

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ ПАЛЛАДИЕВЫХ НАНОЧАСТИЦ.

Материалы, обладающие наноразмерными структурами, имеют особые физические и химические свойства. В современной литературе описано множество методов наноструктурирования, например, синтез с использованием жестких шаблонов [1] или реактивное ионное травление [2]. Также встречается описание электрохимических методов синтеза наночастиц [3]. Технология метода электрохимического наноструктурирования заключается в следующем: путём анодной обработки получаем наноперфорированную алюминиевую фольгу. Затем на полученную матрицу путем электрохимического восстановления осаждают никелевый слой из раствора его соли с образованием структур заданной морфологии. Далее алюминий удаляется концентрированным раствором щёлочи, при этом образуется реплика, обладающая развитой поверхностью. В дальнейшей работе мы модифицировали полученную наноструктурированную поверхность частицами палладия за счёт дополнительной электрохимической обработки (рисунок 1).

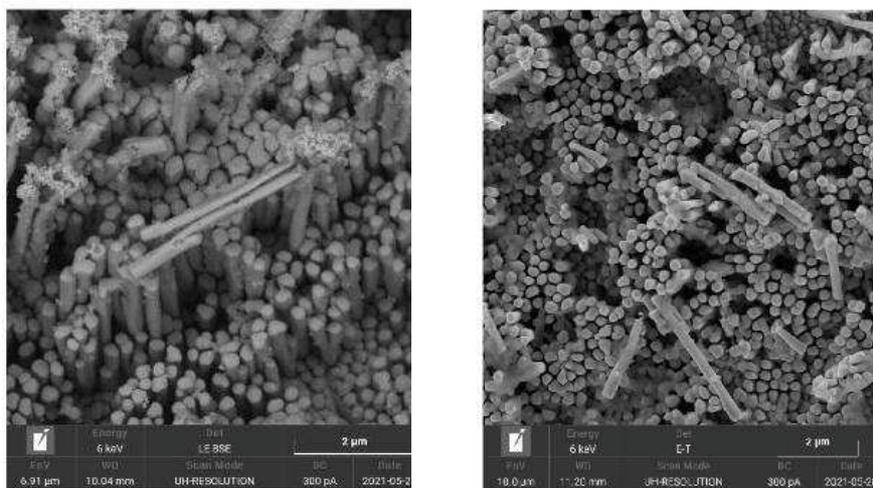


Рисунок 1. Снимки СЭМ (сканирующий электронный микроскоп) никелевых наноструктур, модифицированных частицами Pd⁰.

Полученный материал был исследован на СЭМ с возможностью элементного анализа методом спектроскопии отражения рентгеновских лучей. Таким образом подтверждалась успешная модификация палладиевыми наночастицами (рисунок 2).

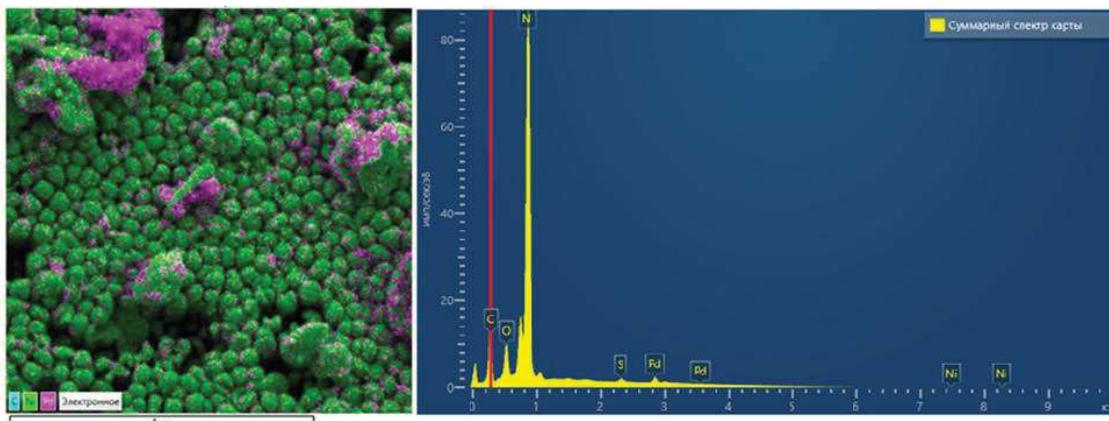


Рисунок 2. Результаты элементного рентгеновского анализа образца модифицированного никелевого материала

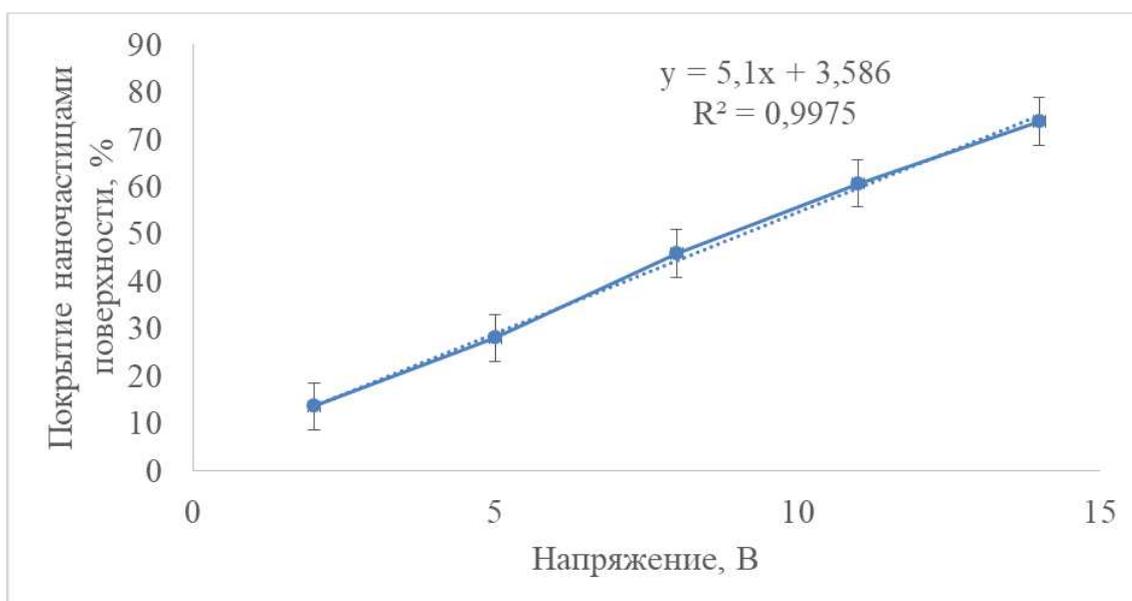


Рисунок 3. Влияние напряжения на распределение образующихся наночастиц

При высаживании наночастиц палладия на поверхность никеля была обнаружена проблема, связанная с необходимостью параметрического моделирования процесса. Без этого невозможно создание оптимально модифицированного наноматериала. В данной работе представлена часть модели, касающаяся влияния напряжения подаваемого в электрохимическую ячейку на процессы формирования

палладиевых наночастиц на поверхности наноструктурированного никеля.

Влияние напряжения на процесс образования наночастиц исследовалось по двум параметрам: плотность распределения наночастиц по видимой поверхности наноструктур (рисунок 3) и средний диаметр наночастиц (рисунок 4).

В результате была получена линейная зависимость плотности покрытия поверхности никелевых наноструктур наночастицами палладия от подаваемого напряжения на электрохимическую ячейку при катодной обработке материала.

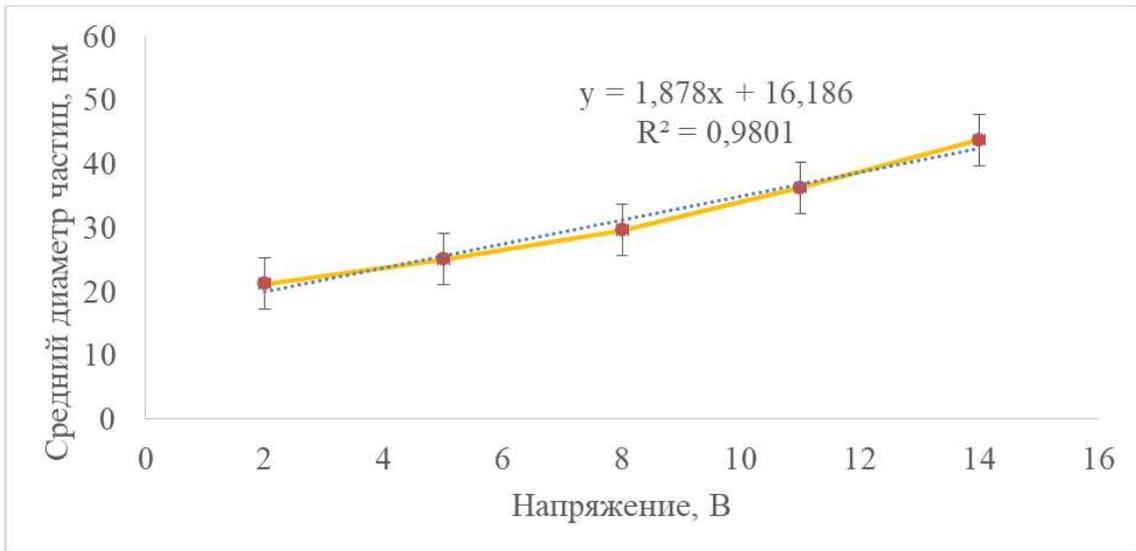


Рисунок 4. Влияние напряжения на размер образующихся наночастиц

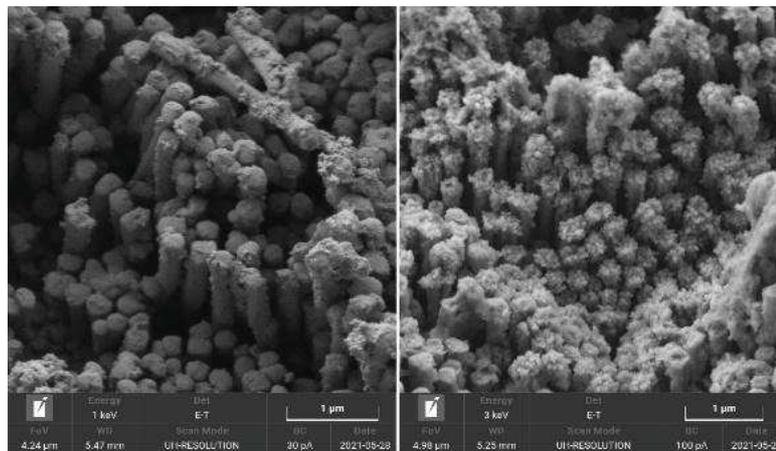


Рисунок 5. Сравнение модифицированных поверхностей при $U=2$ В и $t=1$ с (слева) и $U=14$ В и $t=1$ с (справа)

В свою очередь была выявлена линейная зависимость среднего диаметра палладиевых наночастиц от подаваемого напряжения, при которой с увеличением напряжения наблюдалось незначительное увеличение размера наночастиц.

По полученным результатам при увеличении напряжения происходило быстрое увеличение количества наночастиц палладия образующихся на поверхности (рисунок 5).

В перспективе нашей научной группой планируется ведение исследований, направленных на построение остальных частей параметрической модели данного процесса, а именно исследование влияния времени экспозиции, температуры электролита, природы электролита, концентрации ионов палладия и наличия различных добавок. Данный процесс представляется нам крайне перспективным, как один из этапов технологического процесса при изготовлении электродных материалов для электрохимических сенсоров и топливных элементов, а также высокоэффективных и экономически выгодных катализаторов гидрирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Synthesis of Graphitic Mesoporous Carbon from Metal Impregnated Silica Template for Proton Exchange Membrane Fuel Cell Application / Sultana¹ K. N., D.Worku¹, M. T. Z. Hossain², S. Ilias. // FUEL CELLS (c). – 2019.– Vol.19, N. 1. – P. 27-34. – doi: 10.1002/fuce.201800034

2. Bioinspired micro/nanostructured surfaces prepared by femtosecond laser direct writing for multi-functional applications / Guoqiang Li, Jiawen Li, Yanlei Hu, Chenchu Zhang, Xiaohong Li, Jiaru Chu, Wenhao Huang. // International Journal of Extreme Manufacturing (c). – 2020.– Vol.2, N. 3. – P. 032002. – doi: 10.1088/2631-7990/ab95f6.

3. Manufacturing of nanopillar (ultra-dispersed) catalytically active materials through chemical engineering. / Antropov A.P., Zaytsev N.K., Ryabkov Ye.D., Yashtulov N.A., Mudrakova // P.N. Tonk. Khim. Tekhnol. = Fine Chem. Technol. 2021;16(2):105–112 (Russ., Eng.). <https://doi.org/10.32362/2410-6593-2021-16-2-105-112>.