NICOLAUS COPERNICUS UNIVERSITY IN TORUŃ
Faculty of Chemistry

Chair of Environmental Chemistry & Bioanalytics
7 Gagarin Str., PL- 87 100 TORUŃ, Poland

RESEARCH UNIVERSITY

Tel.: (+48) (56) 61 14 753 • *Tel/fax:* (+48) (56) 61 14 837 • *e-mail:* mspryn@umk.pl

Torun, 28.06.2023

OPINION

from the foreign scientific supervisor
Doctor of Chemical Sciences, Professor Myroslav Sprynskyy
on the dissertation of Bekissanova Zhanar Bolatovna
"Synthesis, characterization and antibacterial activity study of composites based on natural adsorbents and silver nanoparticles"
submitted for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the specialty
"6D072000 – Chemical Technology of Inorganic Substances"

Silver nanoparticles due to their unique chemical, optical, catalytic, thermal, electrical and antimicrobial properties, have become the subject of substantial interest in modern nanoscience and nanotechnology. The unique features of silver nanoparticles make them attractive for a wide range of applications in fields such as catalysis, optics, microelectronics, textiles, biomedicine, and biotechnology. Many chemical, physical, and biological synthesis methods have been developed. Among the most popular methods include inert gas condensation, physical vapour deposition (sputtering, electron beam evaporation, laser ablation), electrospraying, hydrothermal synthesis, microemulsion technique, polyol synthesis, chemical vapour deposition, and biogenic synthesis using microorganisms, plant extracts or biomolecules as the templates. However, the most common synthesis methods use harmful soluble reducing agents (sodium borohydride, ammonia or formaldehyde) for silver ions and stabilizing agents to prevent nanoparticles aggregation. The toxicity of reductants and economical aspects are weaknesses of this approach. Furthermore, the use of nanoparticles that are synthesized in such way can lead to environmental contamination.

– Therefore, new techniques of silver nanoparticles synthesis are emerging to solve these problems that take into account environmental friendliness and the application of appropriate supporting matrices and nontoxic reducing agents or its lack are developed. In this regard, the fundamental idea of dissertation work of Bekisanova Zhanar was to develop innovative substantiated methods for the synthesis of new nanocomposite materials containing silver nanoparticles with antibacterial properties based on diatomite, kaolinite and diatom biosilica as natural support. She successfully coped with the assigned task. For the first time, antibacterial nanocomposites based on the diatomite of the Mugojar deposit

(Aktobe region), kaolinite of the Alekseevsky deposit (Kokshetau region), as well as a hybrid nanocomposite based on diatom biosilica were synthesized. The antibacterial activity of the obtained nanocomposites (hybrid nanocomposites (Ag,AgCl)NPs/diatomite, (Ag, AgCl)NPs/diatom biosilica and AgNPs/kaolinite nanocomposite) against gram-negative pathogens *Staphylococcus aureus* and gram-negative *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* was investigated. Mineral matrices were used as a support and stabilizer for silver nanoparticles. Hydrogen peroxide was used as an environmentally friendly reducing agent. Antibacterial activity studies were performed using bacterial strains from the American Type Culture Collection and clinical isolates (diabetic foot infection and wound isolates). The physicochemical properties of the synthesized composites were characterized using a complex of instrumental physicochemical methods: energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX), diffractometry (XRD), IR spectroscopy, scanning electron microscopy (SEM), transmission electron microscopy (TEM) and thermogravimetric analysis (TG).

The main results of Bekisanova Zhanar dissertation work were published in in peer-reviewed scientific journals with impact factor included in the Scopus and Web of Science ("Synthesis and antibacterial activity of (AgCl, Ag)NPs/diatomite hybrid composite" in *Materials*, Percentile 63% (Q2), (IF=3.748), and "Synthesis, characterization of silver/kaolinite nanocomposite and studying its antibacterial activity" in *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, (Q1, Percentile 91, IF=5.999). The work "Diatomaceous biosilica doped with heteroepitaxially growing $Ag/AgCl/CeO_2$ composite nanoparticles: synthesis, characterisation and antibacterial application" is ready for publication.

During the period of execution and writing of the dissertation, Bekisanova Zhanar demonstrated his erudition, inquisitiveness and diligence. Good organization and diligence of Bekissanova Zhanar enabled to cope with the achievement of goals of the planed studies.

In summary, the doctoral thesis of Bekissanova Zhanar is an original solution of the scientific issues and brings some interesting novel results that have in terms of cognitive and economic. The main objectives of this work have been fulfilled. The contributions are well founded on solid the theoretical grounds and the thesis satisfies the conditions of a creative scientific work.

Taking into account the good achieved results, high quality and impact of the research performed, I recommend award of Ph.D. degree to Bekissanova Zhanar in the specialty "6D072000 - Chemical Technology of Inorganic Substances".

Scientific supervisor:
Doctor of Sciences

Professor of Nicolaus Copernicus University Myroslav Sprynskyy

УНИВЕРСИТЕТ НИКОЛАЯ КОПЕРНИКА В ТОРУНИ
Химический факультет

Кафедра химии окружающей среды и биоаналитики
ул. Гагарина, 7,
PL-87 100,Торунь, Польша

Исследовательский университет
Инициатива по повышению квалификации
Министерство науки и высшего образования

Тел.:(+48)(56)61 14 753 Тел./факс: (+48)(56) 61 14 837 эл.почта:mspryn@umk.pl

Торунь, 28.06.2023 г.

ОТЗЫВ

зарубежного научного руководителя доктора химических наук, профессора Мирослава Спринського на диссертацию Бекисановой Жанар Болатовны на тему: "Синтез, характеристика и исследование антибактериальной активности композитов на основе природных адсорбентов и наночастиц серебра", представленную на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности “6D072000 - Химическая технология неорганических веществ”

Наночастицы серебра благодаря своим уникальным химическим, оптическим, каталитическим, тепловым, электрическим и антимикробным свойствам стали предметом существенного интереса в современных нанонауках и нанотехнологиях. Уникальные особенности наночастиц серебра делают их привлекательными для широкого спектра применений в таких областях, как катализ, оптика, микроэлектроника, текстиль, биомедицина и биотехнология. Разработано много методов химического, физического и биологического синтеза. К числу наиболее популярных методов относятся конденсация инертного газа, физическое осаждение из паровой фазы (напыление, испарение электронными лучами, лазерная абляция), электроспаривание, гидротермальный синтез, микроэмульсия, синтез полиолов, химическое осаждение из паровой фазы и биогенный синтез с использованием микроорганизмов, растительных экстрактов или биомолекул в качестве матриц. Однако наиболее распространенные способы синтеза используют вредные растворимые восстановители (боргидрид натрия, аммиак или формальдегид) для ионов серебра и стабилизирующие агенты для предотвращения агрегации наночастиц. Токсичность восстановителей и экономические аспекты являются недостатками этого подхода. Кроме того, использование синтезируемых таким образом наночастиц может привести к загрязнению окружающей среды.

- Таким образом, появляются новые методы синтеза наночастиц серебра для решения этих проблем, которые учитывают экологичность и применение соответствующих поддерживающих матриц и нетоксичных восстановителей или их отсутствие. В связи с этим фундаментальной идеей диссертационной работы Бекисановой Жанар была разработка инновационных обоснованных методов синтеза новых нанокомпозитных материалов, содержащих наночастицы серебра с антибактериальными свойствами на основе диатомита, каолинита и диатомовой биосилики в качестве естественного носителя. Она успешно справилась с поставленной задачей. Впервые были синтезированы антибактериальные нанокомпозиты на основе диатомита месторождения Мугояр (Актюбинская область), каолинит Алексеевского месторождения (Кокшетауская область), а также гибридный нанокомпозит на основе биосилики диатом. Исследована антибактериальная активность полученных нанокомпозитов (гибридных нанокомпозитов (Ag,AgCl) NPs/диатомит, (Ag, AgCl) NPs/диатомовый биокремнезем и нанокомпозита AgNPs/каолинит) в отношении грамотрицательных патогенов Staphylococcus aureus и грамотрицательных Klebsiella pneumoniae, Escherichia coli. Минеральные матрицы

использовались в качестве носителя и стабилизатора наночастиц серебра. Перекись водорода использовали в качестве экологически чистого восстановителя. Исследования антибактериальной активности проводили с использованием бактериальных штаммов из Американской коллекции типовых культур и клинических изолятов (диабетическая инфекция стопы и изоляты ран). Физико-химические свойства синтезированных композитов были охарактеризованы с помощью комплекса инструментальных физико-химических методов: энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDX), дифрактометрии (XRD), ИК-спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии (SEM), просвечивающей электронной микроскопии (TEM) и термогравиметрического анализа (TG).

Основные результаты диссертационной работы Бекисановой Жанар опубликованы в рецензируемых научных журналах с импакт-фактором, включенных в «Scopus and Web of Science» ("Синтез и антибактериальная активность гибридного композита (AgCl, Ag)NPs/диатомит" в материалах, процентиль 63% (Q2), (IF=3,748) и "Синтез, характеристика нанокомпозита серебро/каолинит и изучение его антибактериальной активности" в коллоидах и поверхностях В: биоинтерфейсы, (Q1, процентиль 91, IF=5,999). Работа "Диатомовый биокремнезем, легированный гетероэпитаксиально растущими композитными наночастицами Ag/AgCl/CeO2: синтез, характеристика и антибактериальное применение" готова к публикации.

В период выполнения и написания диссертации Бекисанова Жанар продемонстрировала свою эрудицию, любознательность и трудолюбие. Хорошая организованность и трудолюбие Бекисановой Жанар позволили справиться с достижением целей запланированных исследований.

Подводя итог, можно сказать, что докторская диссертация Бекисановой Жанар является оригинальным решением научных проблем и приносит несколько интересных новых результатов, которые имеют как когнитивный, так и экономический характер. Основные цели этой работы были выполнены. Материалы хорошо обоснованы на прочных теоретических основаниях, а диссертация удовлетворяет условиям творческой научной работы.

Принимая во внимание хорошие достигнутые результаты, высокое качество и результативность проведенных исследований, я рекомендую присвоить Бекисановой Жанар степень доктора философии по специальности "6D072000 - Химическая технология неорганических веществ".

Научный руководитель:
Доктор технических наук
Профессор Университета
Николая Коперника /подпись имеется/ Мирослав Спринський