

# ТОКСИЧНЫЕ, ПРООКСИДАНТНЫЕ И АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ. БИОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ МОНИТОРИНГ *IN VITRO*

Е.С. Ковель<sup>1,2,3\*</sup>, Л.С. Бондаренко<sup>4</sup>,  
К.А. Кыдралиева<sup>4</sup>, Г.И. Джардималиева<sup>4,5</sup>, Э. Илия<sup>6</sup>,  
Э. Томбач<sup>6</sup>, А.С. Сачкова<sup>7</sup>, Н.Г. Внукова<sup>2</sup>,  
ГН. Чурилов<sup>2</sup>, А.Г. Кичеева<sup>3</sup>, Н.С. Кудряшева<sup>1,8†</sup>

<sup>1</sup>*Институт биофизики СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН,  
Красноярск, Россия*

<sup>2</sup>*Институт физики СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН,  
Красноярск, Россия*

<sup>3</sup>*ФИЦ КНЦ СО РАН,  
Красноярск, Россия*

<sup>4</sup>*Московский авиационный институт,  
Москва, Россия*

<sup>5</sup>*Институт проблем химической физики РАН,  
Черноголовка, Московская область, Россия;*

<sup>6</sup>*Университет Сегеда,  
Сегед, Венгрия*

<sup>7</sup>*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Томск, Россия*

<sup>8</sup>*Сибирский Федеральный университет,  
Красноярск, Россия*

В настоящее время синтез и применение наночастиц опережают исследования их свойств. Известно, что фуллеренолы (углеродные наночастицы) являются перспективной основой для разработки лекарственных препаратов, наночастицы магнетита ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) широко используются в качестве адсорбентов для извлечения экотоксикантов из сточных и природных вод. В данной работе использовали физико-химический подход (в качестве модели применяли простой биотест на основе системы сопряженных ферментативных реакций, где тестовый параметр – интенсивность люминесценции), основанный на соотношениях “структура-функция”, который позволяет прогнозировать токсичные, прооксидантные и антиоксидантные свойства наночастиц. Эти соотношения могут быть полезны в дальнейших прикладных исследованиях.

Изучена биологическая активность ряда фуллеренолов ( $\Phi$ ) с различным числом кислородных заместителей [1], а также немодифицированных и модифицированных наночастиц магнетита (НМ) [2]. Нами было выявлено, что все  $\Phi$  оказывали токсичное действие при высоких концентрациях, суспензии немодифицированного  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  оказывали ингибирующее действие при низких концентрациях, тогда как НМ с модифицированной поверхностью не влияли на

---

\* kkoval@yandex.ru

† © Ковель Е.С., Бондаренко Л.С., Кыдралиева К.А., Джардималиева Г.И., Илия Э., Томбач Э., Сачкова А.С., Внукова Н.Г., Чурилов ГН., Кичеева А.Г., Кудряшева Н.С., 2021

ферментативную активность. В условиях окислительного стресса (т.е. в растворах модельного окислителя – 1,4-бензохинона) Ф проявляли антиоксидантную активность в более низких и сверхнизких концентрациях, в то время как НМ не проявляли антиоксидантной активности, более того, НМ, модифицированные гуминовыми кислотами, проявляли дополнительную ингибирующую активность (т.е. прооксидантный эффект). Более низкая токсичность и более высокая антиоксидантная активность наблюдалась в растворах Ф с меньшим количеством кислородных заместителей.

Таким образом, биолюминесцентная ферментативная система является удобным инструментом для (1) отбора углеродных наночастиц надлежащей биологической активности и (2) оценки биодоступности ионов железа в природных водных дисперсиях магнетита, ферригидрита и др.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, Правительства Красноярского края и Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта № 20-44-243001; РФФИ № 18-29-19003мк.

### Список литературы

1. Kovel, E.S.; Sachkova, A.S.; Vnukova, N.G.; Churilov, G.N.; Knyazeva, E.M.; Kudryasheva, N.S. Antioxidant activity and toxicity of fullerenols via bioluminescence signaling: Role of Oxygen substituents. *Int. J. Mol. Sci.* 2019, 20, 2324. DOI: 10.3390 / ijms20092324.
2. Bondarenko L.S., Kovel E.S., Kydralieva K.A., Dzhardimalieva G.I., Illé E., Tombácz E., Kicheeva A.G., Kudryasheva N.S. Effects of modified magnetite nanoparticles on bacterial cells and enzyme reactions. *Nanomaterials*. 2020. Vol. 10, № 8, 1499. DOI: 10.3390/nano10081499.