

*Институт электрофизики УрО РАН
Лаборатория комплексных электрофизических исследований*

**ВЛИЯНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОГО ЙОДА НА
ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
СУСПЕНЗИЙ ДЛЯ
ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ**

Аспирант: Русакова Д.С.

Научный руководитель: к.х.н., с.н.с. Калинина Е.Г.

Цель работы: исследование свойств суспензии SDC при добавлении молекулярного йода концентрацией 0-1 г/л

Задачи работы:

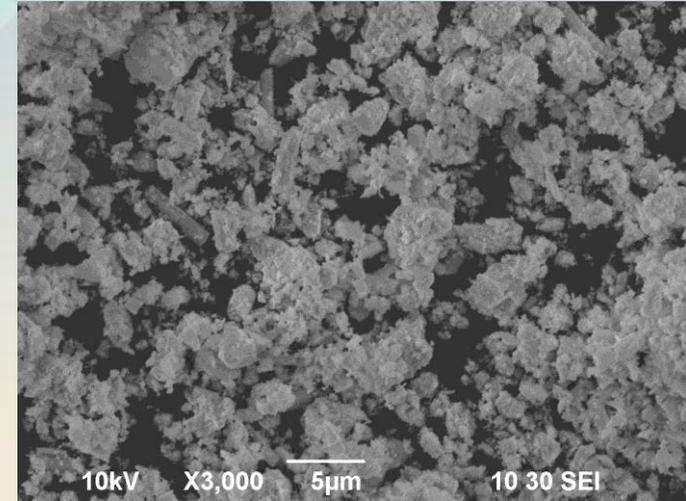
- Изучение влияния содержания молекулярного йода на электрокинетические свойства (дзета-потенциал, pH) суспензии SDC;
- Установление закономерностей роста покрытий при ЭФО из суспензии SDC при увеличении концентрации добавленного йода;
- Выявление особенностей осаждения из суспензии SDC с высоким содержанием йода (1 г/л) при варьировании напряжения осаждения;
- Сравнение зависимостей дзета-потенциала от концентрации добавленного йода в суспензии SDC с применением методов электроакустического анализа и электрофоретического рассеяния света.

Методы исследования

- Низкотемпературная сорбция паров азота (метод БЭТ, анализатор TriStar 3000, Micrometrics, США)
- Рентгенофазовый анализ (дифрактометр D8 DISCOVER, Bruker AXS, Германия)
- Сканирующая электронная микроскопия (JSM-6390 LA, JEOL, Япония)
- Просвечивающая электронная микроскопия (JEM 2100, JEOL, Япония)
- Электроакустический метод измерения электрокинетического ζ -потенциала (DT-300, США)
- Метод динамического рассеяния света измерения электрокинетического ζ -потенциала (ZetaPlus, Brookhaven Instruments Corporation, США)
- Электрофоретическое осаждение (специализированная программно-управляемая установка, Россия)
- Оптическая микроскопия (ST-VS-520, Россия)

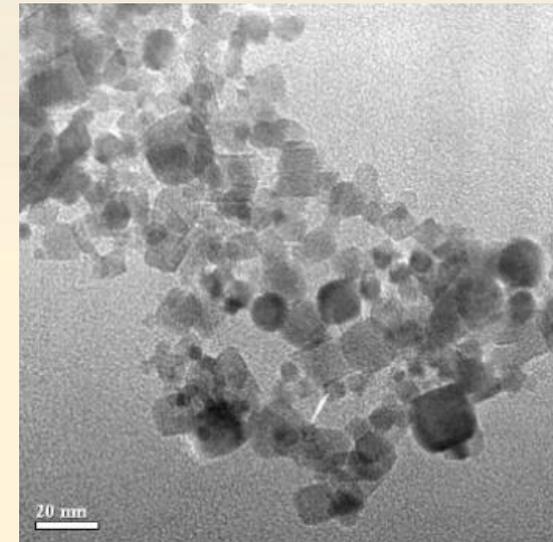
Характеристика порошков $\text{Ce}_{0.8}\text{Sm}_{0.2}\text{O}_{2-\delta}$ (SDC)

- Порошок **SDC-м** был получен методом горения из растворов;
- Удельная поверхность порошка SDC-м составила $12 \text{ м}^2/\text{г}$;
- По данным РФА порошок являлся однофазным: кубическая структура (пр. гр. Fm-3m (225)) с параметром решетки $a = 5.431(1) \text{ \AA}$.



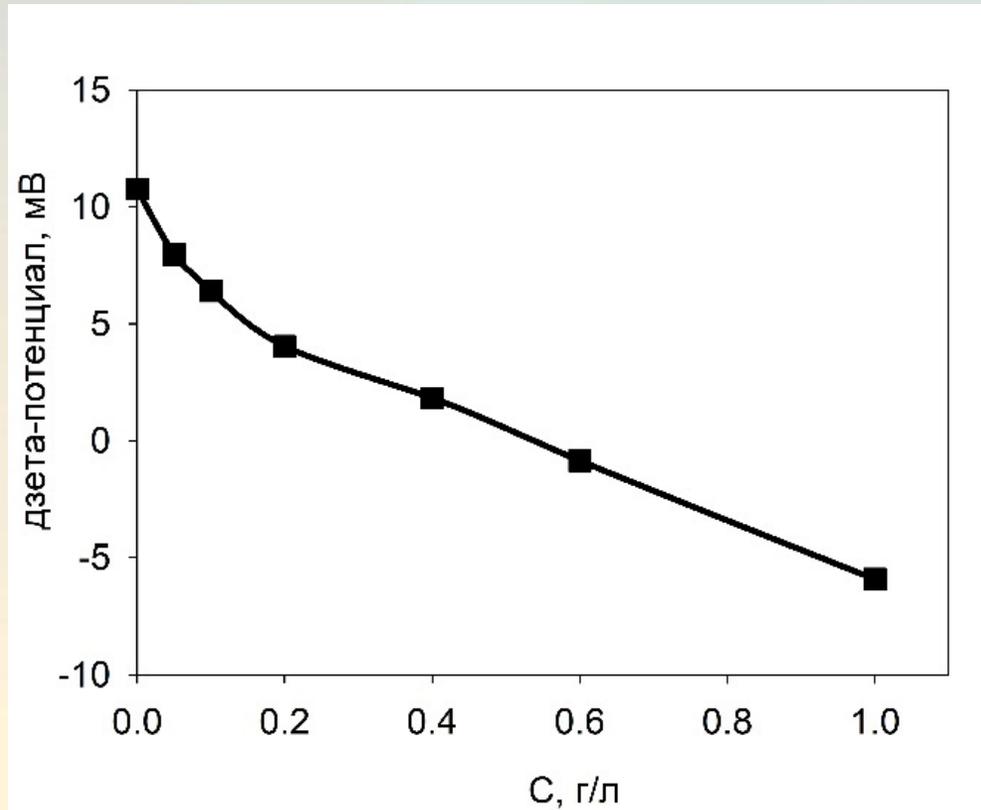
СЭМ-изображение частиц **SDC-м**

- Порошок **SDC-н** был получен методом лазерного испарения и конденсации;
- Удельная поверхность порошка SDC-н составила $83 \text{ м}^2/\text{г}$;
- По данным РФА порошок являлся однофазным: кубическая структура (пр. гр. Fm-3m (225)) с параметром решетки $a = 5.439(3) \text{ \AA}$.

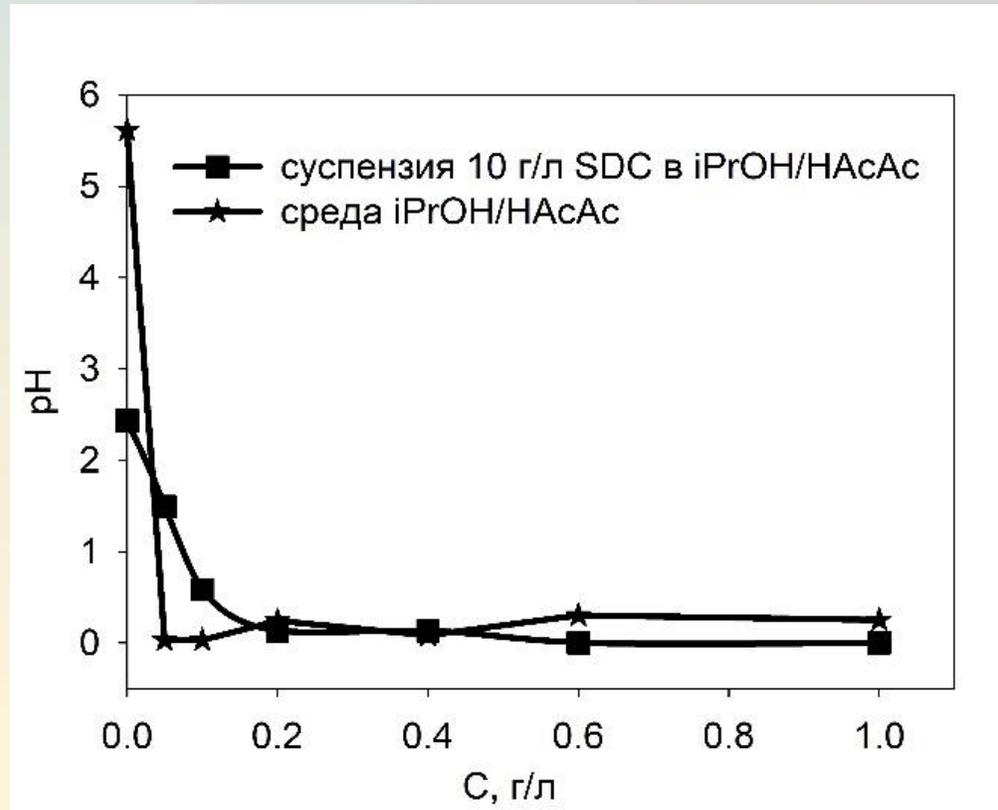


ПЭМ-изображение частиц **SDC-н**

Изменение дзета-потенциала суспензий порошка SDC при внесении зарядового агента - молекулярного йода

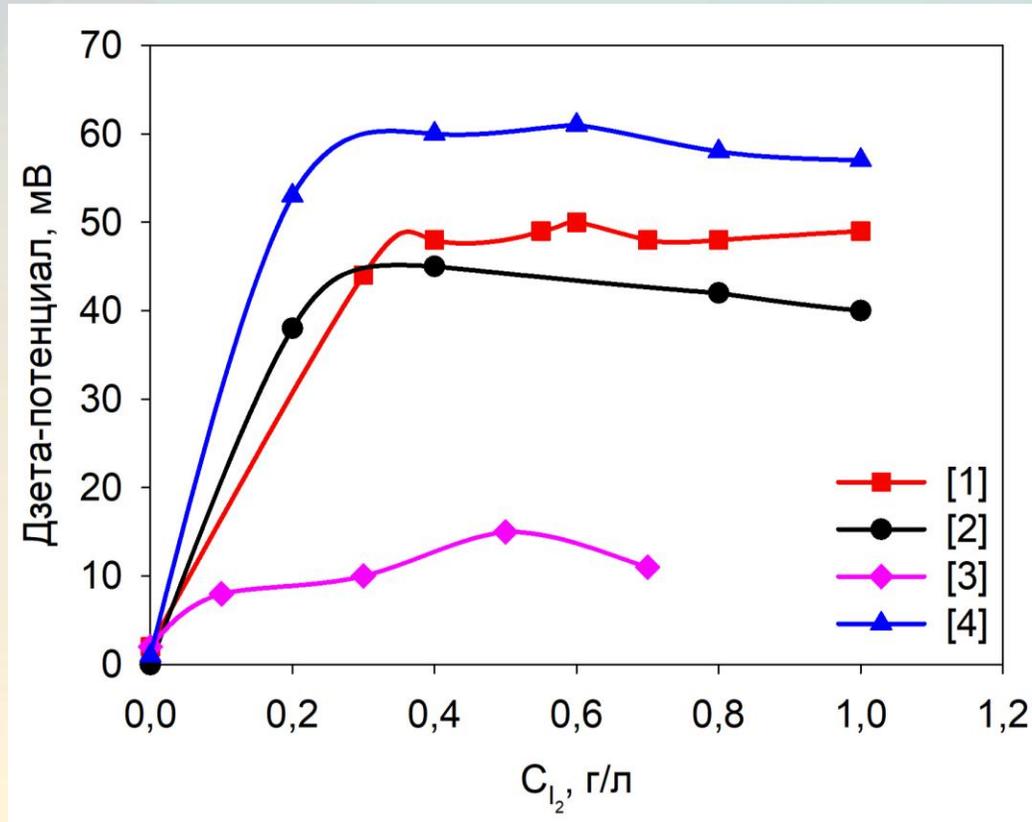


Зависимость дзета-потенциала от концентрации йода в суспензии 10 г/л SDC.

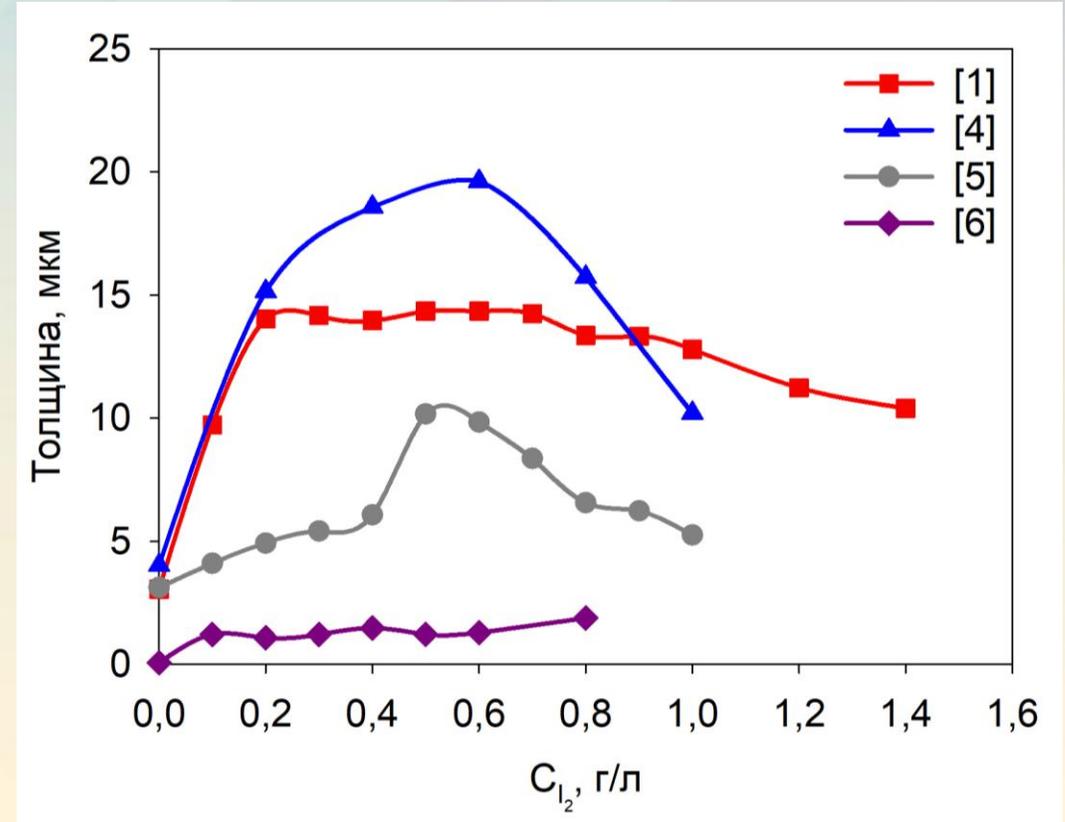


Зависимость pH от концентрации йода в суспензии 10 г/л SDC и дисперсионной среде iPrOH/HAcAc (90/10 об. %).

Механизм влияния йода на дзета-потенциал суспензий



Зависимости дзета-потенциала от концентрации йода в неводных суспензиях на основе порошков керамических материалов



Зависимости толщины керамических ЭФО-покрытий от концентрации йода в неводных суспензиях

[1] Ishihara T. et al. <https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.2000.tb01491.x>.

[2] Khanali O. et al. <http://dx.doi.org/10.1080/02670844.2016.1259730>.

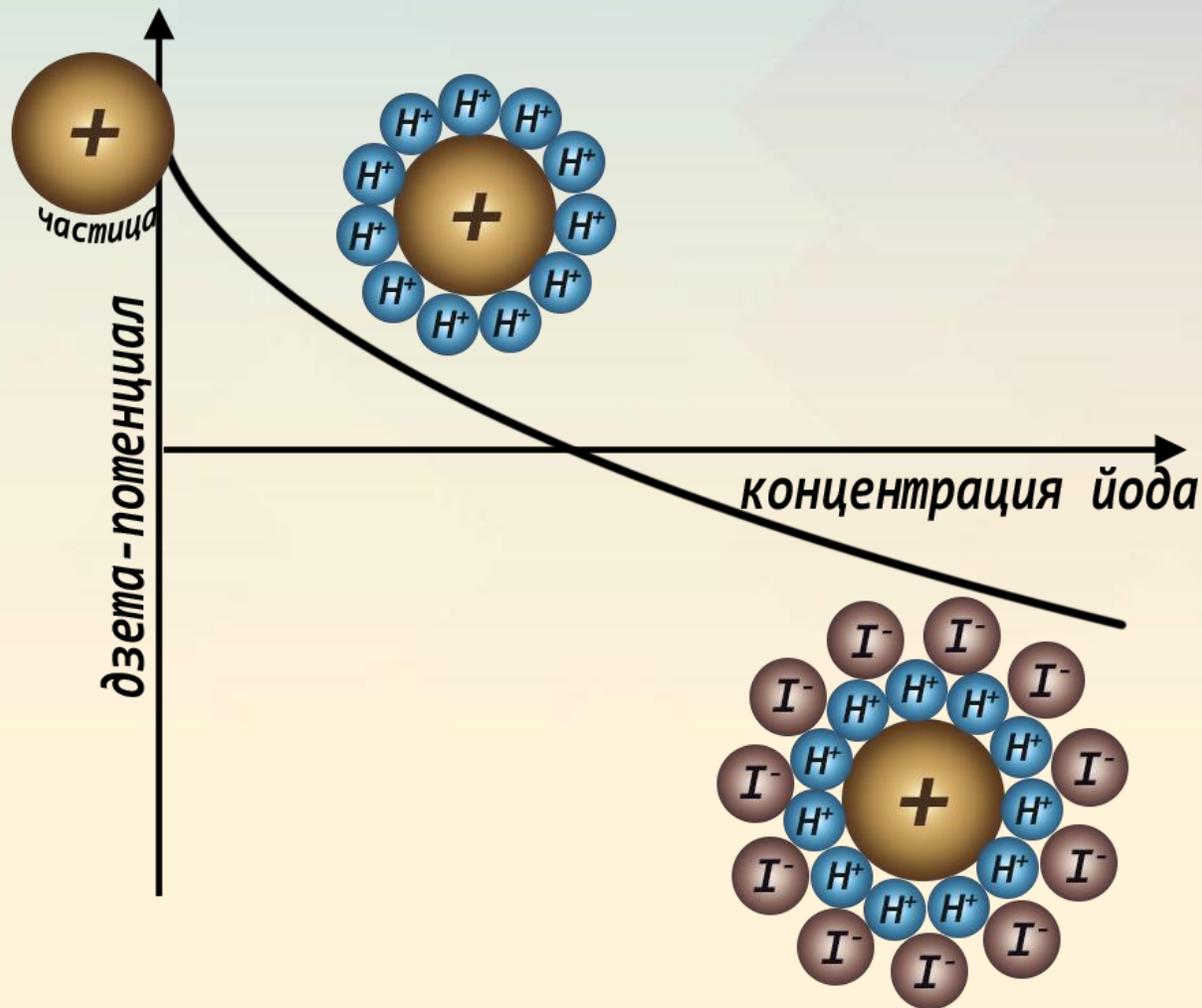
[3] Jia L. et al. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2005.12.065>.

[4] Chen F. et al. [https://doi.org/10.1016/S0955-2219\(00\)00195-3](https://doi.org/10.1016/S0955-2219(00)00195-3).

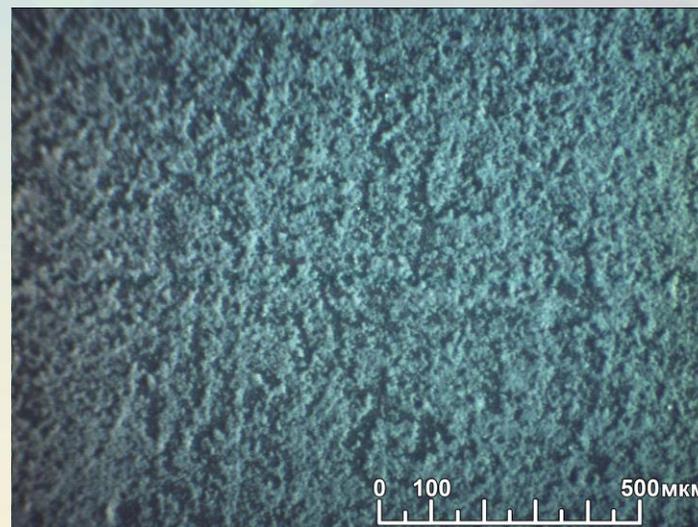
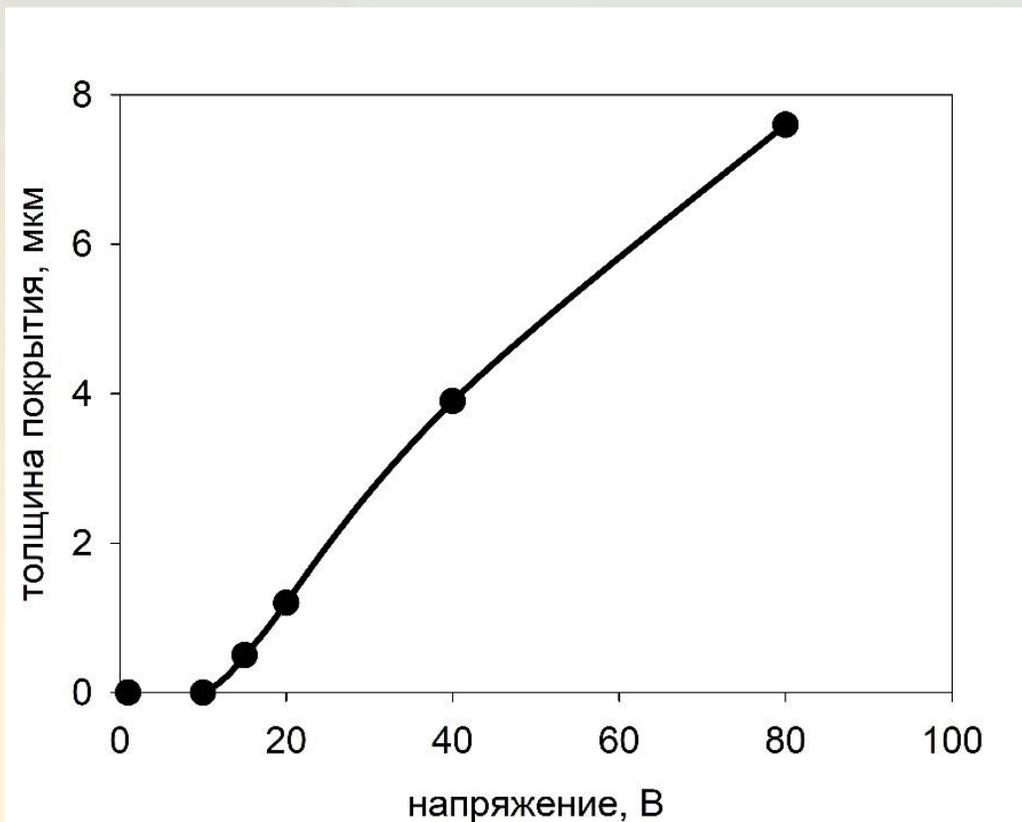
[5] Oskouyi O. E. et al. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2019.04.334>.

[6] Bozza F. et al. <https://doi.org/10.1002/fuce.200800022>.

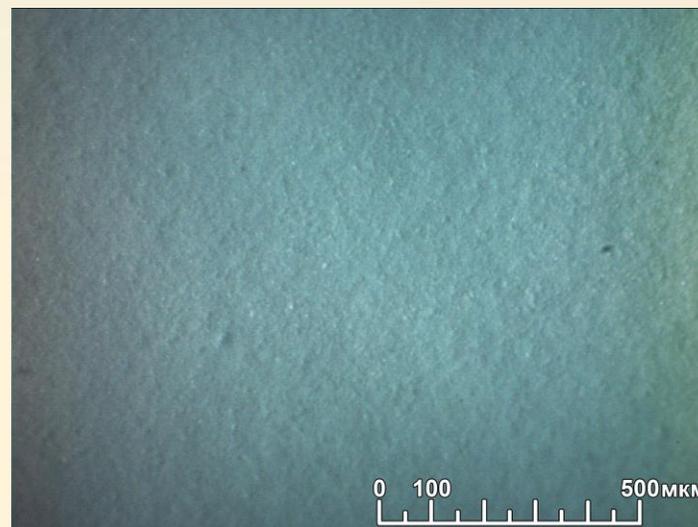
Эффект инверсии дзета-потенциала в суспензии SDC с увеличением концентрации йода



Исследование влияния напряжения при ЭФО из суспензии 10 г/л SDC в среде *i*PrOH/НАсАс (90/10 об. %) без добавления йода

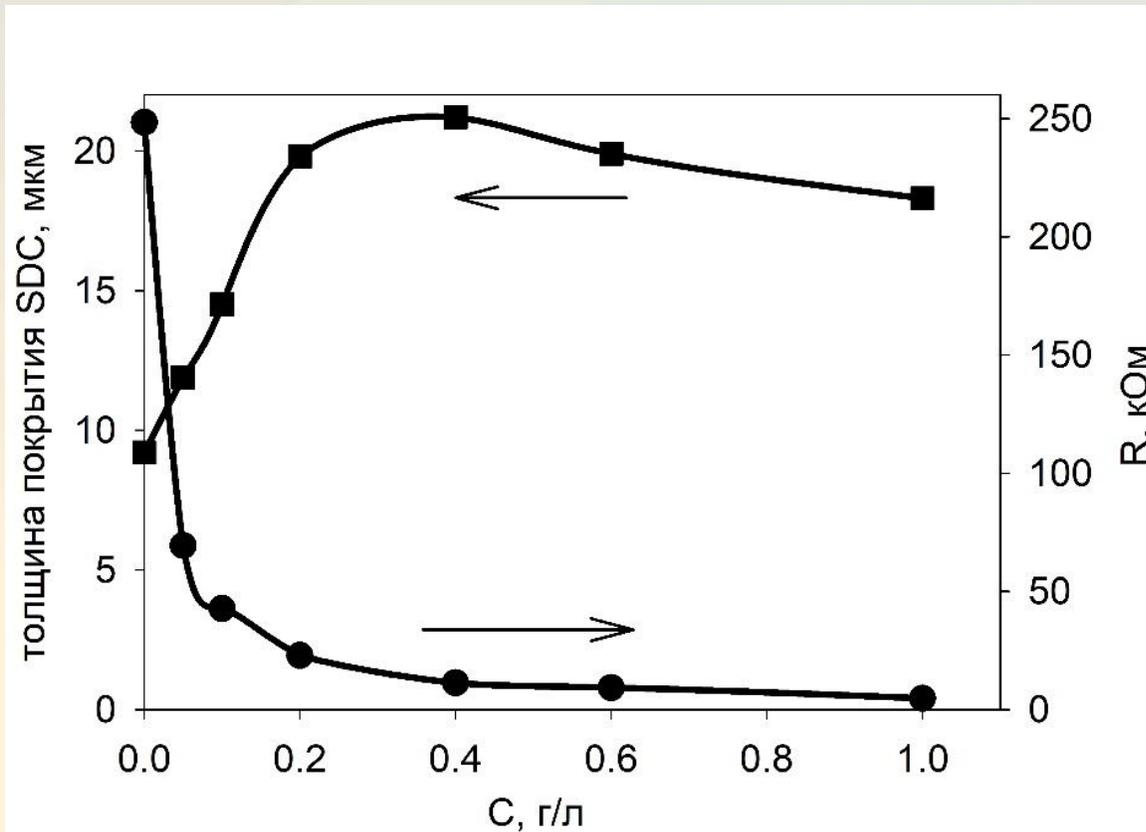


Оптическое фото образца, полученного методом ЭФО из суспензии SDC без добавки йода при напряжении **15 В** (1 мин).



Оптическое фото образца, полученного методом ЭФО из суспензии SDC без добавки йода при напряжении **80 В** (1 мин).

Закономерности роста покрытий при ЭФО (напряжение 80 В) из суспензии 10 г/л SDC в среде $iPrOH/HAcAc$ (90/10 об. %) при увеличении концентрации добавленного йода

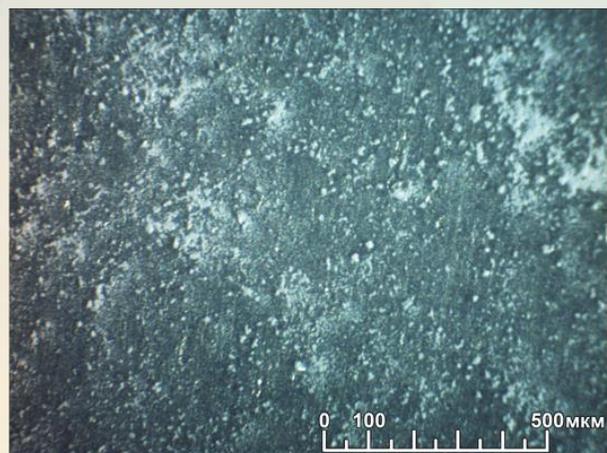


Изменение толщины ЭФО покрытия SDC и сопротивления суспензии при увеличении концентрации йода при осаждении в режиме постоянного напряжения 80 В, 1 мин.

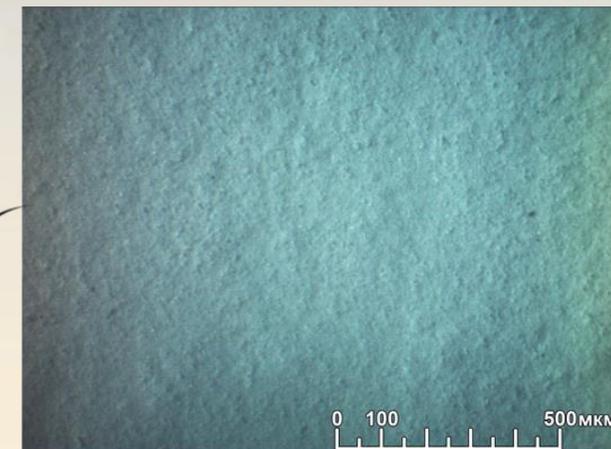
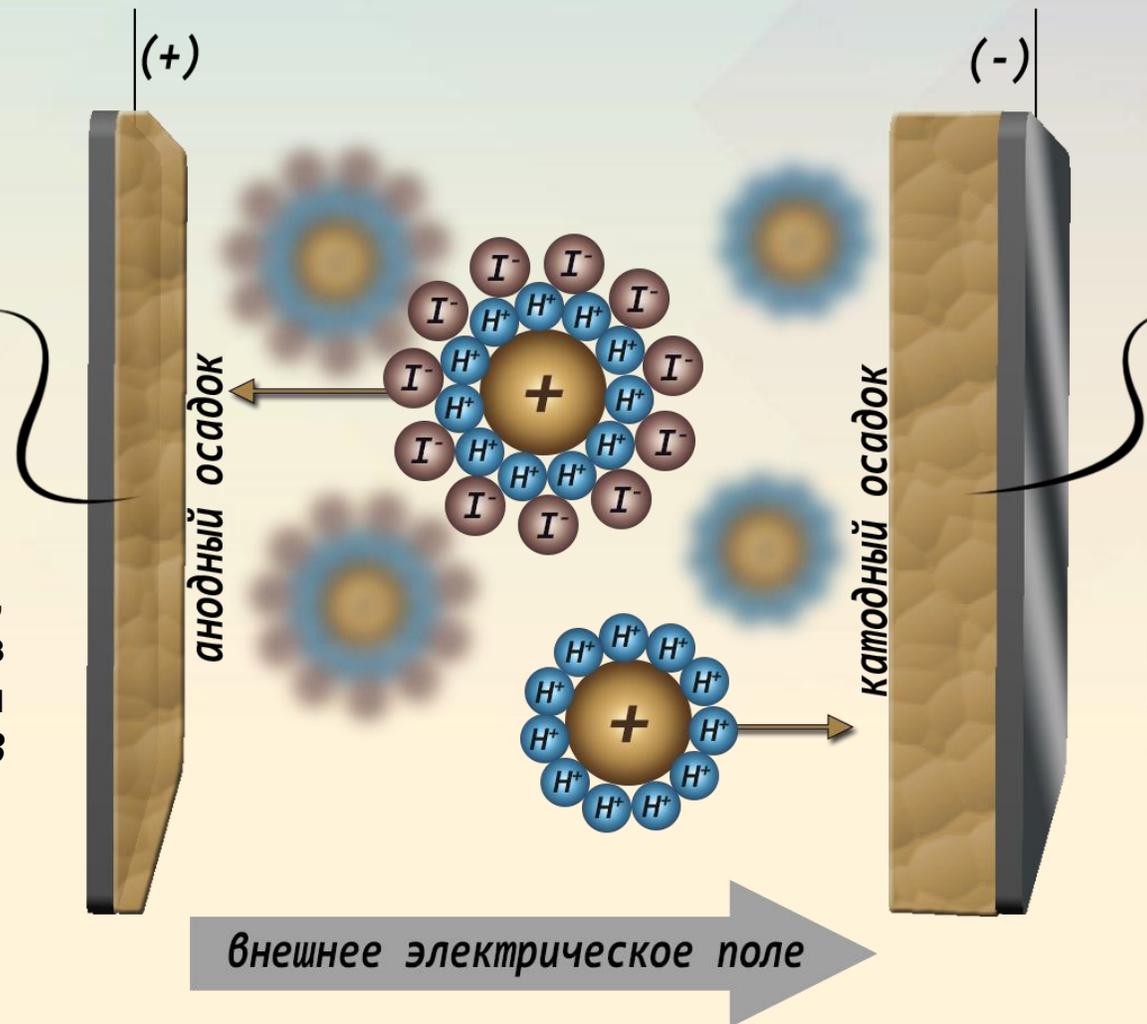
Особенности морфологии и толщина осадка SDC при различном напряжении ЭФО, формируемого на катоде/аноде из суспензии 10 г/л SDC с содержанием йода 1 г/л

Напряжение, В	Электрод	Особенности морфологии осадка	Толщина, мкм
1	Катод	-	-
	Анод	Единичные частицы SDC, йод	-
2	Катод	-	-
	Анод	Скопление частиц SDC, йод	-
4	Катод	-	-
	Анод	Единичные частицы SDC, йод	-
6	Катод	Фрагментарный осадок SDC	1.7
	Анод	Скопление частиц SDC, йод	-
8	Катод	Фрагментарный осадок SDC	0.8
	Анод	йод	-
10	Катод	Фрагментарный осадок SDC	2.2
	Анод	йод	-
15	Катод	Фрагментарный осадок SDC	1.3
	Анод	йод	-
20	Катод	Сплошное покрытие SDC	5.8
	Анод	йод	-
40	Катод	Сплошное покрытие SDC	11.2
	Анод	йод	-

Особенности осаждения из суспензии SDC с высоким содержанием йода (1 г/л) при варьировании напряжения осаждения

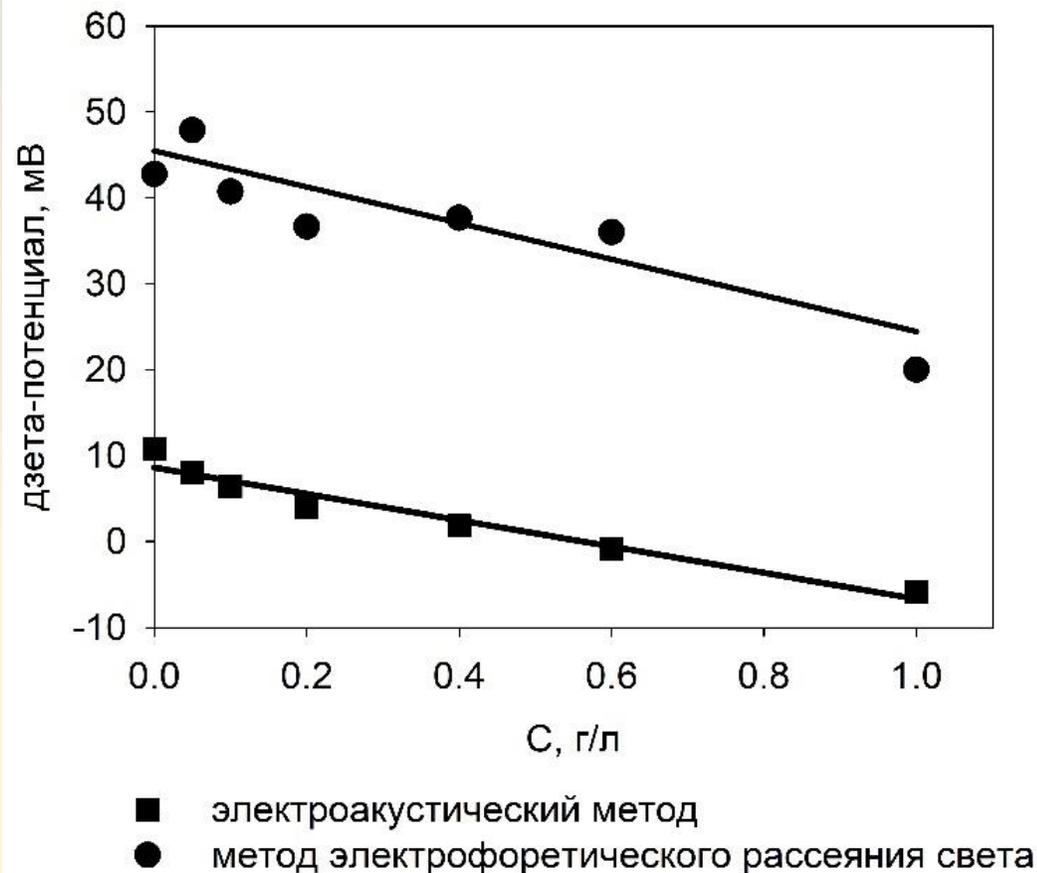


Оптическое фото **анода**, полученного методом ЭФО из суспензии SDC с добавкой йода (1 г/л) при напряжении **6 В**



Оптическое фото **катода**, полученного методом ЭФО из суспензии SDC с добавкой йода (1 г/л) при напряжении **20 В**

Сравнительные исследования зависимости дзета-потенциала от концентрации добавленного йода в суспензии SDC с применением методов электроакустического анализа и электрофоретического рассеяния света



Зависимости дзета-потенциала суспензии SDC от концентрации добавленного йода, измеренные электроакустическим методом и методом ЭФРС

Выводы

- Установлено, что зависимость дзета-потенциала от концентрации йода является убывающей, а величина дзета-потенциала и эффективный заряд частиц в суспензии зависят от напряженности внешнего электрического поля.
- Показано, что рост толщины покрытия при увеличении количества добавленного йода происходил до значения концентрации 0.4 г/л, что коррелирует с изменением сопротивления суспензии. При дальнейшем увеличении концентрации йода толщина покрытия уменьшалась.
- Выявлен эффект инверсии знака дзета-потенциала, измеренного электроакустическим методом, а также продемонстрировано изменение направленности процесса ЭФО при изменении напряжения осаждения.
- Показано, что измерения дзета-потенциала с использованием электроакустического метода и электрофоретического рассеяния света приводят к различию измеренных значений на постоянную составляющую при наличии общей тенденции понижения дзета-потенциала с увеличением концентрации йода.

По результатам работы подготовлена статья, которая находится в печати:

Калинина Е. Г., Русакова Д. С., Терзиян Т. В. Влияние молекулярного йода на электрокинетические свойства суспензий для электрофоретического осаждения // **Журнал физической химии.** – 2024 (в печати).

Спасибо за внимание!