

УДК 546.22/24; 57.083.13

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОДЕРЖАНИЯ БЕЛКА И КАДМИЯ В СОСТАВЕ БИОГЕННЫХ НАНОЧАСТИЦ СУЛЬФИДА КАДМИЯ. ОЦЕНКА БИОЦИДНОЙ АКТИВНОСТИ НАНОМАТЕРИАЛА**О.А. Журавлева, Т.А. Воейкова, В.С. Кулигин, В.Г. Дебабов**

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия

Наночастицы сульфида кадмия (NPsCdS) обладают уникальными свойствами и активно применяются в различных областях био- и нанотехнологии, медицины. Существуют различные физические и химические методы получения NPsCdS, а также «зеленый» синтез с использованием биологических субстанций, в частности микроорганизмов. Этот метод является экологически чистым, масштабируемым, дешевым, не требует сложных условий синтеза. Биогенные NPsCdS стабилизированы бактериальными биополимерами, в основном белками, адсорбированными на их поверхности. Состав белкового покрытия наночастиц и его количественная характеристика во многом определяют свойства наноматериала, их функциональную значимость, возможность совместимости с биологическими объектами.

Цель работы. Нами был исследован качественный состав «белковой короны» NPsCdS, полученных с использованием штаммов бактерий различных видов – *Shewanella oneidensis* MR-1 и *Bacillus subtilis* 168 (NPsCdS/*Shewanella* и NPsCdS/*Bacillus*). Установлено, что набор белковых молекул на поверхности наночастиц уникален и определяется бактериальным штаммом, использованным в биосинтезе. Так, на поверхности NPsCdS/*Shewanella* было обнаружено более 10 видов белков, принадлежащих к белкам внешней или цитоплазматической мембраны бактерии, тогда как NPsCdS/*Bacillus* содержали на поверхности единственный белок флагеллин [1].

Количественное соотношение белков было исследовано методом денситометрического анализа электрофореграмм. Установлено существенное различие доли бактериальных белков в образцах NPsCdS/*Shewanella* и NPsCdS/*Bacillus*, составляющее 34 % и 5 % от общего веса наночастиц, соответственно. Результаты анализа содержания Cd в NPsCdS/*Bacillus* и NPsCdS/*Shewanella* методами EDX и атомно-эмиссионной спектроскопии также показали увеличение доли Cd в NPsCdS/*Bacillus* при одинаковой концентрации наночастиц. Таким образом, установлено, что в образцах наночастиц с пониженным содержанием белка увеличена доля Cd, что может отражаться на функциональной активности наноматериала.

Биоцидная активность NPsCdS/*Shewanella* и NPsCdS/*Bacillus* была оценена в отношении бактерий *Bacillus licheniformis* (B-7360), *Enterococcus faecalis* (B-12629), *Escherichia coli* K-12 (B-3345), *Pseudomonas putida* (B-4492) и дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* (Y-3251) и *Candida albicans* (Y-3108). Установлено различие в уровне функциональной активности NPsCdS в зависимости от соотношения долей белка и Cd. Показано, что биоцидная активность NPsCdS/*Bacillus*, характеризующихся повышенной долей Cd, увеличена по сравнению с NPsCdS/*Shewanella* на 30–50 %. В качестве одной из моделей механизма токсичности NPsCdS рассматриваются процессы окисления серы на поверхности наночастиц до оксидов серы с последующей их десорбцией в раствор и образованием свободных ионов тяжелого металла Cd²⁺. Высвобождаемые из наночастиц Cd²⁺ приводят к генерации активных форм кислорода, которые нарушают проницаемость мембран, целостность клеточных структур, что приводит к гибели клеток [2].

Исследование поддержано государственным заданием НИЦ «Курчатовский институт» № АААА-А20–120093090016–9. Бактериальные штаммы предоставлены НБЦ ВКПМ НИЦ «Курчатовский институт» – ГосНИИгенетика.

Литература

Воейкова Т.А., Кожухова Е.И. и др. Микробный синтез наночастиц сульфида кадмия. Влияние бактерий различных видов на характеристики биогенных наночастиц // Российские нанотехнологии. 2020. Т. 15. № 2. С. 194–204. DOI 10.1134/S199272232002020X

Gahlawat G., Choudhury A.R. A review on the biosynthesis of metal and metal salt nanoparticles by microbes // RCS Adv. 2019. V. 9. P. 12944–12967. DOI 10.1039/C8RA10483B