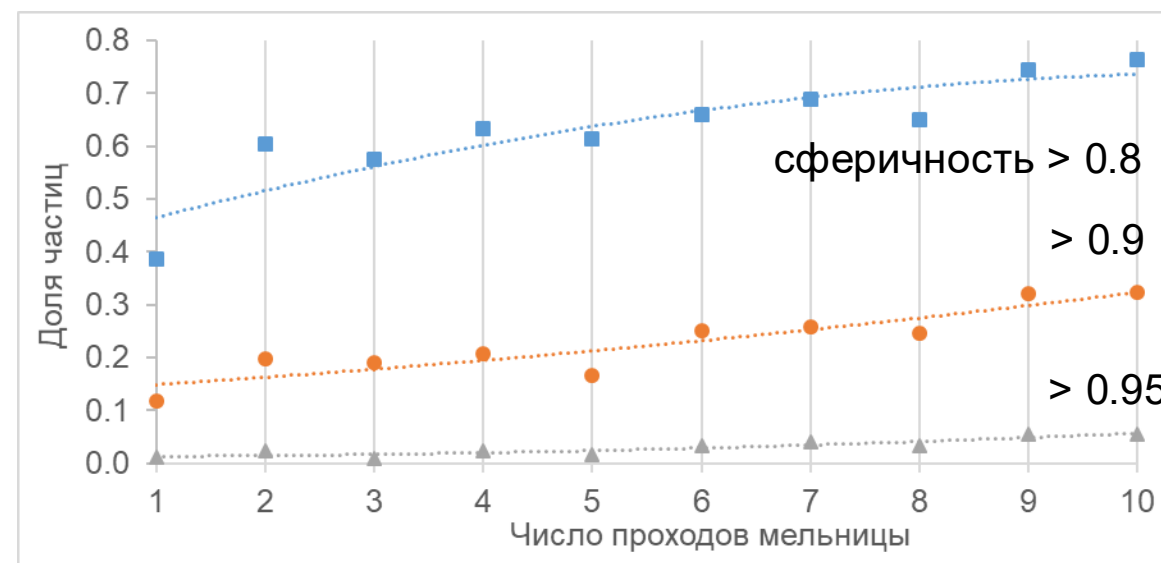
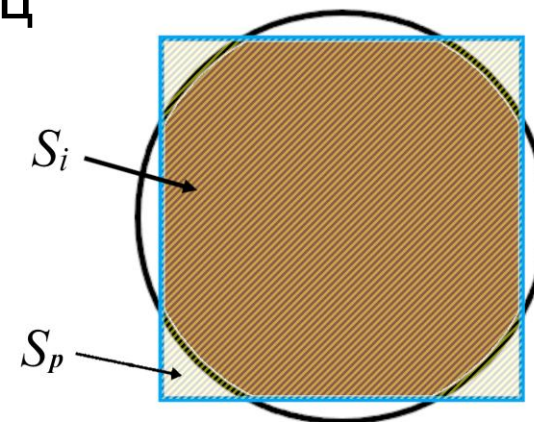
ИЗМЕНЕНИЯ ГРАФИТОВОГО ПОРОШКА НА МИКРОСКОПИЧЕСКОМ УРОВНЕ

Размер частиц

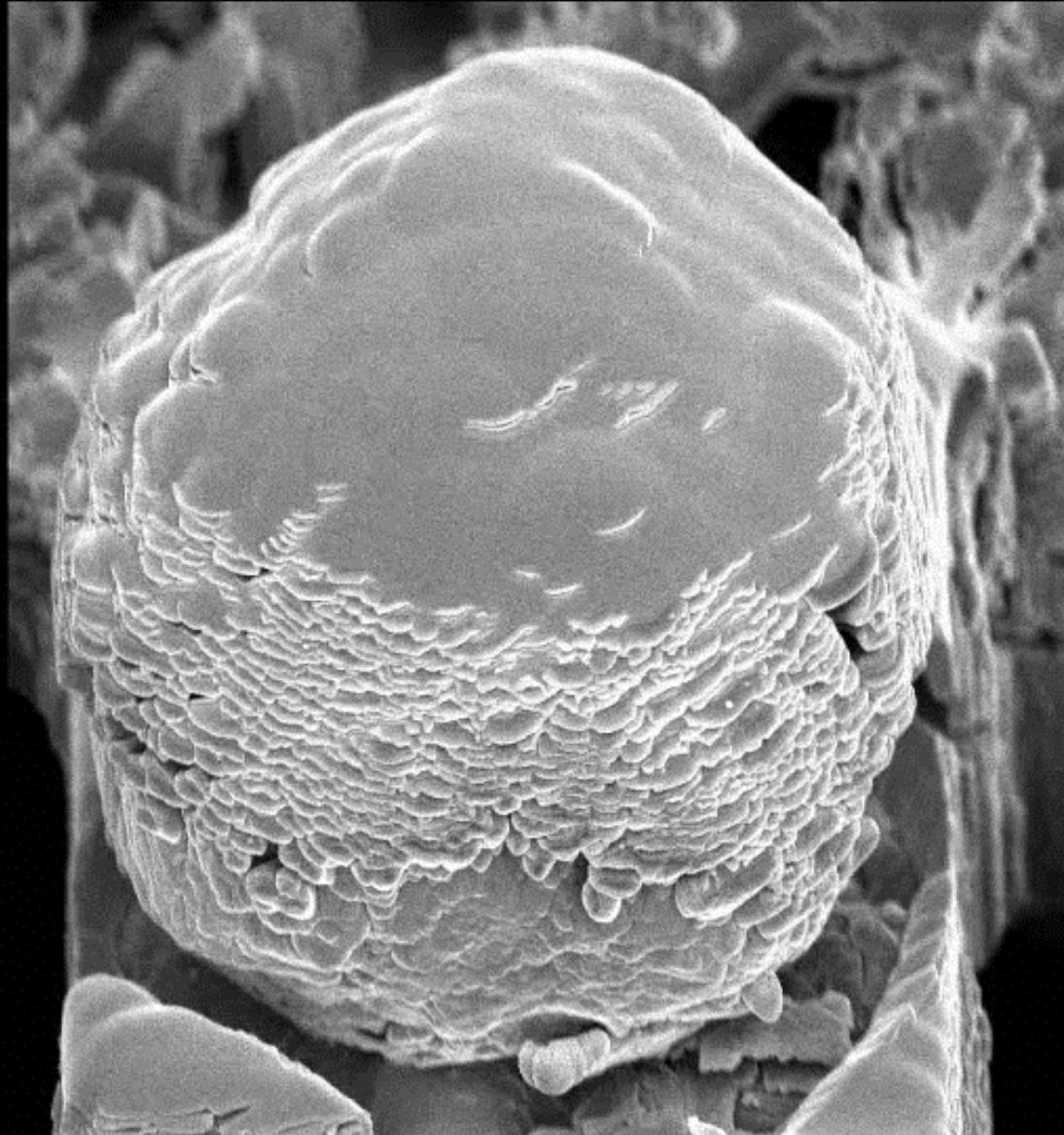


Сферичность частиц

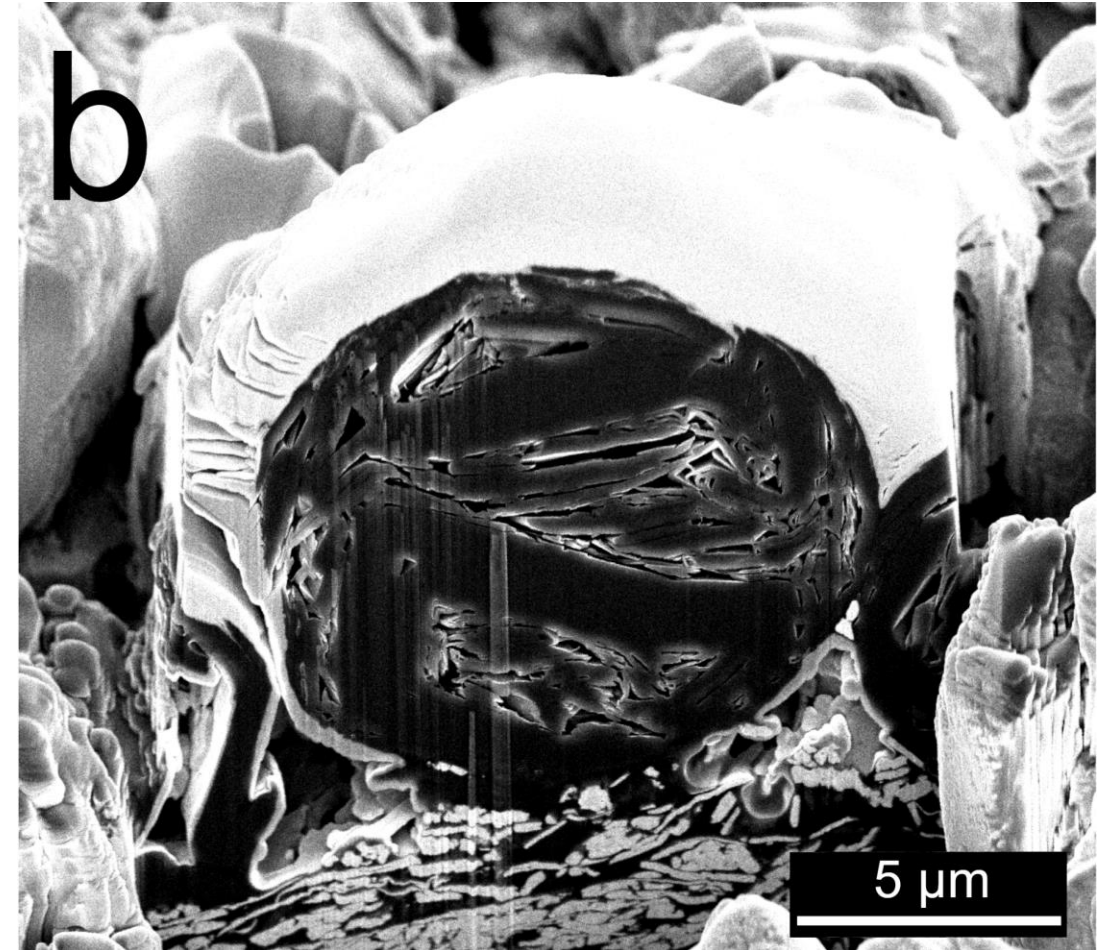
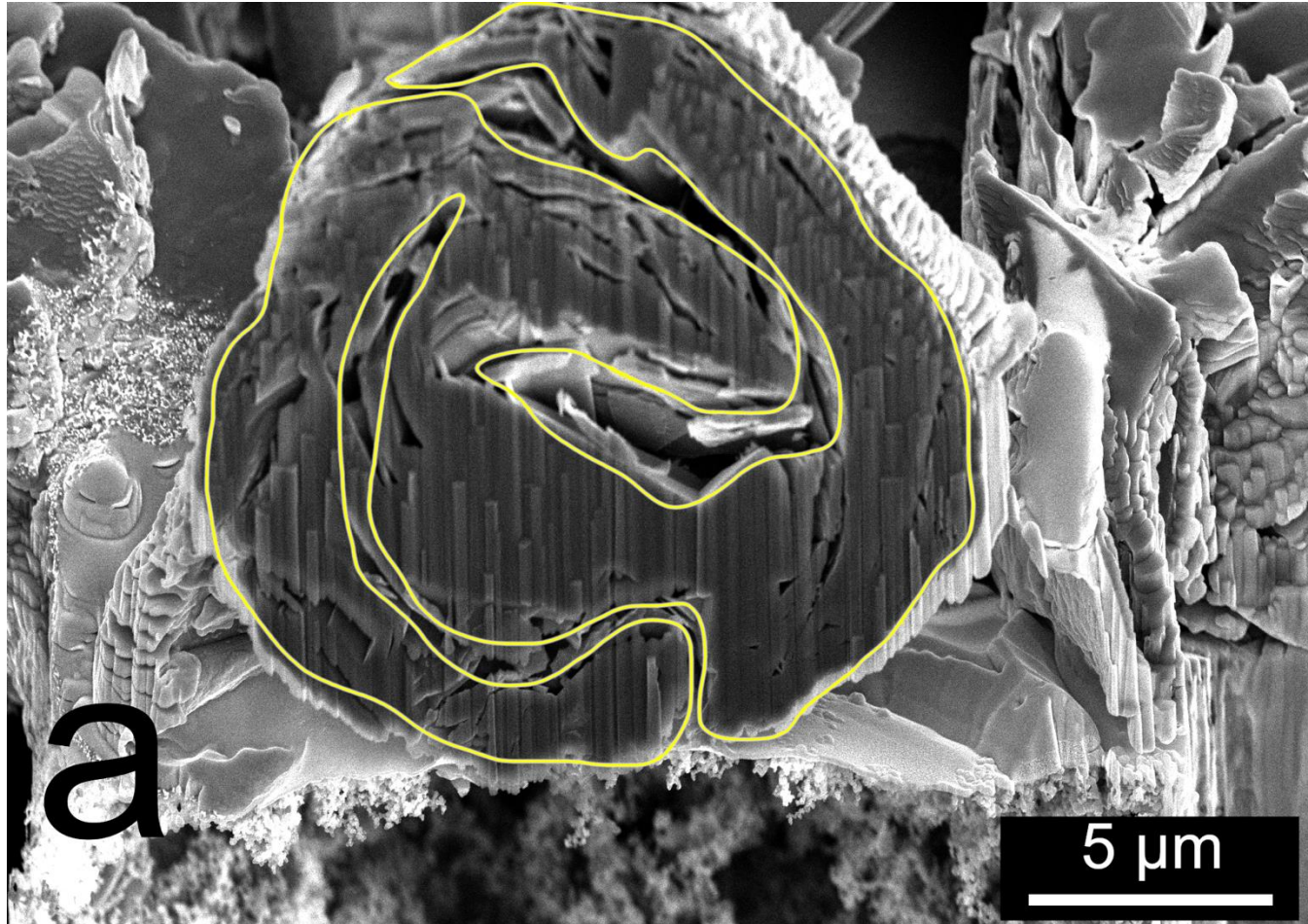
$$\text{Сферичность} = S_i / S_p$$



3D РЕКОНСТРУКЦИЯ ЧАСТИЦЫ ГРАФИТА



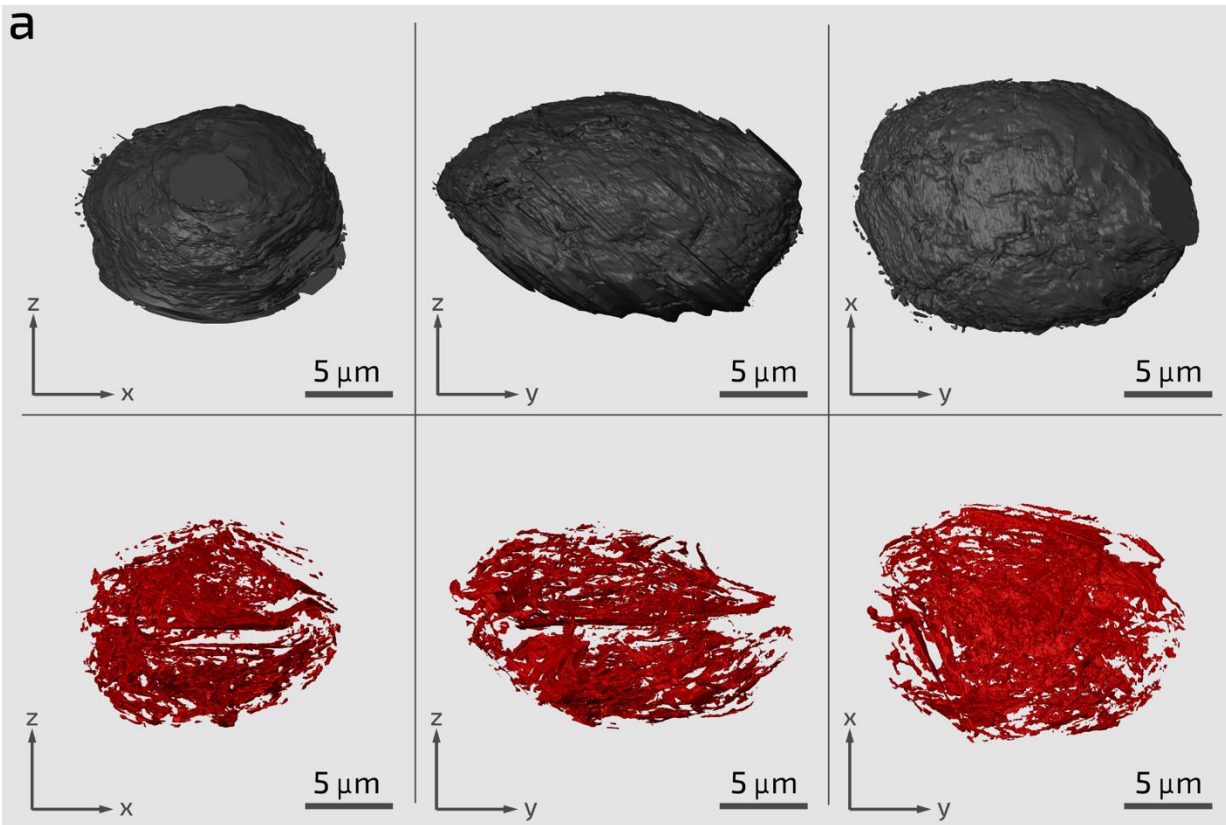
РАЗВИТИЕ МОРФОЛОГИИ ЧАСТИЦ



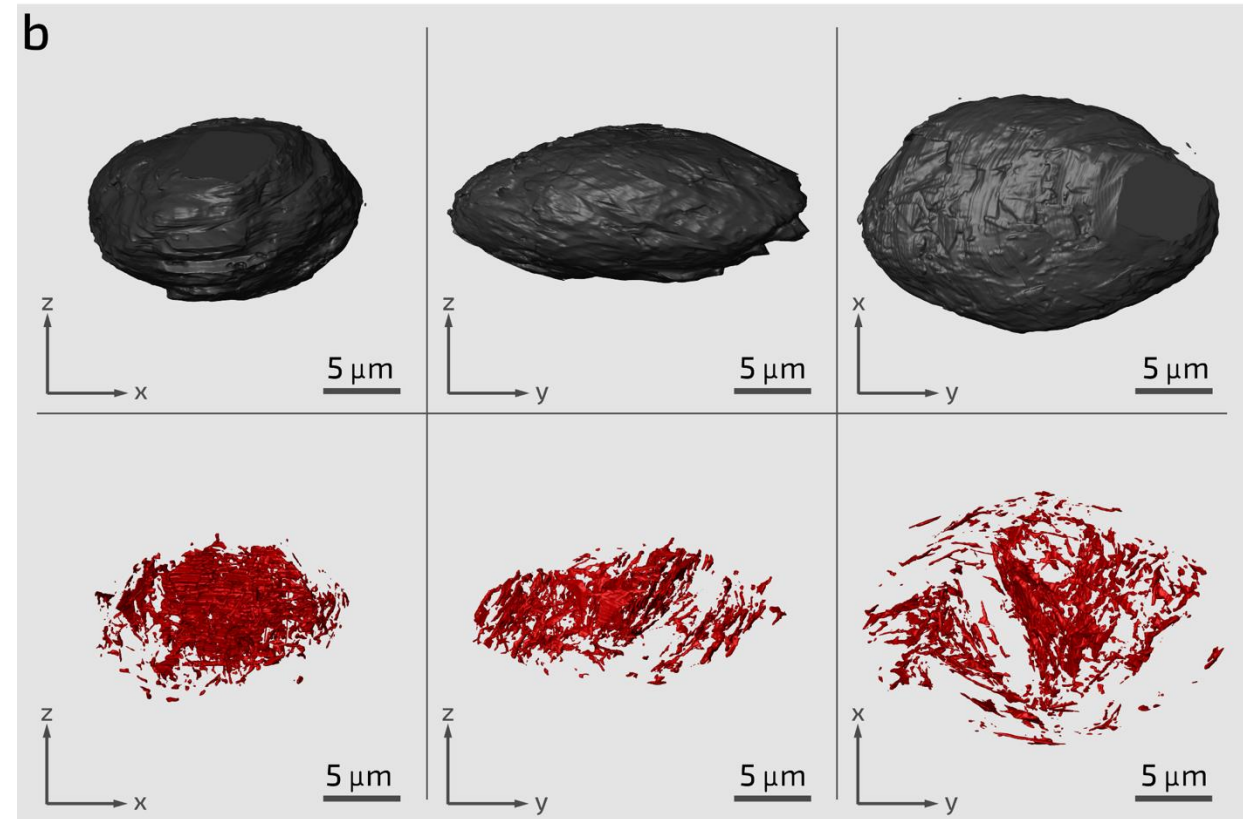
Изображения СЭМ частиц графита в разрезе после (a) 1 прохода, (b) 10 проходов мельницы

ИЗМЕНЕНИЕ ПОРИСТОСТИ ЧАСТИЦ

Реконструкции частиц и пор после (a) одного прохода, (b) десяти проходов через мельницу

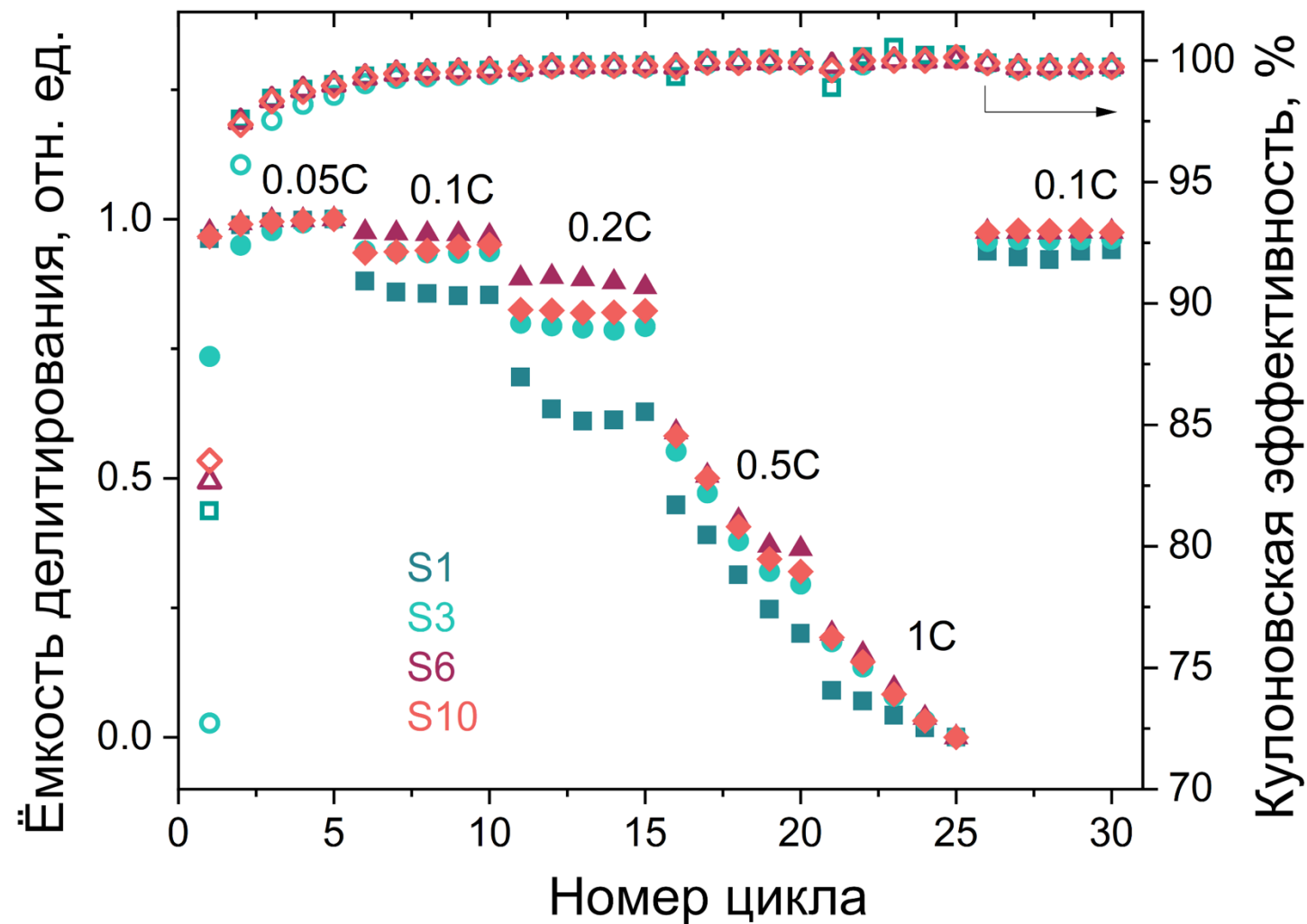


Пористость 4.4%



Пористость 2.1%

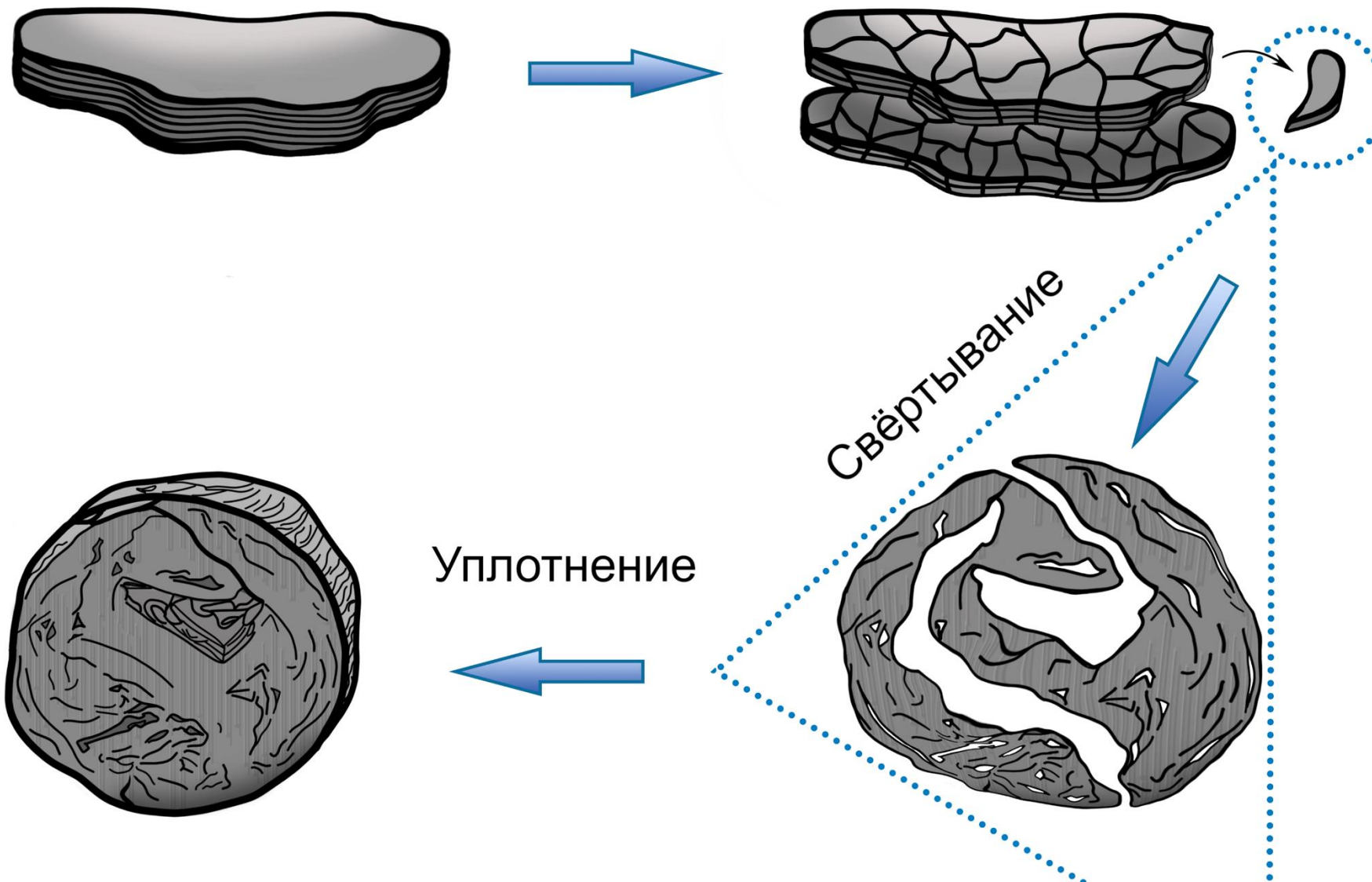
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРАФИТА



Полуячейка против Li, электролит 1M LiPF₆ в EC:DEC (1:1 об.), 0.01 – 1.5 В, 1C = 360 мА/г

ПРЕВРАЩЕНИЯ ЧАСТИЦ ПРИ СФЕРОИДИЗАЦИИ

Измельчение и расщепление



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ