

DOI: 10.25205/978-5-4437-1843-9-75

**БИОСИНТЕТИЧЕСКИЕ БЕЛКОВЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ  
КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ\*****BIOSYNTHETIC PROTEIN NANOPARTICLES AS A TOOL  
FOR BIOTECHNOLOGICAL APPLICATION**

И. Е. Егорова<sup>1</sup>, Д. Д. Наместникова<sup>2</sup>, А. А. Дресвянникова<sup>1,2</sup>, В. А. Саркисова<sup>3,4</sup>,  
Н. А. Александровская<sup>4</sup>, П. И. Никитин<sup>1</sup>, А. Н. Габашвили<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт общей физики им. А. М. Прохорова РАН, Москва

<sup>2</sup>Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н. И. Пирогова, Москва

<sup>3</sup>Институт молекулярной биологии им. В. А. Энгельгардта РАН, Москва

<sup>4</sup>Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

I. E. Egorova<sup>1</sup>, D. D. Namestnikova<sup>2</sup>, A. A. Dresvyannikova<sup>1,2</sup>, V. A. Sarkisova<sup>3,4</sup>,  
N. A. Aleksandrushkina<sup>4</sup>, P. I. Nikitin<sup>1</sup>, A. N. Gabashvili<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prokhorov General Physics Institute RAS, Moscow

<sup>2</sup>Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow

<sup>3</sup>Engelhardt Institute of Molecular Biology RAS, Moscow

<sup>4</sup>Lomonosov Moscow State University

✉ irina.evgenievna.egorova@yandex.ru

**Аннотация**

При объединении подходов генетической и химической инженерии были созданы новые биосинтетические многофункциональные капсидоподобные белковые наночастицы для долгосрочного отслеживания клеток и направленной доставки препаратов.

**Abstract**

By combining genetic and chemical engineering approaches, new biosynthetic multifunctional capsid-like protein nanoparticles were obtained for long-term cells tracking and targeted drug delivery.

Бактериальные нанокompартменты — белковые высокомолекулярные капсидоподобные икосаэдрические комплексы, состоящие из оболочки и грузового белка. Впервые были обнаружены у бактерий и охарактеризованы в 1994 году. В силу необычайной стабильности, а также отсутствия токсичности и биodeградируемости эти уникальные структуры уже показали себя в качестве полезной альтернативы конвенциональным наноплатформам на основе неорганических и/или полимерных наночастиц.

Нами было показано, что стабильная экспрессия генов, кодирующих нанокompартменты, может быть достигнута в клетках млекопитающих, при этом в оболочку нанокompартментов возможна инкапсуляция различных грузовых белков — как нативных, так и экзогенных. Чаще всего это ферменты и флуоресцентные белки. Например, грузовым белком нанокompартментов *Quasibacillus thermotolerans* является фермент с феррооксидазной активностью, катализирующий реакцию окисления двухвалентного железа до трехвалентного, сопровождающуюся образованием магнитных наночастиц (МНЧ). Наличие таких МНЧ в клетках дает возможность отслеживать их методом МРТ. Кроме того, в качестве комплиментарных меток, дополняющих нанокompартменты, могут использоваться флуоресцентные или биолюминесцентные репортеры, что позволяет производить мультимодальный мониторинг клеток в организме малых лабораторных животных.

Нами был получен и охарактеризован ряд клеточных линий с вышеописанными метками. Например, клеточная линия мезенхимных стромальных клеток человека, клетки карциномы молочной железы мыши и клетки карциномы легкого мыши. Была продемонстрирована стабильность экспрессии последовательностей интереса в клетках, а также возможность применения полученных модифицированных клеточных линий для исследований на малых лабораторных животных. Наличие двух взаимодополняющих меток в клетках позволяет исследовать

\* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 25-12-00373).

© И. Е. Егорова, Д. Д. Наместникова, А. А. Дресвянникова, В. А. Саркисова, Н. А. Александровская, П. И. Никитин, А. Н. Габашвили, 2025

---

не только локализацию клеток в организме животного после введения при помощи МРТ, но также оценивать их жизнеспособность за счет наличия флуоресцентных белков или люциферазы с помощью флуоресцентной микроскопии и оптической томографии. Кроме того, нами были исследованы ограничения применения исследуемых железозапасающих белков в контексте их использования для мониторинга быстроделющихся клеток.