Review of doctorial thesis of
Talipova Aizhan Berikkkyzy
for the Doctor of Philosophy (PhD) degree

"Bioactive composite material based on bacterial cellulose, hydroxyapatite, and nanoantiseptics: structure and properties"

At present, interest in nanocomposite materials is rapidly increasing, as they enable the design of multicomponent functional systems and their application to solving interdisciplinary challenges. The growing attention to nanocomposites, together with numerous studies aimed at evaluating their biomedical potential, indicates that the development of new biomaterials and the detailed investigation of their structural, morphological, and physicochemical properties are among the key priorities of modern bioengineering. This is particularly relevant in the context of combating wound infections and bacterial biofilms, which remain among the most serious and challenging problems in contemporary medicine.

Addressing this issue requires the development of multifunctional nanocomposite systems capable of simultaneously suppressing the growth of pathogenic microorganisms, disrupting bacterial biofilms, and stimulating tissue regeneration. In this regard, the three-component BC/HAp/MXene nanocomposite is of particular interest, as it combines the high biocompatibility of bacterial cellulose, the antibacterial properties of MXene, and the regenerative potential of hydroxyapatite.

The dissertation of Talipova A.B. is devoted to the development and investigation of the BC/HAp/MXene composite material. The proposed composite integrates the structural and mechanical advantages of bacterial cellulose, the bioregenerative potential of hydroxyapatite, and the pronounced antibacterial activity of MXene, which allows it to be regarded as a promising platform for biomedical applications, particularly for the development of next-generation advanced wound dressing materials.

To achieve the stated objective, experimental studies were conducted to fabricate composite materials based on bacterial cellulose, MXene, and hydroxyapatite. The work included a comprehensive investigation of their morphology, elemental and phase composition, as well as key physicochemical characteristics. Within the framework of this research, the doctoral candidate developed, for the first time, a method for producing a nanocomposite material based on bacterial cellulose, hydroxyapatite, and MXene exhibiting antibacterial and antioxidant properties.

Several key results of the study can be highlighted:

- The components of the culture medium was optimized to ensure an increased yield of bacterial cellulose;
- Nanocomposite materials based on bacterial cellulose, hydroxyapatite, and MXene, obtained using the ex situ method, were investigated;
- A portion of the experimental results was obtained using advanced analytical techniques, including transmission electron microscopy combined with energy-dispersive X-ray analysis;
- The phase composition of the composites was examined using X-ray diffraction and Fourier-transform infrared spectroscopy, while their morphology and nanoscale dimensions of all three components were analyzed by scanning electron microscopy;
- Appropriate sterilization methods for the materials were selected;
- The applicant obtained experimental data on the antibacterial, antibiofilm, and cytotoxic properties of the materials under in vitro conditions.

It should be noted that part of the dissertation research was carried out within the framework of projects funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic under grant financing for scientific and/or scientific and technical projects: 1) 2679 / GF4 "Development of biocomposite materials based on bacterial cellulose for the creation of transdermal therapeutic systems"; 2) AP23488697 "Strategy for the creation of a

hydrogel photothermal platform with enhanced antibacterial and regenerative properties for the treatment of infected wounds".

During the course of the research, Talipova A.B. demonstrated herself to be a highly qualified researcher capable of independently addressing the scientific and technical challenges posed. She made a significant contribution to the development and refinement of the method for fabricating a novel composite material and actively participated in the formulation of the research objectives.

I consider that the scientific results obtained in this work fully meet the requirements imposed on PhD doctoral dissertations, and that Talipova A.B., merits the award of the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the specialty 6D074000 – Nanomaterials and Nanotechnologies.

Sincerely yours,

Alexander Pogrebnyak,

Professor

Sumy State University,

Ukraine

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВІДДІЛ КАДРІВ

Підпис Погребняка А.Д.
засвідчую
пров. фахівець відділу кадрів
А.В. Куприна

ОТЗЫВ

на докторскую диссертацию Талиповой Айжан Бериккызы
на соискание степени доктора философии (PhD)

«Биоактивный композитный материал на основе бактериальной целлюлозы, гидроксиапатита и наноантисептиков: структура и свойства»

В настоящее время интерес к нанокомпозитным материалам стремительно растёт, поскольку они позволяют разрабатывать многокомпонентные функциональные системы и применять их для решения междисциплинарных задач. Активно растущий интерес к нанокомпозитным материалам, а также многочисленные исследования, направленные на оценку их биомедицинских возможностей, свидетельствуют о том, что создание новых биоматериалов и детальный анализ их структурных, морфологических и физико-химических свойств являются одними из приоритетных направлений современной биоинженерии, особенно в контексте борьбы с раневыми инфекциями и бактериальными биоплёнками, которые остаются одной из наиболее серьёзных и трудноразрешимых проблем современной медицины. Решение данной проблемы возможно за счёт разработки многофункциональных нанокомпозитных систем, способных одновременно подавлять рост патогенных микроорганизмов, разрушать бактериальные биоплёнки и стимулировать регенерацию тканей. В этом отношении трёхкомпонентный нанокомпозит BC/HAp/MXene представляет особый интерес, поскольку сочетает высокую биосовместимость и структурную поддержку бактериальной целлюлозы, антибактериальные и фототермические свойства MXene, а также регенеративный потенциал гидроксиапатита, что делает его перспективной платформой для создания эффективных раневых покрытий.

Диссертационная работа Талиповой А.Б. посвящена разработке и исследованию композитного материала BC/HAp/MXene. Представленный композит сочетает структурно-механические преимущества бактериальной целлюлозы, биорегенеративный потенциал гидроксиапатита и выраженную антибактериальную активность MXene, что позволяет рассматривать его как перспективную платформу для применения в биомедицине, в частности — при разработке эффективных раневых материалов нового поколения.

Для достижения поставленной цели соискателем выполнен комплекс экспериментальных исследований по получению композитных материалов на основе бактериальной целлюлозы, MXene и гидроксиапатита. В ходе работы проведено детальное изучение морфологии, элементного и фазового состава, а также ключевых физико-химических характеристик полученных материалов. В рамках исследования диссертантом впервые разработан способ получения нанокомпозитного материала на основе бактериальной целлюлозы, гидроксиапатита и MXene, обладающего антибактериальными и антиоксидантными свойствами.

Можно выделить следующие результаты работы:

- оптимизирован состав питательной среды, обеспечивающий повышенный выход бактериальной целлюлозы;
- изучены нанокомпозитные материалы на основе бактериальной целлюлозы, гидроксиапатита и Mxene, полученные методом *ex situ*;
- часть экспериментальных результатов получена с использованием современных методов анализа, включая просвечивающую электронную микроскопию с применением энергодисперсионного рентгеновского анализа;

– фазовый состав композитов исследован методом рентгеновской дифракции и инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье, а морфология и наноразмеры всех трёх компонентов проанализированы с помощью сканирующей электронной микроскопии;
– подобраны адекватные методы стерилизации материалов;
– соискателем получены экспериментальные данные об антибактериальных, антибиопленочных и цитотоксических свойствах материалов в условиях *in vitro*;

Следует отметить, что часть диссертационных исследований была выполнена в рамках проектов Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики по грантовому финансированию научных и (или) научно-технических проектов: 1) 2679/ГФ4 «Разработка биокомпозитных материалов на основе бактериальной целлюлозы для создания трансдермальных терапевтических систем»; 2) AP23488697 «Стратегия создания гидрогелевой фототермической платформы с усиленными антибактериальными и регенеративными свойствами для лечения инфицированных ран»

В ходе выполнения исследования Талипова А.Б. зарекомендовала себя как высококвалифицированный исследователь, способный самостоятельно решать поставленные научно-технические задачи. Она внесла значительный вклад в разработку метода модификации получения нового композитного материала, а также принимала активное участие в формулировании исследовательских задач.

Считаю, что научные результаты, полученные в данной работе, полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, и что Талипова А.Б. заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности 6D074000 – Наноматериалы и нанотехнологии.

Искренне Ваш,

Александр Погребняк,

Профессор Сумского государственного университета,

Украина