

## ВЛИЯНИЕ ДОПИРОВАНИЯ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ЦЕРИЯ ИОНАМИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ НА ПРОЯВЛЯЕМУЮ БИОКАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ

Офицерова Н.Ю.<sup>1</sup>, Бажукова И.Н.<sup>1</sup>, Мышкина А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия  
E-mail: n.ofitserova@mail.ru

## EFFECT OF CERIUM DIOXIDE NANOPARTICLES DOPING WITH RARE EARTH METAL IONS ON THE BIOCATALYTIC ACTIVITY

Ofitserova N.Yu.<sup>1</sup>, Bzhukova I.N.<sup>1</sup>, Myshkina A.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Nanocrystalline ceria takes active part in redox processes. Doping with rare earth ions modifies biocatalytic activity due to the change of the surface oxidation level and the number of oxygen vacancies. The results of a study of catalytic activity of pure and doped CeO<sub>2</sub> nanoparticles are presented.

В настоящее время активно развивается область нанобиотехнологий. Одним из перспективных материалов для применения в медико-биологической отрасли является нанокристаллический диоксид церия, способный проявлять разнообразную биологическую активность в живых системах благодаря присущим ему физико-химическим свойствам в наносостоянии [1]. Структура наночастиц включает в себя кислородные вакансии и смешанные валентные состояния Ce<sup>3+</sup> и Ce<sup>4+</sup>, что обеспечивает окислительно-восстановительную активность. Возможность перехода между этими состояниями делает наночастицы способными участвовать в нескольких редокс-циклах.

Важное значение имеет антиоксидантная активность наночастиц, поскольку свободные радикалы оказывают повреждающее действие на белки, инициируют перекисное окисление липидов, вызывают повреждения ДНК - организм подвергается окислительному стрессу, приводящему к множеству заболеваний, гибели клеток, старению. Наночастицы диоксида церия способны выполнять роль ферментов естественной антиоксидантной системы организма и нейтрализовать активные формы кислорода и азота, такие как супероксид-анион, пероксид водорода, гидроксильный радикал, нитрозил-радикал и пероксинитрит [2]. Отмечается, что наряду с исследованиями, демонстрирующими антиоксидантные свойства наночастиц, существуют работы, в которых были зафиксированы прооксидантные эффекты влияния CeO<sub>2</sub> [3] или отсутствие каталитической активности по отношению к клеткам [4].

Окислительно-восстановительные свойства, обуславливающие биологическую активность наночастиц, связаны с образованием кислородных вакансий на

поверхности частицы, изменением содержания ионов  $\text{Ce}^{3+}$  и подвижностью кислорода в кристаллической решетке [5]. Одним из способов модификации степени окисления поверхности и увеличения кислородных вакансий является допирование наночастиц ионами трехвалентных редкоземельных металлов.

Целью работы является обзор и анализ литературных данных о влиянии легирования наночастиц на их структуру и, как следствие, проявляемую активность, а также исследование проявляемой мультиферментативной активности для чистых образцов и образцов, легированных ионами следующих редкоземельных элементов: Er, Yb, Sm.

Результаты исследования показали, что легирование наночастиц  $\text{CeO}_2$  ионами трехвалентных редкоземельных металлов приводит к повышению антиоксидантной активности нанокристаллического диоксида церия по сравнению с чистыми образцами благодаря увеличению числа кислородных вакансий и соотношения  $\text{Ce}^{3+}/\text{Ce}^{4+}$  в структуре кристаллической решетки наночастиц. Дальнейшее изучение механизма легирования ионами трехвалентных редкоземельных металлов наночастиц диоксида церия позволит осуществлять регулируемое настраивание валентного отношения и возможности перехода между валентными состояниями  $\text{Ce}^{3+}$  и  $\text{Ce}^{4+}$ , а также числа кислородных вакансий на поверхности. Эти параметры влияют на биологическую активность и являются критическими для получения наноматериалов с заданными характеристиками для конкретного медицинского применения.

1. Dhall A., Self W. Cerium oxide nanoparticles: a brief review of their synthesis methods and biomedical applications. *Antioxidants* 7(8), 97 (2018).
2. Nelson B. C. et al. Antioxidant cerium oxide nanoparticles in biology and medicine. *Antioxidants* 5(2), 15 (2016).
3. Ranjbar A. et al. Role of cerium oxide nanoparticles in a paraquat-induced model of oxidative stress: emergence of neuroprotective results in the brain. *Journal of Molecular Neuroscience* 66(3), 420-427 (2018).
4. Hardas S. S. et al. Brain distribution and toxicological evaluation of a systemically delivered engineered nanoscale ceria. *Toxicological sciences* 116(2), 562-576 (2010).
5. Gupta A. et al. Controlling the surface chemistry of cerium oxide nanoparticles for biological applications. *Journal of Materials Chemistry B*. 4(19), 3195-3202 (2016).