

УДК 546.22/24; 579.66

ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОЧАСТИЦ СУЛЬФИДА КАДМИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАКТЕРИЙ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ**О.А. Журавлева^{1,2}, Е.И. Кожухова^{1,3}, Т.А. Воейкова^{1,2}, Кулигин В.С.^{1,2}, В.Г. Дебабов^{1,2}**¹ НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия² НИЦ «Курчатовский институт» – ГосНИИгенетика, Москва, Россия³ НИЦ «Курчатовский институт» – ИРЕА, Москва, Россия

В настоящее время большой интерес представляет получение и изучение перспективных по своим оптоэлектронным, структурно-морфологическим и химическим характеристикам квантовых точек (КТ) халькогенидов металлов, в том числе, полупроводниковых наночастиц сульфида кадмия (NPsCdS). КТ NPsCdS находят применение в области создания солнечных батарей, светодиодов, фотокатализаторов для разложения органических красителей в очистке загрязненных сточных вод, в качестве флуорофоров для биомедицинских целей [1]. Однако промышленные способы синтеза NPsCdS зачастую энергоемкие, технологически сложные и требуют использования химических реактивов, длительное воздействие которых токсично для окружающей среды и здоровья людей. В качестве экологически безопасного, простого и эффективного подхода рассматривают «зеленый» синтез с участием различных видов микроорганизмов и других биообъектов, чьи активные восстановительные и стабилизирующие агенты способствуют образованию стабильных в водных растворах биогенных наночастиц, сравнимых по своим свойствам с промышленными аналогами [2].

Нами предложен методологически простой синтез NPsCdS с использованием бактерий *S. oneidensis* MR-1 (№ В-9861) и *B. subtilis* 168 (№ В-7360), проводимый аэробно при нормальном давлении и температуре, оптимальной для роста штаммов. Непосредственное введение водных растворов солей $\text{Na}_2\text{S} \times 9\text{H}_2\text{O}$ и $\text{CdCl}_2 \times 2,5\text{H}_2\text{O}$ в культуральную жидкость, обогащенную бактериальными клетками и метаболитами, и изменение процедуры фильтрации реакционной смеси, содержащей биогенные NPsCdS, привело к увеличению их концентрации в водной суспензии до 7–8 мг/мл, повышению выхода на 15–20 % с сохранением характеристик наночастиц, что свидетельствует об успешной оптимизации процесса. Доказана целесообразность применения центрифугирования и УЗ-обработки суспензий NPsCdS как способов повышения монодисперсности коллоидных систем.

Показано, что вне зависимости от применяемого штамма, водные суспензии NPsCdS характеризуются как метастабильные, при этом наночастицы имеют отрицательный заряд поверхности, сферическую форму, размер 5 ± 1 нм и флуоресцируют в синей области спектра. Доказано влияние видов бактерий на формирование и состав белкового покрытия NPsCdS, а также зависящие от него электрофоретические характеристики – индекс полидисперсности, величину гидродинамического диаметра и ζ -потенциала. Обнаружена зависимость уровня интенсивности флуоресценции NPsCdS от *S. oneidensis* и *B. subtilis*, однако на другие оптические свойства биогенных наночастиц – спектры поглощения и длину волны пика флуоресценции – влияние штаммов не выявлено.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-04-00088. Бактериальные штаммы предоставлены НБЦ ВКПМ НИЦ «Курчатовский институт» – ГосНИИгенетика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chandan H.R., Schiffman J.D., Balakrishna R.G. Quantum Dots as Fluorescent Probes: Synthesis, Surface Chemistry, Energy Transfer Mechanisms, and Applications // *Sensors and Actuators B: Chemical*. 2017. V. 258. P. 1191–1214. DOI 10.1016/j.snb.2017.11.189.
2. Gahlawat G., Choudhury A.R. A review on the biosynthesis of metal and metal salt nanoparticles by microbes // *RSC Adv*. 2019. V. 9. P. 12944–12967. DOI 10.1039/C8RA10483B.