

О.В.Сенько¹, Н.А.Степанов¹, И.В.Лягин¹, Г.А.Фролов²,
Н.В.Завьялова³, Е.Н.Ефременко¹
(¹МГУ, г.Москва
²НИТУ "МСИС", г.Москва
³27 НЦ МО РФ, г.Москва)

**ОЦЕНКА БАКТЕРИЦИДНЫХ СВОЙСТВ ЗОЛЕЙ,
СОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦЫ МЕТАЛЛОВ,
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО
ЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ КЛЕТОК
*PHOTOBACTERIUM PHOSPHOREUM***

Фотобактерии активно используются для оценки бактерицидных свойств различных веществ, включая наночастицы оксидов металлов [1]. Использование светящихся бактерий стандартизировано и общепризнано [2]. Преимуществами применения именно иммобилизованных в криогель поливинилового спирта (ПВС) клеток светящихся бактерий для анализа токсичности веществ являются: возможность длительного хранения такого биочувствительного элемента, удобство его использования, снижение нижнего предела определяемых концентраций веществ, имеющих токсичный эффект и ингибирующих биолюминесценции клеток [1, 2].

Бактерицидные свойства спиртозолей и гидрозолей, содержащие наночастицы металлов или их оксидов (Рис. 1) были оценены с использованием биочувствительного элемента на основе бактериальных клеток *Photobacterium phosphoreum*. Наночастицы продемонстрировали различный токсичный эффект в отношении иммобилизованных клеток *P. phosphoreum*.

Очевидно, что максимальным ингибирующим эффектом обладали наночастицы тантала и цинка, причем как в составе спиртозолей, так и в составе гидрозолей. Эти наночастицы цинка и тантала в концентрации 10,3 и 16,4 мг/л, соответственно, подавляли интенсивность свечения иммобилизованных клеток *P. phosphoreum* на 50 %.

Из литературы известно, что наночастицы цинка оказывают ингибирующее воздействие на интенсивность биолюминесценции суспензионных бактериальных клеток *P. phosphoreum* или клеток других светящихся бактерий [3, 4]. Информации по влиянию наночастиц оксида тантала на свечение фотобактерий в открытом доступе не было найдено, и потому было исследовано впервые.

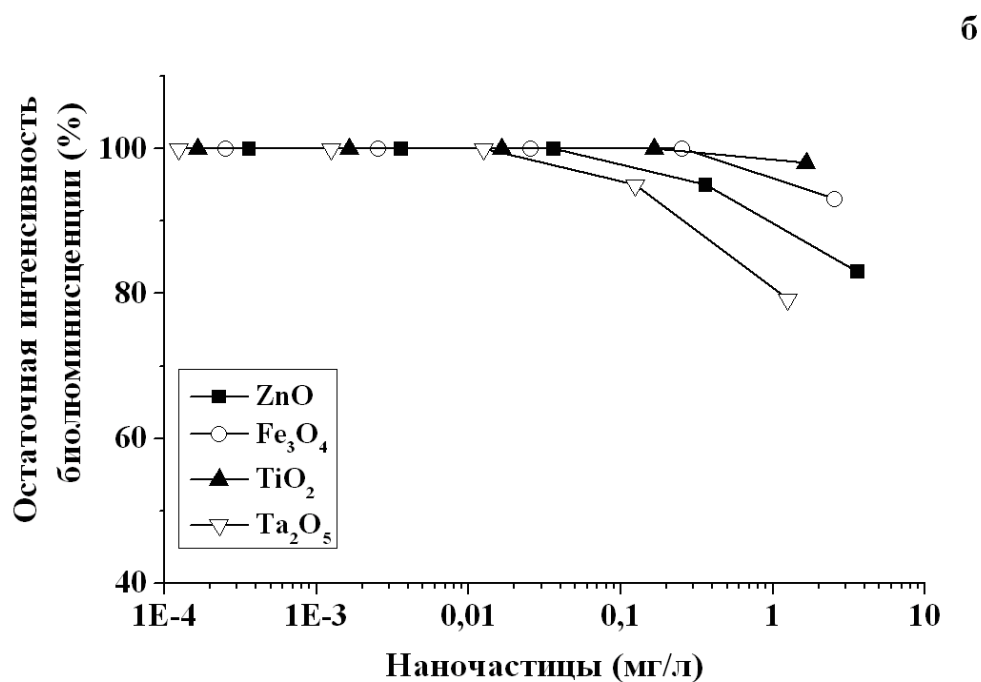
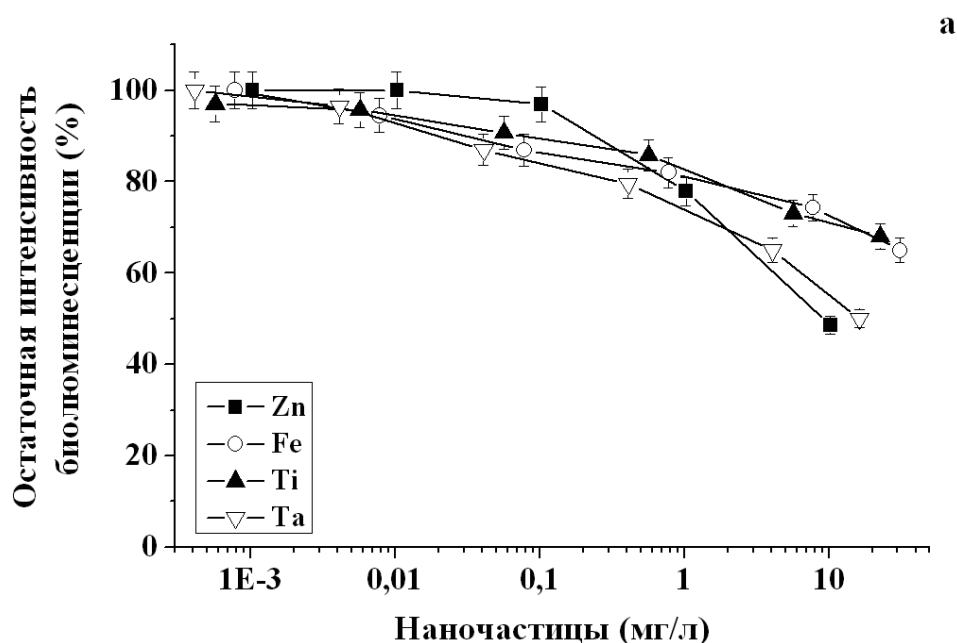


Рисунок 1. Остаточная интенсивность биолюминесценции иммобилизованных клеток в присутствии различных металлосодержащих нанодисперсных систем в составе этанольных спиртозоль (а) и гидрозоль (б).

Было установлено, что наночастицы оксида титана, в составе гидрозоль не оказывают токсичного воздействия на иммобилизованные клетки светящихся бактерий, а негативное влияние наночастиц титана в составе этанольного спиртозоля было минимальным среди исследованных образцов наночастиц металлов.

Из литературных данных известно, что аналогичные наночастицы не оказывали токсичного воздействия на суспензионные клетки бактерий *P. phosphoreum* [5]. В том же исследовании не было обнаружено ингибирующего воздействия наночастиц оксида железа на клетки фотобактерий, однако в нашей работе было зафиксировано тушение биолюминесценции иммобилизованных клеток бактерий *P. phosphoreum* в присутствии наночастиц железа, полученных в составе спиртозоля. При максимальной из исследованных концентраций наночастиц оксида железа (5,1 мг/л) остаточная интенсивность биолюминесценции составила 95% в силу большей чувствительности самих клеток к присутствию экотоксикантов.

Таким образом, иммобилизованные клетки бактерий *P. phosphoreum* позволяют быстро оценить токсичный эффект от применения наночастиц металлов и их оксидов и могут эффективно использоваться для первичной оценки токсичности вновь разрабатываемых противомикробных препаратов.

Выполнено при финансовой поддержке РФФИ грант 18-29-17069

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Efremenko, E.N., Maslova, O.V., Kholstov, A.V., Senko, O.V., Ismailov, A.D. Biosensitive element in the form of immobilized luminescent photobacteria for detecting ecotoxicants in aqueous flow-through systems / Luminescence:the journal of biological and chemical luminescence, 2016. 31(6), 1283–1289.
- 2 Senko, O., Stepanov, N., Maslova, O., Akhundov, R., Ismailov, A., Efremenko, E. Immobilized luminescent bacteria for the detection of mycotoxins under discrete and flow-through conditions. / Biosensors, 2019. 9(2), 63.
- 3 Wang, D., Gao, Y., Lin, Z., Yao, Z., Zhang, W. The joint effects on *Photobacterium phosphoreum* of metal oxide nanoparticles and their most likely coexisting chemicals in the environment. / Aquatic toxicology, 2014. 154, 200-206.
- 4 Mortimer, M., Kasemets, K., Heinlaan, M., Kurvet, I., Kahru, A. High throughput kinetic *Vibrio fischeri* bioluminescence inhibition assay for study of toxic effects of nanoparticles. / Toxicology in Vitro, 2008. 22(5), 1412-1417.
- 5 Deryabin, D. G., Efremova, L. V., Karimov, I. F., Manukhov, I. V., Gnuchikh, E. Y., Miroshnikov, S. A. Comparative sensitivity of the luminescent *Photobacterium phosphoreum*, *Escherichia coli*, and *Bacillus subtilis* strains to toxic effects of carbon-based nanomaterials and metal nanoparticles. / Microbiology, 2016. 85(2), 198-206.